

LAPORAN PENELITIAN MANDIRI
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG



**VARIASI GENOTIPE DAN FENOTIPE KLON ELIT WAXY DAN
NON WAXY**

TIM PENELITIAN

Kukuh Setiawan (NIP 196102181985031002)
M. Syamsoel Hadi (NIP 196106131985031002)
Muhammad Kamal (NIP 196101011985031003)
Ir. Ardian (NIP 196211281987031002)

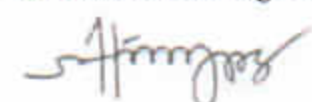
PROGRAM STUDI AGRONOMI DAN HORTIKULTURA
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2021

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG

Judul Penelitian : Variasi Genotipe dan Fenotipe Klon Elit *Waxy* dan Non *Waxy*
Kode/ Nama Rumpun Ilmu :
Ketua Peneliti :
a. Nama Lengkap : Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc.
b. NIP : 196102181985031002
c. Jabatan Fungsional : Guru Besar
d. Program Studi : Agronomi dan Hortikultura
e. Nomer HP : 081371455810
f. Alamat surel (e-mail) :
Anggota Peneliti 1 :
a. Nama Lengkap : Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc.
b. NIP : 196101011985031003
c. Jabatan Fungsional : Guru Besar
d. Program Studi : Agronomi dan Hortikultura
Anggota Peneliti 2 :
a. Nama Lengkap : Dr. Ir. M. Syamsoel Hadi, M.Sc.
b. NIP : 196106131985031002
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
d. Program Studi : Agronomi dan Hortikultura
Anggota Peneliti 3 :
a. Nama Lengkap : Ir. Ardian, M.Agr
b. NIP : 196211281987031002
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
d. Program Studi : Agronomi dan Hortikultura
Biaya Penelitian : Rp5.000.000,- (lima juta rupiah)

Bandar Lampung, 21 Oktober 2021

Mengetahui,
Sekretaris Jurusan Agronomi dan Hortikultura



Dr. Hidayat Pujiswanto, S.P., M.P.
NIP 197512172005011004

Ketua Tim Penelitian



Prof. Dr. Kukuh Setiawan, M.Sc.
NIP 196102181985031002

Menyetujui
Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerjasama
Fakultas Pertanian Universitas Lampung

Prof. Dr. W. Purnomo, M.S.
NIP 196406131987031002

IDENTITAS DAN URAIAN UMUM
PENELITIAN FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG

1. Judul Penelitian		: Variasi Genotipe dan Fenotipe Klon Elit <i>Waxy</i> Dan Non <i>Waxy</i>			
2. Tim Peneliti		:			
No	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Program Studi	Alokasi waktu (jam/minggu)
1.	Prof. Dr. Kukuh S	Ketua	Genetika	AGH	10
2.	Prof. Dr. M. Kamal	Anggota 1	Tan. Pangan	AGH	8
3.	Ir. M.S. Hadi, M.Sc.	Anggota 2	Tan. Pangan	AGH	8
4.	Ir. Ardian, M.Agr	Anggota 3	Pemuliaan	AGH	8
3. Objek Penelitian (jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian)		: Ubikayu jenis baru, klon elit <i>Waxy Cassava</i> (premium karena kandungan amilopektin tinggi) penelitian untuk deteksi kuantitatif gen <i>starch synthase IV</i> yang diperlihatkan pada proses fisiologi dengan didukung oleh translokasi bahan kering.			
4. Masa Pelaksanaan					
Mulai		: bulan Februari --tahun 2021			
Berakhir		: bulan November --tahun 2021			
5. Usulan Biaya		: Rp5.000.000,- (lima juta rupiah)			
6. Lokasi Penelitian (lab/studio/lapangan)		: Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Unila dan Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Unila			
7. Instansi lain yang terlibat (jika ada, dan uraikan apa kontributornya)		: Tidak ada			
8. Temuan yang ditargetkan		: 1. Kandungan pati premium berkadar amilopektin tinggi ubikayu <i>Waxy</i> akan terlihat pada karakter agronomi (pertumbuhan tanaman) yang didukung proses fotosintesis sebagai karakter fisiologi. 2. Pertumbuhan dan hasil ubikayu <i>Waxy</i> yang berbeda dengan ubikayu pati biasa (amilopektin rendah) akan ditunjukkan oleh karakter agronomi dan fisiologi			
9. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu (uraikan tidak lebih dari 50 kata, tekankan pada gagasan fundamental dan orisinal yang akan mendukung pengembangan iptek)		: 1. Ilmu Pemuliaan Tanaman berkembang dengan adanya jenis ubikayu baru (<i>Waxy</i>) melalui perbedaan genetika dengan ubikayu biasa yang didukung oleh karakter pertumbuhan tanaman. 2. Ilmu Agronomi: perbedaan varietas atau jenis ubikayu antara <i>Waxy</i> dan non <i>Waxy</i> bisa diduga melalui karakter agronomi			
10. Jurnal ilmiah yang menjadi sasaran untuk setiap penerima Hibah Penelitian Pascasarjana (Nasional/Internasional)		: 1. Jurnal Nasional, Agroteknologi, Agro (UIN Bandung) 2. Seminar Nasional			

ABSTRAK

Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan salah satu tanaman penting di Indonesia. Ubikayu adalah salah satu bahan pangan pengganti beras yang berperan penting dalam menopang ketahanan pangan di Indonesia. Komoditas tersebut merupakan bahan pangan pokok ketiga di Indonesia setelah padi dan jagung. Kebiasaan petani dalam menggunakan varietas yang ditanam menentukan kualitas dan kuantitas ubikayu yang dihasilkan. Semakin banyak sifat unggul yang dimiliki varietas maka semakin baik pula hasil yang didapatkan. Ubikayu memiliki banyak varietas salah satunya BW-1. Klon ini diklaim berkadar pati 26%, memiliki panjang ubi rata-rata 55 cm dengan jumlah ubi rata-rata 13 buah dan pada umur 195 hari telah dapat dipanen dengan berat 12 kg per pohon. Peningkatan produksi untuk mengoptimalkan hasil dari lahan yang sudah ada dengan salah satu caranya ialah seleksi berdasarkan variasi genetik. Dengan adanya variasi genetik yang tinggi pada tinggi tanaman dan jumlah daun maka nilai penduga heritabilitas juga tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa seleksi jumlah daun dapat digunakan sebagai indikator seleksi. Namun, seleksi kadar pati tidak disarankan sebagai indikator karena dipengaruhi oleh lingkungan.

Kata kunci: pertumbuhan, kadar pati, variasi

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

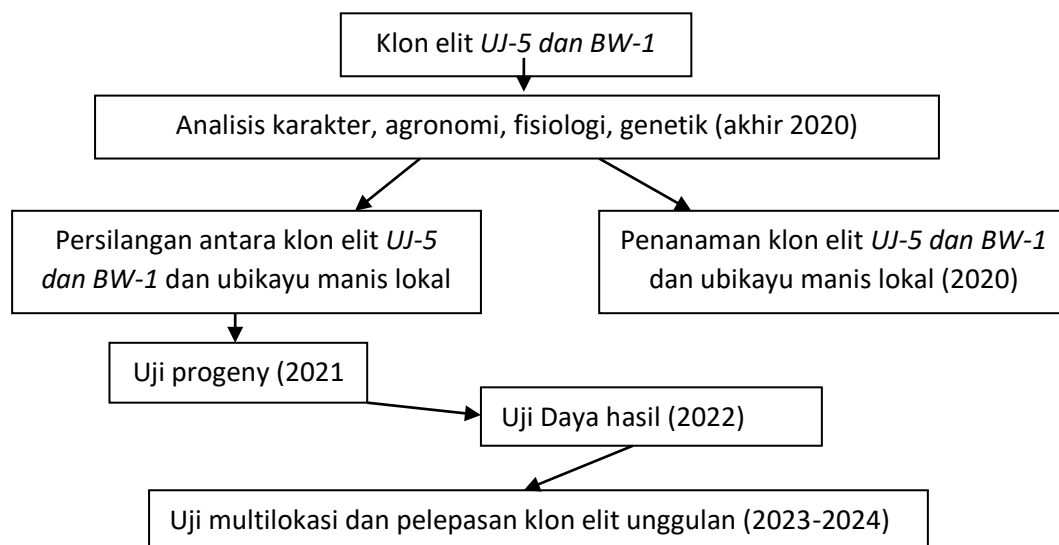
Provinsi Lampung merupakan sentra produksi ubikayu Indonesia yang menghasilkan tepung tapioka dengan luas panen sekitar 256.632 ha (BPS, 2019). Hingga saat ini ada hanya empat varietas klon ubikayu unggul yang ditanam di Lampung, yaitu Kasetsart (UJ5), Thailand (UJ3), BW 1, dan Adira. Varietas yang sudah ditanam sebagai bahan baku tapioka ini mengandung pati antara 18-26% dengan komposisi kandungan amilosa lebih tinggi dibandingkan amilopektin. Hal ini didukung oleh penelitian (Murtiningrum dkk., 2012) yang melaporkan bahwa kandungan amilosa pati ubikayu berkisar antara 12-27 %. Akhir-akhir ini Negara Thailand sedang mengembangkan ubikayu klon Waxy yang mengandung kadar amilopektin lebih tinggi hingga 100%. Rahmiati dkk. (2016) melaporkan bahwa kandungan amilopektin pada pati ubikayu yang biasa ditanam oleh petani saat ini adalah berkisar 57-80%.

Salah satu provinsi dengan luas pertanaman terbesar di Indonesia untuk ubikayu adalah provinsi Lampung. Pengembangan ubikayu klon elit Waxy merupakan salah satu terobosan untuk meningkatkan pendapatan petani maupun daerah Lampung. Penelitian awal kandungan amilopektin ubikayu klon Waxy sudah dilakukan oleh Anggraini (2020) yang menunjukkan bahwa klon Waxy memiliki kadar amilopektin sangat tinggi dengan uji iodin dibanding dengan klon Kasetsart. Begitu juga Nintania (2020) melaporkan bahwa klon Waxy mempunyai

kandungan HCN tinggi, yaitu 69 ppm dibanding dengan klon Huay Bong dengan 63 ppm. Berdasarkan penelitian tsb maka perlu dilakukan penelitian lanjut yang lebih detail untuk mengukur secara kuantitatif kandungan amilopektin pada klon elit *UJ-5* dan *BW-1*. Pengembangan ubikayu klon elit *Waxy* memerlukan informasi yang detail seperti karakter agronomi terutama pola pertumbuhan vegetatif yang ada hubungannya dengan pola pertumbuhan awal, cepat, stagnasi atau maksimum. Pola pertumbuhan ini mempunyai hubungan yang erat dengan pola perawatan tanaman untuk produksi optimum. Selanjutnya, sifat yang perlu dipelajari adalah sifat fisiologi terutama aktivitas fotosintesis. Aktivitas fotosintesis akan mendukung proses translokasi bahan kering dari source ke bagian sink.

Sifat ketiga yang menarik adalah aktivitas gen *starch synthase IV* yang mengatur kandungan amilosa pada pati. Variasi gen kuantitatif dari karakter yang diamati ditimbulkan oleh perbedaan klon, yaitu antara klon biasa (Kasetsart dan BW) dan klon elit *UJ-5* dan *BW-1*. Aktivitas gen *starch synthase IV* ini akan mendukung adanya variasi gen kuantitatif terutama nilai heritabilitas. Dengan adanya perhitungan pengaruh langsung antar variabel yang diamati maka akan ditentukan karakter yang sesuai untuk dijadikan indikator seleksi. Penentuan indikator seleksi yang tepat akan membantu perkembangan ubikayu klon super elit yang berasal dari persilangan antara ubikayu klon elit *UJ-5* dan *BW-1* dengan ubikayu manis. Dalam program pemuliaan maka teknik pemuliaan seperti persilangan ubikayu klon elit *UJ-5* dan *BW-1* dengan ubikayu manis klon lokal akan diciptakan klon elit unggulan singkong manis *UJ-5* dan *BW-1*. Dengan adanya evaluasi karakter agronomi, lalu didukung oleh informasi sifat fisiologi dan dimantapkan dengan analisis aktivitas gen *starch synthase IV* maka secara kuantitatif genetik bisa diketahui karakter-karakter yang mampu diwariskan kepada turunannya.

Lima tahun lalu, Noerwijati (2015) berupaya menghasilkan klon ubi kayu dengan kadar amilosa rendah sekitar 3,4% dari persilangan klon AM206-5 dengan klon yang memiliki kadar amilosa 20,7%. Namun, hasil persilangan masih belum optimum karena salah satu kendala adalah informasi sifat pewarisan yang masih belum berdasarkan aktivitas gen *starch synthase IV* yang digabungkan dengan analisis sidik pintas untuk mengetahui pengaruh langsung. Oleh karena itu, sangat diperlukan pemahaman karakter agronomi, fisiologi, dan aktivitas gen *starch synthase IV* agar pengembangan ubikayu klon elit unggulan, *UJ-5* dan *BW-1* manis bisa segera terwujud (Gambar 1).



Gambar 1: Skema singkat **Road map** program pemuliaan untuk ubikayu klon elit unggulan *UJ-5 dan BW-1*

1.2 Perumusan Masalah

Pemuliaan tanaman melalui metode seleksi merupakan metode yang sangat efektif untuk mendapatkan karakter yang diinginkan seperti ubikayu klon elit unggulan *UJ-5 dan BW-1* manis, berasal dari persilangan antara klon elit *UJ-5 dan BW-1* dan klon manis lokal. Berdasarkan penelitian awal oleh Nintania (2020) bahwa ubikayu klon elit *UJ-5 dan BW-1* memiliki kandungan amipopektin tinggi namun dengan kadar HCN tinggi. Zarkasie dkk. (2017) melaporkan bahwa semakin tinggi kadar HCN maka semakin pahit rasa pati tapi kadar patinya meningkat dan sebaliknya. Dengan demikian kadar HCN nampaknya berhubungan erat dengan kandungan pati. Oleh karena itu, salah satu cara yang efektif untuk mendapatkan ubikayu klon elit unggulan *Waxy* manis adalah dengan melakukan persilangan antara klon *UJ-5 dan BW-1* dan klon ubikayu manis lokal. Proses pemuliaan harus didukung oleh pemahaman sifat pewarisan karakter dari tetua (induk) kepada turunannya (progeni). Sifat pewarisan berhubungan erat dengan karakter agronomi, fisiologi dan aktivitas gen. Selama ini ketiga karakter untuk ubikayu klon elit *UJ-5 dan BW-1* masih sangat jarang diteliti oleh karena itu pemahaman akan karakter tsb sangat diperlukan sebagai pendukung program pemuliaan ubikayu klon elit unggul, yaitu *UJ-5 dan BW-1* manis.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

- a. Mengevaluasi perbedaan karakter agronomi dan fisiologi antara ubikayu industri yang umum ditanam saat ini, yaitu klon Waxy, klon BW (Huay bong) dan ubikayu klon elit *UJ-5 dan BW-1*.
- b. Mengevaluasi perbedaan partisi bahan kering yang berhubungan dengan kandungan amilosa dan amilopektin pada ubikayu klon elit *UJ-5 dan BW-1* dan klon-klon yang saat ditanam, yaitu Waxy dan BW (Huay bong).

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ubikayu Klon elit *UJ-5 dan BW-1*

Ubaikayu *waxy* pertama kali dilaporkan oleh Salehuzzaman dkk. (1993) lalu oleh Teresa dkk. (2010) bahwa tanaman ubikayu transgenik menunjukkan penurunan aktivitas enzim GBSS yang memungkinkan kandungan amilosa rendah. Amilosa disintesis oleh enzim *granule bound starch synthase I* (GBSS I) dalam tanaman. Sehingga jika pengaturan enzim GBSS I ini dihentikan maka pati ubikayu akan mengandung amilosa yang sangat rendah. Sanzhes dkk. (2010) telah menyeleksi 63 ubikayu transgenik dan fenotipe *waxy* di antara: p54/1.0 GBSS I-RNAi baris A8 and 35S GBSS I-RNAi baris B9, B10, and B23. Melalui elektroforesis gel sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide maka tidak terdeteksi adanya protein GBSS I dalam granul pati dari tanaman ubikayu tipe *waxy*. Pengujian dengan larutan iodin menunjukkan bahwa akar dan batang transgenik ubikayu AM 206-5 berwarna coklat kemerahan. Sebaliknya, genotype lainnya selain *Waxy* menunjukkan warna biru gelap pada ubi dan batang saat diuji dengan larutan iodin (CIAT, 2006). Zhao dkk. (2011) juga melaporkan bahwa pati ubikayu transgenik mengandung amilosa <5% jika dibandingkan dengan pati ubikayu liar yang masih mengandung sekitar 25% amilosa. Thai Tapioca Development Institute (TTDI) and Center Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) menginformasikan tentang adanya ubikayu dengan kandungan amilopektin tinggi yang dinamakan ubikayu *waxy* (Richardson, 2011).

Berdasarkan sifat fisik-kimia, pati ubikayu *UJ-5 dan BW-1* terbukti bahwa pastinya 50% lebih terang (transparan) dibandingkan dengan pati jagung *waxy* maupun beras Sanchez dkk. (2010). Selanjutnya, pati ubikayu *UJ-5 dan BW-1* juga tahan terhadap pembekuan dua kali lipat

daripada pati jagung *waxy*. Saat penyimpanan pada suhu -20°C selama 5 minggu, hanya tepung jagung *waxy* yang mengalami pembekuan (Gladys dkk., 2014). Dengan demikian salah satu sifat terbaik yang menjanjikan untuk bahan baku pangan adalah tepung ubikayu *UJ-5 dan BW-1*.

Cirad (2011) juga melaporkan bahwa ubikayu tipe *waxy* bisa ditemukan secara alami. Penampakan bentuk gel pati ubikayu *UJ-5 dan BW-1* lebih terang atau transparan serta tidak mengalami pengerasan (syneresis) walau disimpan pada suhu 4°C . Selanjutnya, dibandingkan dengan pati ubikayu lainnya, pati ubikayu tipe *UJ-5 dan BW-1* merupakan pati ubikayu yang tidak mengeras disimpan selama 5 minggu pada -20°C . Sifat viskositas pati ubikayu tipe *waxy* adalah 1119 cP yang jauh lebih besar daripada tipe liar yaitu 937 cP (Sanzhes dkk., 2010).

2.2 Komponen Fisiologi Pengaruhnya pada Pertumbuhan dan Produksi

Salah satu karakter fisiologi yang utama adalah indeks panen atau *harvest index* (HI) yang dinyatakan dalam rasio antara bobot brangkasian kering dan bobot ubi. Indeks panen tertinggi untuk mendapatkan produksi ubikayu adalah pada populasi 17.500 tanaman per ha (Cock dkk., 1979). Selanjutnya, Kongsil dkk., (2016) menghitung nilai HI ubikayu dengan hasil rata-rata 0.49 ± 0.11 pada kisaran 0.22–0.75. Hal ini yang mengindikasikan bahwa partisi bahan kering antara tunas dan ubi relative seimbang. Bobot kering berhubungan erat dengan kekuatan *sink* maupun *source*. Marcelis (1996) menyatakan bahwa laju pertumbuhan suatu tanaman merupakan kemampuan tanaman mengakumulasi hasil asimilat dari proses fotosintesis untuk ditranslokasikan ke bagian produksi. Pujol dkk. (2008) berteori bahwa laju fotosintesis dan luas daun spesifik (*specific leaf area*) mampu meningkatkan laju pertumbuhan ubikayu. Amarullah dkk. (2016) menunjukkan hasil penelitiannya bahwa laju fotosintesis klon unggul Malang-6 ($144,3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) lebih tinggi dibandingkan dengan klon lokal Ketan ($135,0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Kondisi tsb menunjukkan bahwa klon unggul mampu menunjukkan laju pertumbuhan tanaman yang optimum sehingga translokasi bahan kering ke bagian ubi tinggi sehingga produksi tinggi. Hingga saat ini informasi laju fotosintesis dan translokasi bahan kering lebih banyak pada ubikayu penghasil pati dengan kadar amilosa tinggi. Namun informasi laju fotosintesis dan translokasi bahan kering dihubungkan dengan produksi amilopektin pada ubikayu klon elit *UJ-5 dan BW-1* masih sangat jarang.

2.3 Variasi Genetik, Heritabilitas

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa adanya variasi genetik pada kadar HCN, pati dan bobot ubi (Nintania, 2020 dan Anggraini, 2020). Hasil yang sama juga ditunjukkan bahwa kadar HCN pada ubi mempunyai korelasi positif dengan bobot ubi segar, $r = 0,29^*$ (Kongsil dkk., 2016). Aina dkk. (2007) melaporkan bahwa nilai heritabilitas untuk karakter ubi berkisar antara 75-88,6% namun yang untuk karakter tunas berkisar antara 10,6-38%. Hal ini berarti bahwa variasi genetik untuk variabel ubi lebih besar daripada yang untuk tunas. Karuniawan dkk. (2017) juga menunjukkan hasil penelitiannya bahwa melalui analisis biplot, ternyata akses ubikayu tipe liar berkontribusi pada variasi genetik. Aina dkk. (2007) melaporkan bahwa jumlah akar mempunyai pengaruh langsung terhadap produksi dengan nilai 0,61. Diniz dan Oliveira (2019) menambahkan bahwa penduga parameter genetik dan korelasi antara karakter agronomi dan karakter akar tanaman ubikayu bisa diketahui melalui analisis sidik lintas. Mereka menyimpulkan bahwa hasil bobot segar ubi mempunyai pengaruh langsung yang tinggi dengan kandungan pati, yaitu 0.97.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di dua lokasi yaitu Lapangan Terpadu Fakultas Pertanian Unila dan Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Unila. Penelitian ini dilaksanakan mulai Februari 2021 sampai dengan November 2021.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan penelitian meliputi bibit ubikayu klon elit *UJ-5* dan *BW-1*, Waxy, dan Huay Bong (BW). Selanjutnya, pupuk yang digunakan adalah makro (Urea, TSP, KCl), pupuk lengkap mikro cair dan pestisida. Alat-alat utama yang dibutuhkan meliputi cangkul, koret, meteran, pengukur proses fotosintesis, Li-Cor 6400 Portable Photosynthesis System.

3.3 Rancangan Percobaan

Perlakuan disusun satu faktor, yaitu tiga klon dalam rancangan kelompok teracak sempurna (RKTS) dengan tiga ulangan sebagai kelompok (blok). Tiga klon ubikayu adalah,

jenis elit *UJ-5 dan BW-1*, Waxy, dan Huay Bong (BW). Tiga klon ubikayu ditanam secara acak pada setiap blok dengan jarak tanam 100 x 80 cm.

Ada dua penelitian untuk studi ini adalah: 1) Evaluasi hubungan karakter laju fotosintesis dan LAI dengan pertumbuhan tanaman ubikayu klon elit *UJ-5 dan BW-1* dan klon Waxy dan 2) Evaluasi karakter kuantitatif genetik dan aktivitas gen *starch synthase IV* pada ubikayu klon elit *UJ-5 dan BW-1*, Waxy, dan Huay Bong.

Penelitian 1. Evaluasi Hubungan Karakter Genetika dan Fotosintesis dengan Pertumbuhan Tanaman Ubikayu Klon Elit *UJ-5 dan BW-1* dan Klon Waxy

Karakter agronomi terutama laju pertumbuhan tanaman melalui partisi bahan kering seperti bobot kering daun, bobot kering petiol, bobot kering batang, bobot kering akar (ubi). Karakter agronomi ini diukur berdasarkan modifikasi penelitian yang dilakukan oleh Alves (2002). Dengan demikian karakter agronomi sangat memerlukan informasi pendukung tentang laju fotosintesis, transpirasi dan efisiensi penggunaan air (*water use efficiency, WUE*). Oleh karena itu, tujuan pada penelitian I ini adalah:

- a. Mengevaluasi laju pertumbuhan melalui partisi bahan kering yang diukur saat 2, 3, 4, 6, 8, dan 10 BST pada klon elit *UJ-5 dan BW-1* dan Waxy.
- b. Mengevaluasi komponen fotosintesis saat 4, 8 dan 10 BST pada klon elit *UJ-5 dan BW-1* dan Waxy.
- c. Menghubungkan komponen fotosintesis dan *WUE* dengan laju pertumbuhan tanaman ke tiga klon, yaitu klon elit *UJ-5 dan BW-1* dan Waxy.

Bahan yang digunakan pada penelitian 1 adalah klon elit *UJ-5 dan BW-1* dan klon yang sering ditanam oleh petani untuk bahan baku industri tapioka, yaitu klon Waxy. Variabel pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, bobot kering daun, bobot kering petiol, bobot kering batang, bobot kering akar, bobot kering ubi, jumlah akar umbi segar, jumlah umbi, bobot segar ubi yang diamati pada 2, 3, 4, 6, 8, dan 10 BST. Kandungan kuantitatif amilosa dan amilopektin diukur pada saat panen 6, 8, dan 10 BST. Jumlah tanaman untuk variabel bahan kering adalah dua sampel per blok. Selanjutnya, analisis kualitas pati, amilosa dan amilopektin jumlah sampel yang digunakan adalah dua tanaman per blok secara sampel komposit.

Data diolah dengan menggunakan sidik ragam jika sudah memenuhi asumsi bahwa homogenitas ragam (uji Bartlett) dan sifat data aditif (uji Tukey). Jika ada variasi pada nilai F maka dilanjutkan menghitung perbedaan nilai rata-rata perlakuan (klon) dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Model linier yang digunakan adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + K_j + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = pengamatan variabel

μ = nilai rata-rata umum

β_i = nilai pengamatan pada blok ke i

K_j = nilai pengamatan pada klon ke j

ϵ_{ijk} = nilai galat pada blok ke i dan klon ke j

Data laju pertumbuhan berdasarkan bahan kering ditampilkan dengan menggunakan grafik histogram. Selanjutnya, data dianalisis dengan menggunakan program *SAS for University (free download)* untuk uji nilai F.

Penelitian 2. Evaluasi Karakter Agronomi pada Ubikayu Klon Elit *UJ-5 dan BW-1*, Waxy, dan Huay Bong melalui Pertumbuhan dan Hasil

Berdasarkan penelitian pendahuluan oleh Anggraini (2020) dan Nintania (2020) diperoleh informasi bahwa terdapat variasi genetik pada variabel tinggi tanaman dan kadar HCN antara ubikayu klon elit *UJ-5 dan BW-1* dan beberapa klon lainnya seperti Huay Bong (BW), klon ubikayu manis lokal Melati, dan klon ubikayu manis lokal Manalagi saat panen. Namun observasi variasi genetik ini belum diketahui kapan terjadinya, apakah sebelum panen atau saat panen. Oleh karena itu perlu diamati kapan terjadinya variasi genetik agar seleksi awal bisa dilakukan. Begitu juga analisis antar variabel untuk mengamati pengaruh langsung kualitas pati, amilosa dan amilopektin perlu dilakukan agar variabel yang mempunyai pengaruh langsung bisa digunakan sebagai kriteria seleksi. Oleh karena itu, tujuan penelitian 2 ini adalah:

- a. Mengevaluasi pertumbuhan dan hasil klon elit *UJ-5 dan BW-1*, Waxy, dan Huay Bong.
- b. Menghitung keragaman genetik, keragaman fenotipik, kemajuan genetik (genetik advance value), dan nilai heritabilitas klon elit *UJ-5 dan BW-1*, Waxy, dan Huay Bong.

Bahan yang digunakan pada penelitian 3 klon, yaitu klon elit *UJ-5 dan BW-1*, Waxy, dan Huay Bong. Variabel pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, bobot kering daun, bobot kering petiol, bobot kering batang, bobot kering akar, bobot kering ubi, jumlah akar umbi segar, jumlah umbi, bobot segar ubi, nilai heritabilitas arti luas (Heritabilitas *broad sense*), *genetic advance* (GA). Kandungan kuantitatif amilosa dan amilopektin diukur pada saat panen 6, 8, dan 10 BST.

Data diolah dengan menggunakan sidik ragam jika sudah memenuhi asumsi bahwa homogenitas ragam (uji Bartlett) dan sifat data aditif (uji Tukey). Jika ada variasi pada nilai F maka dilanjutkan menghitung perbedaan nilai rata-rata perlakuan (klon) dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Partisi nilai keragaman genetik berdasarkan nilai kuadrat tengah. Model linier yang digunakan adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + K_j + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = pengamatan variabel

μ = nilai rata-rata umum

β_i = nilai pengamatan pada blok ke i

K_j = nilai pengamatan pada klon ke j

ϵ_{ijk} = nilai galat pada blok ke i dan klon ke j

Tabel 1. Sumber keragaman, derajat bebas, kuadrat tengah, dan nilai harapan kuadrat tengah

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Nilai Harapan Kuadrat Tengah
Blok (B)	b-1	N1	-
Klon (K)	k-1	N2	$\sigma^2e + \sigma^2k$
Galat	(b-1)(k-1)	N3	σ^2e
Total	bk-1	N4	

σ^2e = variasi lingkungan (σ^2l)

$\sigma^2e + \sigma^2k$ = variasi fenotipik (σ^2p)

$\sigma^2p = \sigma^2e + \sigma^2l$

$Hbs = \sigma^2k / \sigma^2p$ (Heritabilitas broad sense)

GA (*genetic advance*) = $k \times \sigma^2p \times Hbs$, k adalah standar perbedaan seleksi, pada taraf 5% bernilai 2,06 (Amaefula dkk., 2014 dan Setiawan dkk., 2019).

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Lahan penelitian dibagi menjadi tiga kelompok atau blok dengan masing-masing blok ditanam stek ubikayu dari klon elit *UJ-5 dan BW-1*, klon Waxy, dan klon Huay Bong. Penanaman ubikayu dilakukan dengan menggunakan stek yang berukuran 20 cm dengan jarak tanam 100 cm x 80 cm.

Pemupukan 100 kg urea/ha dan 200 kg KCl /ha dilakukan 2 kali masing-masing $\frac{1}{2}$ dosis, yaitu pada umur 1 dan 4 BST. Selanjutnya 150 kg SP-36/ha diberikan sekaligus pada saat 1 BST bersamaan dengan pupuk urea dan KCl I. Pupuk diaplikasikan dengan cara dibenamkan ke tanah sejauh 10 cm dari tanaman.

Pemeliharaan tanaman meliputi pengendalian gulma yang dilakukan secara manual dan penyemprotan herbisida. Pengendalian hama maupun penyakit dengan menggunakan insektisida atau fungisida berdasarkan kondisi lapangan. Pemanenan dilakukan pada 6 dan 10 BST.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil analisis ragam nilai kuadrat tengah pada Tabel 2 menunjukkan adanya variasi yang nyata pada tinggi tanaman dan jumlah ruas umur 1-10 BST. Variasi juga terjadi pada komponen variabel jumlah daun dan jumlah daun hijau umur 1-10 BST yang disajikan pada Tabel 3. Selanjutnya, variabel jumlah ubi, jumlah akar, bobot segar ubi, bobot kering daun, bobot tangkai daun, bobot kering batang, bobot kering ubi, indeks panen juga terdapat variasi, sedangkan variabel kadar pati dan bobot pati tidak menunjukkan adanya variasi seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 2. Nilai kuadrat tengah tinggi tanaman dan jumlah ruas tiga klon ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz) pada umur 1-10 BST

Variabel	Rataan	Kuadrat Tengah		KK (%)
		Klon	Galat	
Tinggi Tanaman 1 BST (m)	0,17	0,01 **	0,001	20,97
Tinggi Tanaman 2 BST (m)	0,36	0,05 **	0,01	21,23
Tinggi Tanaman 3 BST (m)	0,89	0,43 **	0,03	18,03
Tinggi Tanaman 4 BST (m)	1,48	1,27 **	0,07	17,94
Tinggi Tanaman 5 BST (m)	2,01	2,57 **	0,13	18,15
Tinggi Tanaman 6 BST (m)	2,37	3,47 **	0,18	17,98
Tinggi Tanaman 7 BST (m)	2,65	4,78 **	0,24	18,62
Tinggi Tanaman 8 BST (m)	2,85	6,01 **	0,28	18,58
Tinggi Tanaman 9 BST (m)	3,05	6,89 **	0,33	18,85
Tinggi Tanaman 10 BST (m)	3,18	7,12 **	0,35	18,62
Jumlah Ruas 1 BST (buku)	6,99	17,08 **	2,76	23,74
Jumlah Ruas 2 BST (buku)	13,94	107,66 **	9,00	21,52
Jumlah Ruas 3 BST (buku)	28,98	794,34 **	31,48	19,36
Jumlah Ruas 4 BST (buku)	44,67	1689,52 **	82,94	20,39
Jumlah Ruas 5 BST (buku)	63,07	2108,81 **	294,38	27,20

Tabel 3. (Lanjutan)

Variabel	Rataan	Kuadrat Tengah		KK (%)
		Klon	Galat	
Jumlah Ruas 6 BST (buku)	80,71	3774,08 *	930,40	37,79
Jumlah Ruas 7 BST (buku)	93,38	4476,00 *	1124,94	35,92
Jumlah Ruas 8 BST (buku)	104,92	4780,08 *	1212,96	33,20
Jumlah Ruas 9 BST (buku)	114,04	4784,02 *	1274,16	31,30
Jumlah Ruas 10 BST (buku)	121,83	4926,59 *	1307,01	29,67

Keterangan: * = nyata pada taraf 5% ** = nyata pada taraf 1%
 KK = koefisien keragaman (%) BST = bulan setelah tanam

Tinggi tanaman 1-10 BST pada ketiga klon menunjukkan variasi yang sangat nyata artinya ada klon dengan tinggi tanaman yang tinggi dan ada klon yang tinggi tanamannya rendah. Begitupun halnya dengan nilai kuadrat tengah jumlah ruas pada ketiga klon umur 1-10 BST yang juga menunjukkan adanya variasi yang tinggi. Pada penelitian ini, terdapat variabel jumlah daun dan jumlah daun hijau. Perbedaan diantara keduanya yaitu, jumlah daun merupakan total daun yang ada pada batang baik yang telah gugur maupun daun yang masih melekat di batang. Sedangkan, jumlah daun hijau merupakan total daun yang masih melekat di batang pada saat

pengamatan berlangsung. Kedua variabel ini, nilai kuadrat tengahnya pun menunjukkan adanya variasi, artinya ada klon dengan jumlah daun dan jumlah daun hijau yang banyak serta ada klon yang jumlah daun dan jumlah daun hijau yang sedikit.

Tabel 3. Nilai kuadrat tengah jumlah daun dan jumlah daun hijau tiga klon ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz) pada umur 1-10 BST

Variabel	Rataan	Kuadrat Tengah		KK (%)
		Klon	Galat	
Jumlah Daun 1 BST (helai)	7,99	17,08 **	2,76	20,77
Jumlah Daun 2 BST (helai)	14,94	107,66 **	9,00	20,08
Jumlah Daun 3 BST (helai)	29,98	794,34 **	31,48	18,71
Jumlah Daun 4 BST (helai)	45,67	1689,52 **	82,94	19,94
Jumlah Daun 5 BST (helai)	64,07	2108,81 **	294,38	26,78
Jumlah Daun 6 BST (helai)	81,71	3774,08 *	930,40	37,33
Jumlah Daun 7 BST (helai)	94,38	4476,00 *	1124,94	35,54
Jumlah Daun 8 BST (helai)	105,92	4780,08 *	1212,96	32,88
Jumlah Daun 9 BST (helai)	115,04	4784,02 *	1274,16	31,03
Jumlah Daun 10 BST (helai)	122,83	4926,59 *	1307,01	29,43
Jumlah Daun Hijau 1 BST (helai)	8,07	17,06 **	2,56	19,85
Jumlah Daun Hijau 2 BST (helai)	10,83	79,72 **	7,78	25,77
Jumlah Daun Hijau 3 BST (helai)	24,96	1002,40 **	22,14	18,85
Jumlah Daun Hijau 4 BST (helai)	37,15	1771,65 **	58,65	20,61
Jumlah Daun Hijau 5 BST (helai)	51,89	2293,06 **	79,03	17,13
Jumlah Daun Hijau 6 BST (helai)	67,78	2750,86 **	91,72	14,13
Jumlah Daun Hijau 7 BST (helai)	84,19	3840,52 **	126,44	13,36
Jumlah Daun Hijau 8 BST (helai)	66,29	3166,72 **	279,87	25,24
Jumlah Daun Hijau 9 BST (helai)	51,55	3173,50 **	358,13	36,71
Jumlah Daun Hijau 10 BST (helai)	43,88	2371,48 **	405,61	45,89
Keterangan: * = nyata pada taraf 5% ** = nyata pada taraf 1%				
KK = koefesien keragaman (%) BST = bulan setelah tanam				

Tabel 4. Nilai kuadrat tengah komponen hasil tiga klon ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz) pada umur 10 BST

Variabel	Rataan	Kuadrat Tengah		KK (%)
		Klon	Galat	
Jumlah Ubi (buah)	12,29	221,40 **	20,02	36,40
Jumlah Akar (buah)	25,90	201,27	73,73	33,15
Bobot Segar Ubi (kg)	3,10	13,12 **	0,76	28,08
Bobot Kering Daun (g)	45,94	2719,83 **	408,67	44,01
Bobot Kering Tangkai Daun (g)	20,47	662,20 **	98,82	48,56
Bobot Kering Batang (kg)	0,67	0,66 **	0,07	39,49
Bobot Kering Ubi (kg)	1,22	0,65 *	0,09	23,97
Kadar Pati (%)	0,05	0,010	0,002	10,13
Bobot Pati	47,44	8252,94	2250,16	10,08
Indeks Panen	0,62	0,02 *	0,004	10,40
Keterangan: * = nyata pada taraf 5% ** = nyata pada taraf 1%				
KK = koefisien keragaman (%) BST = bulan setelah tanam				

Komponen Pertumbuhan

a. Tinggi tanaman

Berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT) 5% diketahui bahwa tinggi tanaman dari ketiga klon ubikayu mengalami peningkatan secara terus menerus setiap bulannya, mulai dari 1-10 BST. Tabel 5 menunjukkan bahwa Waxy merupakan klon dengan tinggi tanaman terbaik mulai dari umur 1-10 BST dengan tinggi mencapai 3,93 m. Sebaliknya pada klon BW-1, pada awal pertumbuhan menunjukkan tinggi yang tidak berbeda nyata dengan Waxy, namun pada bulan 2-10 BST terdapat perbedaan nilai tengah. Secara keseluruhan, Waxy (3,93 m) memiliki rata-rata tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan BW-1 (2,95 m), begitu pula dengan BW-1 memiliki rata-rata tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan UJ-5 yaitu 2,66 m.

Tabel 5. Tinggi tanaman pada tiga klon ubikayu umur 1-10 BST

Klon	Tinggi Tanaman (m)								
	1 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST	7 BST	8 BST	9 BST	10 BST
UJ-5	0,15 b	0,74 c	1,24 b	1,66 b	1,97 b	2,18 b	2,34 b	2,53 b	2,66 b
BW-1	0,18 a	0,87 b	1,40 b	1,92 b	2,25 b	2,51 b	2,68 b	2,83 b	2,95 b
Waxy	0,20 a	1,07 a	1,79 a	2,45 a	2,88 a	3,25 a	3,53 a	3,79 a	3,93 a
BNT	0,02	0,11	0,18	0,25	0,30	0,35	0,37	0,40	0,42

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT) 5%, BST = bulan setelah tanam.

b. Jumlah ruas

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah ruas pada ketiga klon ubikayu mengalami peningkatan setiap bulannya. Seperti yang disajikan pada Tabel 7, jumlah ruas tertinggi pada umur 10 BST terdapat pada klon BW-1 (137 buku), yang kemudian disusul oleh Waxy (126 buku) dan UJ-5(103 buku). Pada klon Waxy di 7 BST terjadi peningkatan yang cukup signifikan. Sementara untuk klon BW-1 dan UJ-5 memiliki *trend* yang sama.

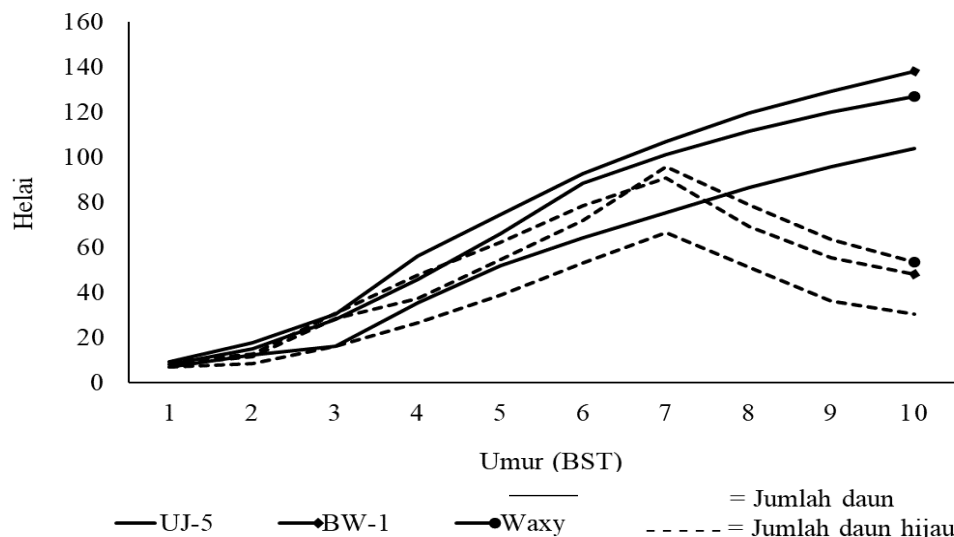
Tabel 6. Jumlah ruas pada tiga klon ubikayu umur 1-10 BST

Klon	Jumlah Ruas (buku)								
	1 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST	7 BST	8 BST	9 BST	10 BST
UJ-5	6 b	21 c	34 c	51 b	65 b	74 b	86 b	95 b	103 b
BW-1	8 a	35 a	55 a	74 a	89 a	106 a	119 a	128 a	137 a
Waxy	7 ab	31 b	45 b	65 a	76 a	100 a	111 a	119 ab	126 ab
BNT	1,18	3,99	6,48	12,22	21,73	23,89	24,81	25,43	25,76

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT) 5%, BST = bulan setelah tanam.

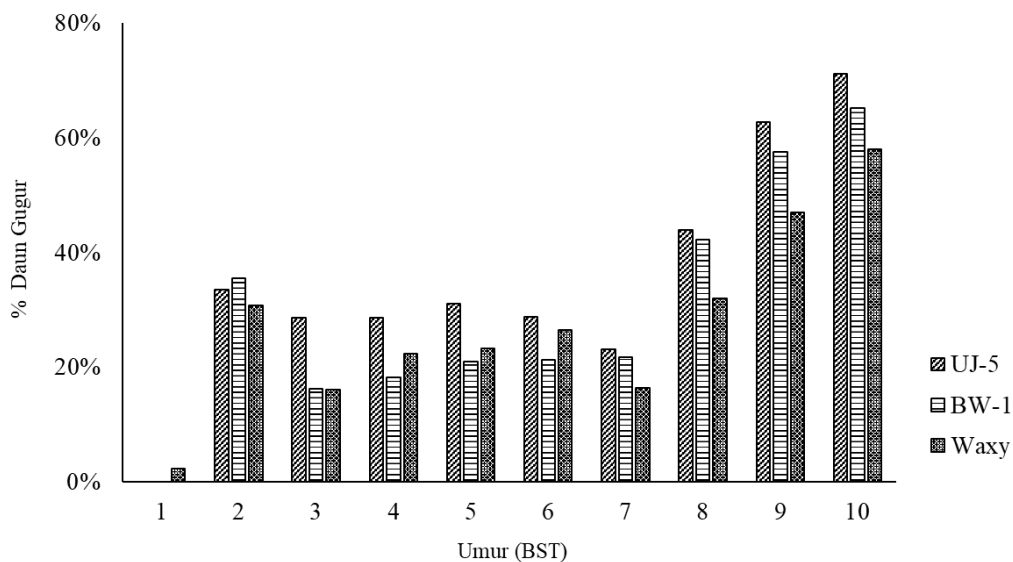
c. Jumlah daun dan jumlah daun hijau

Jumlah daun dan jumlah daun hijau menunjukkan adanya variasi, nilai uji beda nyata terkecil (BNT) 5% dapat dilihat pada Tabel 8 (Lampiran). Secara keseluruhan, jumlah daun mengalami peningkatan mulai dari 1 hingga 10 BST. Gambar 2 menunjukkan bahwa ketiga klon memiliki *trend* yang sama yaitu mengalami peningkatan secara terus menerus setiap bulannya. Jumlah daun tertinggi dihasilkan oleh klon BW-1, yang kemudian disusul oleh Waxy dan UJ-5. Selanjutnya, pada jumlah daun hijau terjadi peningkatan setiap bulannya dan mengalami penurunan pada umur 8 sampai 10 BST (Gambar 2). Dengan demikian, diketahui bahwa pada umur 7 BST merupakan pertumbuhan jumlah daun hijau yang optimum. Hal ini didukung dengan adanya garis putus-putus pada Gambar 2 yang menunjukkan bahwa pada 8 BST jumlah daun hijau mengalami penurunan akibat gugur. Waxy merupakan klon dengan jumlah daun hijau terbanyak sampai dengan 10 BST, secara berurutan disusul oleh BW-1 dan UJ-5.



Gambar 2. Jumlah daun dan jumlah daun hijau tiga klon ubikayu pada umur 1 sampai 10 BST (bulan setelah tanam).

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa persentase daun gugur terbanyak hingga akhir pengamatan yaitu klon UJ-5. Sebaliknya, Waxy merupakan klon elit yang mana persentase daun gugurnya lebih sedikit, ini berarti bahwa klon ini mampu mempertahankan jumlah daun hijau yang lebih banyak dibandingkan klon yang lain. Meskipun, pada umur 4-6 BST, klon yang persentase daun gugurnya paling sedikit yaitu klon BW-1.



Gambar 3. Persentase daun gugur pada tiga klon ubikayu pada umur 1 sampai 10 BST (bulan setelah tanam).

Komponen Hasil

a. Bobot Kering

Berdasarkan nilai kuadrat tengah, keseluruhan bobot kering baik daun, tangkai daun, batang, dan ubi pada ketiga klon menunjukkan adanya variasi yang tinggi. Tabel 10 menunjukkan bahwa BW-1 memiliki nilai rata-rata bobot kering tertinggi, secara berturut-turut yaitu bobot kering daun (60,84 g), bobot kering tangkai daun (27,81 g), bobot kering batang (0,70 kg), dan bobot kering ubi (1,67 kg). Walaupun pada bobot kering batang, nilai rata-ratanya tidak berbeda nyata dengan klon Waxy (0,86 kg), lalu bobot kering daunnya (36,66 g), bobot kering tangkai daun (17,78 g), bobot kering ubi (1,11 kg). Waxy memiliki bobot kering batang tertinggi, didukung dengan tingginya tinggi tanaman sebesar 3,93 cm. Namun, bobot kering daun Waxy tidak lebih banyak dibandingkan dengan BW-1, hal ini dikarenakan jumlah ruas yang lebih pendek yaitu Waxy (126 buku) dan BW-1 (137 buku). Selanjutnya, pada klon UJ-5 merupakan klon dengan nilai rata-rata bobot kering batang terendah (0,46 kg) yang diikuti dengan bobot kering ubi (0,88 kg), lalu bobot kering daun (36,66 g), dan bobot kering tangkai daun (17,78 g).

Tabel 10. Komponen pertumbuhan dan hasil pada tiga klon ubikayu umur 10 BST

Klon	Bobot Kering Daun	Bobot Kering Tangkai Daun	Bobot Kering Batang	Bobot Kering Ubi	Bobot Segar Ubi	Indeks Panen	Jumlah Ubi
	g.....	g.....	kg.....	kg.....			buah.....
UJ-5	36,66 b	17,78 b	0,46 b	0,88 b	2,16 c	0,64 ab	9 c
BW-1	60,84 a	27,81 a	0,70 a	1,67 a	3,97 a	0,68 ab	16 a
Waxy	40,31 b	14,32 b	0,86 a	1,11 b	3,16 b	0,54 b	12 b
BNT	14,4	7,08	0,18	0,48	0,62	0,11	3

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT) 5%.

b. Bobot Segar Ubi

Berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT) 5% pada Tabel 10 diketahui bahwa klon BW-1 merupakan klon terbaik yang menghasilkan bobot segar ubi paling banyak yaitu 3,97 kg, kemudian disusul Waxy (3,16 kg) dan UJ-5 (2,16 kg).

c. Indeks Panen

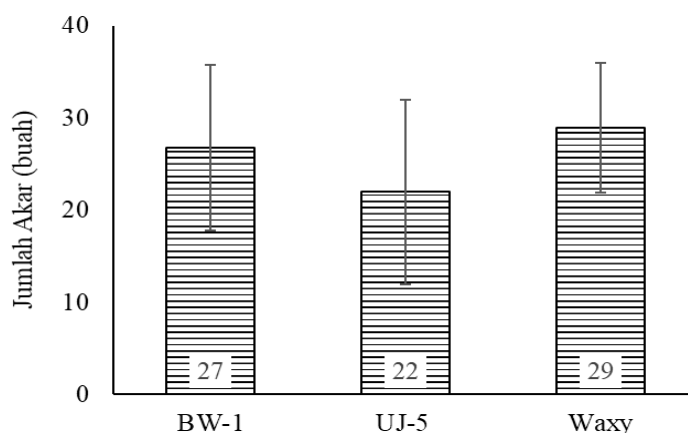
Indeks panen merupakan pembagian antara bobot kering ubi dengan penjumlahan bobot kering daun, tangkai daun, batang, dan ubi. Tabel 10 uji beda nyata terkecil (BNT) 5% menunjukkan bahwa BW-1 dan UJ-5 memiliki notasi yang sama dengan nilai berturut-turut yaitu 0,68 dan 0,64. Selanjutnya, untuk klon Waxy memiliki indeks panen yang rendah (0,54). Meskipun sebagian besar bobot kering antara klon Waxy dan UJ-5 memiliki notasi yang sama, namun indeks panen berbeda. Hal ini dikarenakan bobot kering daun, batang dan ubi Waxy cenderung lebih besar dibandingkan dengan UJ-5 sehingga penyebutnya lebih besar dibandingkan dengan pembilang yang mengakibatkan indeks panennya menjadi rendah.

d. Jumlah Ubi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah ubi berbeda-beda setiap klonnya (Tabel 10). Klon BW-1 merupakan klon terbaik yang menghasilkan jumlah ubi rata-rata sebanyak 16 buah, sedangkan Waxy (12 buah) dan UJ-5 (9 buah).

e. Jumlah Akar

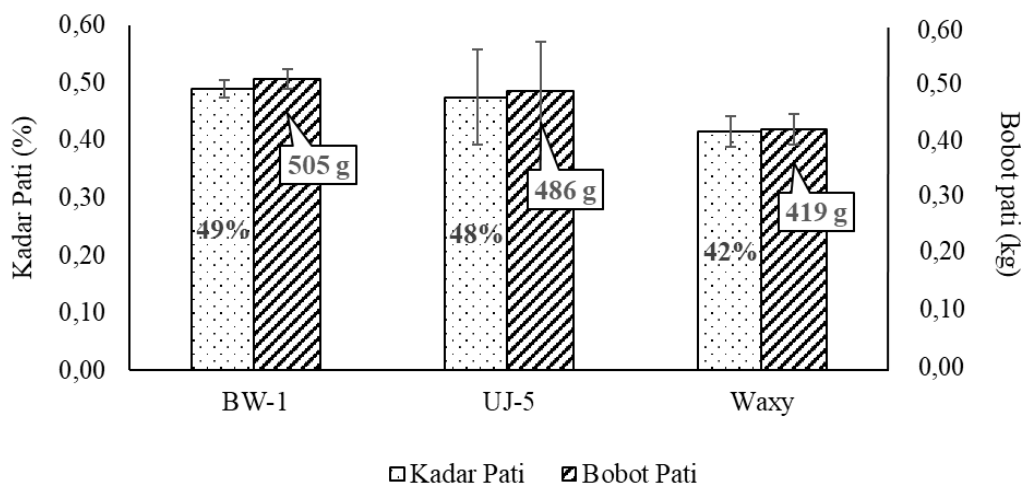
Berdasarkan nilai kuadrat tengah menunjukkan bahwa pada ketiga klon yang digunakan tidak menunjukkan adanya variasi terhadap variabel jumlah akar. Akar yang dimaksud pada variabel ini yaitu akar yang menggelembung maupun yang tidak. Jumlah akar ubikayu pada ketiga klon berkisar antara 22 buah $\pm$ 29 buah (Gambar 4). Ini menandakan bahwa semakin banyak jumlah akar maka semakin besar pula peluang untuk memiliki jumlah ubi yang banyak.



Gambar 4. Jumlah akar pada tiga klon ubikayu pada umur 10 BST (bulan setelah tanam) (I menunjukkan standar deviasi).

f. Kadar Pati dan Bobot Pati

Kuadrat nilai tengah pada kedua variabel ini tidak menunjukkan adanya variasi pada masing-masing klon yang digunakan. Berdasarkan Gambar 5, dapat diketahui bahwa kadar pati pada ketiga klon ini berkisar antara $42 \pm 49\%$. Selain itu, pada variabel bobot pati, kisarannya yaitu antara $419 \text{ g} \pm 505 \text{ g}$. Kadar pati dan bobot pati Waxy cenderung lebih rendah dibandingkan dengan kedua klon lainnya. Tingginya kadar pati dan bobot pati pada BW-1 didukung dengan tingginya bobot kering ubi. Sebaliknya, rendahnya kadar pati dan bobot pati pada Waxy, meskipun bobot kering ubinya lebih tinggi dibandingkan dengan UJ-5, diasumsikan bahwa fotosintat pada Waxy ditranslokasikan lebih banyak ke tinggi tanaman dibandingkan ke kadar pati ubi.



Gambar 5. Kadar pati dan bobot pati pada tiga klon ubikayu pada umur 10 BST (bulan setelah tanam) (I menunjukkan standar deviasi).

Variasi Genetik, Fenotipe, Heritabilitas, dan Kemajuan Genetik

Nilai variasi fenotipe, variasi lingkungan, variasi genetik, simpangan baku, dan dua kali simpangan baku disajikan pada Tabel 11. Semua variabel yang diamati menunjukkan bahwa variasi fenotipe lebih tinggi dibandingkan dengan variasi genetik. Dua kali simpangan baku yang menunjukkan variasi genetik luas dan sempit terlihat bahwa kriteria luas ada pada variabel variabel tinggi tanaman 10 BST, jumlah daun 10 BST, jumlah hijau 10 BST, jumlah ruas, jumlah ubi, bobot segar ubi, bobot kering daun, bobot kering tangkai daun, dan bobot pati. Sebaliknya,

kriteria sempit pada variabel jumlah akar, bobot kering batang, bobot kering ubi, kadar pati, dan indeks panen.

Tabel 10. Variasi fenotipe (σ^2p), variasi lingkungan (σ^2e), variasi genetik (σ^2g), simpangan baku ($\sigma\sigma^2g$), dua kali simpangan baku ($2\sigma\sigma^2g$) komponen pertumbuhan dan hasil tiga klon ubikayu

No	Variabel	σ^2p	σ^2e	σ^2g	$\sigma\sigma^2g$	$2\sigma\sigma^2g$
1	Tinggi Tanaman 10 BST (m)	3,73	0,35	3,38	0,68	1,37 (L)
2	Jumlah Daun 10 BST (helai)	3116,80	1307,01	1809,79	3,32	6,64 (L)
3	Jumlah Daun Hijau 10 BST (helai)	1460,52	397,02	1063,50	2,89	5,79 (L)
4	Jumlah Ruas 10 BST (buku)	3116,80	1307,01	1809,79	3,32	6,64 (L)
5	Jumlah Ubi (buah)	120,71	20,02	100,69	1,60	3,20 (L)
6	Jumlah Akar (buah)	137,50	73,73	63,77	1,45	2,89 (S)
7	Bobot Segar Ubi (kg)	6,94	0,76	6,18	0,79	1,59 (L)
8	Bobot Kering Daun (g)	1564,25	408,67	1155,58	2,95	5,91 (L)
9	Bobot Kering Tangkai Daun (g)	380,51	98,82	281,69	2,07	4,15 (L)
10	Bobot Kering Batang (kg)	0,37	0,07	0,30	0,37	0,74 (S)
11	Bobot Kering Ubi (kg)	0,37	0,09	0,28	0,38	0,77 (S)
12	Kadar Pati (%)	0,0040	0,0020	0,0020	0,12	0,23 (L)
13	Bobot Pati	5251,55	2250,16	3001,39	4,01	8,02 (S)
14	Indeks Panen	0,01	0,004	0,01	0,16	0,32 (S)

Keterangan: L = Luas; S = Sempit

Tabel 12 menunjukkan bahwa nilai KKG dalam kriteria tinggi terdapat pada variabel bobot kering tangkai daun (81,99%), bobot kering batang (81,07%), bobot segar ubi (80,26%), jumlah ubi (81,64%), bobot kering daun (74%), dan jumlah daun hijau 10 BST (73,23%). Kriteria sedang dimiliki oleh variabel tinggi tanaman (58%), bobot kering ubi (43,66%), jumlah ruas 10 BST (34,92%), jumlah daun 10 BST (34,63%), dan jumlah akar (30,83%). Sedangkan nilai KKG dalam kriteria rendah sebesar 9,72% terdapat pada variabel kadar pati, indeks panen (14,55%), dan bobot pati (11,70%). Selanjutnya, nilai KKF dalam kriteria tinggi terdapat pada variabel bobot kering tangkai daun (95,29%), bobot kering batang (90,17%), jumlah ubi (89,38%), bobot kering daun (86,10%), jumlah daun hijau 10 BST (85,81%), bobot segar ubi (85,02%), tinggi tanaman (60,92%), jumlah akar (45,27%). Kategori sedang pada variabel jumlah daun 10 BST (45,45%), jumlah ruas 10 BST (45,82%), bobot kering ubi (49,81%), dan nilai KKF dalam kriteria rendah sebesar 17,88% pada variabel indeks panen, kadar pati (13,80%), dan bobot pati (15,40%).

Berdasarkan hasil penelitian, nilai heritabilitas dengan kriteria tinggi terdapat pada variabel pengamatan tinggi tanaman, bobot segar ubi, jumlah ubi, bobot kering batang, bobot kering ubi, bobot kering daun, bobot kering tangkai daun, jumlah daun hijau 10 BST, indeks panen, jumlah daun 10 BST, dan jumlah ruas 10 BST. Nilai heritabilitas sedang terdapat pada variabel jumlah akar, kadar pati dan bobot pati. Sementara itu, untuk kemajuan genetik dengan kriteria tinggi dimiliki hampir seluruh variabel pengamatan, kecuali kadar pati dan bobot pati.

Tabel 11. Koefisien keragaman genetik (KKG), koefisien kergama fenotipe (KKF), heritabilitas dalam arti luas (H), dan kemajuan genetik (GA) komponen pertumbuhan dan hasil tiga klon ubikayu

No	Variabel	KKG (%)	KKF (%)	H (%)	GA (%)
1	Tinggi Tanaman 10 BST (m)	58,00 (S)	60,92 (T)	0,91 (T)	1,14 (T)
2	Jumlah Daun 10 BST (helai)	34,63 (S)	45,45 (S)	0,58 (T)	0,54 (T)
3	Jumlah Daun Hijau 10 BST (helai)	73,23 (T)	85,81 (T)	0,73 (T)	1,29 (T)
4	Jumlah Ruas 10 BST (buku)	34,92 (S)	45,82 (S)	0,58 (T)	0,55 (T)
5	Jumlah Ubi (buah)	81,64 (T)	89,38 (T)	0,83 (T)	1,54 (T)
6	Jumlah Akar (buah)	30,83 (S)	45,27 (T)	0,46 (S)	0,43 (T)
7	Bobot Segar Ubi (kg)	80,26 (T)	85,02 (T)	0,89 (T)	1,56 (T)
8	Bobot Kering Daun (g)	74,00 (T)	86,10 (T)	0,74 (T)	1,31 (T)
9	Bobot Kering Tangkai Daun (g)	81,99 (T)	95,29 (T)	0,74 (T)	1,45 (T)
10	Bobot Kering Batang (kg)	81,07 (T)	90,17 (T)	0,81 (T)	1,50 (T)
11	Bobot Kering Ubi (kg)	43,66 (S)	49,81 (S)	0,77 (T)	0,79 (T)
12	Kadar Pati (%)	9,72 (R)	13,80 (R)	0,50 (S)	0,14 (S)
13	Bobot Pati	11,70 (R)	15,40 (R)	0,57 (T)	0,18 (S)
14	Indeks Panen	14,55 (R)	17,88 (R)	0,66 (T)	0,24 (T)

Keterangan: R = Rendah; S = Sedang; T = Tinggi

4.1.1 Analisis Jalur

Berdasarkan hasil analisis regresi diperoleh data tinggi tanaman, jumlah daun jumlah ubi, bobot segar ubi, bobot kering ubi, bobot kering daun, bobot kering tangkai daun, bobot kering batang, dan indeks panen (variabel bebas) terhadap bobot pati (variabel tak bebas) disajikan pada Tabel 13 berikut. Kontribusi karakter (X_i) pada bobot patinya (BP) = $1726 + 7,90 TT - 1,16 JD - 6,01JU - 126,30 BSU + 589,90 BKU + 4695 BKD - 3434 BKP - 6,07 BKB - 1824 IP$. Pada persamaan ini, koefisien regresi variabel TT, BKU, dan BKD bertanda positif yang berarti berkontribusi menambah atau meningkatkan, sedangkan koefisien regresi variabel JD, JU, BSU,

BKP, BKB, dan IP adalah bertanda negatif yang artinya berkontribusi mengurangi nilai bobot pati (BP).

Tabel 12. Nilai koefisien regresi variabel bebas X_i (KR_{xi}), rasio simpangan baku (S_{xi}/S_y), dan koefisien pengaruh langsung variabel bebas X_i (KPL_{xi}) pada variabel tak bebas Y

Variabel Bebas (X_i)	KR_{xi}	S_{xi}/S_y	KPL_{xi}
Tinggi Tanaman 10 BST	7,90	0,0114	0,09
Jumlah Daun 10 BST	-1,16	0,4214	-0,49
Jumlah Ubi (buah)	-6,01	0,0669	-0,40
Bobot Segar Ubi (kg)	-126,30	0,0156	-1,97
Bobot Kering Ubi (kg)	589,90	0,0071	4,17
Bobot Kering Daun (g)	4695,00	0,0002	1,16
Bobot Kering Tangkai Daun (g)	-3434,00	0,0001	-0,41
Bobot Kering Batang (kg)	-607,00	0,0037	-2,22
Indeks Panen	-1824,00	0,0013	-2,41

Koefesien korelasi antarvariabel bebas (tinggi tanaman, jumlah daun jumlah ubi, bobot segar ubi, bobot kering ubi, bobot kering daun, bobot kering tangkai daun, bobot kering batang) dan antara variabel bebas dengan variabel tak bebas (bobot pati) disajikan pada Tabel 14. Analisis korelasi menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara variabel bebas dengan variabel tak bebas maupun antarvariabel bebas. Pada penelitian ini, terdapat korelasi antara bobot pati dengan bobot kering daun ($r=0,58^*$) dan bobot kering tangkai daun ($r=0,61^*$). Kemudian, untuk korelasi antarvariabel bebas terdapat tinggi tanaman yang berkorelasi positif sangat nyata dengan bobot kering batang ($r=0,85^{**}$), namun berkorelasi negatif nyata dengan indeks panen sebesar $r=-0,68^*$. Negatifnya korelasi tersebut diakibatkan karena korelasi antara indeks panen dengan bobot kering batang yang juga negatif ($-0,67^*$). Selanjutnya, untuk variabel jumlah daun berkorelasi positif sangat nyata dengan bobot kering daun ($r=0,73^{**}$) dan korelasi positif nyata dengan bobot segar ubi ($r=0,67^*$) dan bobot kering ubi ($r=0,69^*$). Jumlah ubi berkorelasi positif sangat nyata dengan bobot segar ubi ($r=0,85^{**}$) dan bobot kering ubi ($r=0,78^{**}$) serta korelasi positif nyata dengan bobot kering daun sebesar $r=0,65^*$.

Korelasi positif sangat nyata juga ditemukan antara bobot segar ubi dan bobot kering ubi sebesar $r=0,95^{**}$ dimana hasil ini merupakan nilai koefesien korelasi yang tertinggi, kemudian korelasi positif sangat nyata dengan bobot kering daun sebesar $r=0,79^{**}$, dan korelasi positif

nyata dengan bobot kering tangkai daun sebesar 0,58*. Bobot kering ubi berkorelasi positif sangat nyata dengan bobot kering daun ($r=0,85^{**}$) dan korelasi positif nyata dengan bobot kering tangkai daun sebesar $r=0,69^*$. Lalu, bobot kering daun berkorelasi positif sangat nyata dengan bobot kering tangkai daun sebesar $r=0,82^{**}$.

Tabel 14. Koefisien korelasi antarvariabel bebas X_i ($r_{-X_iX_i}$) dan antara variabel bebas X_i dan tak bebas Y (r_{-X_iY})

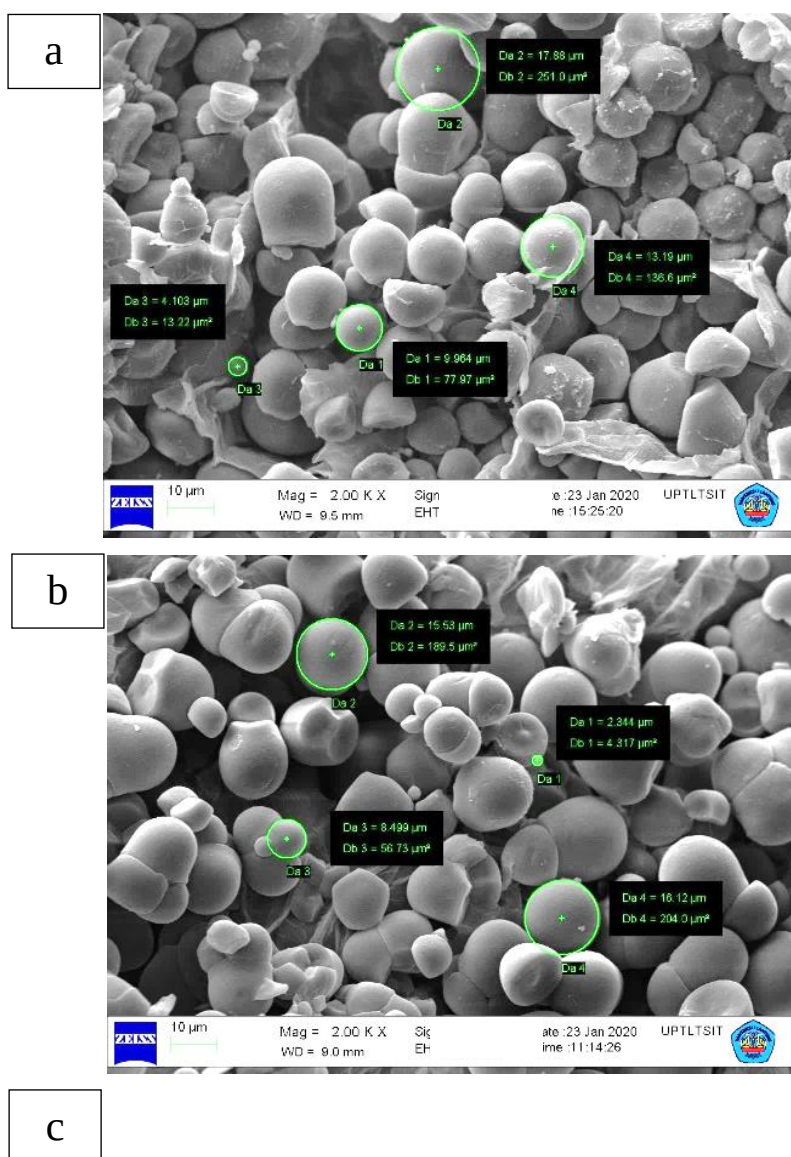
Variabel Bebas (X_i)	TT	JD	JU	BSU	BKU	BKD	BKP	BKB	IP	r_{-X_iY}
Tinggi Tanaman 10 BST		0,49	0,17	0,28	0,14	0,19	-0,18	0,85**	-0,68*	-0,13
Jumlah Daun 10 BST			0,42	0,67*	0,69*	0,73**	0,39	0,55	0,00	0,42
Jumlah Ubi (buah)				0,85**	0,78**	0,65*	0,41	0,28	0,37	0,06
Bobot Segar Ubi (kg)					0,95**	0,79**	0,58*	0,40	0,38	0,22
Bobot Kering Ubi (kg)						0,85**	0,69*	0,33	0,48	0,51
Bobot Kering Daun (g)							0,82**	0,37	0,34	0,58 *
Bobot Kering Tangkai Daun (g)								0,05	0,50	0,61 *
Bobot Kering Batang (kg)									-0,67*	0,07
Indeks Panen										0,30

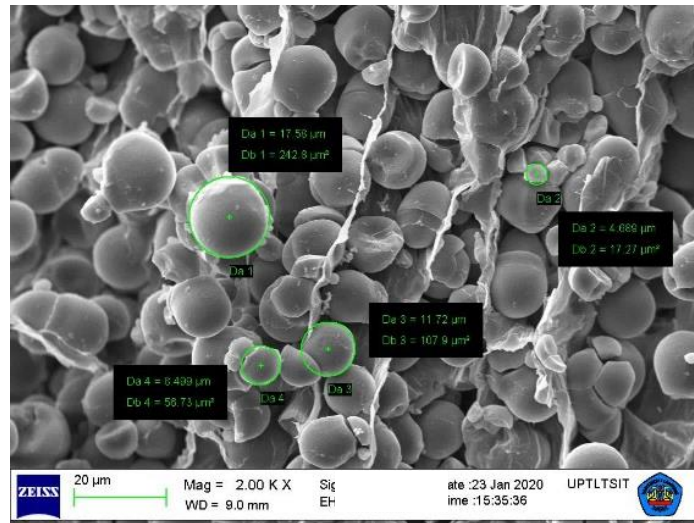
Keterangan: * = nyata pada taraf 5%, ** = nyata pada taraf 1%.

Tabel 15 menunjukkan nilai koefisien pengaruh langsung (KPL) pada beberapa variabel bebas. Variabel yang memiliki KPL besar diantaranya yaitu bobot kering ubi (4,72), bobot kering daun (1,16), dan tinggi tanaman (0,09). Sedangkan yang memiliki KPL kecil yaitu indeks panen (-2,41), bobot kering batang (-2,22), bobot segar ubi (-1,96), jumlah daun (-0,49), bobot kering tangkai daun (-0,41), dan jumlah ubi (-0,40). Secara berurutan dari besar ke kecil, koefisien pengaruh totalnya yaitu bobot kering tangkai daun (0,61), bobot kering daun (0,58), bobot kering ubi (0,51), jumlah daun (0,42), indeks panen (0,30), bobot segar ubi (0,22), bobot kering batang (0,07), jumlah ubi (0,06), dan tinggi tanaman (-0,13). Nilai R^2 yang diperoleh dari regresi yaitu 0,97 yang menunjukkan bahwa kesembilan variabel memberikan kontribusi sebesar 97% pada bobot pati.

Tabel 15. Nilai koefisien pengaruh tidak langsung (KPTL) variabel X_i melalui variabel bebas yang dibakukan (X_b), koefisien pengaruh langsung (KPL), dan koefisien pengaruh total (KPT) variabel bebas X_i pada variabel tak bebas Y =bobot pati

perbesaran 1000x untuk UJ-5 dan BW-1. Perbedaan perbesaran ini dikarenakan pada penampakan granula pati Waxy jika dilakukan perbesaran 1000x struktur patinya tampak homogen sehingga pengamat kesulitan dalam menentukan luas dan diameternya. Pada granula pati Waxy, luas granula patinya berkisar antara 17,27 - 242,8 μm^2 dengan kisaran diameternya yaitu 4,68 - 17,58 μm . Lalu, pada klon UJ-5, luasnya berkisar 13,22 - 251 μm^2 dengan diameter 4,10 - 17,88 μm . Selanjutnya, BW-1, luas granula patinya yaitu 4,31 - 204 μm^2 dan diameternya yaitu 2,34 - 16,12 μm . Berdasarkan ukuran diatas, dapat diketahui bahwa granula pati UJ-5 memiliki diameter yang besar sehingga ada indikasi kadar patinya juga akan tinggi. Sementara, Waxy dan BW-1, walaupun ukuran diameternya cenderung sama, Waxy memiliki luas dengan rentang nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan BW-1.





Gambar 7. Morfologi pati tiga klon ubikayu menggunakan SEM dengan perbesaran 1000x untuk (a) UJ-5 dan (b) BW-1 serta 2000x untuk (c) Waxy.

4.2 Pembahasan

Pertumbuhan dapat dimaknai sebagai penambahan volume atau massa tanaman yang bersifat irreversibel atau tidak dapat kembali. Adanya proses pertumbuhan ini dapat diukur dan dinyatakan secara kuantitatif. Namun, dalam pertumbuhan tanaman tidak serta merta tanaman dapat tumbuh begitu saja, ada tiga faktor yang mempengaruhi penampilan agronomisnya yaitu gen, lingkungan, dan kombinasi antara keduanya. Faktor genetik yaitu faktor pembawa sifat menurun yang terdapat di dalam sel. Sedangkan, lingkungan, contohnya seperti curah hujan, suhu, hara dan air, tanah, cahaya matahari, dan ketinggian tempat. Sebagaimana yang diungkapkan oleh Rukmana (1997) bahwa curah hujan untuk ubikayu yaitu 500-2.500 mm/tahun dan Alves (2010) yaitu < 600 mm/tahun untuk daerah semiarid serta >1500 mm/tahun untuk daerah sub humid dan humid. Alves (2010) menambahkan bahwa periode kritikal kekurangan air yang dapat berpengaruh pada ubikayu yaitu pada 1-5 BST dimana pada bulan tersebut merupakan tahap inisiasi akar dan tuberisasi. Pada lokasi penelitian, total curah hujan pada tiga tahun (2018, 2019, dan 2020) berturut-turut yaitu 1.825 mm/tahun, 1.697 mm/tahun, 1.840 mm/tahun (Lampiran).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Waxy memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan klon yang lain, yaitu 3,93 m. Sementara itu, BW-1 dan UJ-5 secara

berurutan yaitu 2,95 m dan 2,65 m. Secara keseluruhan, ketiga klon memiliki *trend* yang sama yaitu mengalami peningkatan secara terus menerus setiap bulannya. Pada 1-2 BST, ubikayu mulai bertambah tingginya akan tetapi pertumbuhannya masih lambat. Lalu, pada 3-7 BST terjadi peningkatan yang sangat signifikan pada ketiga klon ubikayu. Pertumbuhan ini dinilai meningkat dengan sangat cepat sesaat setelah diberi pemupukan kedua pada 3 BST. Kemudian, pada bulan-bulan selanjutnya yaitu 8-10 BST masih tetap terjadi penambahan tinggi, namun cenderung melambat atau sedikit sekali terjadi penambahan. Diduga bahwa pada 7 BST merupakan tahap penambahan tinggi tanaman yang maksimum untuk ketiga klon ini. Hal ini sesuai dengan Alves (2002); Saleh *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa pada pertumbuhan ubikayu berjalan lambat pada dua bulan pertama dan maksimum pada bulan-bulan selanjutnya, lalu sangat lambat pada dua bulan terakhir. Howeler (2014) menjelaskan bahwa mulai dari 2-6 BST tanaman ubikayu tumbuh cepat dimana pada umur 4-6 BST mencapai tinggi tanaman yang maksimum.

Pada pengamatan jumlah daun dan jumlah daun hijau ubikayu (Gambar 2), terlihat jumlah daun pada semua klon mengalami peningkatan setiap bulannya, dan sampai akhir pengamatan jumlah daun tertinggi dimiliki oleh BW-1 (138 helai), kemudian Waxy (127 helai), dan UJ -5 (104 helai). Berbeda dengan jumlah daun, pada awalnya yaitu 1-6 BST jumlah daun hijau meningkat secara terus menerus dengan jumlah daun hijau tertinggi yaitu BW-1 (78 helai), Waxy (72 helai), dan UJ-5 (53 helai), lalu pada 7 BST terjadi perubahan dimana jumlah daun hijau tertinggi dimiliki oleh Waxy (96 helai), dan bulan berikutnya terjadi penurunan jumlah daun hijau di ketiga klon ubikayu. Hal ini sejalan dengan Alves (2002); Saleh *et al.* (2016) yang mengungkapkan bahwa ubikayu mengalami dormansi pada 9-10 BST dimana pembentukan daun berkurang serta sebagian besar daun gugur.

Pada 1 BST, Waxy memiliki presentase daun gugur tertinggi, lalu 2 BST berganti menjadi klon BW-1, selanjutnya 3-10 BST klon yang memiliki persentase daun tertinggi yaitu UJ-5. Hal yang menarik pada penelitian ini yaitu Waxy yang memiliki jumlah daun hijau tertinggi dan persentase daun gugurnya rendah. Namun, bobot kering daunnya rendah. Sebaliknya, bobot kering batangnya tinggi. Ini berarti bahwa terdapat translokasi fotoasimilat dari daun ke batang. Sebagaimana yang diketahui sebelumnya bahwa bobot kering dapat digunakan sebagai indikator untuk fotoasimilat (Cruz-Aguado *et al.*, 2001). Tingginya bobot kering batang pada Waxy

menyebabkan indeks panennya rendah karena terdapat fotoasimilat mengalir dari daun ke batang dan tidak ke bagian akar sehingga bobot segar ubi dan jumlah ubinya cenderung rendah.

Hasil pengamatan yang dilakukan di lapangan menunjukkan bahwa jumlah ruas pada ketiga klon yang diamati bervariasi. Pada umumnya, semakin banyak jumlah ruas maka akan semakin banyak pula daunnya. BW-1 merupakan klon yang memiliki jumlah daun dan jumlah ruas terbanyak, namun tidak lebih tinggi dibandingkan dengan Waxy, hal ini menandakan bahwa jarak antarbuku pada BW-1 lebih pendek dibandingkan dengan Waxy dan UJ-5. Hal ini didukung dengan jumlah daun pada 10 BST untuk klon BW-1 mencapai 138 helai, namun tinggi klon BW-1 (2,95 m) tidak lebih tinggi dibandingkan dengan Waxy (3,93 m). Tingginya tinggi tanaman pada Waxy mengakibatkan tingginya bobot kering batang yaitu 0,86. Meskipun sebagian besar bobot kering antara klon Waxy dan UJ-5 memiliki notasi yang sama, namun tidak demikian dengan variabel indeks panennya. Hal ini dikarenakan bobot kering daun, batang dan ubi Waxy cenderung lebih besar dibandingkan dengan UJ-5 sehingga penyebutnya lebih besar dibandingkan dengan pembilang yang mengakibatkan indeks panennya menjadi rendah. Sebagaimana formula indeks panen yaitu pembagian antara bobot kering ubi dengan penjumlahan bobot kering daun, tangkai daun, batang, dan ubi.

BW-1 merupakan klon yang memiliki jumlah ubi (16 buah) dan bobot segar ubi (3,97 kg) yang tinggi dibandingkan dengan klon yang lain. Hal ini sesuai dengan penelitian Setiawan (2021) yang melaporkan bahwa klon BW-1 memiliki bobot segar ubi yang lebih tinggi dibandingkan dengan UJ-5 yaitu 3,45 kg. Selain itu, Howeler (2014) mengungkapkan bahwa pada 2-3 BST, hasil fotosintesis di daun ditranslokasikan ke xylem melalui akar, di simpan sebagai pati di beberapa akar yang kemudian membengkak menjadi ubi.

Jumlah akar pada klon di penelitian ini berkisar antara 22-29 buah. Jumlah akar penting untuk ubikayu, karena semakin banyak akar maka kemungkinan ubi yang terbentuk pun akan banyak. Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa tidak semua akar menjadi ubi. Pada klon Waxy yang memiliki jumlah akar 29 buah, ubi yang terbentuk yaitu 12 buah. Sedangkan untuk klon BW-1 yaitu dari 27 buah akar yang terbentuk menjadi ubi sebanyak 16 buah. Ini menandakan bahwa Waxy memiliki potensi untuk menghasilkan ubi yang lebih banyak jika

pembentukan ubinya maksimal. Namun, untuk Waxy pada penelitian ini tampaknya fotosintat sebagian besar ditranslokasikan ke batang dan mengakibatkan tingginya tinggi tanaman.

Tingginya jumlah ubi tidak diikuti dengan pati yang tinggi. Kadar pati dan bobot pati pada penelitian ini tidak berbeda nyata. Walaupun bobot segar ubi nyata, namun tidak mempengaruhi bobot pati karena perbedaannya kecil. Pada penelitian ini, kadar patinya berkisar antara 42 – 49% dan bobot pati 419 – 505 g. Kadar pati dan bobot pati Waxy cenderung lebih rendah dibandingkan dengan kedua klon lainnya. Tingginya kadar pati dan bobot pati pada BW-1 didukung dengan tingginya bobot kering ubi. Sebaliknya, rendahnya kadar pati dan bobot pati pada Waxy, meskipun bobot kering ubinya lebih tinggi dibandingkan dengan UJ-5, diasumsikan bahwa fotosintat pada Waxy ditranslokasikan lebih banyak ke tinggi tanaman dibandingkan ke kadar pati ubi.

Menurut Syukur *et al.* (2009) bahwa karakter yang memiliki keragaman genetik yang luas akan memiliki keragaman fenotipe yang luas, tetapi karakter yang memiliki keragaman genetik yang sempit belum tentu memiliki keragaman fenotipe yang sempit. Secara keseluruhan, nilai KKF pada penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan KKG. Nilai KKF berkisar antara 13,80% – 95,29%, sedangkan nilai KKG yaitu 9,72% – 81,99%. Nilai KKG didapatkan dari variasi genetik, sedangkan nilai KKF didapatkan dari variasi fenotipe yang mana fenotipe merupakan penjumlahan dari genetik dan lingkungan serta interaksi antar keduanya. Asumsinya yaitu nilai KKF yang lebih besar disebabkan oleh pengaruh lingkungan yang besar. Hal ini didukung oleh Peprah *et al.* (2020) menyatakan bahwa nilai KKF umumnya lebih tinggi daripada nilai KKG dikarenakan peran lingkungan yang cukup besar sehingga variasi dalam klon disebabkan oleh genetik dan lingkungan. Sejalan dengan Jalata *et al.* (2011), nilai KKF yang lebih besar daripada nilai KKG untuk berbagai karakter, banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan dibandingkan dengan faktor genetik sehingga seleksi akan efektif dilakukan jika berdasarkan penampilan fenotipiknya.

Sebagian besar nilai heritabilitas pada penelitian ini berkriteria tinggi, kecuali jumlah akar dan kadar pati. Nilai heritabilitas digunakan untuk menduga bahwa suatu karakter banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan atau genetik. Meskipun heritabilitas kadar pati pada penelitian ini berkriteria sedang, namun bobot patinya berkriteria tinggi. Heritabilitas yang

sedang pada kadar pati menandakan bahwa kadar pati pada klon cenderung dipengaruhi oleh faktor lingkungan, sedangkan pada bobot pati tidak. Hal ini didukung oleh Olivevera *et al.* (2014) yang melaporkan bahwa heritabilitas bobot pati (0,50).

Heritabilitas pada variabel tinggi tanaman menunjukkan kriteria tinggi walaupun KKG berkriteria sedang. Hal ini disebabkan oleh kriteria variasi genetik dua kali simpangan baku yang luas sehingga heritabilitas variabel tinggi tanaman mempunyai kriteria tinggi. Sejalan dengan penelitian Diniz dan Oliveira (2019); Putri *et al.* (2013) yang melaporkan bahwa tinggi tanaman memiliki heritabilitas yang tinggi dan dua kali simpangan baku dengan kriteria luas. Selanjutnya, kadar pati mempunyai variasi genetik berdasarkan dua kali simpangan baku dengan kriteria sempit sehingga nilai KKG mempunyai kriteria rendah. Hal ini menyebabkan nilai heritabilitas dengan kriteria sedang. Carvalho *et al.* (2021) melaporkan bahwa nilai heritabilitas kadar pati menunjukkan kriteria sedang (0,48).

Hal ini berbeda dengan bobot pati yang menunjukkan variasi genetik dua kali simpangan baku berkriteria sempit. Kondisi ini didukung oleh nilai KKG dengan kriteria rendah, namun nilai heritabilitas berkriteria tinggi. Walaupun nilai KKG, KKF, dan dua kali simpangan baku rendah, kemungkinan tingginya heritabilitas bobot pati disebabkan oleh variasi genetik dari bobot segar ubi yang mempunyai variasi genetik dengan kriteria tinggi dan heritabilitas tinggi. Hal ini didukung oleh formula bahwa bobot pati merupakan perkalian antara kadar pati dan bobot segar ubi (Janket *et al.*, 2018). Dengan demikian, seleksi untuk kadar pati harus dipertimbangkan karena sifat pewarisannya dipengaruhi oleh lingkungan.

Namun, perkiraan heritabilitas saja tidak memberikan gambaran tentang keuntungan yang diharapkan pada generasi berikutnya, tetapi harus dipertimbangkan dengan memperkirakan kemajuan genetik dan perubahan nilai rata-rata antar generasi (Shukla *et al.*, 2006). Kemajuan genetik menjelaskan tingkat keuntungan yang diperoleh dalam karakter. Tingginya kemajuan genetik ditambah dengan perkiraan heritabilitas yang tinggi menawarkan karakter yang paling cocok untuk di seleksi. Hal ini dikarenakan ketika nilai heritabilitas tinggi maka sebagian besar variasi fenotip disebabkan oleh variasi genetik sehingga seleksi akan memperoleh kemajuan genetik. Mofokeng *et al.* (2019) menjelaskan bahwa besarnya heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik yang tinggi dalam karakter memiliki makna bahwa karakter tersebut berada di

bawah kendali pengaruh gen aditif yang menunjukkan bahwa seleksi dalam plasma nutfah harus mengarah pada peningkatan sifat yang cepat. Kemajuan genetik pada penelitian ini berkriteria tinggi, kecuali variabel kadar pati dan bobot pati. Dengan demikian, variabel dengan kriteria tinggi tersebut menunjukkan variasi genetik yang tinggi dan heritabilitas yang tinggi sehingga sifatnya sebagian besar dikendalikan oleh gen aditif.

Dengan tingginya heritabilitas dan kemajuan genetik bobot segar ubi, maka dapat dipertimbangkan untuk kriteria seleksi bobot pati yang tinggi. Hal ini berbeda dengan Diniz dan Oliveira (2019) yang mengungkapkan bahwa pemilihan kriteria seleksi berdasarkan bobot segar ubi tidak efisien untuk meningkatkan perolehan kadar pati. Kemungkinan hal ini disebabkan karena perbedaan bobot kadar air ubi, namun pada penelitian ini tidak diamati kadar air.

Sementara itu, untuk nilai korelasi, terdapat korelasi antara bobot pati dengan variabel bobot kering daun ($0,58^*$) dan bobot kering tangkai daun ($0,61^*$). Hal ini menandakan bahwa kedua variabel tersebut berhubungan erat dan saling terkait dengan bobot pati. Selanjutnya, antara variabel bebas yang satu dengan yang lain berkorelasi. Tinggi tanaman memiliki korelasi dengan bobot kering batang ($0,85^{**}$) tetapi berkorelasi negatif dengan indeks panen ($-0,68^*$). Hal ini berarti bahwa semakin tinggi tanaman maka indeks panennya semakin rendah. Tampaknya ini diakibatkan karena korelasi antara indeks panen dengan bobot kering batang yang juga negatif ($-0,67^*$). Selama ini belum ditemukan pustaka mengenai korelasi negatif antara tinggi tanaman dengan indeks panen, namun pada penelitian ini tinggi tanaman berkorelasi negatif dengan indeks panen. Selanjutnya, jumlah daun berkorelasi dengan bobot kering daun ($0,73^{**}$) sehingga jumlah umbi ($0,78^{**}$), lalu bobot kering daun berkorelasi dengan bobot kering tangkai daun ($0,82^{**}$).

Koefisien korelasi yang paling besar antara variabel bebas yaitu bobot segar ubi dengan bobot kering ubi sebesar $r=0,945^{**}$. Hal ini berarti bahwa semakin berat bobot segar ubi maka bobot kering ubi akan semakin berat pula. Selanjutnya, bobot segar ubi juga berkorelasi nyata dengan jumlah daun ($0,67^*$) yang mengakibatkan berkorelasi juga dengan bobot kering daun ($0,79^{**}$) dan bobot kering tangkai daun ($0,58^*$) sehingga jumlah umbinya ($0,85^{**}$). Hal ini sejalan dengan Akinwile *et al.* (2010); Zuraida (2010); Rao *et al.* (2017); Peprah *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa bobot segar ubi berkorelasi positif dengan partisi bahan kering, jumlah

ubi, dan jumlah daun. Artinya, semakin banyak fotosintat yang ditranslokasikan ke bagian batang dan daun maka akan semakin banyak juga fotosintat yang ditranslokasikan ke bagian hasil yang berupa ubi.

Sama halnya dengan bobot kering ubi yang berkorelasi nyata dengan jumlah daun (0,69*) yang mengakibatkan bobot kering daun (0,85**) dan bobot kering tangkai daun (0,69*) sehingga jumlah umbi (0,78**). Meskipun belum ada penelitian yang merujuk mengenai korelasi bobot kering tangkai daun, namun dapat diasumsikan bahwa korelasi antara bobot kering ubi dengan bobot kering daun dan bobot kering tangkai daun menandakan bahwa fotosintat dari daun ke tangkai daun terlebih dahulu, kemudian melewati batang dan terakhir ke ubi.

Sebagaimana yang dijelaskan oleh Gomez dan Gomez (1984) dan Kinfé *et al.* (2015) bahwa korelasi hanyalah pengukuran hubungan timbal balik tanpa memperhatikan sebab akibat, sedangkan analisis koefisien jalur menunjukkan penyebab dan mengukur kepentingannya. Ditambahkan oleh Nasri *et al.* (2014), regresi bertahap adalah metode yang digunakan untuk memperkirakan nilai suatu variabel kuantitatif yang berhubungan dengan satu atau beberapa variabel kuantitatif lainnya. Selain itu, analisis ini digunakan untuk menghilangkan pengaruh dari tidak efektif pada sifat yang ada dalam model regresi. Nilai *Adjusted R Squared* (R^2) adalah koefisien determinasi yaitu koefisien yang menjelaskan seberapa besar proporsi variasi di luar model yang dapat dijelaskan oleh variabel-variabel dalam model secara bersama-sama (Timotiwi *et al.* 2018). Berdasarkan penelitian ini, nilai R^2 yang diperoleh dari operasi regresi yaitu 0,97. Artinya, kesembilan variabel memberikan kontribusi sebesar 97% pada bobot pati ubikayu sedangkan 3% adalah keragaman yang berasal dari variabel lain di luar model.

Analisis jalur menunjukkan bahwa terdapat tiga variabel yang berpengaruh langsung terhadap bobot pati yaitu bobot kering daun, bobot kering ubi dan tinggi tanaman. Bobot kering ubi memiliki koefisien pengaruh langsung yang paling tinggi yaitu 4,17. Besarnya nilai pengaruh langsung ini juga ada pada penelitian Timotiwi *et al.* (2018) dimana terdapat pengaruh langsung antara hasil produksi kedelai dengan jumlah polong isi (2,16) dan Safuan *et al.* (2014) ada pengaruh langsung antara berat per tongkol jagung pulut dengan bobot 100 biji (1,10). Selain itu, bobot kering ubi juga mempunyai heritabilitas dengan kriteria yang tinggi dan kemajuan genetik yang tinggi pula serta diikuti dengan nilai korelasi sebesar 0,51. Meskipun

berat kering ubi tidak ada korelasi dengan berat pati, namun variabel ini bisa dipertimbangkan untuk kriteria seleksi untuk berat pati tinggi.

Gambar 4 menunjukkan nilai koefisien korelasi variabel yang memiliki nilai pengaruh langsung hampir sama besar, yaitu berat kering daun. Dengan tingginya heritabilitas dan kemajuan genetik pada berat kering daun maka jumlah daun hijau juga memiliki kriteria tinggi. Fotosintat dari daun sebagai *source* ditranslokasikan ke ubi melalui batang. Dengan demikian, sebelum ke batang, fotosintat melewati tangkai daun terlebih dahulu. Hal ini didukung dengan tingginya nilai korelasi antara berat kering tangkai daun dengan berat pati yaitu 0,61. Seleksi langsung dengan menggunakan variabel berat kering daun untuk mendapatkan berat pati akan efektif karena pengaruh langsungnya sebesar 1,16. Selain itu, nilai koefisien korelasi dari berat pati dan tinggi tanaman juga tinggi yaitu 0,58. Dengan demikian, variabel tersebut dapat dipertimbangkan untuk menjadi penentu untuk menghasilkan berat pati yang tinggi. Hal sejalan dengan Singh dan Chaudary (1979) yang mengungkapkan bahwa jika korelasi x dan y hampir sama besar dengan pengaruh langsung, maka korelasi itu benar-benar mengukur derajat keeratan hubungan keduanya, sehingga seleksi berdasarkan x akan sangat efektif.

Jika diamati berdasarkan hasil *scanning electronic microscope* (SEM), Waxy memiliki luas granula tertinggi namun diameter terbesar tidak pada klon ini tetapi UJ-5. BW-1 memiliki diameter berkisar antara 2,34 μm - 16,12 μm , diameter 2,34 μm merupakan diameter terkecil jika dibandingkan dengan yang lain sehingga jika proporsi diameter yang kecilnya lebih banyak maka kadar patinya akan rendah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang mana Huay Bong merupakan klon dengan kadar pati terendah (10%). Ini menandakan bahwa terdapat hubungan antara keseragaman granula pati dengan kualitas pati yang dihasilkan. Lindeboom *et al.* (2004) melaporkan granula yang mempunyai ukuran besar akan lebih tahan terhadap proses hidrolisis, dan enzim akan memecah granula yang mempunyai ukuran kecil dibanding ukuran yang besar, dan pola *digestion* enzimatik granula pati pada ukuran yang kecil akan berbeda dengan ukuran granula yang lebih besar. Ditambahkan pula oleh Murtiningrum *et al.* (2012) bahwa pati ubi kayu dengan ukuran granula besar memiliki suhu gelatinisasi lebih tinggi dibandingkan dengan pati yang memiliki ukuran granula kecil. Granula pati lebih besar memiliki ketahanan tinggi terhadap perlakuan panas dan air dibandingkan granula pati kecil.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa variable pertumbuhan vegetative menunjukkan adanya variasi sehingga terlihat bahwa klon Waxy mempunyai tanaman yang lebih tinggi. Jumlah daun menunjukkan adanya hubungan dengan bobot ubi per tanaman sehingga bobot ubi kering mempunyai pengaruh langsung terhadap bobot pati.

Dengan demikian, dari hasil penelitian ini dapat disarankan bahwa seleksi untuk sifat pewarisan kadar pati tidak digunakan sebagai indikator seleksi klon ubikayu unggul karena sifat pewarisan kadar pati dipengaruhi oleh lingkungan.

REFERENSI

- Aina, O.O., A.G.O. Dixon, and E.A. Akininde. 2007. Trait association and path analysis for cassava genotypes in four agroecological zones of Nigeria. *J. of Biol. Sci.* 7 (5): 759-764.
- Alves, A.A.C. 2002. Cassava Botany and Physiology. In *Cassava, Biology, Production and Utilization*. pp 67-89. eds. R.J. Hillocks, J.M. Thress, and A.C. Belloti. CAB International.
- Amaefula, C., C..U. Agbo1, G.E.. Nwofia. 2014. Hybrid vigour and genetic control of some quantitative traits of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *J. of Genetics*. 4: 30-39.
- Amarullah, D. Indradewa, P. Yudono, and B.H. Sunarminto. 2016. Photosynthetic activity of superior varieties and local cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Indonesia. *J. of Agric. Sci.* 8 (8): 194-200.
- Anggraini, N.R. 2020. Karakterisasi Pertumbuhan, Kadar Pati, dan HCN Beberapa Klon Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz). Skripsi. Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. 76 Hlm.
- BPS. 2019. Produksi Ubikayu Menurut Provinsi (ton). (<https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/880>)
- CIAT. 2006. Improved Cassava for Developing Worlds. Porject IP3 CIAT. Annual Report 2006.
- Cirad. 2011. First natural waxy cassava starch. <https://www.cirad.fr/en/our-research/research-results/2010/first-natural-waxy-cassava-starch>
- Cock. J.H., D. Franklin, G. Sandoval, and P. Juri. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. *Crop Sci.* 19: 271-279.
- Diniz dan Oliveira (2019). Genetic parameters, path analysis and indirect selection of agronomic traits of cassava germplasm. *An Acad Bras Cienc.* 91(3): 1-11.
- Gladys, D.G., M. Rose-Monde, B.E. Micael, and N.L. Sebastian. 2014. Physicochemical characterization of starches from seven improved cassava varieties: Potentiality of industrial utilization. *J. of App. Biosc.* 73: 6002-6011.
- Karuniawan, A., H.N. Wicaksono, D. Ustari, T. Setiawati, dan T. Supriatun. 2017. Identifikasi keragaman genetik plasma nutfah ubi kayu liar (*Manihot glaziovii* muell) berdasarkan karakter morfo-agronomi. *Jurnal Kultivasi* Vol. 16 (3): 435-443.

- Marcelis, L.F.M. 1996. Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant. *J. of Exp. Bot.* 47 (Special Issue). 1281-1291.
- Murtiningrum, Elvis F. Bosawer, P. Istalaksana, dan A. Jading. 2012. Karakterisasi umbi dan pati lima kultivar ubi kayu (*Manihot esculenta*). *J. Agrotek.* 3 (1): 81-90.
- Nintania, R. 2020. Evaluasi Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Klon Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz). Skripsi. Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. 56 Hlm.
- Noerwijati, K. 2015. Upaya modifikasi pati ubikayu melalui pemuliaan tanaman. *Buletin Palawija* 13 (1):92-100.
- Pujol, B., J.L.Salager, M. Beltran, S. Bousquet, and D. McKey. 2008. Photosynthesis and leaf structure in domesticated cassava (Euphorbiaceae) and a close wild relative: have leaf photosynthetic parameters evolved under domestication? *Biotropica.* 40(3): 305-312.
- Rahmiati, T.M, Y.A. Purwanto, S. Budijanto, N. Khumaida. 2016. Sifat fisikokimia tepung dari 10 genotipe ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) hasil pemuliaan. *Agritech.* 36 (4): 459-466.
- Richardson KVA. 2011. Evaluation of three cassava varieties for tuber quality and yield. Gladstone Road Agric. Centre Crop Res. Report No. 4.
- Sánchez, T, D. Dufour, I.X.Moreno, and Hernán Ceballos. 2010. Discovery of natural waxy cassava starch: Evaluation of its potential as a new functional ingredient in food. *J. Agric. Food Chem.* 58(8): 5093-5099.
- Setiawan, K., FR. Restiningtias, S.D. Utomo, Ardian, M. Syamsoel Hadi, Sunyoto, dan E. Yuliadi. 2019. Keragaman genetik, fenotip, dan heritabilitas beberapa genotip sorgum pada kondisi tumpangsari dan monokultur. *Jurnal Agro.* 6 (2): 95-109.
- Teresa, S., D. Dominique, D. Morante Nelson, and Ceballos Hernan. 2010. Discovery of natural waxy cassava starch. Evaluation of its potential as a new functional ingredient in food. *Intert. Conf. on Food Innovation.* 2010.
- Zarkasie, I. Muttaqin, W.W. Prihandini, S. Gunawan, H. Wirawasista. 2017. Pembuatan tepung singkong termodifikasi dengan kapasitas 300.000 ton/tahun. *Jurnal Teknik ITS Vol. 6, No. 2* (2017), 2337-3520.
- Zhao, S.S., T. Sanchez, D. Dominique, and H. Ceballos. 2011. Development of Waxy cassava with different biological and physico-chemical characteristics of starches for industrial applications. *Biotechnology and Bioengineering* 108(8):1925-1935.