

**KAJIAN PERIODE TUMBUH BERBEDA TERHADAP
KERAPATAN KRISTAL KALSIMUM OKSALAT (CaOx) PADA
UMBI PORANG (*Amorphophallus muelleri* Blume)**

SKRIPSI

oleh:
SAVITRI NURLAILA
0910913037



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**KAJIAN PERIODE TUMBUH BERBEDA TERHADAP
KERAPATAN KRISTAL KALKSIUM OKSALAT (CaOx) PADA
UMBI PORANG (*Amorphophallus muelleri* Blume)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Biologi

Oleh:

SAVITRI NURLAILA

0910913037



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMY PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**KAJIAN PERIODE TUMBUH BERBEDA TERHADAP
KERAPATAN KRISTAL KALSIMUM OKSALAT (CaOx) PADA
UMBI PORANG (*Amorphophallus muelleri* Blume)**

Oleh:

Savitri Nurlaila

0910913037

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Biologi

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra. Nunung Harijati, MS., PhD

NIP. 196111051999022001

Ir. Retno Mastuti, MAg. Sc., DAg. Sc

NIP. 196505091990022001

Mengetahui

Ketua Jurusan Biologi

Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya

Rodliyati Azrianingsih, S.Si.,Magr.Sc.,Ph.D

NIP. 19700128-199412-2-001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Savitri Nurlaila
Nim : 0910913037
Jurusan : Biologi
Penulis skripsi berjudul

Kajian Periode Tumbuh Berbeda Terhadap Kerapatan Kristal Kalsium Oksalat (CaOx) Pada Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume).

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka Skripsi ini, semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila kemudian hari diketahui bahwa isi Skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang,

Yang menyatakan,

(Savitri Nurlaila)
0910913037

KAJIAN PERIODE TUMBUH BERBEDA TERHADAP KERAPATAN KRISTAL KALSIMUM OKSALAT (CaOx) PADA UMBI PORANG (*Amorphophallus muelleri* Blume)

Savitri Nurlaila, Nunung Harijati, Retno Mastuti
Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Brawijaya, Malang.

ABSTRAK

Porang (*A. muelleri* Blume) merupakan anggota famili Araceae yang mengandung kristal kalsium oksalat (CaOx) dan memiliki beberapa periode tumbuh. Periode tumbuh berbeda diduga berpengaruh terhadap kerapatan kristal CaOx. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerapatan sel dan kristal CaOx total serta jenis kristal pada umbi hasil periode tumbuh berbeda. Sampel umbi dari tiga periode tumbuh yang berbeda diperoleh dari Madiun. Sampel umbi ditimbang kemudian dicuplik menggunakan 'corkbore' dari arah tepi menuju tengah. Pada sisi tepi dan tengah masing-masing dibuat tiga irisan tipis untuk preparat. Irisan umbi dijernihkan menurut metode Ilarsan yang dimodifikasi. Pengamatan morfologi kristal dan penghitungan kristal menggunakan mikroskop cahaya (perbesaran 100x). Data yang diperoleh dianalisis anova untuk mengetahui pengaruh periode tumbuh, bagian umbi, dan interaksi antara periode tumbuh dan bagian umbi dengan menggunakan SPSS 16 for windows. Dengan menggunakan program yang sama dilakukan analisis regresi korelasi antara berat umbi terhadap kerapatan sel atau kerapatan kristal CaOx total serta analisis korelasi bivariate antara kerapatan sel terhadap kerapatan kristal. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa periode tumbuh berbeda tidak berpengaruh terhadap kerapatan sel, kristal CaOx total serta jenis kristal CaOx (*rafida* dan *druse*). Bagian umbi berbeda berpengaruh signifikan terhadap kerapatan sel dan kristal CaOx total serta jenis kristal CaOx (*rafida* dan *druse*). Terdapat pengaruh interaksi antara periode tumbuh dan bagian umbi terhadap kerapatan sel dan kristal CaOx. Berat umbi tidak berkorelasi terhadap kerapatan sel maupun kristal CaOx total, namun terdapat korelasi antara kerapatan sel dan kristal CaOx total dengan nilai $R = -0,597$.

Kata kunci: kristal CaOx, periode tumbuh, porang (*A. muelleri* Blume).

**ANALYSIS OF DIFFERENT GROWTH PERIOD TO DENSITY
OF CALCIUM OXALATE CRYSTALS (CaOx) OF
Amorphophallus muelleri Blume TUBERS**

Savitri Nurlaila, Nunung Harijati, Retno Mastuti
Biology, Mathematics and Science Faculty
Brawijaya University, Malang.

ABSTRACT

Porang (*A. muelleri* Blume) is group of families of Araceae with some growth period that contains (CaOx) crystals. The different growth period could influence to density of CaOx crystals. The aim of the research was to know density of cell, density of CaOx crystals and various form of CaOx crystals from different growth period. The tuber which have three growth periode were obtained from Madiun. The first step of the research weigh each tuber, then took the tissue from edge to center using cork bore. The very thin sliced tissue were provided by cutting both the edge and center direction using hand clam microtome. Each end direction was cut three pieces. Ilarsan modified method was applied to clear tissue. Observation crystal morphology and counting density of crystal were conducted of microscope (100x magnification). The obtained data were analyzed using SPSS 16 *for windows*. The analyzing include anova on density of cell, crystal CaOx, raphide or druse crystals, regression and correlation between tuber weigh and cell density or crystal density, and bivariate correlation between cell density and crystal density. The result showed that growth period was not significantly different to influence density of cell, CaOx CaOx crystal, raphide and druse crystals. The other hand, these fix variable were influenced significantly different under part of tuber (edge and center). Interaction part of tuber and growth periode only influenced significantly on raphide crystals . Regression and correlation result was not found between tuber weigh and cell density or CaOx crystal density. However bivariate correlation was found between cell density and CaOx crystal which R value was $R = -0,597$.

Key word : calcium oxalate crystals, growth period, *A. muelleri* Blume

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala karunia yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Periode Tumbuh Berbeda Terhadap Kerapatan Kristal Kalsium Oksalat pada Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume)”. Pelaksanaan dan penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Maka dari itu, ucapkan terima kasih penulis tujuan kepada:

1. Dra. Nunung Harijati, MS.,PhD selaku pembimbing pertama dan Ir.Retno Mastuti, MAggr.Sc.,DAgr.Sc selaku pembimbing kedua atas bimbingan, kesabaran, arahan serta dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Dr. Serafinah Indriyani, MSi selaku penguji atas saran dan kritik yang membangun pada penulisan skripsi ini.
3. Kedua orang tua serta saudara penulis yang telah memberikan do'a dan dukungan baik moril maupun materiil.
4. Teman-teman Biologi 2009 serta senior yang tidak saya sebutkan satu-satu yang telah memberikan dukungan serta bantuan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis serta bagi penulis lainnya, khususnya bagi peneliti yang berkaitan dengan porang. Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna dan penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Malang,

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	Iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Siklus Hidup Porang.....	5
2.2 Pembentukan Kristal CaOx.....	7
2.3 Bentuk Kristal CaOx dan Penyebaran pada Organ Tumbuhan.....	8
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat.....	11
3.2 Pengambilan Sampel Umbi Porang dan Rancangan Penelitian.....	11
3.3 Pembuatan Irisan Umbi.....	11
3.4 Pembuatan Preparat.....	12
3.5 Pengamatan Kerapatan Sel Umbi, Kristal CaOx total dan Jenis Kristal CaOx.....	13
3.6 Analisis Data.....	14

BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15
4.1	Bentuk dan Ukuran Kristal CaOx Umbi Porang pada Periode Tumbuh Berbeda.....	15
4.2	Pengaruh Periode Tumbuh Berbeda dan Bagian Umbi Berbeda Porang terhadap Kerapatan Sel dan Kristal CaOx total.....	18
4.3	Hubungan Berat Umbi terhadap Kerapatan sel dan Kristal CaOx total.....	23
4.4	Pengaruh Periode Tumbuh dan Bagian Umbi Berbeda pada Kerapatan Tiap Jenis Kristal (<i>Druse dan Rafida</i>).....	24
BAB V	PENUTUP.....	28
5.1	Kesimpulan.....	28
5.2	Saran	28
DAFTAR PUSTAKA.....		29
LAMPIRAN.....		32



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1 Tahap pertumbuhan porang.....	6
2 Proses pembentukan kristal kalsium oksalat pada kristal idioblas.....	8
3 Bentuk-bentuk kristal kalsium oksalat.....	9
4 Bagian porang yang dipotong dengan <i>cork borer</i> agar silinder.....	12
5 Hasil <i>cork borer</i> dari tengah dan tepi.....	12
6 Contoh pengamatan dan perhitungan kerapatan sel umbi, kristal CaOx dan jenis kristal CaOx.....	13
7 Kristal druse besar pada periode tumbuh pertama.....	15
8 Kristal druse kecil pada periode tumbuh pertama.....	16
9 Kristal rafida panjang pada periode tumbuh pertama..	16
10 Kristal rafida pendek pada periode tumbuh pertama...	17
11 Kerapatan sel pada bagian umbi (tepi dan tengah).....	18
12 Kerapatan sel pada bagian tepi pada periode tumbuh pertama.....	19
13 Kerapatan sel pada bagian umbi tengah pada periode tumbuh pertama.....	19
14 Kerapatan kristal CaOx pada bagian umbi (tepi dan tengah)	20
15 Kerapatan kristal CaOx pada bagian umbi tepi pada periode tumbuh pertama.....	21
16 Kerapatan kristal CaOx pada bagian umbi tengah pada periode tumbuh pertama.....	21
17 Pengaruh berat umbi terhadap kerapatan sel dan kristal CaOx.....	24
18 Korelasi antara kerapatan sel dan kristal CaOx.....	23
19 Pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi terhadap kerapatan kristal <i>rafida</i>	25
20 Pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi terhadap kerapatan kristal <i>druse</i>	26

DAFTAR TABEL

	Halaman
1 Form data pengamatan semua parameter.....	32
2 Kerapatan sel pada periode tumbuh berbeda.....	32
3 Kerapatan sel pada bagian umbi tepi dan tengah.....	33
4 Kerapatan kristal CaOx total pada periode tumbuh.....	33
5 Berat Umbi terhadap kerapatan sel dan kristal CaOx total.	33
6 Korelasi kerapatan sel dan kristal CaOx total.....	34
7 Kerapatan jenis kristal <i>rafida</i> pada periode tumbuh dan bagian umbi berbeda.....	34
8 Kerapatan jenis kristal <i>druse</i> pada periode tumbuh dan bagian umbi berbeda.....	35
9 Hasil uji normalitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan sel.....	35
10 Hasil uji homogenitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan sel.....	35
11 Hasil uji anova univariat pengaruh serta interaksi periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan sel	36
12 Hasil uji normalitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan CaOx total....	36
13 Hasil uji homogenitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan CaOx total....	36
14 Hasil uji Kruskal-Wallis pengaruh periode tumbuh terhadap kerapatan kristal CaOx total.....	36
15 Hasil uji Mann-Whitney untuk mengetahui pengaruh bagian umbi berbeda terhadap kerapatan kristal CaOx total	37
16 Hasil uji regresi berat umbi berbeda terhadap kerapatan sel.....	37
17 Hasil regresi berat umbi berbeda terhadap kerapatan CaOx total.....	37
18 Korelasi antara kerapatan sel dan kristal CaOx total.....	38
19 Hasil uji normalitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan kristal <i>rafida</i> ..	38
20 Hasil uji homogenitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan kristal <i>rafida</i> .	38
21 Hasil uji anova univariat pengaruh periode tumbuh	

	terhadap kerapatan kristal <i>rafida</i>	38
22	Hasil uji normalitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan kristal <i>druse</i> ..	39
23	Hasil uji homogenitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan kristal <i>druse</i> ..	39
24	Hasil uji Kruskal-Wallis pengaruh periode tumbuh terhadap kerapatan kristal <i>druse</i>	39
25	Hasil uji Mann-Whitney pengaruh bagian umbi berbeda terhadap kerapatan kristal <i>druse</i>	39



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 Form data pengamatan sel umbi, kristal CaOx total dan jenis kristal CaOx.....	32
2 Hasil penghitungan kerapatan sel umbi, kristal CaOx total dan jenis kristal CaOx.....	32
3 Hasil normalitas data, homogenitas data, uji anova, korelasi dan regresi.....	35



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecamatan Saradan, Kabupaten Madiun merupakan daerah di Jawa Timur yang dikenal sebagai lokasi budidaya porang (*A. muelleri* Blume) terbesar. Budidaya porang dilakukan di lahan milik Perhutani oleh masyarakat sekitar (Endriyeni, 2009). Porang adalah salah satu tanaman anggota famili Araceae. Porang memiliki daun yang menyerupai daun *Tacca* yang tergolong dalam tanaman terna (Heyne, 1987). Porang dapat tumbuh di berbagai lingkungan seperti di pinggir pohon jati, di bawah rumpun bambu, tepi-tepi sungai, semak belukar dan tempat naungan yang bervariasi (Jansen dkk.,1996).

Umbi porang memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif sumber karbohidrat untuk pangan. Umbi porang memiliki kandungan karbohidrat tinggi yang bermanfaat bagi kesehatan yaitu glukomanan. Dibandingkan dengan anggota famili Araceae yang lain seperti *Amorphophallus campanulatus* dan *Amorphophallus variabilis*, umbi porang memiliki kandungan glukomanan yang paling tinggi (Wahyuni dkk, 2004). Di bidang kesehatan glukomanan dapat menurunkan kadar kolesterol dalam darah dan berpotensi sebagai antikanker (Dipayana dan Prasetyo, 2006), sedangkan dibidang industri pangan glukomanan antara lain bermanfaat sebagai pengemulsi bahan makanan (Sumarwoto, 2005). Akan tetapi, tanaman ini juga memiliki kristal CaOx. Seperti yang telah diketahui, kristal CaOx merupakan bahan yang berdampak buruk terhadap kesehatan dikarenakan berperan sebagai antinutrien, racun dan terlibat dalam pembentukan batu CaOx pada ginjal (Franceschi dan Nakata, 2005).

Kristal CaOx merupakan produk akhir metabolisme. Kristal CaOx yang terbentuk dalam tubuh tumbuhan dapat sebagai bentuk biomineralisasi (Simkiss dan Wilbur, 1989). Biomineralisasi tersebut merupakan respon serapan kalsium yang berlebih (Keates dkk., 2000). Kalsium oksalat dibentuk dari senyawa intermediet yang

berperan sebagai prekursor. Prekursor kristal pada tanaman adalah Glycolate, glyoxalate, oxaloacetate dan citrate (Hodgkinson, 1997).

Densitas kristal kalsium oksalat berbeda antara jaringan dan organ. Pada *Inula graveolens*, distribusi kristal CaOx bentuk *druse* tersebar pada batang, tetapi tidak ditemukan pada epidermis atau korteks batang (Meric, 2009). Hal tersebut menunjukkan bahwa kerapatan kristal CaOx dapat dipengaruhi oleh jaringan dan bagian organ.

Bagian atau jaringan yang berbeda dalam satu organ yang sama diduga memiliki kondisi fisiologis berbeda sehingga hasil metabolisme, dalam hal ini CaOx dapat bervariasi walaupun dalam satu umbi yang sama. Hal ini didasarkan pada penelitian Fatmawati (2012) yang menunjukkan bahwa rata-rata kerapatan kristal umbi Walur bagian tengah lebih tinggi dibandingkan bagian yang lainnya. Selain itu, juga dijelaskan oleh Rohmiati (2012) bahwa pada umbi suweg, kristal CaOx pada bagian tepi, antara dan tengah memiliki kerapatan yang berbeda pula. Oleh karena itu, pada umbi porang ada kemungkinan terjadi perbedaan kerapatan sel dan kristal CaOx antara bagian tepi dan tengah.

Tanaman porang pada setiap periode tumbuh berbeda menghasilkan umbi dengan berat yang berbeda. Berat umbi pada periode tumbuh pertama yakni berkisar antara 50-200 g. Berat umbi pada periode tumbuh kedua yakni berkisar antara 250-1350 g. Berat umbi pada periode tumbuh ketiga yakni berkisar antara 450-3350 g (Sumarwoto, 2005). Dapat dikatakan makin tua umur tanaman porang, makin berat umbi yang dihasilkan. Dengan kata lain, makin banyak periode tumbuh yang dilalui oleh porang, makin berat umbi yang dihasilkan.

Umumnya umbi porang dipanen setelah tanaman melewati periode tumbuh ke tiga (Sumarwoto, 2005). Karena pada periode tumbuh ketiga umbi porang memiliki kadar glukomanan yang tinggi. Hal ini diduga berhubungan dengan peran umbi sebagai tempat cadangan makanan bagi porang dan didukung oleh berat umbi pada periode tumbuh ketiga yang lebih berat dari dua periode tumbuh sebelumnya (Ravi dkk., 2009). Terkait dengan keberadaan CaOx sebagai salah satu produk metabolisme pada porang, diduga terdapat perbedaan kandungan dan kerapatannya pada tiap periode tumbuh. Pengamatan pada umbi di awal, tengah dan akhir satu periode

tumbuh menunjukkan kerapatan kristal CaOx tertinggi pada akhir periode (Sakti, 2009). Akan tetapi berdasarkan jenis kristal dijumpai dinamika kerapatan yang berbeda. Kerapatan kristal *rafida* kecil memiliki kerapatan yang cenderung tinggi antar tiga waktu pengamatan, sedangkan kristal *rafida* memiliki kerapatan yang relatif sama pada tiga waktu pengamatan. Kerapatan kristal *druse* cenderung tinggi pada awal waktu pengamatan. Adanya indikasi bahwa umur fisiologis kemungkinan berpengaruh terhadap hasil metabolisme yaitu CaOx dan kerapatan sel, maka menarik untuk diteliti apakah terdapat perbedaan kerapatan kristal CaOx pada umbi porang periode tumbuh pertama, kedua dan ketiga serta kerapatan sel dan kristal CaOx pada jaringan umbi bagian tepi dan tengah.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimanakah jenis dan ukuran kristal CaOx pada umbi porang dari periode tumbuh berbeda?
2. Bagaimakah pengaruh periode tumbuh terhadap kerapatan sel dan kristal CaOx total umbi porang?
3. Adakah pengaruh interaksi periode tumbuh dan bagian umbi porang terhadap kerapatan sel dan kristal CaOx total umbi?
4. Bagaimakah hubungan antara berat umbi porang terhadap kerapatan sel dan kristal CaOx total?
5. Bagaimanakah pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda pada kerapatan masing-masing kristal (*druse* dan *rafida*)?

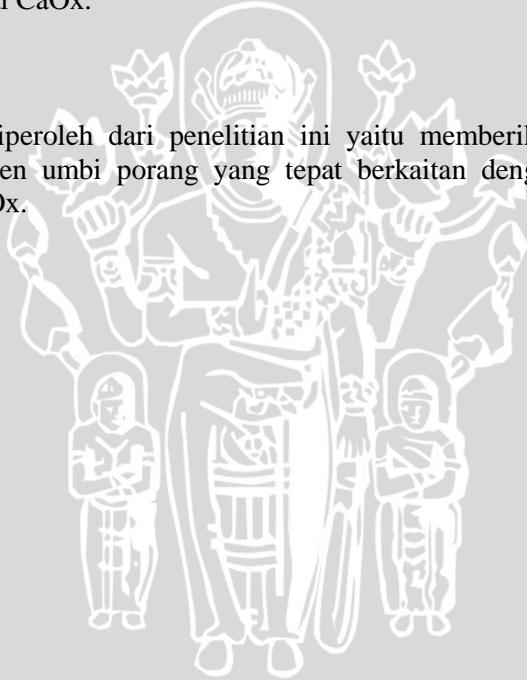
1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui bentuk dan ukuran kristal CaOx pada periode tumbuh berbeda.
2. Memperoleh informasi pengaruh tumbuh terhadap kerapatan sel dan kristal CaOx total serta jenis kristal CaOx (*rafida* dan *druse*).
3. Mengetahui pengaruh interaksi antara periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan sel dan kristal CaOx serta jenis kristal CaOx (*rafida* dan *druse*).
4. Mengetahui hubungan antara berat umbi terhadap kerapatan sel dan kristal CaOx.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu memberikan alternatif waktu panen umbi porang yang tepat berkaitan dengan kerapatan kristal CaOx.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidup Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume)

Porang (*A. muelleri* Blume) memiliki siklus hidup yang panjang. Satu siklus hidup porang dikenal pula dengan periode tumbuh porang. Siklus hidup porang dimulai dengan pesemaian. Porang yang dapat berasal dari biji maupun bulbil. Pesemaian porang membutuhkan waktu 1,5-2 bulan (Gambar 1A) dan 1,5-2 bulan tumbuh di polibag (Gambar 1B). Selanjutnya porang akan mengalami pertumbuhan dengan rentang waktu 5-6 bulan (Gambar 1C). Daun yang mulai menguning dan rebah merupakan tanda porang akan mengalami dormansi selama 4 bulan (Gambar 1D). Awal pesemaian biji hingga masa dormansi ditetapkan sebagai periode tumbuh pertama. Setelah mengalami dormansi, maka beberapa bulan selanjutnya akan tumbuh tunas yang baru diikuti pertumbuhan batang dan daun serta pertumbuhan organ lainnya. Periode tumbuh kedua dimulai setelah dormansi pertama dan mengalami pertumbuhan selama 5-6 bulan yang akan diikuti oleh dormansi kedua. Selanjutnya, periode tumbuh ketiga akan berlangsung kondisi yang sama seperti pada periode tumbuh pertama maupun kedua yakni setelah mengalami dormansi kedua selama 4 bulan, diikuti oleh pertumbuhan di lapang selama 5-6 bulan dan diakhiri dengan kondisi dormansi yang sama pula (Sumarwoto, 2005). Porang memiliki tiga siklus pertumbuhan. Satu siklus pertumbuhan porang berlangsung 12 hingga 13 bulan. Siklus pertumbuhan pertama berlangsung sejak muncul tunas dari biji pada awal musim penghujan hingga rebah memerlukan waktu sekitar 6 hingga 7 bulan, kemudian akan mengering dan umbinya akan mengalami dormansi selama 6 bulan selama musim kemarau. Siklus pertumbuhan kedua dimulai pada awal musim penghujan dengan waktu yang dibutuhkan dalam siklus kedua ini sama dengan waktu yang dibutuhkan dalam siklus pertama. Hal ini berlaku pula pada siklus pertumbuhan ketiga (Mastuti dkk., 2008).



Sumarwoto (2005)

Gambar 1. Tahap pertumbuhan porang. (A) Persemaian porang dari biji. (B) Bibit porang berumur dua bulan periode tumbuh pertama. (C) Tumbuhan porang periode tumbuh kedua. (D) Tongkol buah tumbuhan porang.

Siklus hidup porang dapat pula diketahui melalui morfologi porang sebagai acuan untuk mengetahui periode tumbuh. Morfologi tersebut berdasarkan garis tengah kanopi daun, garis tengah batang semu, bobot umbi batang dan tinggi tanaman. Tanaman porang memiliki garis tengah kanopi daun yang berbeda-beda pada setiap periode tumbuhnya. Pada periode tumbuh pertama berkisar antara 25-50 cm, periode tumbuh kedua berkisar antara 40-75 dan periode tumbuh ketiga berkisar antara 50-150 cm (Sumarwoto, 2005).

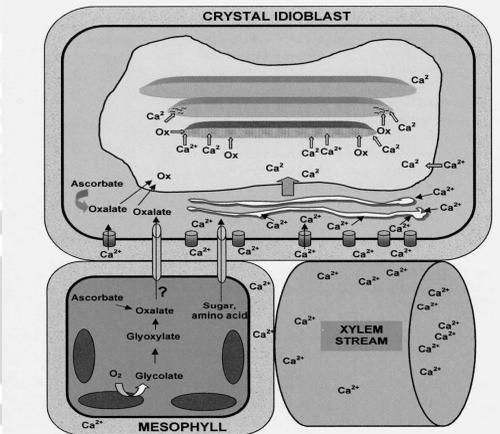
Periode tumbuh tanaman porang dapat juga diketahui melalui kadar glukomannan. Kadar glukomannan umbi porang tiap periode tumbuh memiliki kadar yang berbeda. Pada periode tumbuh pertama sebesar 35-39 %, periode tumbuh kedua sebesar 46-48 % dan periode tumbuh ketiga sebesar 47-55 % (Sumarwoto, 2005).

2.2 Pembentukan Kristal Kalsium Oksalat

Kristal kalsium oksalat dibentuk dalam vakuola sel idioblas. Sel idioblas berfungsi khusus dalam pembentukan kristal CaOx (Foster, 1956). Selain sel idioblas, tipe sel lainnya pada tumbuhan dapat juga berfungsi sebagai tempat terbentuknya kristal CaOx. Tipe sel tersebut adalah sel mesofil, sel parenkim dan sel epidermis

(Franceschi dan Horner, 1980). Pembentukan kristal CaOx membutuhkan koordinasi dari beberapa proses yang berbeda. Proses tersebut meliputi pengambilan Ca dari apoplas, transfer Ca dari sitosol ke vakuola dan kemudian transfer Ca ke dalam *chamber* kristal. Secara simultan asam oksalat disintesis dalam sitoplasma dan ditransfer ke vakuola dan ruang kristal. Laju transfer ke vakuola dan ruang kristal selaras dengan laju transfer Ca dan pertumbuhan kristal (Franceschi dan Nakata, 2005).

Model sederhana pembentukan kristal CaOx pada sel idioblas di organ daun dimulai dengan masuknya Ca dari xilem kedalam sel-sel melalui apoplas (Gambar 5). Sebagian sel akan meregulasi kadar Ca dengan memompa Ca kembali ke apoplast atau melakukan kompartemensi Ca. Sel idioblas mempunyai kemampuan lebih besar dalam mengambil Ca dibandingkan sel non-idioblas. Sel idioblas yang sedang berkembang akan mengakumulasi Ca melalui aktivitas channel atau pompa proton. Tingginya laju akumulasi Ca yang dapat merusak fungsi sel disertai dengan banyaknya *interface* retikulum endoplasma di sitosol yang akan mengikat Ca pada *Ca-binding-protein*. Selanjutnya Ca akan ditransfer menuju vakuola. Ketika terjadi akumulasi Ca, asam oksalat disintesis dari askorbat dan ditransfer ke vakuola bersama-sama dengan Ca. Asam oksalat yang dibutuhkan untuk pembentukan kristal CaOx disintesis dari askorbat. Sintesis asam askorbat dapat terjadi di sel idioblas atau sel non-idioblas (Franceschi dan Nakata, 2005). Pada model pembentukan kristal CaOx ini (Gambar 2) ditunjukkan bahwa Ca dan asam oksalat ditransfer melintasi membran *chamber* kristal dan ditambahkan ke sepanjang permukaan kristal muda tetapi pada kristal yang sedang tumbuh Ca dan oksalat ditambahkan pada bagian ujung kristal. Oksalat dan Ca tidak ditambahkan pada kristal yang sudah dewasa. Protein matriks pada bagian kristal yang sedang tumbuh berperan mengatur presipitasi atau bentuk.



Franceschi dan Nakata (2005)

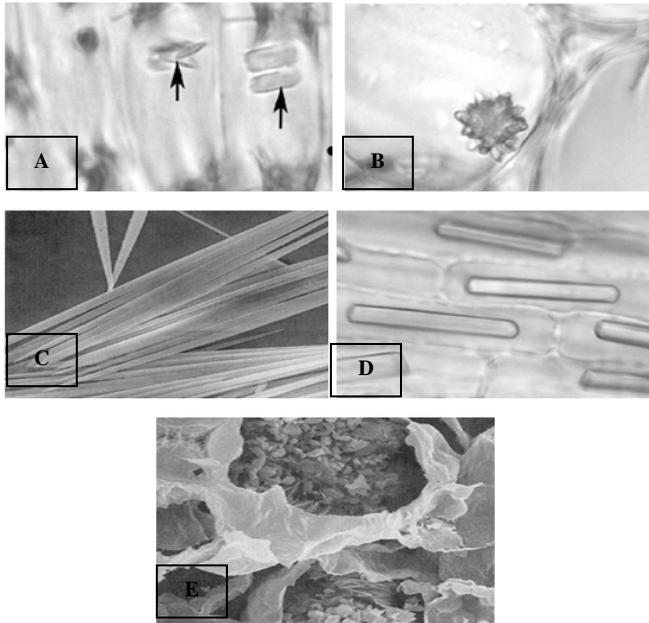
Gambar 2. Proses pembentukan kristal kalsium oksalat pada sel idioblas kristal organ daun.

2.3 Bentuk dan Distribusi Kristal CaOx pada Organ Tumbuhan

Kristal CaOx pada tumbuhan memiliki bentuk yang bermacam-macam. Secara umum bentuk kristal yang ditemukan pada 215 tumbuhan dikategorikan menjadi lima bentuk kalsium oksalat yaitu *stiloid*, *rafida*, *druse*, *prismatik* dan kristal pasir (Franceschi dan Horner, 1980). Menurut Arnott (1976), berdasarkan karakter bentuk dan perkembangannya, kristal CaOx dibagi menjadi tiga tipe yaitu *stiloid*, *prismatic* dan *druse*.

Lima bentuk kristal CaOx memiliki morfologi yang berbeda antara yang satu dengan yang lain. Kristal *stiloid* berbentuk seperti empat persegi panjang yang terdiri dari satu kristal per selnya (Gambar 3A). Kristal *druse* memiliki struktur bersegi-segi kasar membentuk satu kesatuan menyerupai bola kristal (Gambar 3B). Kristal *rafida* berbentuk menyerupai jarum baik tunggal atau berkas. Dalam satu berkas terdiri dari ratusan hingga ribuan unit yang terikat sedemikian rupa menjadi satu (Gambar 3C). Kristal *prismatik* memiliki bentuk prisma dan dapat pula berbentuk seperti jajar genjang yang dapat terdiri dari satu atau lebih per selnya (Gambar 3D). Kristal pasir memiliki bentuk tetrahedral kecil yang tersusun

atas ruangan tertentu atau dapat pula berbentuk kumpulan dari kristal kecil (Franceschi dan Nakata, 2005).



Gambar 3. Bentuk-bentuk kristal kalsium oksalat. Kristal *stiloide* yang ditandai dengan tanda panah (A) (Meric, 2009); kristal *druse* (B) (Meric, 2009); kristal *rafida* (C) (Franceschi dan Nakata, 2005); kristal *prismatik* (D) (Meric, 2009); kristal pasir (E) (Franceschi dan Nakata, 2005).

Selain terdapat perbedaan bentuk kristal CaOx, juga terdapat perbedaan penyebaran kristal CaOx. Organ dan jaringan serta jenis tanaman berbeda memiliki penyebaran kristal CaOx yang berbeda pula. Secara umum, penyebaran jenis-jenis kristal pada organ memiliki perbedaan. Pada organ batang dan daun banyak ditemukan kristal jenis druse, sedangkan pada corolla tidak ditemukan kristal druse. Selain itu, jenis tanaman juga mempengaruhi penyebaran kristal. *Inula graviola* lebih banyak memiliki kristal jenis druse dibandingkan *Pilicaria dysentrica* (Meric, 2009).

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2012 hingga juli 2013. Pengambilan umbi porang dilakukan pada bulan Agustus 2012 di Hutan Sumberbendo, Kecamatan Saradan, Kabupaten Madiun, Jawa Timur. Pembuatan dan pengamatan preparat dilaksanakan pada bulan Desember 2012 – Maret 2013 di Laboratorium Biologi Dasar, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

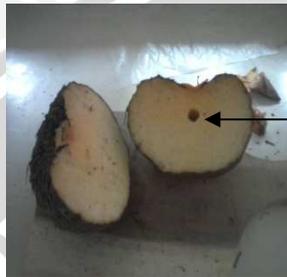
3.2 Pengambilan Sampel Umbi Porang dan Rancangan Penelitian

Sampel umbi dengan periode tumbuh berbeda (1, 2 dan 3) diperoleh dari petani yang membudidayakan porang di hutan Desa Sumberbendo, Kecamatan Saradan, Kabupaten Madiun, Jawa Timur pada bulan Agustus 2012. Penentuan periode tumbuh berbeda berdasarkan informasi petani yang melakukan budidaya tanaman porang. Setiap periode tumbuh diambil tiga umbi sebagai ulangan penelitian, sehingga dari tiga periode tumbuh berbeda diperoleh sembilan umbi (Lampiran 1, Tabel 1). Penelitian ini menggunakan rancangan factorial dengan dua faktor yaitu faktor pertama adalah periode tumbuh dan faktor kedua adalah bagian umbi.

3.3 Pembuatan Irisan Umbi

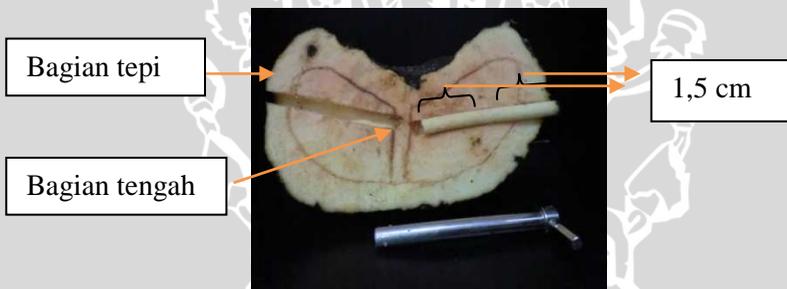
Sebelum dilakukan pengirisan masing-masing umbi dari periode tumbuh 1,2, dan 3 ditimbang terlebih dahulu. Kemudian masing-masing umbi dibelah tepat bagian tengah secara vertikal menjadi dua bagian dengan menggunakan pisau (Gambar 4). Potongan umbi berbentuk silinder dengan dua ujung berupa bagian tengah dan tepi diperoleh dengan *cork borer*. Bagian tepi merupakan bagian dekat kulit, sedangkan bagian tengah adalah bagian dalam umbi. Hasil pemotongan dengan *cork borer* diukur 1,5 cm dari masing-masing

ujung untuk mendapatkan bagian tepi dan tengah (Gambar 5). Pada bagian tepi maupun tengah, potongan umbi berbentuk silinder. Masing-masing dibuat irisan setipis mungkin menggunakan mikrotom geser.



Bagian yang dipotong dengan *cork borer*

Gambar 4. Bagian porang yang dipotong dengan *cork borer* agar silinder



Gambar 5. Hasil *cork borer* dari tengah ke tepi

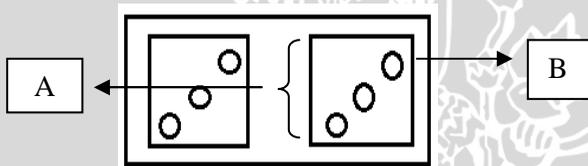
3.5 Pembuatan Preparat

Irisan tipis umbi porang yang telah diperoleh dibuat preparat dengan metode Ilarsan yang telah dimodifikasi yaitu irisan direndam dalam NaOH 5 % pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah 24 jam larutan NaOH dibuang dan irisan umbi tersebut direndam pada larutan Na-Hipoklorit 5 % selama 1 jam dan dicuci dengan air mengalir, kemudian dilakukan dehidrasi berseri dengan konsentrasi EtOH 30 %, 50 %, 70 %, 80 % masing-masing selama 10 menit dan dilanjutkan dengan EtOH 100% selama 5 menit. Irisan tipis yang

sudah mengalami dehidrasi tersebut diletakkan di atas *object glass* ditetesi dengan larutan hoyer dan ditutup dengan *cover glass*.

3.6 Pengamatan Kerapatan Sel Umbi dan Kristal CaOx

Preparat diamati dengan mikroskop cahaya (Olympus CX21) dengan perbesaran 100 × dan 400 ×. Kerapatan sel umbi dan kristal CaOx dihitung pada perbesaran 100 ×. Kerapatan sel umbi kristal CaOx dihitung pada 3 bidang pandang yang berbeda (Gambar 6). Total preparat yang dibuat untuk menghitung kerapatan sel umbi dan kristal CaOx yaitu 162 yang diperoleh dari masing-masing 3 LBP (luas bidang pandang) dari 27 preparat yang terdiri dari 3 ulangan pada setiap bagian umbi (tepi dan tengah) dari 3 periode tumbuh berbeda (Lampiran 1, Tabel 1).



Gambar 6. Preparat dan bidang pandang pada pengamatan dan penghitungan kerapatan sel umbi, kristal CaOx dan jenis kristal CaOx. Preparat yang diamati dan dihitung (A); luas bidang pandang yang diamati dan dihitung (B).

Kerapatan sel dan kristal CaOx serta masing-masing jenis kristal pada tiga periode tumbuh dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan kristal CaOx} = \frac{\Sigma \text{ kristal CaOx}/n}{\text{Luas bidang pandang (cm}^2\text{)}} \dots\dots\dots(1)$$

n=jumlah bidang pandang

$$\text{Kerapatan sel umbi} = \frac{\Sigma \text{ sel}/n}{\text{Luas bidang pandang (cm}^2\text{)}} \dots\dots\dots(2)$$

n = jumlah bidang pandang

$$\text{Kerapatan jenis kristal CaOx} = \frac{\sum \text{jenis kristal CaOx/n}}{\text{Luas bidang pandang (cm}^2\text{)}} \dots\dots(3)$$

n = jumlah bidang pandang

Pengamatan kristal dan pengukuran panjang atau diameter kristal digunakan mikroskop CX21 (perbesaran 400X) dengan micrometer. Kristal yang diukur yaitu *rafida* dan *druse*. Kristal *rafida* diukur panjang, sedangkan kristal *druse* diukur diameter.

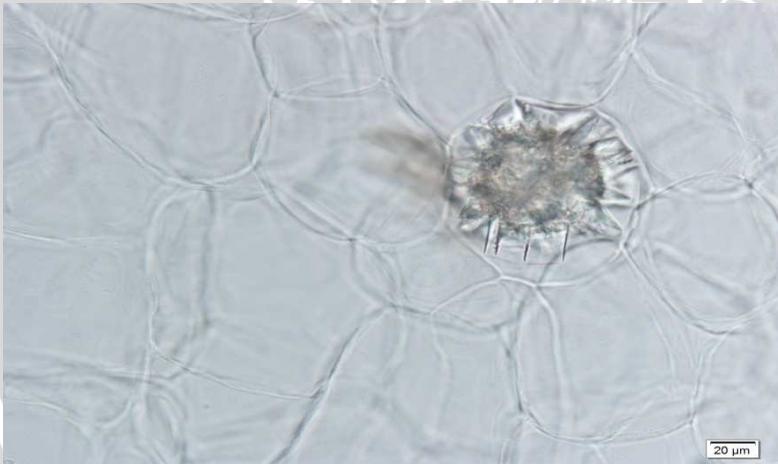
3.7 Analisis Data

Data yang diperoleh berupa data kuantitatif. Data kuantitatif berupa berat umbi, kerapatan sel umbi, kerapatan kristal CaOx total, dan kerapatan jenis kristal serta diameter kristal *druse* dan panjang kristal *rafida*. Data yang diperoleh dianalisis dengan SPSS 16 *for windows* yang terlebih dahulu dianalisis kenormalan dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* dan keseragaman dengan uji homogenitas (*Levene test*). Selanjutnya di analisis dengan Anova univariat untuk analisis kerapatan sel dan jenis kristal CaOx, kerapatan kristal CaOx dianalisis Kruskal-Wallis dan Mann-Whitney, pengaruh berat umbi terhadap kerapatan sel dan kristal CaOx dianalisis regresi, sedangkan hubungan antara kerapatan sel dan kristal CaOx dianalisis korelasi.

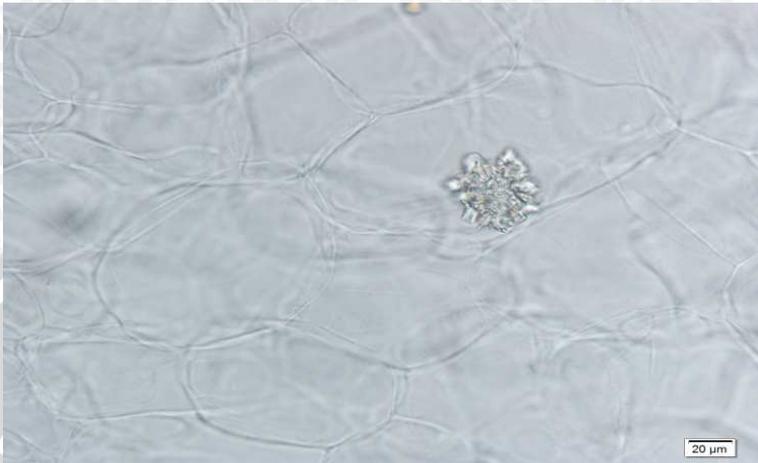
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Bentuk dan Ukuran Kristal CaOx pada Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) pada Periode Tumbuh Berbeda

Bentuk kristal CaOx yang ditemukan dalam preparat umbi porang pada tiga periode tumbuh yaitu rafida dan druse. Kristal *druse* terdiri dari *druse* besar dan kecil yang masing-masing memiliki ukuran berkisar antara $66,66 \pm 3$ - $74,15 \pm 3$ μm (Gambar 7), dan $38,44 \pm 7$ - $42,03 \pm 7$ μm (Gambar 8). Kristal *rafida* terdiri dari *rafida* panjang yang memiliki ukuran berkisar antara $218,61 \pm 43$ - $231,48 \pm 43$ μm (Gambar 9), dan kristal *rafida* pendek yang memiliki ukuran berkisar antara $45,24 \pm 10$ - $58,63 \pm 10$ μm (Gambar 10).



Gambar 7. Kristal druse besar



Gambar 8. Kristal druse kecil



Gambar 9. Kristal rafida panjang



Gambar 10. Kristal rafida pendek

Tabel 1. Ukuran jenis kristal yang diperoleh dari umbi porang pada periode tumbuh berbeda

Periode Tumbuh	Kristal CaOx	Ukuran Kristal
Periode tumbuh 1	<i>Druse</i>	45,24±3 μm
	<i>Rafida</i>	45,24±10 μm
Periode tumbuh 2	<i>Druse</i>	43,51±3 μm
	<i>Rafida</i>	58,38±10 μm
Periode tumbuh 3	<i>Druse</i>	42,51±3 μm
	<i>Rafida</i>	57,38±10 μm

Pada penelitian sebelumnya pada umbi porang yang diperoleh di desa Klangan, desa yang berdekatan dengan desa Sumberbendo (desa asal umbi untuk penelitian di peroleh), dikenali kristal jenis *druse* dan *rafida* melimpah (Sakti, 2009). Dengan kata lain, jenis kristal yang diperoleh pada penelitian ini sama dengan yang dilaporkan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Hasil ini juga sesuai dengan hasil yang diperoleh oleh Indriyani (2011) yaitu ditemukan *rafida* (tiga bentuk) dan *druse* yang melimpah di umbi porang tetapi ukuran panjang kristal *rafida* dan diameter kristal *druse*

tidak dilaporkan. Hasil penelitian ini juga menguatkan pernyataan Prychid dan Rudal (1999), menyatakan bahwa kristal berbentuk *rafida* dan *druse* banyak ditemukan pada family Araceae. Oleh karena itu, kristal *rafida* dan *druse* sering dijadikan sebagai salah satu ciri dari famili Araceae.

4.2 Pengaruh Periode Tumbuh dan Bagian Umbi (*Amorphophallus muelleri* Blume) terhadap Kerapatan Sel dan Kristal CaOx

Uji normalitas dan homogenitas varian menunjukkan kerapatan sel berdistribusi normal dan homogen, sehingga uji anova dapat dilakukan untuk mengetahui pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan sel. Hasil uji anova univariat menunjukkan periode tumbuh maupun interaksi antara periode tumbuh dan bagian umbi tidak berpengaruh signifikan terhadap kerapatan sel. Kerapatan sel umbi hanya dipengaruhi oleh bagian umbi. Umbi bagian tepi ($90 \times 10^{13} \pm 4 \times 10^{13}$ sel/cm²) memiliki kerapatan sel lebih tinggi dibandingkan umbi bagian tengah ($71 \times 10^{13} \pm 4 \times 10^{13}$ sel/cm²).



Gambar 11. Rata-rata kerapatan sel pada bagian umbi berbeda (tepi dan tengah). Keterangan : huruf yang beda menunjukkan beda signifikan berdasarkan uji anova univariat $\alpha=0,05$.

Dari hasil pengukuran diameter sel diperoleh hasil diameter umbi bagian tengah lebih lebar dibandingkan bagian tepi. Diameter sel umbi bagian tengah ($137,13 \pm 28$ - $157,37 \pm 28$ μm) (Gambar 12) lebih besar dibanding diameter sel umbi bagian tepi ($47,22 \pm 12$ - $75,29 \pm 12$ μm) (Gambar 13).



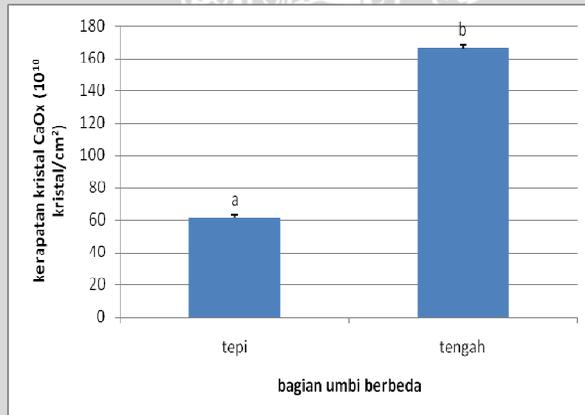
Gambar 12. Sel-sel pada bagian tepi umbi porang



Gambar 13. Sel-sel pada umbi bagian tengah umbi porang

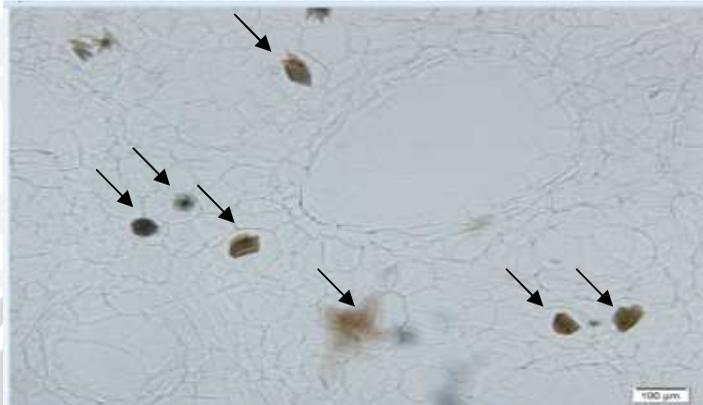
Berbeda dengan kerapatan sel, uji normalitas dan homogenitas menunjukkan kerapatan kristal CaOx total tidak berdistribusi normal dan tidak homogen, sehingga dilakukan transformasi data kerapatan kristal CaOx total. Hasil transformasi data kerapatan kristal CaOx

total ternyata tetap tidak memenuhi persyaratan untuk uji anova yaitu data berdistribusi normal dan varians data homogen, sehingga dilakukan uji Kruskal-Wallis untuk mengetahui pengaruh periode tumbuh terhadap kerapatan kristal CaOx total dan uji Mann-Whitney untuk mengetahui pengaruh bagian umbi (tepi dan tengah) terhadap kerapatan kristal CaOx total. Hasil uji Kruskal-Wallis menunjukkan periode tumbuh tidak berpengaruh signifikan terhadap kerapatan kristal CaOx total (Lampiran 3, Tabel 14). Akan tetapi hasil uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa bagian umbi (tepi dan tengah) berpengaruh signifikan terhadap kerapatan kristal CaOx total. Umbi bagian tengah dengan kerapatan sebesar $166 \times 10^{10} \pm 2 \times 10^{11}$ kristal/cm² menunjukkan kerapatan lebih tinggi dibandingkan umbi bagian tepi yang memiliki kerapatan $61 \times 10^{10} \pm 2 \times 10^{11}$ kristal/cm² (Gambar 14-16) (Lampiran 3, Tabel 15).



Gambar 14. Kerapatan kristal CaOx total pada umbi bagian tepi dan tengah. Keterangan : huruf yang beda menunjukkan beda signifikan berdasarkan uji Mann-Whitney $\alpha=0,05$.

Rendahnya kerapatan kristal CaOx pada bagian tepi umbi juga didukung oleh hasil pemotretan dengan kamera digital (Gambar 15). Sebaliknya kerapatan sel yang lebih tinggi pada bagian bisa dilihat pada gambar 16.



Gambar 15. Kerapatan kristal CaOx pada bagian umbi tepi.
Keterangan : tanda panah menunjukkan kristal *rafida*.



Gambar 16. Kerapatan kristal CaOx pada bagian umbi tengah.
Keterangan : tanda panah menunjukkan kristal *druse*.

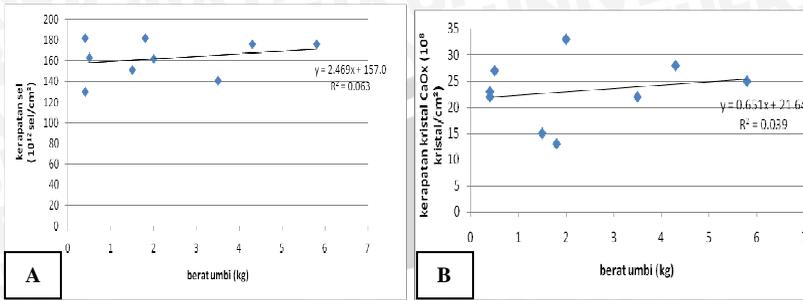
Kerapatan kristal CaOx total pada periode tumbuh berbeda tidak berpengaruh signifikan, tetapi cenderung tinggi pada periode tumbuh pertama. Hal ini diduga karena selama periode tumbuh pertama pertumbuhan dan perkembangan tanaman porang membutuhkan kalsium dalam jumlah banyak. Namun pada periode tumbuh kedua dan ketiga, untuk pertumbuhan tunas dan bagian tumbuhan lainnya

mempunyai kebutuhan kalsium lebih banyak karena semakin tua tanaman, semakin besar biomassa (tinggi dan bobot) tanaman. Dapat disimpulkan bahwa kalsium yang dibutuhkan tanaman porang meningkat seiring bertambahnya periode tumbuh. Hal ini akan berakibat pada pembentukan kristal CaOx yang membutuhkan kalsium. Tanaman membutuhkan kalsium untuk pertumbuhan dan perkembangan sebagai komponen struktur dalam dinding sel, signal dalam berbagai macam jalur fisiologi dan perkembangan (Webb, 1999). Kalsium yang dibutuhkan untuk pembentukan kristal CaOx membutuhkan kalsium yang diperoleh dari lingkungan (Franceschi dan Nakata, 2005).

Tingginya kerapatan kristal CaOx di bagian tengah nampaknya terkait kepadatan masa jaringan. Secara visual sel bagian tengah jaringan mempunyai warna lebih kuning dibandingkan dengan bagian tepi (Gambar 4) dan pada saat dipegang terasa lebih padat dibandingkan bagian tepi. Fatmawati (2012) juga menyatakan bahwa bagian pusat umbi memiliki struktur jaringan umbi yang lebih padat dibandingkan dengan yang lainnya. Selain itu, tampaknya kristal yang berada pada umbi bagian tengah merupakan sumber Ca yang terdekat ketika umbi mulai bertunas sehingga bisa dikatakan kalau bagian tengah memiliki fungsi sebagai penyimpanan Ca.

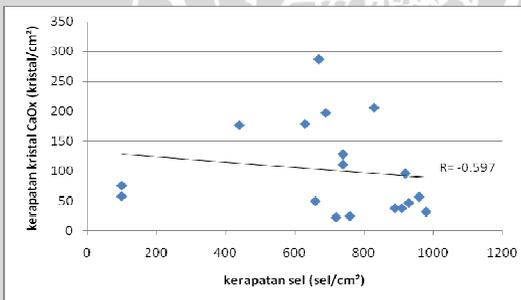
4.3 Hubungan Berat Umbi terhadap Kerapatan Sel dan Kristal CaOx

Uji regresi menunjukkan bahwa berat umbi tidak berhubungan linier terhadap kerapatan sel atau kristal CaOx total berarti bahwa semakin tinggi berat umbi tidak diikuti oleh meningkatnya kerapatan sel maupun kristal CaOx total. Nilai R^2 kerapatan sel sebesar 0,063 dan kerapatan kristal CaOx total sebesar 0,039. Hal ini berarti bahwa berat umbi hanya berkontribusi sebesar 6,3 % terhadap kerapatan sel dan sebesar 3,9 % berkontribusi terhadap kerapatan kristal CaOx total, sehingga kerapatan sel atau kristal CaOx total kemungkinan lebih dipengaruhi oleh faktor lain (Gambar 16 dan 17).



Gambar 17. Hubungan berat umbi terhadap kerapatan sel (A) dan terhadap kerapatan kristal CaOx total (B). Keterangan : nilai R^2 menunjukkan koefisien determinasi.

Meskipun berat umbi tidak berhubungan dengan kerapatan sel dan kristal CaOx total, tetapi terdapat hubungan linier antara kerapatan sel dan kerapatan kristal CaOx total. Kerapatan sel berkorelasi negative (ditunjukkan oleh nilai negatif dari R) terhadap kerapatan kristal CaOx total, sehingga semakin tinggi kerapatan sel, maka semakin rendah kerapatan CaOx total (Gambar 18) (Lampiran 3, Tabel 18).



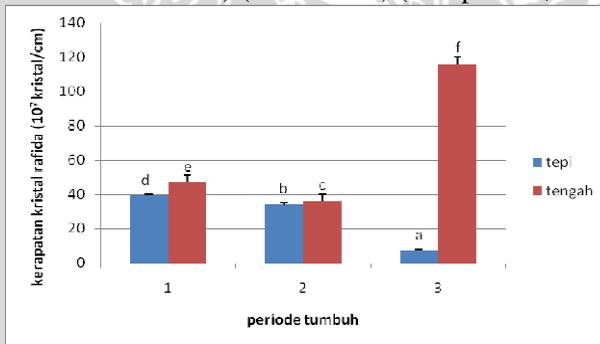
Gambar 18. Korelasi antara kerapatan sel dan kristal CaOx total.

Korelasi tersebut bernilai $R = -0,597$. Berdasarkan besaran nilai berarti bahwa hubungan antara kerapatan sel dan kristal CaOx total menunjukkan hubungan substansial. Korelasi substansial mempunyai nilai $0,40 < 0,70$. Jika nilai $0,7-1,00$ menunjukkan suatu asosiasi atau hubungan yang tinggi (Young, 1982 dalam Sulaiman 2002).

4.4 Pengaruh Periode Tumbuh dan Bagian Umbi pada Kerapatan Tiap Jenis (*Druse* atau *Rafida*)

Uji normalitas dan homogenitas menunjukkan bahwa data kerapatan kristal *rafida* atau *druse* berdistribusi tidak normal dan tidak homogen, sehingga dilakukan transformasi data \log_{10} . Transformasi data yang dilakukan memenuhi syarat normalitas dan homogenitas. Oleh karena itu, data yang telah tertransformasi di uji anova univariat untuk mengetahui pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi terhadap kerapatan kristal *rafida* atau *druse*.

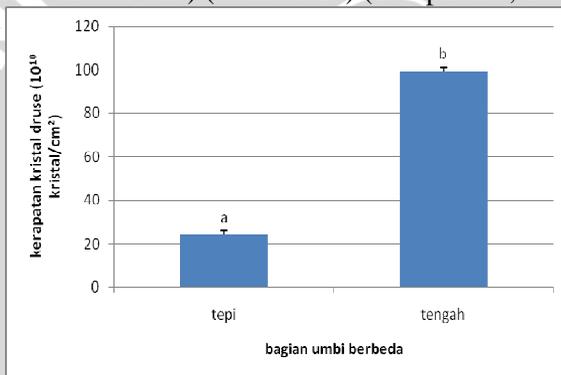
Uji anova univariat menunjukkan bahwa kerapatan kristal *rafida* dipengaruhi oleh interaksi antara periode tumbuh dan bagian umbi. Interaksi antara periode tumbuh dan bagian umbi berpengaruh signifikan. Periode tumbuh ketiga pada bagian tengah memiliki kerapatan kristal *rafida* lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata kristal *rafida* pada periode tumbuh ketiga bagian tengah memiliki rata-rata paling tinggi ($116 \times 10^7 \pm 4 \times 10^7$ kristal/cm²) (Gambar 19) (Lampiran 3, Tabel 21).



Gambar 19. Rata-rata kerapatan kristal *rafida* pada tiga periode berbeda (P1, P2, P3) dan bagian umbi berbeda (tepi dan tengah). Keterangan : pada masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan kesamaan rata-rata berdasarkan uji $T=0,05$ tidak berpasangan.

Uji normalitas dan homogenitas varian menunjukkan kerapatan kristal *druse* berdistribusi tidak normal dan tidak homogen sehingga dilakukan transformasi data \log_{10} . Hasil transformasi data kerapatan

kristal *druse* ternyata tetap tidak memenuhi persyaratan untuk uji anova yaitu data berdistribusi normal dan varian data homogeny, sehingga dilakukan uji Kruskal-Wallis untuk mengetahui pengaruh periode tumbuh terhadap kerapatan kristal *druse* dan uji Mann-Whitney untuk mengetahui pengaruh bagian umbi (tepi dan tengah) terhadap kerapatan kristal *druse*. Hasil uji Kruskal-Wallis menunjukkan periode tumbuh tidka berpengaruh signifikan terhadap kerapatan kristal *druse* (Lampiran 3, Tabel 24). Akan tetapi hasil uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa bagian umbi (tepi dan tengah) berpengaruh signifikan terhadap kerapatan kristal *druse*. Umbi bagian tengah ($117 \times 10^7 \pm 2 \times 10^7$ kristal/cm²) memiliki kerapatan kristal *druse* lebih tinggi dibandingkan umbi bagian tepi ($43 \times 10^7 \pm 5 \times 10^7$ kristal/cm²) (Gambar 20) (Lampiran 3, Tabel 25).



Gambar 20. Rata-rata kerapatan kristal *druse* pada umbi bagian berbeda (tepi dan tengah). Keterangan : huruf yang beda menunjukkan berpengaruh signifikan berdasarkan Mann-Whitney $\alpha=0,05$.

Keberadaan kristal *druse* pada bagian tengah tinggi diduga berkaitan dengan fungsinya. Kristal *druse* organ umbi berfungsi sebagai penyimpan kalsium (Prychid dkk., 2008).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

kristal CaOx (*druse* dan *rafida*) yang ditemukan pada tiga periode tumbuh mempunyai ukuran berbeda. Kristal *druse* menunjukkan diameter cenderung turun dengan semakin meningkatnya umur umbi, sebaliknya untuk kristal *rafida* menunjukkan kecenderungan meningkat untuk panjang kristal. Kerapatan sel dan kristal CaOx total serta kristal *druse* tidak dipengaruhi oleh periode tumbuh, tetapi di pengaruhi oleh bagian umbi dimana umbi bagian tengah memberikan kerapatan kristal lebih tinggi dibandingkan bagian tepi. Interaksi antara periode tumbuh dan bagian umbi hanya mempengaruhi kerapatan kristal *rafida*.

Kerapatan sel dan kerapatan kristal CaOx total pada bagian tepi dan tengah menunjukkan hasil yang berbeda. Umbi bagian tengah mempunyai kerapatan sel rendah namun kerapatan kristal CaOx total tinggi dan hal yang sebaliknya terjadi pada umbi bagian tepi.

Periode 1, 2, dan 3 mempunyai berat umbi yang makin meningkat. Kerapatan sel dan kerapatan kristal tidak berkorelasi dengan berat umbi, namun antara kerapatan sel dan kristal CaOx total terdapat korelasi yang bersifat substansial dengan nilai $R = -0,597$

5.2 Saran

Kristal *rafida* selalu dihubungkan dengan rasa gatal apabila menggores kulit mamalia. Pada penelitian ini diperoleh hasil bagian tengah umbi pada porang berumur tua (periode 3) menunjukkan hasil paling tinggi untuk kerapatan kristal *rafida*. Untuk itu perlu diuji tingkat allergen atau gatal umbi bagian tengah mulai dari porang umur muda, umur medium dan umur tua.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnott, H. J. 1976. Calcification in higher plants. In: Watabe N, and Wilbur KM, eds. *The Mechanisms of Mineralization in the Invertebrates and Plants*. Columbia: University of South Carolina Press, 55-78.
- Dipayana, S. dan A. Prasetyo. 2006. Efek Pemberian Lignin, Selulosa dan *Amorphophallus oncophyllus* Terhadap Gambaran Histopatologik Kolon Tikus Wistar (Penelitian Eksperimental Laboratorik pada Tikus Wistar yang diinduksi 1,2 DMH Subkutan, Diet Tinggi Lemak dan Protein). <http://www.m3undip.org>.
- Endriyeni, E. 2009. Analisis Anatomi Kristal Kalsium Oksalat pada Beberapa Varian Porang (*Amorphophallus oncophyllus* Prain ex Hook.f.) di Klangan, Kecamatan Saradan, Madiun, Jawa Timur. Skripsi. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Brawijaya. Malang.
- Fatmawati. 2012. Karakterisasi Bentuk dan Kerapatan Kristal Kalsium Oksalat pada Walur (*Amorphophallus campanulatus* (Roxb) Bl. Ex Decne var. *sylvestris*). Skripsi. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Brawijaya. Malang.
- Franceschi, V. R. dan H. T. Horner. 1980. Calcium Oxalate Crystals in Plants Botany Review 46 : 361-427.
- Franceschi, V. R. dan P. A. Nakata. 2005. Calcium Oxalate in Plants: Formation and Function. Annual Review of Plant Biology 56 : 41-71.
- Foster, A.S. 1956. Plant Idioblasts: Remarkable Example of Cell Specialization. Protoplasma. 46:184-93.
- Heyne, K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia*. Jakarta: Badan Litbang Kehutanan Departemen Kehutanan.
- Hodgkinson A. 1977. Oxalic Acid in Biology and Medicine. Academic Press, London.
- Indriyani, S. 2011. Pola Pertumbuhan Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) dan Pengaruh Lingkungan Terhadap Kandungan Oksalat dan Glukomanan Umbi. Disertasi. Program Pascasarjana. Universitas Airlangga. Surabaya.

- Jansen, P.C.M, C. van der Wilk, dan W.L.A. Hetterscheid. 1996. *Amorphophallus* Blume ex Decaisne. In Flach, M. and F. Rumawas (eds.). *PROSEA: Plant Resources of South-East Asia No 9. Plant Yielding Non-seed Carbohydrates*. Leiden: Backhuys Publishers.
- Keates SE, N.M. Tarlyn, F.A. Loewus, dan V.R. Franceschi. 2000. l-Ascorbic acid and l-galactose are sources for oxalic acid and calcium oxalate in *Pistia stratiotes*. *Phytochemistry*. 53: 433–440.
- Mastuti, R, S. Indriyani,. dan A. Rosdiana. 2008. Identifikasi kandungan asam oksalat terlarut dan tak larut serta kuantitas kristal kalsium oksalat secara mikroskopis dalam umbi tanaman porang (*Amorphophallus oncophyllus* .Prain ex hoof. f) pada berbagai fase perkembangan. Laporan Hasil Penelitian Research Grant I-MHERE. Universitas Brawijaya. Malang.
- Meric, C. 2009. Calcium oxalate crystals in some species of the tribe *Inuleae* (Asteraceae). 51:105-110.
- Prychid. C.J dan P. J. Rudall.. 1999. Calcium Oxalate Crystals in Monocotyledons: A Review of their Structure and Systematics. *Annals of Botany*. 84: 725-739.
- Ravi, V, C. S. Ravindran dan G. Suja. 2009. Growth and Productivity of Elephant Foot Yam (*Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst. Nicolson): an Overview. *Jurnal of Root Crops*. 35:131-142.
- Rohmiati, L. 2012. Karakteristik Bentuk dan Kerapatan Kristal Kalsium Oksalat pada Suweg (*Amorphophallus campanulatus var hortensis*). Skripsi. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sakti, M. A. E, 2009. Densitas dan Distribusi Kristal Kalsium Oksalat dalam Umbi Dua varian Porang (*Amorphophallus muelleri* Bume) Di KPH Saradan, Jawa Timur pada Siklus Pertumbuhan Ketiga.
- Simkiss, K dan K. M. Wilbur. 1989. Biomineralization: cell biology and mineral deposition. Academic Press, New York, NY.
- Sulaiman, W. 2002. Jalan Pintas Menguasai SPSS 10. Andi, Yogyakarta.
- Sumarwoto. 2005. Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume); Deskripsi dan sifat-sifat lainnya.

Wahyuni, S., Hadad, E., Hobir dan A. Denian. 2004. Plasma Nutfah Aneka Tanaman Perkebunan. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Perkembangan Teknologi TRO 16 : 28-42.

Webb, M. A. 1999. Cell-mediated crystallization of calcium oxalate in plants. *Plant Cell* 11:751–761.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN

Lampiran 1. Kerangka Pengamatan Sel Umbi, Kristal CaOx dan Jenis Kristal CaOx

Tabel 1. Pengamatan Sel Umbi, Kristal CaOx dan Jenis Kristal CaOx

no	Periode tumbuh	UP	UPN	Σ sel (n)	Σ total kristal (n)	Kristal rafida (n)	Kristal druse (n)
1 ↓ 162							

Keterangan : UP : ulangan penelitian
UPN : ulangan pengamatan

Lampiran 2. Hasil Penghitungan Kerapatan Sel Umbi, Kristal CaOx dan Jenis Kristal CaOx

Tabel 2. Kerapatan Sel pada Periode Tumbuh Berbeda

Periode tumbuh	Kerapatan sel (sel/cm ²) (n:3;±SE)	Kerapatan kristal CaOx (10 ⁸ kristal/cm ²) (n:3;±SE)
1	$79 \times 10^{13} \pm 5 \times 10^{13}$	$12 \times 10^{12} \pm 2 \times 10^{11}$
2	$82 \times 10^{13} \pm 5 \times 10^{13}$	$10 \times 10^{12} \pm 2 \times 10^{11}$
3	$82 \times 10^{13} \pm 5 \times 10^{13}$	$11 \times 10^{12} \pm 2 \times 10^{11}$

Tabel; 3. Kerapatan Sel pada Bagian Umbi Tepi dan Tengah

Bagian umbi	Kerapatan Sel (sel/cm ²) (n=3;±SE)
Tepi	$90 \times 10^{13} \pm 4 \times 10^{13}$
Tengah	$71 \times 10^{13} \pm 4 \times 10^{13}$

Tabel 4. Kerapatan Kristal CaOx pada Periode Tumbuh

Bagian umbi	Kerapatan Kristal CaOx (kristal/cm ²) (n=3;±SE)
Tepi	$61 \times 10^{10} \pm 2 \times 10^{11}$
Tengah	$166 \times 10^{10} \pm 2 \times 10^{11}$

Tabel 5. Berat Umbi terhadap Kerapatan Sel dan Kristal CaOx

Berat Umbi	Kerapatan Sel (sel/cm ²) (n=3;±SE)	Kerapatan Kristal CaOx (kristal/cm ²) (n=3;±SE)
0,4	$79 \times 10^{13} \pm 5 \times 10^{13}$	$12 \times 10^{12} \pm 2 \times 10^{11}$
1,8	$82 \times 10^{13} \pm 5 \times 10^{13}$	$10 \times 10^{12} \pm 2 \times 10^{11}$
4,5	$82 \times 10^{13} \pm 5 \times 10^{13}$	$11 \times 10^{12} \pm 2 \times 10^{11}$

Tabel 6. Korelasi Kerapatan Sel dan Kristal CaOx

Kerapatan sel (sel/cm ²) (n:3)	Kerapatan kristal CaOx (kristal/cm ²) (n:3)
9×10^{13}	3×10^8
6×10^{13}	17×10^8
9×10^{13}	3×10^8
7×10^{13}	2×10^8
8×10^{13}	3×10^8
9×10^{13}	4×10^8
9×10^{13}	5×10^8
1×10^{13}	7×10^8
1×10^{13}	5×10^8
8×10^{13}	20×10^8
6×10^{13}	5×10^8
7×10^{13}	23×10^8
7×10^{13}	12×10^8
9×10^{13}	9×10^8
6×10^{13}	28×10^8
4×10^{13}	17×10^8
7×10^{13}	11×10^8
6×10^{13}	19×10^8

Tabel 7. Kerapatan Jenis Kristal *Rafida* pada Periode Tumbuh dan Bagian Umbi Berbeda

Periode tumbuh	Bagian umbi	Kerapatan Jenis Kristal <i>Rafida</i> (kristal/cm ²) (n=3;±SE)
1	Tepi	$39 \times 10^7 \pm 1 \times 10^8$
	Tengah	$47 \times 10^7 \pm 4 \times 10^8$
2	Tepi	$34 \times 10^7 \pm 1 \times 10^8$
	Tengah	$36 \times 10^7 \pm 4 \times 10^8$
3	Tepi	$7 \times 10^7 \pm 1 \times 10^8$
	Tengah	$116 \times 10^7 \pm 4 \times 10^8$

Tabel 8. Kerapatan Jenis Kristal *Druse* pada Periode Tumbuh dan Bagian Umbi Berbeda

Bagian umbi	Kerapatan Jenis Kristal <i>Druse</i> (kristal/cm ²) (n=3;±SE)
Tepi	$43 \times 10^7 \pm 5 \times 10^7$
Tengah	$117 \times 10^7 \pm 2 \times 10^7$

Lampiran 3. Hasil Normalitas data, Homogenitas data, Uji Anova, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, korelasi dan Regresi

Tabel 9. Hasil uji normalitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan sel

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kerapatan_sel	.134	18	.200 [*]	.961	18	.628
periode_tumbuh	.216	18	.026	.801	18	.002
bagian_umbi_berbeda	.334	18	.000	.642	18	.000

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Tabel 10. Hasil uji homogenitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan sel

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: kerapatan_sel			
F	df1	df2	Sig.
1.808	5	12	.186

Tabel 11. Hasil uji anova univariat pengaruh serta interaksi periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan sel

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kerapatan_sel					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.573E23 ^a	5	5.146E22	3.284	.042
Intercept	1.189E25	1	1.189E25	758.744	.000
periode_tumbuh	4.283E21	2	2.142E21	.137	.874
bagian_umbi_berbeda	1.628E23	1	1.628E23	10.389	.007
periode_tumbuh * bagian_umbi_berbeda	9.022E22	2	4.511E22	2.879	.095
Error	1.880E23	12	1.567E22		
Total	1.234E25	18			
Corrected Total	4.454E23	17			

a. R Squared = .578 (Adjusted R Squared = .402)

Tabel 12. Hasil uji normalitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan CaOx

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kerapatan_kristal_CaOx	.198	18	.060	.887	18	.035
periode_tumbuh_kristal	.216	18	.026	.801	18	.002
bagian_umbi_berbeda_kristal	.334	18	.000	.642	18	.000

a. Lilliefors Significance Correction

Tabel 13. Hasil uji homogenitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan CaOx

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: kerapatan_kristal_CaOx			
F	df1	df2	Sig.
4.889	5	12	.011

Tabel 14. Hasil uji Kruskal-Wallis pengaruh periode tumbuh terhadap kerapatan kristal CaOx

Test Statistics ^{a,b}	
	kerapatan kristal CaOx
Chi-Square	.503
df	2
Asymp. Sig.	.778

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: periode_tumbuh_kristal

Tabel 15. Hasil uji Mann-Whitney untuk mengetahui pengaruh bagian umbi berbeda terhadap kerapatan kristal CaOx

Test Statistics ^b	
	kerapatan kristal CaOx
Mann-Whitney U	8.000
Wilcoxon W	53.000
Z	-2.870
Asymp. Sig. (2-tailed)	.004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.003 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: bagian_umbi_berbeda_kristal

Tabel 16. Hasil uji regresi berat umbi berbeda terhadap kerapatan sel

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.775E22	1	1.775E22	.478	.512 ^a
	Residual	2.599E23	7	3.712E22		
	Total	2.776E23	8			

a. Predictors: (Constant), berat_umbi

b. Dependent Variable: kerapatan_sel

Coefficients ^a								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	1.570E12	1.027E11		15.286	.000	1.327E12	1.813E12
	berat_umbi	2.470E10	3.572E10	.253	.692	.512	-5.976E10	1.092E11

a. Dependent Variable: kerapatan_sel

Tabel 17. Hasil regresi berat umbi berbeda terhadap kerapatan CaOx

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.198E15	1	2.198E15	.005	.945 ^a
	Residual	3.038E18	7	4.341E17		
	Total	3.041E18	8			

a. Predictors: (Constant), berat_umbi
 b. Dependent Variable: kerapatan_caOx

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	2.283E9	3.512E8		6.499	.000	1.452E9	3.113E9
	berat_umbi	-8.691E6	1.221E8	-.027	-.071	.945	-2.975E8	2.801E8

a. Dependent Variable: kerapatan_caOx

Tabel 18. Korelasi antara kerapatan sel dan kristal CaOx

		kerapatan_sel	kerapatan_CaOx
kerapatan_sel	Pearson Correlation	1	-.597 ^{**}
	Sig. (2-tailed)		.009
	N	18	18
kerapatan_CaOx	Pearson Correlation	-.597 ^{**}	1
	Sig. (2-tailed)	.009	
	N	18	18

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabel 19. Hasil uji normalitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan kristal rafida

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kerapatan_kristal_rafida	.281	18	.001	.755	18	.000
periode_tumbuh_rafida	.216	18	.026	.801	18	.002
bagian_umbi_berbeda_rafida	.334	18	.000	.642	18	.000

a. Lilliefors Significance Correction

Tabel 20. Hasil uji homogenitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan kristal rafida

Dependent Variable: kerapatan_kristal_rafida			
F	df1	df2	Sig.
6.561	5	12	.004

Tabel 21. Hasil uji anova univariat pengaruh periode tumbuh terhadap kerapatan kristal *rafida*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kerapatan_kristal_rafida_t

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.016E18 ^a	5	4.031E17	4.799	.012
Intercept	3.991E18	1	3.991E18	47.509	.000
periode_tumbuh_rafida	2.241E17	2	1.120E17	1.334	.300
bagian_umbi_berbeda_rafida	7.038E17	1	7.038E17	8.379	.013
periode_tumbuh_rafida * bagian_umbi_berbeda_rafida	1.088E18	2	5.439E17	6.475	.012
Error	1.008E18	12	8.400E16		
Total	7.014E18	18			
Corrected Total	3.024E18	17			

a. R Squared = .667 (Adjusted R Squared = .528)

Tabel 22. Hasil uji normalitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan kristal *druse*

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kerapatan_kristal_druse	.251	18	.004	.796	18	.001
periode_tumbuh_druse	.216	18	.026	.801	18	.002
bagian_umbi_berbeda_druse	.334	18	.000	.642	18	.000

a. Lilliefors Significance Correction

Tabel 23. Hasil uji homogenitas data pengaruh periode tumbuh dan bagian umbi berbeda terhadap kerapatan kristal *druse*

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: kerapatan_kristal_druse

F	df1	df2	Sig.
5.465	5	12	.008

Tabel 24. Hasil uji Kruskal-Wallis pengaruh periode tumbuh terhadap kerapatan kristal *druse*

Test Statistics^{a,b}

	kerapatan_kristal_druse_t
Chi-Square	1.556
df	2
Asymp. Sig.	.459

a. Kruskal Wallis Test
b. Grouping Variable: periode_tumbuh_druse

Tabel 25. Hasil uji Mann-Whitney pengaruh bagian umbi berbeda terhadap kerapatan kristal *druse*

Test Statistics^b

	kerapatan_kristal_druse_t
Mann-Whitney U	13.000
Wilcoxon W	58.000
Z	-2.428
Asymp. Sig. (2-tailed)	.015
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.014 ^a

a. Not corrected for ties.
b. Grouping Variable: bagian_umbi_berbeda_druse