

**TISSUE CULTURE OF MUSK LIME (*Citrus microcarpa*)
BY USING HORMONES KINETIN AND NAPHTHALENE ACETYL ACID
(NAA) AS DEVELOPMENT STUDENT WORK SHEET BASED ON *VIRTUAL
LABORATORY* IN MODERN BIOTHECNOLOGY CONCEPT
FOR CLASS XII SENIOR HIGH SCHOOL**

Suci Agustiani¹, Imam Mahadi², Wan Syafi'i³

e-mail: agustiani.suci@ymail.com, i_mahadi@yahoo.com, wansya_ws@yahoo.com
phone: +6285364451182

Biology Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Education
University of Riau

Abstract: *This research aimed to determine the effect of Kinetin and NAA on the growth of explants Musk lime (*Citrus microcarpa*) and to design learning resource for student work sheet based virtual laboratory. This research was conducted at the Laboratory of Biology Education University of Riau and Laboratory Biotechnology of Riau Islamic University from April-Mei 2015, using a completely randomized design of 4 x 4 factorial with three replications. The first factor (K) is the Kinetin consists of 4 level: 0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, and 5 ppm. The second factor (A) is the NAA consist of 4 level: 0 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm, and 2 ppm. Parameters measured were percentage grows, time of root rise, time of bud rise, the amount of buds, amount of roots, and lengt shoot. The data were analyzed using ANAVA and tested further by DMRT at 5% level. The data were analyzed using verification by lecturer for development student work sheet . The results of this research showed of Kinetin and NAA significantly affect the growth of explants Musk Lime. The percentage of explants grown 100% all treatments, except treatment K₅A₀. The earliest of root rise in treatment K₀A_{0,5} HST. The earliest of bud rise in treatment K₅A₀ HST, Highest amount of buds in treatment K₃A₂ is 2.4 buds, Highest lengt of shoot in treatment K₃A₀ is 7.1 buds, and the amount of roots the best treatment of K₀A_{0,5} is 8,1 roots. Results of reserach can be used as development student work sheet based on virtual laboratory in modern biothechnology concept for class xii senior high school.*

Keywords: *Kinetin, NAA, Student Work Sheet, Tissue Culture.*

**KULTUR JARINGAN JERUK KASTURI (*Citrus microcarpa*)
DENGAN MENGGUNAKAN HORMON KINETIN DAN *NAFTALEN ACETYL
ACID* (NAA) SEBAGAI PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA SISWA
BERBASIS *VIRTUAL LABORATORY* PADA KONSEP BIOTEKNOLOGI
MODERN DI SMA**

Suci Agustiani¹, Imam Mahadi², Wan Syafi'i³

e-mail: agustiani.suci@gmail.com, i_mahadi@yahoo.com, wansya_ws@yahoo.com
phone: +6285364451182

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh Kinetin dan NAA terhadap pertumbuhan eksplan biji Jeruk Kasturi (*Citrus microcarpa*) dan untuk merancang sumber belajar dalam bentuk lembar kerja siswa berbasis *virtual laboratory*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium FKIP Biologi Universitas Riau dan Laboratorium Bioteknologi Universitas Islam Riau dari April-Mei 2015. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial dari 4 x 4 dengan tiga ulangan. Faktor pertama (K) adalah Kinetin terdiri dari 4 level: 0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, dan 5 ppm. Faktor kedua (A) adalah NAA terdiri dari 4 level: 0 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm, dan 2 ppm. Parameter yang diukur adalah persentase tumbuh, waktu muncul akar, waktu muncul tunas, jumlah tunas, jumlah akar, dan panjang tunas. Data dianalisis dengan menggunakan ANAVA dan diuji lebih lanjut dengan DMRT pada tingkat 5%. Data dianalisis berdasarkan hasil verifikasi oleh dosen ahli untuk pengembangan lembar kerja siswa. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh Kinetin dan NAA secara signifikan mempengaruhi pertumbuhan eksplan Jeruk Kasturi. Persentase tumbuh eksplan 100% tumbuh, kecuali perlakuan K₅A₀, waktu muncul akar tercepat pada perlakuan K₀A_{0,5} yaitu dengan rerata 2,3 hari setelah tanam (HST). Muncul tunas eksplan biji jeruk kasturi yang paling cepat pada perlakuan K₅A₀ yaitu 5 (HST). Jumlah tunas terbanyak yaitu pada perlakuan K₃A₂ adalah 2.4 tunas, panjang tunas tertinggi yaitu pada perlakuan K₃A₀ adalah 7.1 tunas, dan jumlah akar terbanyak yaitu pada perlakuan K₀A_{0,5} adalah 8,1 akar. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai lembar kerja siswa berbasis *virtual laboratory* dalam konsep bioteknologi modern kelas XII SMA.

Kata kunci: Lembar kerja siswa, Kinetin, NAA, Kultur Jaringan.

PENDAHULUAN

Jeruk kasturi merupakan tanaman yang termasuk dalam famili rutaceae. Jeruk kasturi memiliki perawakan pohon rendah (2-4 m), tajuk agak bulat, berdaun tunggal yang letaknya berpasangan dan bentuknya agak kecil. Jeruk kasturi memiliki karakteristik pertumbuhan yang tergolong cukup lama. Perkembangan secara generatif masa produktifnya setelah 5 tahun, sementara secara vegetatif berkisar setelah 3-4 tahun dan apabila tidak diperhatikan tumbuhan ini rentan akan penyakit sebelum masa produktif (Abdullah, 2012). Lamanya masa produktif dan minimnya ketersediaan lahan di Riau menyebabkan harga jeruk kasturi relatif mahal dikarenakan biaya distribusi dari daerah Sumatra Barat selaku produsen yang diperhitungkan, sementara permintaan terhadap jeruk kasturi semakin meningkat.

Kultur jaringan merupakan suatu teknik memilih galur tanaman dan menghasilkan individu baru yang bersih dari hama dan penyakit, dengan jumlah yang banyak dengan waktu yang singkat (Gunawan, 1992). Adapun zat pengatur tumbuh yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Kinetin dan NAA Kultur jaringan merupakan salah satu topik yang dituntut dalam Kurikulum 2013. Berdasarkan tuntutan kurikulum 2013, guru diharapkan dapat mengembangkan perencanaan pembelajaran, sumber belajar dan media pembelajaran. Salah satu jenis bahan ajar yang dibuat adalah lembar kegiatan siswa (LKS).

Prastowo (2011) menyatakan bahwa Lembar Kegiatan Siswa (LKS) merupakan salah satu alternatif pembelajaran yang tepat bagi peserta didik untuk menambah informasi tentang konsep yang dipelajari. Faktanya LKS yang telah dimiliki oleh peserta didik tetap saja berada dalam kondisi presentasi satu arah karena bahan ajar ini tidak interaktif sehingga cenderung digunakan dengan pasif. Maka dari itu perlu dilakukan pengembangan perangkat pembelajaran lembar kerja siswa berbasis *Virtual Laboratory*. *Virtual Laboratory* merupakan media yang cukup sederhana dan mudah dimengerti yang didominasi oleh video dan materi serta bersifat tutorial. Dari hasil penelitian ini, maka diharapkan lembar kerja siswa berbasis *virtual laboratory* dapat membantu peserta didik untuk dapat memahami konsep kultur jaringan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri atas 2 tahap, yaitu tahap pertama, kultur jaringan jeruk kasturi (*Citrus microcarpa*) dilakukan dilabor Bioteknologi Universitas Islam Riau, sedangkan tahap kedua, pengembangan lembar kerja siswa berbasis *virtual laboratory* dilakukan di Universitas Riau pada bulan April-Mei 2015. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 4 x 4. Faktor pertama (K) adalah Kinetin yang terdiri dari 4 taraf yaitu : 0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, dan 5 ppm. faktor kedua (A) adalah NAA yang terdiri dari 4 taraf yaitu: 0 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm, dan 2 ppm. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali dengan 16 kombinasi perlakuan sehingga didapat 48 unit percobaan. Langkah pengembangan lembar kerja siswa dilakukan menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation dan Evaluation*) oleh Dick and Carry (2005). Pengembangan lembar kerja siswa hanya dilakukan pada tahap *Analysis, Design dan Development*. Hasil penelitian yang diperoleh selanjutnya dirancang sebagai lembar kerja siswa berbasis *virtual laboratory*. Lembar kerja siswa yang telah dirancang akan

diverifikasi terlebih dahulu oleh Dosen Pendidikan Biologi bidang materi, media, dan pendidikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

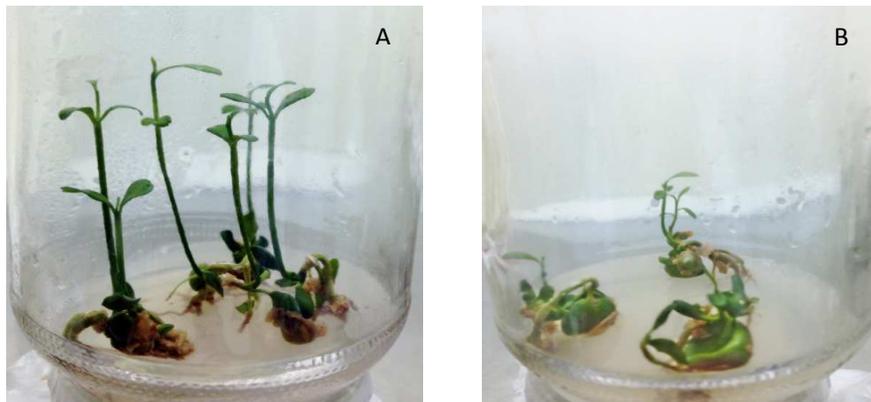
Persentase Hidup Eksplan

Tabel 1. Rerata persentase hidup eksplan Jeruk Kasturi (*Citrus microcarpa*) dengan kombinasi perlakuan KINETIN dan NAA

KINETIN (K)	NAA (A)			
	A ₀ (mg/l)	A _{0,5} (mg/l)	A ₁ (mg/l)	A ₂ (mg/l)
K ₀ (mg/l)	100a	100a	100a	100a
K ₁ (mg/l)	100a	88,8a	100a	100a
K ₃ (mg/l)	100a	100a	88,8a	100a
K ₅ (mg/l)	44,4b	100a	100a	100a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5%

Hasil analisis sidik ragam terlihat bahwa hampir semua perlakuan yaitu pada perlakuan K₅A₂, dan K₃A₁–K₁A_{0,5} menunjukkan persentase tumbuh eksplan mencapai 100%. Hal ini disebabkan karena pemberian Auksin dan Sitokinin secara eksogen maupun endogen mampu jadi pemicu dalam pertumbuhan dan perkembangan jaringan. Hal ini sesuai dengan pendapat Lestari (2011) bahwa penambahan Auksin dan Sitokinin kedalam media kultur dapat meningkatkan konsentrasi zat pengatur tumbuh endogen di dalam sel, sehingga menjadi “faktor pemicu” dalam proses tumbuh dan perkembangan jaringan. Jika dibandingkan dengan perlakuan K₅A₀ (44%), diduga bahwa penambahan hormon eksogen dapat menurunkan daya proliferasi sel untuk berkembang. Hal ini disebabkan karena tingginya konsentrasi hormon Kinetin. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat More dalam Wahidah (2011) mengatakan bahwa hormon kinetin dapat mempengaruhi proses perkembangan tanaman pada konsentrasi rendah, sedangkan pada konsentrasi tinggi dapat menghambat pertumbuhan.



Gambar 1. Persentase hidup eksplan tertinggi perlakuan K_5A_2 (A) dan Persentase hidup eksplan terendah perlakuan K_5A_0 (B)

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa eksplan berada dalam keadaan hidup dan tidak ada terlihat eksplan yang mati. Hal ini disebabkan karena hormon endogen yang ada di dalam eksplan sudah mencukupi untuk pertumbuhan eksplan biji dan ditambah lagi dengan hormon eksogen yaitu KINETIN dan NAA dengan konsentrasi yang seimbang dapat merangsang pertumbuhan eksplan. Faktor lain yang mendukung keberhasilan persentase tumbuh eksplan pada penelitian ini adalah karena penggunaan media MS (Murashige Skoog) yang mengandung komposisi lengkap untuk pertumbuhan eksplan. Menurut Wahyuni (2009), pemberian hormon dengan beberapa konsentrasi pada media MS memberikan persentase tumbuh eksplan yang baik, karena pada media mengandung vitamin, unsur hara makro dan mikro serta besi dan sukrosa sehingga cukup untuk memacu pertumbuhan eksplan.

Waktu Muncul Akar

Tabel 2. Rerata waktu muncul akar eksplan Jeruk Kasturi (*Citrus microcarpa*) dengan kombinasi perlakuan KINETIN dan NAA

KINETIN (K)	NAA (A)			
	A_0 (mg/l)	$A_{0,5}$ (mg/l)	A_1 (mg/l)	A_2 (mg/l)
K_0 (mg/l)	4	2,3	2,6	3
K_1 (mg/l)	3,3	3,6	3,3	3,6
K_3 (mg/l)	3,6	4	5	5
K_5 (mg/l)	4	3,3	3	3,6

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5%

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa saat muncul akar tercepat pada perlakuan $K_0A_{0,5}$ yaitu dengan rerata 2,3 hari setelah tanam (HST). Perlakuan konsentrasi tersebut tanpa pemberian kinetin artinya perlakuan ini merupakan konsentrasi tunggal yaitu

dengan kandungan NAA sebanyak 0,5 ppm. Hal ini sesuai dengan teori terhadap fungsi hormon tersebut yakni mempercepat pembentukan akar adventif pada konsentrasi yang rendah dan tanpa pemberian hormon yang lain. Pendapat ini didukung oleh Fossard Nisa *dalam* Rodinah (2005) yang menyatakan bahwa medium tanpa sitokinin lebih baik dari pada medium yang mengandung sitokinin untuk pembentukan akar. Untuk pertumbuhan akar hormon sitokinin tidak begitu memiliki peran yang penting, karena sesuai fungsinya sitokinin lebih berperan dalam pembentukan tunas. Pemberian auksin yang tinggi menyebabkan terhambatnya perpanjangan akar tetapi meningkatkan induksi kalus. Hal ini sejalan dengan pendapat Harjadi (2009) menyatakan bahwa auksin dalam konsentrasi yang tepat sangat berperan aktif dalam proses differensiasi sel, namun pada taraf yang melebihi konsentrasi tinggi akan menginduksi munculnya kalus.



Gambar 2. Waktu muncul akar tercepat pada perlakuan $K_0A_{0,5}$

Waktu Muncul Tunas

Tabel 3. Rerata waktu muncul tunas eksplan Jeruk Kasturi (*Citrus microcarpa*) dengan kombinasi perlakuan KINETIN dan NAA

KINETIN (K)	NAA (A)			
	A_0 (mg/l)	$A_{0,5}$ (mg/l)	A_1 (mg/l)	A_2 (mg/l)
K_0 (mg/l)	8,6	7	6	6,3
K_1 (mg/l)	6,6	6,6	6	6,3
K_3 (mg/l)	5,3	5,6	6	6
K_5 (mg/l)	5	5,6	6	7

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5%

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa saat muncul tunas eksplan biji jeruk kasturi yang paling cepat pada perlakuan K_5A_0 yaitu 5 (HST). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan yang tepat konsentrasi untuk saat muncul tunas tercepat adalah dengan pemberian Kinetin 5 ppm dan tanpa penambahan NAA, perlakuan tersebut sesuai dengan perannya bahwa hormon kinetin berperan dalam pembentukan tunas sedangkan Auksin berperan dalam pembentukan akar adventif. Hal ini sejalan dengan pendapat

Lestari (2011) menyatakan bahwa pembentukan tunas pada umumnya digunakan Sitokinin, sedangkan untuk pembentukan akar/kalus digunakan hormone Auksin yang berfungsi merangsang perpanjangan sel-sel, sehingga mendorong terbentuknya hipokotil pada proses perkecambahan (Mahadi, 2014). Saat muncul tunas dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu faktor eksplan, media, dan lingkungan (Mante dan Tepper *dalam* Nisa dan Rodinah, 2005). Menurut Gunawan *dalam* Samudin (2009), interaksi dan perimbangan zat pengatur tumbuh yang ditambahkan dalam media dan yang diproduksi oleh sel tanaman secara endogen menentukan kecepatan dan arah perkembangan suatu kultur.



Gambar 4. Kultur dengan waktu muncul tunas tercepat perlakuan K_5A_0

Jumlah Tunas

Tabel 2. Rerata waktu jumlah tunas eksplan biji Jeruk Kasturi dengan berbagai konsentrasi Kinetin dan NAA

KINETIN (K)	NAA (A)			
	A_0 (mg/l)	$A_{0,5}$ (mg/l)	A_1 (mg/l)	A_2 (mg/l)
K_0 (mg/l)	1,1c	1,7ba	1,8ba	1,5cb
K_1 (mg/l)	1,5cb	1,7ba	1,8ba	1,8ba
K_3 (mg/l)	2ba	1,3cb	1,6ba	2,4a
K_5 (mg/l)	1,3cb	1,3cb	2ba	1,3cb

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5%

Jumlah tunas dihitung pada akhir penelitian dengan cara menghitung tunas yang muncul pada eksplan biji jeruk kasturi. Jumlah tunas merupakan peran utama dari hormon Kinetin. Pemberian sitokinin sampai taraf tertentu berpengaruh dalam memacu waktu pembentukan tunas, hal tersebut sesuai dengan fungsi sitokinin untuk merangsang pembentukan tunas. Hal ini sesuai dengan Winarsih et al., (1998) mengemukakan bahwa sitokinin (Kinetin) dapat memacu pertumbuhan tunas. Bahkan apabila ketersediaan sitokinin di dalam medium kultur sangat terbatas maka pembelahan sel pada jaringan yang dikulturkan akan terhambat.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa NAA dan Kinetin berpengaruh nyata terhadap jumlah tunas eksplan biji jeruk kasturi (*Citrus microcarpa*). Berdasarkan

data Tabel 2 dapat dilihat bahwa rerata jumlah tunas eksplan biji jeruk kasturi terbanyak pada perlakuan K_3A_2 yaitu (2,4). Perlakuan ini berbeda nyata dibanding dengan perlakuan lain (K_0A_0 , $K_3A_{0,5}$, K_0A_2) kecuali dengan perlakuan (K_0A_2 , K_1A_0 , K_3A_1 , $K_0A_{0,5}$, K_0A_1 , K_5A_1) tidak berbeda nyata. Penggunaan media dengan komposisi NAA dan Kinetin pada konsentrasi K_3A_2 disebabkan pada konsentrasi tersebut telah terjadi perimbangan antara sitokinin dan auksin sehingga terjadim pembelahan sel yang menstimulasi pembentukan tunas. Sesuai dengan pendapat Gunawan *dalam* Samudin (2009) interaksi dan perimbangan zat pengatur tumbuh yang ditambahkan dalam media dan yang diproduksi oleh sel tanaman secara endogen menentukan kecepatan dan arah perkembangan suatu kultur.



Gambar 2. Kultur dengan jumlah tunas terbanyak perlakuan K_3A_2 (A)

Tinggi Tunas

Tabel 3. Rerata tinggi tunas eksplan biji Jeruk Kasturi dengan berbagai konsentrasi Kinetin dan NAA

KINETIN (K)	NAA (A)			
	A_0 (mg/l)	$A_{0,5}$ (mg/l)	A_1 (mg/l)	A_2 (mg/l)
K_0 (mg/l)	2d	3,7dcb	2,4dc	5,3ba
K_1 (mg/l)	4,6dcb	4,4dcb	4,9cba	4,3dcb
K_3 (mg/l)	7,1a	4,3dcb	4,1dcb	3,9dcb
K_5 (mg/l)	4dcb	3,9dcb	5,1ba	3,2dcb

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5%

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian Kinetin dan NAA berpengaruh nyata terhadap tinggi tunas eksplan biji jeruk kasturi. Pada Tabel 3 terlihat bahwa rerata tinggi tunas eksplan jeruk kasturi yang tertinggi pada perlakuan K_3A_0 yaitu (7,1). Perlakuan ini berbeda nyata dibanding perlakuan lain kecuali dengan perlakuan K_5A_1 tidak berbeda nyata. Dengan demikian pemberian Kinetin 3 ppm mampu memberikan pengaruh terhadap tinggi tunas jeruk kasturi. Hal ini dapat dihubungkan dengan pendapat Abidin (1995) dengan penambahan Kinetin saja tanpa NAA mampu menginduksi sel-sel tanaman untuk terus berkembang dan bertambah

ukurannya. Selain itu hal ini dikarenakan telah tercukupinya kebutuhan auksin secara endogen di dalam biji jeruk kasturi dan penambahan kinetin untuk sel-sel eksplan tunas biji jeruk kasturi mengalami pembelahan dan pembesaran selnya, pembelahan sel dimulai setelah adanya auksin yang mempengaruhi sintesis protein dan mitosis, seterusnya pembesaran sel akan berlangsung dengan bantuan hormon kinetin yang akhirnya dapat menambah pemanjangan tunas.

Hal ini sesuai dengan pendapat Hendaryono dan Wijayanti (1984) yang mengemukakan bahwa rasio antara auksin dan sitokinin akan menentukan kecepatan pembelahan sel mampu memicu pemanjangan tunas pada eksplan biji jeruk kasturi. Hal ini sesuai dengan pendapat Katuuk dalam Pohan (2004) bahwa interaksi antara auksin dan sitokinin pada konsentrasi yang optimal merupakan salah satu cara tumbuhan dalam mengatur derajat pertumbuhan akar dan tunas. George dan Sherrington (1984) menyatakan bahwa inisiasi tunas dan akar ditentukan oleh konsentrasi sitokinin dan auksin yang diberikan ke dalam media dan interaksinya dengan sitokinin atau auksin endogen yang dikandung oleh eksplan.



Gambar 3. Kultur dengan tunas tertinggi perlakuan K_3A_0

Jumlah Akar

Tabel 4. Rerata jumlah akar eksplan biji Jeruk Kasturi dengan berbagai konsentrasi Kinetin dan NAA

KINETIN (K)	NAA (A)			
	A_0 (mg/l)	$A_{0,5}$ (mg/l)	A_1 (mg/l)	A_2 (mg/l)
K_0 (mg/l)	1,4c	8,1a	4,7b	3,6cb
K_1 (mg/l)	1,9c	3,5cb	3,2cb	3,8cb
K_3 (mg/l)	2,2cb	3,1cb	2,7cb	3,9cb
K_5 (mg/l)	2,1c	2,2cb	2,7cb	1,6c

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT 5%

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa Kinetin dan NAA tidak berpengaruh nyata, tetapi untuk pemberian tunggal NAA berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan jumlah akar pada eksplan biji jeruk kasturi. Berdasarkan data pada Tabel 4

dapat dilihat bahwa rerata jumlah akar eksplan biji jeruk kasturi tertinggi pada perlakuan $K_0A_{0,5}$ yaitu (8,1) Perlakuan ini berbeda nyata dibanding perlakuan lain. Hal ini disebabkan karena konsentrasi yang diberikan pada eksplan telah optimal. Sesuai pendapat Menurut Fossard dalam Ambarwati (1987), medium tanpa sitokinin lebih baik dari pada medium yang mengandung sitokinin untuk pembentukan akar. Selain itu, konsentrasi auksin yang digunakan dalam percobaan ini juga relatif rendah yakni $0,5-2 \text{ mg.l}^{-1}$, Hal ini sesuai dengan pendapat Skoog dan Miller (1975) bahwa untuk perakaran secara *in vitro* biasanya digunakan auksin dalam konsentrasi rendah.



Gambar 4. Kultur dengan jumlah akar terbanyak perlakuan $K_0A_{0,5}$

Pada Gambar 4 terlihat akar berwarna kuning kecoklatan tumbuh dengan baik dan cepat. Hal ini disebabkan karena pemberian NAA dapat menstimulasi terbentuknya akar. NAA merupakan pilihan yang tepat untuk menstimulasi akar karena NAA tidak dirusak oleh hormon sintetik seperti Kinetin selain itu NAA lebih stabil. Pendapat ini sesuai dengan pendapat Harjadi (2009), yang menyatakan bahwa pengakaran dapat terjadi lebih cepat bila diberi zat pengatur tumbuh (ZPT), jenis ZPT dan konsentrasi yang diberikan menentukan jumlah dan penyebaran akar. Hal ini serupa dengan pendapat Salisbury dan Ros (1995) menjelaskan bahwa pemberian auksin mampu memacu pertumbuhan panjang akar pada konsentrasi yang rendah, sedangkan pada konsentrasi tinggi panjang akar hampir selalu terhambat

Pengembangan Lembar Kerja Siswa Berbasis Virtual Laboratory

Hasil penelitian tentang kultur jaringan jeruk kasturi (*Citrus microcarpa*) berpotensi sebagai lembar kerja siswa berbasis virtual laboratory pada konsep bioteknologi modern kelas XII. Dari hasil penelitian tentang Persentase hidup eksplan, Jumlah tunas, Tinggi tunas, dan Jumlah akar dapat digunakan sebagai sumber belajar dalam bentuk lembar kerja siswa. Dengan adanya LKS ini, diharapkan siswa dapat memahami tentang konsep dan prinsip kerja kultur jaringan. LKS ini telah diverifikasi oleh 3 orang dosen Pendidikan Biologi yaitu ahli materi, ahli media dan ahli pendidikan. Adapun hasil penilaian oleh validator disajikan dalam tabel 5.

Tabel 5. Rerata Verifikasi Lembar Kerja Siswa Berbasis *Virtual Laboratory*

Aspek Penilaian	Penilaian dari Validator			Rerata
	Validator 1 (ahli materi)	Validator 2 (ahli media)	Validator 3 (ahli pendidikan)	
Tampilan	3	3,3	3	3,1
Isi	3,7	3,5	3	3,4
Kepraktisan	3	3	4	3,3
Bahasa	3	3,3	3	3,1
Kesesuaian	3,5	3,5	4	3,6
Materi	3,5	3,5	3,5	3,5
Media	3,4	3,5	3,1	3,3
Rerata	3,3	3,3	3,3	3,3 (valid)

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa dari aspek penilaian tampilan, LKS dinyatakan sudah valid dengan nilai rerata 3,1 namun validator memberikan saran agar *tata tulis pada lembar kerja siswa dapat dirapikan dan perhatikan tata letak kata perintah agar tampilan LKS lebih menarik*. Dari aspek penilaian isi, LKS dinyatakan valid dengan nilai rerata 3,4 namun dengan beberapa perbaikan diantaranya *Susunan materi lembar kerja siswa disesuaikan dengan langkah kerja pada video tutorial*. Dari penilaian kepraktisan, LKS dinyatakan valid dengan rerata 3,3 namun dengan beberapa perbaikan yaitu *lembar kerja siswa ditambahkan tuntunan yang jelas dalam mengerjakan pertanyaan pada lembar kerja siswa yang membuat siswa mampu menemukan konsep secara mandiri*. Dari penilaian bahasa, LKS dinyatakan valid dengan rerata 3,1 namun dengan beberapa perbaikan yaitu *bahasa yang digunakan sebaiknya lebih sederhana dalam arti adanya bahasa pendamping setelah menuliskan bahasa latin sehingga siswa mudah memahami perintah soal*. Dari penilaian kesesuaian, LKS dinyatakan valid dengan rerata 3,6 namun dengan beberapa perbaikan yaitu *sebaiknya soal evaluasi disesuaikan dengan video tutorial agar siswa mampu mengerjakan soal sesuai dengan video tutorial yang ditayangkan*. Dari penilaian materi, LKS dinyatakan valid dengan rerata 3,5 namun dengan beberapa perbaikan. Dari penilaian media, LKS dinyatakan valid dengan rerata 3,3 namun dengan beberapa perbaikan yaitu *pada video tutorial diberikan keterangan pada tiap tahap kultur jaringan, selain itu sebaiknya diberikan musik latar agar tidak membosankan saat melihat video tersebut pada video tutorial diberikan keterangan pada tiap tahap kultur jaringan, selain itu sebaiknya diberikan musik latar agar tidak membosankan saat melihat video tersebut*. Secara keseluruhan rerata nilai dari validator untuk semua aspek penilaian adalah valid 3,3 dan dapat digukan dengan revisi yang sedikit (B).

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Interaksi Kinetin dan NAA berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan eksplan biji jeruk kasturi, adapun saran untuk penelitian ini perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan konsentrasi hormon Kinetin dan NAA yang lebih tinggi agar mendapatkan banyak tunas. Fakta-fakta hasil penelitian ini berpotensi sebagai salah satu sumber belajar yang berupa Lembar Kerja Siswa Berbasis *Virtual Laboratory* yang dapat membantu peserta didik dalam belajar pada konsep bioteknologi modern bagi

siswa SMA kelas XII. Adapun saran perlu dilakukan penelitian lanjutan dari implementasi dan evaluasi Lembar Kerja Siswa Berbasis *Virtual Laboratory* dalam kegiatan pembelajaran di Sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 1995. *Dasar – dasar Pengetahuan Tentang Zat Pengatur Tumbuh*. Angkasa. Bandung.
- Endang. G. Lestari. 2011. Peranan Zat Pengatur Tumbuh Dalam Perbanyakkan Tanaman Melalui Kultur Jaringan. *J.AgroBiogen*, 7(1): 63-68
- George, E. F. & P. D. Sherrington. 1993. *Plant Propagation by Tissue Culture*. Exegetics Ltd. 709p.
- Gunawan, L.W. 1988. *Tekhnik Kultur Jaringan*. Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman. Pusat antar Universitas. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Harjadi, S.2009. *Zat Pengatur Tumbuh*. Penebar swadaya. Bogor
- Hendaryono, D. P. S. dan A. Wijayani. 1994. *Teknik Kultur Jaringan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Katuuk. 1989. *Teknik Kultur Jaringan Dalam Mikropropagasi Tanaman*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jendral Perguruan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan. Jakarta.
- Kemendikbud. 2013. Kurikulum 2013. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- M.H.R.O. Abdullah, P.E. Ch'ng, and N.A. Yunus. 2012. *Some Physical Properties of Musk Lime (CitrusMicrocarpa)*.World Academy of Science, Engineering and Technolog. Vol:6 12-25. Diakses pada tanggal 20/2/2015
- Prastowo, A. 2011. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: DIVA press
- Salisbury, F. B & Cleon W Ross. 1992. *Fisiologi Tumbuhan*. Terjemahan Diah R Lukman dan Sumaryono, 1995. ITB. Bandung.
- Samudin, S. 2009. Pengaruh Kombinasi Auksin-Sitokinin Terhadap Pertumbuhan Buah Naga. *Media Litbag Sulteng*. 2(1): 62-66.
- Wahyuni, D., Firianingsih. A. 2009. Teknik Pemberian Benzyl Amino Purin untuk Memacu Pertumbuhan Kalus dan Tunas pada Kotiledon Melon (*Cucumis melo L.*).*Buletin Teknik Pertanian*, 14 (2): 50-53