

THE EFFECT OF HORMONE 2,4-D AND KINETIN ON GROWTH EMBRYO CULTURE ORANGE KUOK (*Citrus nobilis* Lour) AS THE BIOLOGY HANDOUT DESIGN IN SENIOR HIGH SCHOOL

Romita¹, Imam Mahadi², Wan Syafi'i³

e-mail: romitasirun50@gmail.com , i_mahadi@yahoo.com, wansya_ws@yahoo.com

phone: +6285253000737

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

Abstract : *This study is aim to know the effect of 2,4-D and Kinetin for the growth of embryo culture Orange Kuok (*Citrus nobilis* Lour) and to design source learning in form of handout. The study is doing in Laboratory of Biology Education FKIP University of Riau and Laboratory Biotechnology of Islamic University Riau from April – June 2017. This Study using complete randomized design factorial by 5 x 5 with three repetition. First factor 2,4-D (D) consist of 5 level: 0 mgL⁻¹, 1 mgL⁻¹, 2 mgL⁻¹, 3 mgL⁻¹, dan 4 mgL⁻¹. Second factor Kinetin (K) consist of level: 0 mgL⁻¹, 1 mgL⁻¹, 2 mgL⁻¹, 3 mgL⁻¹, dan 4 mgL⁻¹. Measured parameters is time of bud appear, percentage of explan life, time of roots appear, number of bud, number of roots, and high of bud. The data is analyze using ANAVA and further test with DNMRT on 5%. Result of this study show effect 2,4-D and Kinetin have significantly impact on growth of embryo Orange Kuok. Combination of 2,4-D and Kinetin show fastest appearing of bud is on D₄K₃ 7 day after culture treatment compared with D₀K₀ 9,67 day after culture, Combination 2,4-D and Kinetin show that 11 treatment have 100% life percentage D₁K₄, D₂K₂, D₂K₃, D₂K₄, D₃K₂, D₃K₃, D₃K₄, D₄K₁, D₄K₂, D₄K₃, D₄K₄, Combination 2,4-D and Kinetin show fastest appearing of roots on D₄K₄ treatment 7,67 day after culture, Combination 2,4-D and Kinetin show the highest number of bud in the treatment D₄K₃(4.67), Combination of 2,4-D and Kinetin showed the highest number of roots in the treatment of D₄K₃ (7), Combination 2,4-D and Kinetin showed the highest bud height that is in treatment D₄K₃ (4.33 cm). The results of this study can be used as a design of learning resources in the form of handouts in the concept of modern biotechnology class XII Senior High School.*

Keywords : *2,4-D, Kinetin, Embryo Culture, Handout*

PENGARUH PENGGUNAAN HORMON 2,4-D DAN KINETIN TERHADAP PERTUMBUHAN KULTUR EMBRIO JERUK KUOK (*Citrus nobilis* Lour) SEBAGAI RANCANGAN *HANDOUT* BIOLOGI DI SMA

Romita¹, Imam Mahadi², Wan Syafi'i³

e-mail: romitasirun50@gmail.com , i_mahadi@yahoo.com, wansya_ws@yahoo.com
phone: +6285253000737

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

Abstrak : Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh 2,4-D dan Kinetin terhadap pertumbuhan kultur embrio Jeruk Kuok (*Citrus nobilis* Lour) dan untuk merancang sumber belajar dalam bentuk *handout*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium FKIP Biologi Universitas Riau dan Laboratorium Bioteknologi Universitas Islam Riau dari April - Juni 2017. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial dari 5 x 5 dengan tiga ulangan. Faktor pertama 2,4-D (D) terdiri dari 5 level: 0 mg^l⁻¹, 1 mg^l⁻¹, 2 mg^l⁻¹, 3 mg^l⁻¹, dan 4 mg^l⁻¹. Faktor kedua Kinetin (K) terdiri dari level: 0 mg^l⁻¹, 1 mg^l⁻¹, 2 mg^l⁻¹, 3 mg^l⁻¹, dan 4 mg^l⁻¹. Parameter yang diukur adalah waktu muncul tunas, persentase hidup eksplan, waktu muncul akar, jumlah tunas, jumlah akar, dan tinggi tunas. Data dianalisis dengan menggunakan ANAVA dan diuji lebih lanjut dengan *DNMRT* pada 5%. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh 2,4-D dan Kinetin secara signifikan mempengaruhi pertumbuhan embrio Jeruk Kuok. Kombinasi 2,4-D dan Kinetin menunjukkan muncul tunas tercepat pada perlakuan D₄K₃ 7 HSK dibandingkan perlakuan D₀K₀ 9,67 HSK, Kombinasi 2,4-D dan Kinetin menunjukkan bahwa 11 perlakuan memiliki nilai persentase hidup 100% yaitu D₁K₄, D₂K₂, D₂K₃, D₂K₄, D₃K₂, D₃K₃, D₃K₄, D₄K₁, D₄K₂, D₄K₃, D₄K₄, Kombinasi 2,4-D dan Kinetin menunjukkan muncul akar tercepat pada perlakuan D₄K₃ 7,67 HSK, Kombinasi 2,4-D dan Kinetin menunjukkan jumlah tunas terbanyak yaitu pada perlakuan D₄K₃ (4,67), Kombinasi 2,4-D dan Kinetin menunjukkan jumlah akar terbanyak yaitu pada perlakuan D₄K₃ (7), Kombinasi 2,4-D dan Kinetin menunjukkan tinggi tunas tertinggi yaitu pada perlakuan D₄K₃ (4,33 cm). Sehingga didapat hipotesis H₀ ditolak dan H₁ diterima yaitu kombinasi 2,4-D dan Kinetin berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan kultur embrio jeruk kuok (*Citrus nobilis* Lour). Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai rancangan sumber belajar dalam bentuk *handout* dalam konsep bioteknologi modern kelas XII SMA.

Kata kunci: 2, 4-D, Kinetin, Kultur Embrio, *Handout*.

PENDAHULUAN

Proses penyerbukan dan pembuahan pada jeruk kuok dapat berhasil, namun setelah dilakukan persilangan buatan sering dijumpai permasalahan yaitu buah yang terbentuk gugur saat embrio belum matang dan terbentuknya buah dengan endosperm yang kecil. Pada kondisi tersebut dapat menghambat program pemuliaan tanaman karena embrio muda dengan endosperm kecil seringkali tidak dapat berkecambah secara normal dalam kondisi biasa dan menyebabkan persediaan bibit jeruk kuok akhir-akhir ini sangat kurang, sehingga perlu di cari solusi untuk menyediakan bibit jeruk kuok (Balitbag, 2012). Untuk mengatasi ketersediaan bibit jeruk kuok, salah satu cara yang banyak dan berkualitas adalah dengan metode kultur jaringan.

Kultur jaringan merupakan suatu metode untuk mengisolasi bagian dari tanaman yang ditumbuhkan dalam suatu media buatan dengan kondisi yang aseptik. Tujuan dilakukan kultur jaringan adalah untuk memperoleh tanaman yang berkualitas, homogen, cepat, dan dalam jumlah yang banyak (Purba, 2012). Semua jaringan pada tumbuhan dapat dijadikan objek kultur jaringan, salah satunya adalah embrio yang nantinya disebut kultur embrio. Kultur embrio adalah isolasi secara steril embrio matang ataupun belum, dengan tujuan memperoleh tanaman yang viabel. Terdapat 2 macam kultur embrio yaitu kultur embrio yang belum matang untuk mencegah keguguran (*embryo rescue*) dan kultur embrio matang untuk merangsang perkecambahan (*embryo culture*) (Ayu, 2009). Kelebihan kultur embrio adalah untuk mempercepat dormansi biji jeruk yang memiliki masa dormansi panjang. Kultur embrio juga dapat mempercepat proses pemuliaan tanaman jeruk dan membantu perkecambahan untuk mencegah kehilangan biji setelah persilangan (Muhammad Arif, 2013).

Kegiatan penelitian ini akan menghasilkan rancangan *handout* yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan ajar dalam mata pelajaran biologi kelas XII SMA pada Kompetensi Dasar (KD) 3.1 menganalisis hubungan antara faktor internal dan eksternal dengan proses pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup berdasarkan hasil percobaan dan KD 3.10 yaitu memahami tentang prinsip-prinsip bioteknologi yang menerapkan bioproses dalam menghasilkan produk baru untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dalam berbagai aspek kehidupan. *Handout* dijadikan sebagai sumber belajar pendukung dalam proses pembelajaran karena kegiatan praktikum kultur jaringan masih jarang dilakukan di sekolah disebabkan oleh keterbatasan fasilitas sarana prasarana laboratorium. Oleh karena itu, diperlukan rancangan sumber belajar berupa *handout* sehingga membantu peserta didik untuk memahami konsep kultur jaringan khususnya kultur embrio.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri atas 2 tahap, yaitu tahap pertama kultur embrio jeruk kuok (*Citrus nobilis* Lour) dilakukan dilabor Bioteknologi Universitas Islam Riau, sedangkan tahap kedua, perancangan *handout* dilakukan di Universitas Riau pada bulan April - Juni 2017. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah botol kultur, spatula, pengaduk, gelas piala, cawan petri, gelas ukur, timbangan analitik, pH meter digital, autoclave, laminar air flow cabinet yang dilengkapi dengan lampu UV, ruang inkubasi

yang dilengkapi dengan AC, alat diseksi seperti pinset, pisau, dan scapel, lampu spiritus, hand sprayer, rak kultur dengan lampu 2000 lux, kamera, pipet tetes, pipet mikro, pipet ukur, kompor, kertas label, dan panci, sedangkan bahan yang digunakan embrio jeruk kuok yang diambil dari satu pohon agar tanaman yang dikulturkan seragam dan sesuai dengan bentuk induknya, media MS (Murashige dan Skoog), agar-agar swallow 7 gr/l, sukrosa 30 gr/l, tween 80, fungisida, larutan bayclin, zat pengatur tumbuh 2,4 D dan Kinetin, alkohol 96%, aquades steril, NaOH 0,1 N dan HCl 0,1 N, karet gelang, tissue gulung, dan plastik. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial dari 5 x 5 dengan 3 ulangan sehingga terdapat 75 unit percobaan. Faktor pertama 2,4-D (D) terdiri dari 5 level: 0 mg^l⁻¹, 1 mg^l⁻¹, 2 mg^l⁻¹, 3 mg^l⁻¹, dan 4 mg^l⁻¹. Faktor kedua Kinetin (K) terdiri dari level: 0 mg^l⁻¹, 1 mg^l⁻¹, 2 mg^l⁻¹, 3 mg^l⁻¹, dan 4 mg^l⁻¹. Parameter yang diukur adalah waktu muncul tunas, persentase hidup eksplan, waktu muncul akar, jumlah tunas, jumlah akar, dan tinggi tunas. Data dianalisis dengan menggunakan ANAVA dan diuji lebih lanjut dengan *DNMRT* pada 5%. Langkah perancangan *handout* menggunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation dan Evaluation*) namun, pada penelitian ini hanya dilaksanakan sampai tahap *design*. Hasil penelitian kultur embrio akan dijadikan sebagai rancangan *handout* dalam pembelajaran biologi materi Bioteknologi modern kelas XII SMA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini mengukur waktu muncul tunas, persentase hidup eksplan, waktu muncul akar, jumlah tunas, jumlah akar dan tinggi tunas. Adapun penjabaran hasil parameter yang diukur adalah sebagai berikut:

1. Muncul tunas embrio jeruk kuok (*Citrus nobilis* Lour)

Hasil pengamatan terhadap laju pertumbuhan muncul tunas embrio jeruk kuok menunjukkan bahwa pemberian hormon 2,4-D dan Kinetin berpengaruh nyata. Berdasarkan tabel anava, parameter muncul tunas menunjukkan bahwa F hitung lebih besar dari T tabel yaitu 3,26 lebih besar dari 1,74 pada uji lanjut *DNMRT* taraf 5 %, sehingga H₀ ditolak dan H₁ diterima. Rerata muncul tunas embrio jeruk kuok dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rerata Muncul Tunas Embrio yang tumbuh pada Jeruk Kuok (*Citrus nobilis* Lour) dengan kombinasi perlakuan 2,4-D dan Kinetin hari setelah kultur (HSK).

Parameter	Perlakuan 2,4-D dan Kinetin					
		K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
Muncul tunas	D ₀	9,67 e	9,33 de	9,33 de	9,00 de	8,67 bcde
	D ₁	9,00 de	9,00 de	9,00 de	8,33 bcd	8,33 bcd
	D ₂	9,00 de	9,00 de	8,67 bcde	8,33 bcd	8,33 bcd
	D ₃	9,00 de	8,67 c	7,67 ab	7,33 ab	7,33 ab
	D ₄	8,67 c	8,67 c	7,67 abc	7,00 a	8,33 bcd

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada setiap baris menunjukkan beda nyata pada taraf 5% pada uji wilayah berganda Duncan $\alpha = 0,05$ D = 2,4-D K = Kinetin

Pada Tabel 1. data yang diperoleh menunjukkan waktu muncul tunas embrio yang paling lama terdapat pada perlakuan D_0K_0 yaitu 9,67 HSK. Perlakuan ini merupakan perlakuan kontrol yaitu 0 mg/l 2,4-D dan 0 mg/l Kinetin yang menyebabkan pertumbuhan tunas embrio muncul pada waktu yang lama sehingga eksplan tidak bisa berkembang dan memperbanyak diri. Perlakuan hari muncul tunas embrio jeruk kuok yang tercepat pada perlakuan D_4K_3 yaitu 7 HSK. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan yang tepat untuk saat muncul tunas tercepat adalah dengan pemberian 2,4-D 4 mg/l dan Kinetin 3 mg/l, perlakuan tersebut sesuai dengan perannya bahwa hormon Kinetin dari golongan sitokinin berperan dalam merangsang pembelahan sel dan pembentukan tunas sedangkan auksin berperan dalam pembentukan akar adventif. Terbentuknya tunas pada perlakuan merupakan bukti, bahwa sel-sel mampu merespon hormon 2,4-D dan Kinetin yang diberikan secara kombinasi. Lestari (2011) menyatakan bahwa pembentukan tunas pada umumnya digunakan hormon sitokinin dan auksin. Untuk melihat muncul tunas eksplan embrio jeruk kuok tercepat dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tunas embrio jeruk kuok yang muncul perlakuan D_4K_3
Sumber: Dokumentasi Penulis

2. Persentase hidup eksplan embrio jeruk kuok (*Citrus nobilis* Lour)

Hasil Analisis varians persentase hidup eksplan menunjukkan bahwa pemberian hormon 2,4-D dan Kinetin berpengaruh nyata. Berdasarkan tabel anava, parameter persentase hidup eksplan embrio jeruk kuok menunjukkan bahwa F hitung lebih besar dari T tabel yaitu 3,13 lebih besar dari 1,74 pada uji lanjut *DNMRT* taraf 5 %, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil persentase hidup eksplan diperoleh dari jumlah eksplan yang tumbuh secara keseluruhan. Rerata persentase hidup eksplan embrio jeruk kuok dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rerata Persentase Hidup Eksplan Embrio pada Jeruk Kuok (*Citrus nobilis* Lour) dengan kombinasi perlakuan 2,4-D dan Kinetin

Parameter	Perlakuan 2,4-D dan Kinetin					
		K_0	K_1	K_2	K_3	K_4
Persentase hidup eksplan	D_0	75,00 d	75,00 d	75,00 d	83,33 c	83,33 c
	D_1	75,00 d	91,67 ab	91,67 ab	91,67 ab	100,00 a
	D_2	83,33 c	91,67 ab	100,00 a	100,00 a	100,00 a
	D_3	91,67 ab	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
	D_4	91,67 ab	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada setiap baris menunjukkan beda nyata pada taraf 5% pada uji wilayah berganda Duncan $\alpha = 0,05$ D = 2,4-D K = Kinetin

Pada Tabel 2. dapat dilihat bahwa hampir semua perlakuan menunjukkan persentase hidup eksplan embrio jeruk kuok mencapai 100%, hal ini disebabkan karena pemberian auksin dan sitokinin secara eksogen maupun endogen mampu menjadi pemicu dalam pertumbuhan dan perkembangan jaringan. Senyawa 2,4-D merupakan salah satu jenis auksin yang sangat efektif untuk meningkatkan pertumbuhan eksplan embrio jeruk kuok, walaupun auksin yang berperan utama tetapi sitokinin sangat dibutuhkan untuk proliferasi tunas sehingga kombinasi auksin dan sitokinin sangat baik untuk memacu pertumbuhan embrio jeruk kuok (Abidin, 1982). Sedangkan persentase eksplan hidup terendah ditunjukkan oleh kombinasi D_0K_0 yaitu: 75 %. Ini disebabkan karena eksplan embrio jeruk kuok yang dikulturkan hanya mengandung hormon endogen yang ada pada jaringan, sehingga mengurangi kemampuan tumbuh kultur yang dilakukan. Tanpa adanya penambahan nutrisi pada media kultur tidak memberikan pertumbuhan eksplan yang baik, sehingga pada perlakuan kontrol tidak memberikan persentase tumbuh yang tinggi. Zat pengatur tumbuh 2,4-D mengandung bahan aktif 2,4-D serta unsur makro (N, P dan K) dan unsur mikro (Mg, Mn, S, Zn dan Cu) yang sangat dibutuhkan tanaman pada awal pertumbuhan. Terutama hara N, P dan K yang merupakan hara utama dalam pertumbuhan tanaman. Berikut merupakan salah satu eksplan yang mempunyai rerata persentase hidup eksplan embrio jeruk kuok tertinggi dan terendah, dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 4.2. (A) Persentase hidup embrio jeruk kuok terendah perlakuan D_0K_0 ,
(B) Salah satu ersentase hidup embrio jeruk kuok tertinggi perlakuan D_4K_3
Sumber: Dokumentasi Penulis

3. Muncul akar embrio jeruk kuok (*Citrus nobilis* Lour)

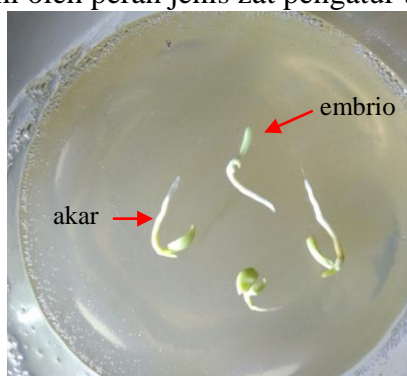
Hasil analisis varians hari muncul akar menunjukkan bahwa pemberian hormon 2,4-D dan Kinetin berpengaruh nyata. Berdasarkan tabel anava, parameter muncul tunas F hitung lebih besar dari T tabel yaitu 3,83 lebih besar dari 1,74 pada uji lanjut *DNMRT* taraf 5 %, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Rerata muncul akar embrio jeruk kuok dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rerata Muncul Akar pada Jeruk Kuok (*Citrus nobilis* Lour) dengan kombinasi perlakuan 2,4-D dan Kinetin hari setelah kultur (HSK)

Parameter	Perlakuan 2,4-D dan Kinetin hasil setoran kultur (F5H)					
		K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
Muncul akar	D ₀	10,67 e	9,33 cd	9,33 cd	9,00 bc	9,00 bc
	D ₁	9,67 cde	9,00 bc	9,33 cd	10,33 de	10,00 cde
	D ₂	9,67 cde	9,00 bc	9,67 cde	9,00 bc	9,00 bc
	D ₃	9,00 bc	9,00 bc	9,67 cde	9,67 cde	9,00 bc
	D ₄	9,33 cd	9,00 bc	9,33 cd	7,67 a	9,00 bc

Keterangan:Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada setiap baris menunjukkan beda nyata pada taraf 5% pada uji wilayah berganda Duncan $\alpha = 0,05$ D = 2,4-D K = Kinetin

Dari Tabel 3. menunjukkan bahwa muncul akar tercepat pada kombinasi perlakuan D₄K₃ yaitu: 7,67 hari setelah kultur, ini berarti akar embrio muncul pada waktu 7-8 hari setelah hari pengkulturan embrio jeruk kuok. Hal ini disebabkan karena pengaruh penambahan 2,4-D dalam media efektif untuk meningkatkan laju pertumbuhan akar embrio jeruk kuok. Penambahan ZPT 2,4-D kurang dari 4 mg/l dan tinggi dari 4 mg/l akan menyebabkan pertumbuhan lebih lambat. Auksin berupa 2,4-D dapat meningkatkan tekanan osmotik, meningkatkan permeabilitas sel terhadap air, menyebabkan pengurangan tekanan pada dinding sel, meningkatkan sintesis protein, meningkatkan plastisitas dan pengembangan dinding sel (Abidin 1982). Sedangkan waktu muncul akar terlama dilihat pada tabel 4.3 yaitu pada kombinasi perlakuan D₀K₀ yaitu 10,67 HSK yang disebabkan adanya pengaruh hormon endogen yang terkandung dalam eksplan itu sendiri. Hal ini membuktikan bahwa terbentuknya akar embrio jeruk kuok sangat dipengaruhi oleh peran jenis zat pengatur tumbuh.



Gambar 4.3. Akar embrio jeruk kuok yang muncul perlakuan D₄K₃
Sumber: Dokumentasi Penulis

4. Jumlah tunas embrio jeruk kuok (*Citrus nobilis* Lour)

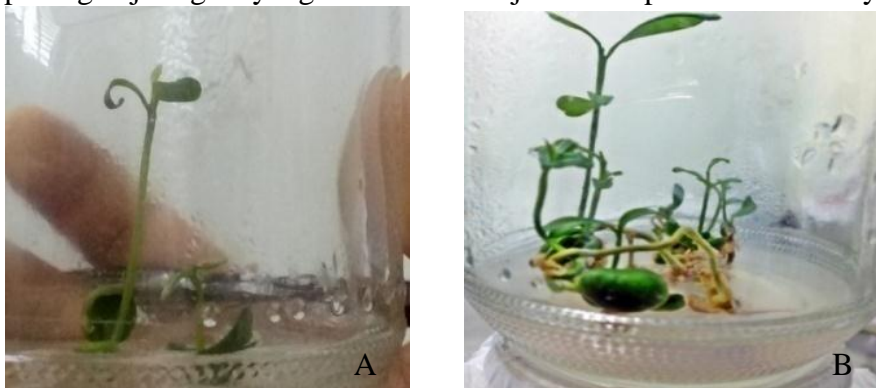
Hasil analisis varians jumlah tunas embrio jeruk kuok menunjukkan bahwa pemberian hormon 2,4-D dan Kinetin berpengaruh nyata. Berdasarkan tabel anava, parameter muncul tunas F hitung lebih besar dari T tabel yaitu 3,06 lebih besar dari 1,74 pada uji lanjut *DNMRT* taraf 5 %, sehingga H₀ ditolak dan H₁ diterima. Jumlah tunas dihitung pada akhir penelitian dengan cara menghitung tunas yang muncul pada embrio jeruk kuok. Jumlah tunas yang muncul merupakan peran utama dari hormon Kinetin. Adapun rerata jumlah tunas embrio jeruk kuok dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Rerata Jumlah Tunas pada Jeruk Kuok (*Citrus nobilis* Lour) dengan kombinasi perlakuan 2,4-D dan Kinetin.

Parameter	Perlakuan 2,4-D dan Kinetin					
		K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
Jumlah tunas	D ₀	2,33 d	3,00 bc	2,67 cd	3,33 bc	3,67 bc
	D ₁	2,67 cd	3,33 bc	3,67 b	3,67 b	3,67 b
	D ₂	2,67 cd	2,67 cd	3,33 bc	3,67 b	3,00 bcd
	D ₃	2,67 cd	3,00 bcd	3,67 b	3,67 b	3,33 bc
	D ₄	2,67 cd	2,67 cd	3,00 bcd	4,67 a	3,67 b

Keterangan:Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada setiap baris menunjukkan beda nyata pada taraf 5% pada uji wilayah berganda Duncan $\alpha = 0,05$ D = 2,4-D K = Kinetin

Dari Tabel 4. pada perlakuan D₄K₃ merupakan perlakuan yang menunjukkan jumlah tunas terbanyak. Pemberian auksin dan sitokinin merupakan dua zat yang mengatur pertumbuhan pada tanaman yang sering digunakan untuk menginduksi morfogenetik tanaman. Ditambah oleh Harjadi (2009) yang menyatakan bahwa dalam proses pembentukan organ seperti tunas atau akar ada interaksi antara zat pengatur tumbuh eksogen yang ditambahkan ke dalam media dengan zat pengatur tumbuh endogen yang diproduksi oleh jaringan tanaman. Sedangkan pada perlakuan D₀K₀ atau kontrol merupakan perlakuan yang memunculkan tunas sedikit hal ini disebabkan karena unsur-unsur hara yang terdapat dalam media MS belum mampu untuk menginduksi terbentuknya tunas dalam jumlah banyak. Hal ini didukung oleh pendapat Wattimena (1992) bahwa zat pengatur tumbuh adalah salah satu faktor yang penting diantara faktor lainnya yang dapat mempengaruhi pertumbuhan organ dari potongan jaringan yang ditanam baik jenis maupun konsentrasinya.



Gambar 4.4. (A) Jumlah tunas embrio jeruk kuok paling sedikit perlakuan D₀K₀, (B) Jumlah tunas embrio jeruk kuok yang banyak perlakuan D₄K₃

Sumber: Dokumentasi Penulis

5. Jumlah akar embrio jeruk kuok (*Citrus nobilis* Lour)

Hasil Analisis Varians jumlah akar menunjukkan bahwa pemberian hormon 2,4-D dan Kinetin berpengaruh nyata. Berdasarkan tabel anava, parameter muncul tunas F hitung lebih besar dari T tabel yaitu 5,92 lebih besar dari 1,74 pada uji lanjut *DNMRT* taraf 5 %, sehingga H₀ ditolak dan H₁ diterima. Hasil jumlah akar didapatkan dengan menghitung jumlah akar yang dihasilkan kultur embrio jeruk kuok. Adapun rerata jumlah akar embrio jeruk kuok dapat dilihat pada Tabel 4.5.

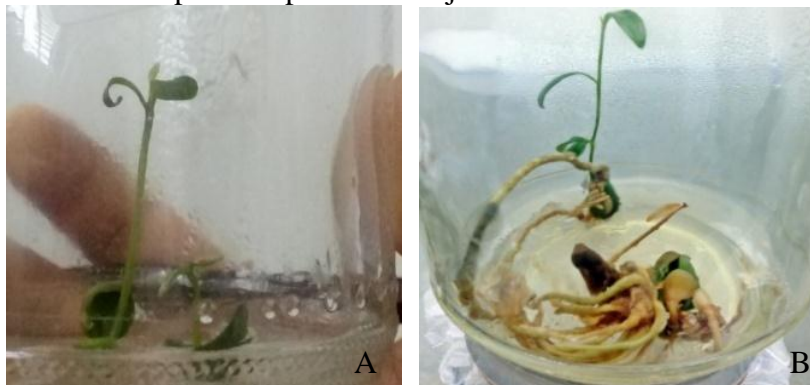
Tabel 5. Rerata Jumlah Akar pada Jeruk Kuok (*Citrus nobilis* Lour) dengan kombinasi perlakuan 2,4-D dan Kinetin.

Parameter	Perlakuan 2,4-D dan Kinetin					
		K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
Jumlah akar	D ₀	2,00 g	2,33 g	2,33 g	2,67 g	3,00 fg
	D ₁	2,67 g	2,33 g	2,67 g	3,33 efg	3,67 efg
	D ₂	2,00 g	3,67 efg	4,33 cdef	5,33 abcd	5,00 bcd
	D ₃	3,00 fg	4,67 bcdef	5,00 bcde	6,00 ab	5,67 abc
	D ₄	4,00 cdefg	5,33 abcd	5,67 abc	7,00 a	5,67 abc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada setiap baris menunjukkan beda nyata pada taraf 5% pada uji wilayah berganda Duncan $\alpha = 0,05$ D = 2,4-D K = Kinetin

Dari Tabel 5. dapat dilihat bahwa perlakuan 2,4-D dan Kinetin memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah akar kultur embrio jeruk kuok, dimana kombinasi perlakuan pada D₄K₃ menghasilkan jumlah akar: 7,00. Hal ini dikarenakan penambahan 2,4-D dan Kinetin dengan konsentrasi yang tepat pada media kultur mampu meningkatkan pertumbuhan akar, sehingga menghasilkan jumlah akar yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sedangkan pada perlakuan D₀K₀ menghasilkan jumlah akar yang sedikit, hal ini karena tidak adanya penambahan nutrisi pada media MS, sehingga pertumbuhan akar tanaman hanya mengharapkan hormon endogen yang terdapat pada tanaman saja, yang belum cukup untuk menghasilkan jumlah akar yang banyak.

Auksin 2,4-D merupakan salah satu hormon tanaman yang dapat mendukung proses fisiologi seperti pertumbuhan, pembelahan dan diferensiasi sel serta sintesa protein (Darnell *et al.*, 1986). Auksin memiliki kemampuan mendorong pembelahan sel dengan cara mempengaruhi dinding sel. Selain auksin, ZPT 2,4-D memiliki kandungan N sebesar 8,9 mg/ml (Brotowidjoyo, 1995). Berikut merupakan gambar jumlah akar terbanyak dan sedikit pada eksplan embrio jeruk kuok.



Gambar 4.5. (A) Jumlah akar embrio jeruk kuok paling sedikit perlakuan D₀K₀, (B) Jumlah akar embrio jeruk kuok paling banyak perlakuan D₄K₃

Sumber: Dokumentasi Penulis

6. Tinggi tunas embrio jeruk kuok (*Citrus nobilis* Lour)

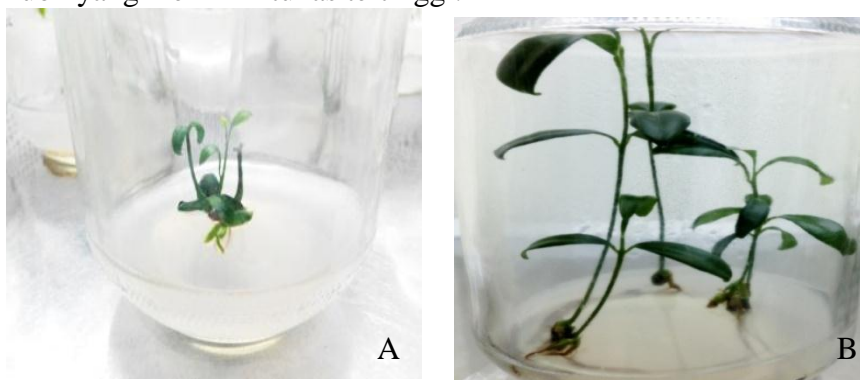
Hasil analisis varians tinggi tunas menunjukkan bahwa pemberian hormon 2,4-D dan Kinetin berpengaruh nyata. Berdasarkan tabel anava, parameter tinggi tunas F hitung lebih besardari T tabel yaitu 12,91 lebih besar dari 1,74 pada uji lanjut *DNMRT* taraf 5 %, sehingga H₀ ditolak dan H₁ diterima. Rerata tinggi tunas embrio jeruk kuok dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Rerata Tinggi Tunas pada Jeruk Kuok (*Citrus nobilis* Lour) dengan kombinasi perlakuan 2,4-D dan Kinetin.

Parameter	Perlakuan 2,4-D dan Kinetin					
		K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
Tinggi tunas	D ₀	1,00 h	1,00 h	1,33 gh	1,33 gh	1,33 gh
	D ₁	1,67 fg	1,33 gh	1,67 gh	2,00 fg	2,33 ef
	D ₂	1,00 h	2,67 de	2,33 def	2,00 efg	2,67 de
	D ₃	1,67 fg	3,00 d	2,67 de	3,67 abc	3,33 bc
	D ₄	2,33 def	3,00 bcd	4,00 ab	4,33 a	3,67 abc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada setiap baris menunjukkan beda nyata pada taraf 5% pada uji wilayah berganda Duncan $\alpha = 0,05$ D = 2,4-D K = Kinetin

Dari Tabel 6. terlihat bahwa rerata tinggi tunas embrio jeruk kuok yang tertinggi pada perlakuan D₄K₃ yaitu (4,33). Sedangkan pada perlakuan D₀K₀ dan D₀K₁ merupakan perlakuan yang memiliki tinggi tunas terendah dengan rerata 1.0 cm. Hal ini disebabkan karena eksplan hanya bergantung pada hormon auksin dan sitokinin secara endogen, sehingga eksplan belum mampu untuk menambah pemanjangan sel-sel maka dari itu perlu penambahan hormon secara eksogen agar memperoleh hasil tumbuh eksplan yang optimal. Walaupun pada perlakuan D₀K₁ telah ada penambahan sitokinin berupa Kinetin tetapi belum mampu untuk merangsang pemanjangan tunas embrio jeruk kuok. Hal ini sesuai dengan Suyadi (2003) dalam Maryani (2005) apabila kondisi auksin dan sitokinin endogen berada pada kondisi sub optimal, maka diperlukan penambahan auksin dan sitokinin secara eksogen, sehingga diperoleh kerjasama antara auksin dan sitokinin yang optimal. Dapat dilihat pada gambar 6. kultur embrio jeruk kuok yang memiliki tunas tertinggi.



Gambar 4.6. (A) Tunas terendah embrio jeruk kuok perlakuan D₀K₁,
(B) Tunas tertinggi embrio jeruk kuok perlakuan D₄K₃

Sumber: Dokumentasi Penulis

Analisis Potensi dan Pengembangan Rancangan *Handout* Pembelajaran dari Hasil Penelitian

Hasil penelitian tentang kultur embrio jeruk kuok (*Citrus nobilis* Lour) berpotensi sebagai handout pembelajaran pada konsep bioteknologi modern kelas XII materi kultur jaringan khususnya kultur embrio. Berikut merupakan tabel analisis kompetensi dasar yang berkaitan dengan hasil penelitian.

Tabel 7. Analisis Kompetensi Dasar yang berkaitan dengan hasil penelitian

Kelas	KD	Uraian Materi	Potensi Pengembangan
XI	Kompetensi Dasar (KD) 3.3 Menganalisis keterkaitan antara struktur jaringan dan fungsi organ tumbuhan	Struktur dan Fungsi Jaringan pada Tumbuhan	Modul, LKPD dan <i>Handout</i>
XII	Kompetensi Dasar (KD) 3.1 Menganalisis hubungan antara faktor internal dan eksternal dengan proses pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup	Pertumbuhan dan Perkembangan	Modul, LKPD dan <i>Handout</i>
XII	Kompetensi Dasar (KD) 3.10 Menganalisis prinsip-prinsip bioteknologi yang menerapkan bioproses dalam menghasilkan produk baru untuk meningkatkan kesejahteraan manusia	Bioteknologi	Modul, LKPD dan <i>Handout</i>

Dapat dilihat pada Tabel 7. analisis diperoleh 3 kompetensi dasar yang berpotensi sebagai rancangan sumber belajar sesuai dengan hasil penelitian ini yaitu KD 3.3 di kelas XI, KD 3.1 di kelas XII semester 1 dan KD 3.10 kelas XII semester 2. Pada KD 3.3 kelas XI. Penelitian tentang kultur embrio ini berkaitan dengan struktur jaringan dan fungsi organ tumbuhan pada KD 3.1 kelas XII semester 1, berkaitan dengan hubungan antara faktor internal dan eksternal dengan proses pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup sedangkan pada KD 3.10 kelas XII semester 2 berkaitan dengan prinsip-prinsip bioteknologi yang menerapkan bioproses dalam menghasilkan produk baru untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. KD yang paling berkaitan dengan penelitian ini yakni, 3.1 dan 3.10 dimana pada penelitian ini dapat diketahui pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan serta faktor-faktor yang mempengaruhinya melalui percobaan kultur jaringan. Dari keterkaitan KD 3.1 kelas XII dan KD 3.10 kelas XII maka bahan ajar yang berpotensi untuk dikembangkan yaitu berupa *Handout* untuk Pembelajaran Biologi di SMA, dari analisis KD tersebut dapat dijadikan acuan dalam tahap perancangan *Handout* pembelajaran Biologi di SMA.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Kombinasi 2,4-D dan kinetin berpengaruh terhadap pertumbuhan Kultur Embrio Jeruk Kuok (*Citrus nobilis* Lour). Adapun rincian dari hasil penelitian sebagai berikut:

1. Kombinasi 2,4-D dan Kinetin menunjukkan bahwa 11 perlakuan memiliki nilai presentase hidup eksplan 100% yaitu perlakuan D₁K₄, D₂K₂, D₂K₃, D₂K₄, D₃K₂, D₃K₃, D₃K₄, D₄K₁, D₄K₂, D₄K₃, D₄K₄. Interaksi 2,4-D dan Kinetin menunjukkan muncul tunas tercepat pada perlakuan D₄K₃ dibandingkan perlakuan D₀K₀. Interaksi 2,4-D dan Kinetin menunjukkan muncul akar tercepat pada perlakuan D₄K₃. Interaksi 2,4-D dan Kinetin menunjukkan jumlah tunas terbanyak yaitu pada perlakuan D₄K₃ (4,67). Interaksi 2,4-D dan Kinetin menunjukkan jumlah

akar terbanyak yaitu pada perlakuan D_4K_3 (7), Interaksi 2,4-D dan Kinetin menunjukkan tinggi tunas tertinggi yaitu pada perlakuan D_4K_3 (4,33 cm).

2. Berdasarkan hasil dari data penelitian berpotensi sebagai salah satu sumber belajar berupa *handout* yang dapat membantu peserta didik dalam belajar pada konsep bioteknologi modern bagi siswa SMA kelas XI1.

Rekomendasi

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan hormon Kinetin saja untuk memacu perpanjangan tunas.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang rancangan *handout* dalam kegiatan pembelajaran di sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin Z. 1982. *Dasar – dasar Pengetahuan tentang Zat Pengatur Tumbuh*. Angkasa. Bandung.
- Ayu, I.A. 2009. *Embryo Culture and Haploid Culture*. Seminar. Bali: Fakultas Pertanian. Universitas Udayana
- Balitbag. 2012. *Jendela Informasi Riau*. (Online), <http://www.riauonline.com/berita/print/balitbag-sukses-teliti-jeruk-carizzo-dan-siam-kampar.html> (diakses 19 Desember 2014).
- Brotowidjoyo, M.D., D. Tribawono dan E. Mulyantoro. 1995. *Pengantar Lingkungan Perairan dan Budidaya Air*. Liberty. Yogyakarta.
- Darnell, J., H. Lodish and H. Baltimore. 1986. *Molecular Cell Biology*. Scientific American Books, Inc. New York.
- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Departemen Pendidikan Nasional. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. Jakarta.
- Gunawan. 1992. *Tekhnik Kultur Jaringan*. Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Harjadi, S.2009. *Zat Pengatur Tumbuh*. Penebar swadaya. Bogor

- Kemendikbud. 2013. *Kurikulum 2013*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Lestari Endang G. 2011. Peranan Zat Pengatur Tumbuh dalam Perbanyakkan Tanaman melalui Kultur Jaringan. *Jurnal AgroBiogen* 7(1):63-68.
- Maryani, Yekti dan Zamroni. 2005. *Penggandaan Tunas Krisan Melalui Kultur Jaringan*. Ilmu Pertanian Vol. 12 No. 1, 2005: 51-55
- Muhammad Arif. 2013. *Kultur Embrio*. (Online), <http://arifabesst.blogspot.co.id/2013/05/embryo.html> (diakses 16 November 2017)
- Salisbury, F. B & Cleon W Ross. 1992. *Fisiologi Tumbuhan*. Terjemahan Diah R Lukman dan Sumaryono. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Zulkarnain. 2014. *Kultur Jaringan Tanaman Solusi Perbanyakkan Tanaman Budidaya*. Bumi Aksara. Jakarta.