

“Akselerasi Hasil Penelitian dan Optimalisasi Tata Ruang Agraria untuk Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan”

Pengaruh Konsentrasi *Indole Butyric Acid (IBA)* dan *Benzyl Amino Purin (BAP)* Terhadap Pertumbuhan Eksplan Pisang Barangan (*Musa Acuminata C.*) secara *In Vitro*

Adam Saepudin, Yaya Sunarya, dan Dida Maulidatul Hasanah

Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi
Jalan Siliwangi No. 24 Kotak Pos 164 Tasikmalaya 46115
Tlp: (0265) 330634 Fax: (0265) 325812

Email: adamsaepudin@unsil.ac.id

Abstrak

Perbanyak pisang secara konvensional dapat melalui anakan dan bonggol namun bibit yang dihasilkan sedikit, membutuhkan waktu yang lama sehingga sulit dikembangkan dalam skala besar. Kultur jaringan dapat menjadi solusi dalam masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kombinasi media terbaik IBA dan BAP dalam menstimulasi pertumbuhan tunas pisang barangan. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi pada Juli sampai November 2021. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial diulang sebanyak 3 kali. Faktor pertama adalah konsentrasi IBA, terdiri dari 3 taraf, yaitu 0 ppm, 1 ppm, dan 2 ppm. Faktor kedua yaitu konsentrasi BAP, terdiri dari 3 taraf yaitu 0 ppm, 2 ppm, dan 4 ppm. Data dianalisis menggunakan analisis sidik ragam dan diuji lanjut menggunakan uji lanjut jarak berganda Duncan. Hasil penelitian menunjukkan pada perlakuan tanpa IBA menghasilkan jumlah tunas terbanyak dan panjang tunas terpanjang pada umur 8 minggu setelah subkultur. Konsentrasi 1 ppm IBA menghasilkan persentase eksplan berkalus tertinggi pada umur 8 minggu setelah subkultur. Konsentrasi 4 ppm BAP menghasilkan persentase eksplan berkalus tertinggi pada umur 8 minggu setelah subkultur.

Kata kunci: kultur jaringan, pisang barangan, IBA, BAP

Pendahuluan

Pisang barangan (*Musa acuminata C.*) merupakan pisang lokal yang berasal dari Medan, Sumatera Utara. Pisang barangan memiliki nilai ekonomis dan nilai sosial yang penting bagi masyarakat. Harga pasar pisang barangan yaitu Rp17.000/sisir (Purba, Lubis, dan Sagari, 2020). Pisang barangan berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia karena termasuk pisang lokal dan memiliki sifat toleran terhadap penyakit layu bakteri *Pseudomonas celebensis*.

Patogen penyakit ini menyebabkan kegagalan antara 80% sampai 100% pada tanaman pisang (Setiawan, 2019)

Tanaman pisang diperbanyak melalui anakan yang tumbuh dari mata tunas pada bonggol atau anakan induknya. Perbanyak bibit pisang dengan cara tersebut menghasilkan jumlah anakan yang terbatas yaitu 3-5 anakan per rumpun per tahun (Rugayah dkk., 2012). Beberapa kultivar pisang tidak banyak menghasilkan anakan dalam satu rumpun sehingga tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan bibit pisang untuk skala besar. Tunas pisang yang diperoleh dari perbanyak secara konvensional menghasilkan bibit dengan umur yang tidak seragam, serta berpotensi membawa inokulum patogen jika induk sudah terkena penyakit (Hapsoro dan Yusnita, 2018). Hasil pemisahan anakan sangat rentan terkena penyakit (Rugayah dkk., 2012).

Ketersediaan benih pisang yang sehat dan unggul masih terbatas. Kebanyakan petani menyediakan bibit dengan cara konvensional seperti membelah bonggol sesuai dengan mata tunas yang ada pada pohon induk (Cahyono, 1995 dalam Budi, 2020). Sejumlah petani di Sukabumi, Tasikmalaya, dan Pangandaran membuat bibit dari bonggol dan menggunakan anakan sebagai sumber bibit. Petani tidak memiliki kebun induk untuk bibit sehingga kualitas bibit menurun (Hindersah dan Suminar, 2019).

Perbanyak secara konvensional sulit untuk mendapatkan benih pisang yang berkualitas dan seragam dalam jumlah yang besar serta dalam waktu yang singkat sehingga jumlah benih yang didapatkan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan bibit pisang dalam skala industri. Masalah tersebut dapat diatasi melalui penerapan teknologi kultur jaringan tanaman karena teknologi tersebut dapat memproduksi benih sehat dan seragam dalam jumlah besar dan dalam waktu yang singkat (Hapsoro dan Yusnita, 2018). Perbanyak secara kultur jaringan dapat diarahkan pertumbuhannya tergantung pada komposisi media dan zat pengatur tumbuh yang digunakan. Keberhasilan dalam kultur jaringan sangat dipengaruhi oleh Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) (Pamungkas, 2015).

Auksin dan sitokinin merupakan ZPT yang sering digunakan dalam kultur jaringan. Salah satu jenis ZPT yang termasuk golongan auksin yaitu *Indole Butyric Acid* (IBA). IBA sering digunakan dalam kultur jaringan sebagai penginduksi akar. Salah satu ZPT golongan sitokinin yaitu *Benzyl Amino Purin* (BAP) berperan dalam induksi pembentukan tunas adventif dari eksplan pisang.

ZPT umumnya digunakan dengan cara mengkombinasikan antargolongan ZPT. Keberadaan ZPT auksin maupun sitokinin menyebabkan respon tanaman berbeda-beda, keadaan tersebut dapat digunakan dalam proses regenerasi (Widiastoety, 2014). Penambahan auksin

dan sitokinin ke dalam media kultur jaringan dapat meningkatkan konsentrasi hormon endogen dalam sel, sehingga menjadi faktor pemicu dalam proses pertumbuhan dan perkembangan jaringan. Interaksi golongan auksin seperti IBA dan NAA dengan golongan sitokinin akan menentukan arah perkembangan eksplan dan membuat proliferasi tunas (Prasetyorini, 2019). Media yang ditambahkan ZPT auksin yang lebih tinggi dibandingkan sitokinin akan merangsang pembentukan akar (Sadat dkk., 2018). Nofiyanto, Kusniati, dan Karno (2019) melaporkan bahwa 0,5 ppm BAP + 4 ppm IBA memberikan hasil terbaik terhadap jumlah akar pisang raja bulu sebesar 4,2 helai. Auksin berperan dalam pembentukan akar juga telah dilaporkan oleh Fitramala dkk. (2016) bahwa pada 1 mg/L auksin golongan NAA pada media MS menyebabkan tunas berakar dengan jumlah akar 3 – 16 akar per planlet pisang kepok merah.

Sihotang, Kardhinata, dan Riyanto (2016) melaporkan 1,5 mg/l BA dan 0 mg/l IBA menghasilkan 4 tunas pisang barangan. Budi (2020) melaporkan bahwa kombinasi 0 sampai 4,5 mg/l BAP dan 0 sampai 1,5 mg/l NAA menghasilkan rerata tunas 1,75 tunas terdapat pada konsentrasi 1,5 mg/L BAP. Sedangkan dari kombinasi 0 sampai 4,5 mg/l BA dan 0 sampai 1,5 mg/l IBA diperoleh rerata tunas dari perlakuan 0,5 sampai 1 mg/l IBA sebanyak 2,67 tunas. Lathifah dan Dewi (2016) melaporkan 0,3 ppm IAA dan 3 ppm BAP menghasilkan rerata tunas 5,75 tunas dengan tunas terbanyak 7 tunas pada subkultur pisang barangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian konsentrasi *Indole Butyric Acid* (IBA) dan *Benzyl Amino Purin* (BAP) terhadap pertumbuhan eksplan pisang barangan (*Musa acuminata* C.) secara *in vitro*.

Metode

Waktu dan tempat

Penelitian dimulai dari bulan Juli sampai November 2021. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi dalam kondisi lingkungan yang aseptik dengan suhu 21⁰C sampai 25⁰C, di bawah penyinaran lampu TL 40 watt dengan intensitas cahaya 1.000 *lux* selama 24 jam.

Metode penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) berpola faktorial 3 x 3 yang terdiri atas dua faktor perlakuan dan diulang 3 kali. Faktor pertama adalah konsentrasi *Indole Butyric Acid* (IBA) (Faktor I), terdiri dari tiga taraf yaitu: 0 ppm (tanpa IBA), 1 ppm, dan 2 ppm. Faktor kedua yaitu

konsentrasi *Benzyl Amino Purin* (BAP) (Faktor B), terdiri dari tiga taraf, yaitu: 0 ppm (tanpa BAP), 2 ppm, dan 4 ppm. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis sidik ragam. Apabila hasil uji F berbeda nyata, maka analisis data dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada taraf kepercayaan 95%. Pengamatan meliputi persentase eksplan browning, waktu muncul tunas, persentase eksplan berkalus, jumlah tunas, panjang tunas, dan jumlah akar. Pengamatan dilakukan pada umur 2, 4, 6, dan 8 minggu setelah dikulturkan.

Prosedur penelitian

Sterilisasi alat

Sterilisasi peralatan kaca (botol kultur) dilakukan menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121 °C. Peralatan dibungkus menggunakan kertas dan plastik tahan panas sebelum disterilkan. Sterilisasi peralatan logam (scalpel, pinset, gunting) menggunakan teknik *flame sterilization*, yaitu perendaman dalam etanol 95% kemudian dibakar dan didinginkan sebelum digunakan secara langsung. Sterilisasi media kultur menggunakan autoclave selama 15 menit pada suhu 121°C tekanan 15 psi.

Pembuatan larutan stok

Langkah-langkah pembuatan larutan stok A sampai dengan larutan stok F, stok vitamin, dan stok myo-inositol sebanyak 500 mL dibuat dengan cara menambahkan bahan larutan stok ke dalam beaker glass, kemudian ditambahkan aquades sampai volume 450 mL. Setelah itu larutan ditera menggunakan labu takar seukuran kemudian tambahkan aquades lagi sampai menunjukkan volume 500 mL. Setelah itu larutan dihomogenkan. Setelah homogen, larutan stok disimpan dalam botol larutan stok dan diberi label. Larutan stok disimpan di lemari pendingin. Cara melarutkan stok ZPT yaitu dengan meneteskan NaOH untuk IBA, dan HCl untuk BAP sebelum dilarutkan dalam aquades.

Pembuatan media tanam

Media tanam yang digunakan yaitu *Murashige and Skoog* (Murashige dan Skoog, 1962). Cara membuatnya yaitu, memasukkan larutan stok media MS ke dalam labu Erlenmeyer, kemudian ditambahkan sukrosa 30 g/L dan aquades sampai volume 300 ml. Kemudian pH larutan diukur menggunakan pH meter sampai warna indikator menunjukkan pH 5,5 sampai 5,8. Setelah itu ditambahkan agar swalow 7 g/L kemudian dimasak menggunakan *hotplate and magnetic stirrer* hingga mendidih. Setelah itu media dimasukkan ke dalam botol kultur dengan isi ± 25 ml kemudian botol kultur ditutup dan disterilkan.

Isolasi dan sterilisasi eksplan

Eksplan yang digunakan adalah bonggol tanaman pisang barangan merah yang berasal dari kebun petani di Kecamatan Cipaku, Kabupaten Ciamis. Bonggol pisang yang masih utuh dibersihkan dan dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil dengan diameter 1 cm sampai 2 cm dan tinggi 2 cm sampai 3 cm.

Sterilisasi eksplan dilakukan sebanyak dua tahap yaitu sterilisasi di luar LAF dan sterilisasi dalam LAF. Tahapan sterilisasi luar LAF yaitu eksplan dicuci dengan air mengalir kemudian direndam dalam larutan detergen selama 30 menit kemudian dibilas. Setelah itu eksplan direndam menggunakan bakterisida (bahan aktif: Streptomisin sulfat 20%) 2 g/L dan fungisida (bahan aktif: Mankozeb 80%) 2 g/L selama 60 menit, kemudian dibilas menggunakan air steril 3 kali. Untuk mengurangi gejala *blackening*, eksplan direndam dalam asam sitrat 200 mg/L dan asam askorbat 250 mg/L selama 60 menit (Hutami, 2008) kemudian dibilas menggunakan air steril 3 kali.

Tahapan sterilisasi dalam LAF yaitu eksplan dibilas dengan akuades steril 2 kali. Setelah itu, eksplan direndam dalam pemutih sodium hipoklorit 20% (bahan aktif: NaClO 5,25%) selama 20 menit, kemudian bilas menggunakan air steril sebanyak 3 kali. Eksplan direndam lagi dalam pemutih Sodium hipoklorit 10% (bahan aktif: NaClO 5,25%) selama 10 menit (Lukman dan Maryam, 2014), kemudian bilas menggunakan air steril sebanyak 3 kali. Setelah itu, eksplan direndam dalam alkohol 70% selama 2 menit.

Penanaman

Eksplan yang sudah steril ditanam di dalam media kultur sesuai perlakuan. Langkah-langkah melakukan penanaman yaitu eksplan diletakkan di dalam petridish yang dialasi dengan kertas tisu steril, kemudian bagian luar eksplan yang rusak akibat terkena larutan sterilan dipotong sampai ukuran diameter 1 cm sampai 2 cm dan tinggi 2 cm. Setelah itu eksplan ditanam di dalam media sesuai perlakuan. Setiap botol diisi oleh 1 potong eksplan.

Subkultur

Eksplan yang digunakan ketika subkultur yaitu eksplan steril berumur 3 minggu setelah tanam yang telah ditanam sebelumnya pada tahap inisiasi. Langkah-langkah subkultur yaitu eksplan steril dikeluarkan dari botol kultur, kemudian diletakkan di atas petridish steril di dalam LAF yang telah dialasi dengan kertas tisu steril. Eksplan steril tersebut dibersihkan dari agar yang masih menempel dari media sebelumnya. Setelah itu, eksplan steril dipotong menjadi 3 bagian dengan ukuran 0,5 cm sampai 1 cm. Eksplan steril yang telah dipotong kemudian ditanam di botol kultur yang berisi media dengan perlakuan yang sama seperti sebelumnya.

Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan dengan menyemprotkan alkohol 70% pada botol kultur yang berada di ruang kultur untuk mencegah atau menekan kontaminasi, dan mengeluarkan eksplan yang terkontaminasi dari ruang kultur.

Hasil dan Pembahasan

Persentase blackening

Blackening terjadi akibat adanya eksudasi senyawa metabolit sekunder yaitu fenol, yang teroksidasi oleh oksigen kemudian mengaktivasi enzim Phenilalanin Ammonia Lyase (PAL), Polifenol oksidase (PPO), dan feroksidasi (PO) sehingga menghasilkan produk berupa fenolpropanoid (Dwiyani, 2015). Persentase *blackening* dapat dilihat pada Tabel 1.

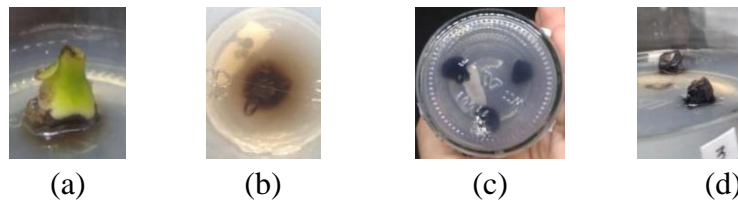
Pada tahap inisiasi persentase *blackening* terendah terdapat pada perlakuan 2 ppm IBA dan 2 ppm BAP yaitu 22,22% sedangkan persentase *blackening* tertinggi terdapat pada kontrol yaitu 88,89%. Hutami (2008) pembentukan polifenol dari pemotongan eksplan segar dapat dipengaruhi oleh ZPT. Menurut Lestari dkk. (2018) penambahan ZPT pada media dapat membantu pertumbuhan dan pencegahan *blackening* pada eksplan karena metabolisme fenol menghambat auksin endogen pada eksplan. ZPT juga berperan supaya eksplan dapat tetap hidup meskipun mengalami *blackening*. Eksplan yang mengalami *blackening* masih bisa dipertahankan dan berpeluang untuk tetap hidup selama masa pengamatan.

Tabel 1. Persentase eksplan *blackening*

Perlakuan		Blackening tahap inisiasi (%)	Blackening tahap subkultur (%)			
Konsentrasi IBA	Konsentrasi BAP		2 MSS	4 MSS	6 MSS	8 MSS
0 ppm	0 ppm	88,887	61,11	61,11	61,11	61,11
0 ppm	2 ppm	55,553	88,89	94,44	94,44	94,44
0 ppm	4 ppm	33,330	33,33	22,22	16,67	16,67
1 ppm	0 ppm	77,777	83,33	83,33	83,33	83,33
1 ppm	2 ppm	61,110	77,78	77,78	77,78	77,78
1 ppm	4 ppm	77,773	100,00	100,00	100,00	100,00
2 ppm	0 ppm	77,773	44,45	44,45	44,45	44,45
2 ppm	2 ppm	22,220	77,78	61,11	61,11	61,11
2 ppm	4 ppm	44,443	50,00	50,00	50,00	50,00
Rata-rata		59,874	51,87	49,40	48,78	48,78

Pada tahap subkultur persentase *blackening* tertinggi yaitu 100% terdapat pada perlakuan 1 ppm IBA dan 4 ppm BAP, sedangkan persentase *blackening* terendah yaitu 16,667% terdapat pada perlakuan 0 ppm IBA dan 4 ppm BAP. Pada umur 6 MSS ke umur 8 MSS tidak terjadi perubahan persentase *blackening*. Hal ini diduga karena aktivitas fenol di dalam jaringan

eksplan sudah mencapai maksimum sehingga jumlah eksplan yang *blackening* tidak bertambah, namun beberapa perlakuan yang telah *blackening* menunjukkan tingkat *blackening* yang semakin parah yang ditandai dengan sebaran fenol pada media bertambah luas. Onuha dkk. (2011) menyatakan bahwa penghitaman pada kultur pisang, terlihat pada bagian bawah eksplan yang kemudian terus meluas sejalan dengan semakin bertambahnya umur tanam hingga menyebar hampir ke seluruh permukaan eksplan.



Keterangan : (a) 0 ppm IBA + 0 ppm BAP (i_{0b_0}) umur 2 MSS pada tahap inisiasi; (b) 0 ppm IBA + 2 ppm BAP (i_{0b_1}) umur 2 MSS tahap inisiasi; (c) 1 ppm IBA + 4 ppm BAP (i_{1b_2}) umur 4 MSS tahap subkultur; (d) 0 ppm IBA+ 0 ppm BAP (i_{0b_0}) umur 8 MSS tahap subkultur.

Gambar 1. Beberapa perlakuan yang menimbulkan *blackening* pada eksplan.

Waktu muncul tunas

Induksi tunas terjadi melalui peristiwa diferensiasi sel pada eksplan dengan cara mengelupas seludangnya satu persatu kemudian akan terbuka dan mulai terbentuk tunas (Eriansyah, 2014). Waktu muncul tunas (hari setelah subkultur) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Waktu muncul tunas

Perlakuan		Waktu muncul tunas (hss)
Konsentrasi IBA	Konsentrasi BAP	
0 ppm	0 ppm	28
0 ppm	2 ppm	24
0 ppm	4 ppm	24
1 ppm	0 ppm	0
1 ppm	2 ppm	28
1 ppm	4 ppm	28
2 ppm	0 ppm	55
2 ppm	2 ppm	40
2 ppm	4 ppm	0

Tabel 2 menunjukkan waktu muncul tunas tercepat yaitu 24 hss terdapat pada perlakuan 0 ppm IBA+2 ppm BAP dan 0 ppm IBA+4 ppm BAP, sedangkan waktu muncul tunas terlama yaitu 55 hss pada perlakuan 2 ppm IBA+0 ppm BAP. Hal ini diduga karena aktivitas hormon endogen dan ZPT eksogen yang ditambahkan ke dalam media sehingga pada perlakuan 0 ppm IBA+2 ppm BAP dan 0 ppm IBA+4 ppm BAP mendorong terbentuknya tunas lebih cepat. Hal ini selaras dengan Lestari (2011) bahwa ZPT berperan dalam mengontrol organogenesis dan morfogenesis dalam proses pembentukan dan pertumbuhan tunas dan akar tanaman.

Sadat *et al.* (2018) menyatakan bahwa eksplan yang ditanam ke dalam media dengan konsentrasi auksin yang lebih rendah dari pada sitokinin dapat merangsang pembentukan tunas yang baik. Pertumbuhan tunas aksilar dipengaruhi oleh penurunan dominansi apikal akibat adanya BAP (Ngonuo *et al.*, 2014). Sihotang (2016) menyebutkan bahwa BAP dapat menurunkan efek dominansi apikal sehingga dapat memicu tumbuhnya tunas baru dari arah samping.

Perlakuan 1 ppm IBA+0 ppm BAP dan 2 ppm IBA+4 ppm BAP tidak dapat merangsang tumbuhnya tunas sampai umur 8 MSS. Hal ini diduga pada konsentrasi tersebut memiliki perbandingan auksin dan sitokinin yang tidak mendukung pembentukan tunas. Pada perlakuan 1 ppm IBA+0 ppm BAP, tidak ditambahkan sitokinin ke dalam media sehingga tunas tidak terbentuk. Selain itu konsentrasi auksin dalam jumlah yang tinggi dari sitokinin dapat menghambat morfogenesis ke arah pembentukan tunas (Santoso dan Nursandi, 2010).

Pada perlakuan 2 ppm IBA+4 ppm BAP walaupun konsentrasi sitokinin lebih tinggi dibanding auksin namun tidak dapat merangsang tumbuhnya tunas karena konsentrasi 2 ppm IBA terlalu tinggi bagi pertumbuhan eksplan sehingga dapat memperlambat munculnya tunas. Pemberian konsentrasi ZPT yang tinggi akan menyebabkan pembentukan tunas dalam waktu yang sangat lama atau dapat menyebabkan eksplan tidak berkembang (Rainiyati dan Kristiana, 2007).

Persentase eksplan berkalus

Hasil analisis statistik pada tahap inisiasi menunjukkan tidak terdapat interaksi antara konsentrasi IBA dengan BAP terhadap persentase eksplan berkalus, begitu juga secara mandiri konsentrasi IBA dan BAP berpengaruh tidak nyata terhadap persentase eksplan berkalus pada tahap inisiasi (Tabel 3).

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa pada tahap inisiasi, rata-rata persentase eksplan berkalus terdapat pada rentang 70% sampai 100%. Hal ini diduga karena adanya peran auksin dalam pembentukan kalus. Wattimena (1987) menyatakan bahwa auksin berperan dalam pembentangan sel pada saat pembentukan kalus.

Pembentukan kalus diawali dengan adanya pembengkakan pada bekas irisan di permukaan eksplan, kemudian diikuti dengan munculnya kalus berwarna putih dengan struktur seperti butiran-butiran halus. Sadat dkk. (2018) melaporkan bahwa pembengkakan eksplan terjadi pada 10 hari setelah eksplan ditanam.

Hasil analisis persentase eksplan berkalus pada tahap subkultur menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara konsentrasi IBA dengan BAP, namun secara mandiri konsentrasi

IBA dan BAP berpengaruh nyata terhadap persentase eksplan berkalus pada umur 2, 4, 6, dan 8 MSS (Tabel 4).

Tabel 3. Pengaruh IBA dan BAP terhadap persentase eksplan berkalus tahap inisiasi

Persentase eksplan berkalus (%)				
Konsentrasi IBA	Konsentrasi BAP			Rata-rata
	0 ppm	2 ppm	4 ppm	
0 ppm	77,773	88,887	77,773	81,478 a
1 ppm	88,887	88,867	100,000	92,584 a
2 ppm	100,000	88,887	100,000	96,296 a
Rata-rata	88,887	88,880	92,591	
	A	A	A	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%. Huruf kapital dibaca arah horizontal (baris) dan huruf kecil dibaca vertikal (kolom).

Tabel 4. Pengaruh IBA dan BAP terhadap persentase eksplan berkalus pada tahap subkultur

Persentase eksplan berkalus (%)					
Umur	Konsentrasi IBA	Konsentrasi BAP			Rata-rata
		0 ppm	2 ppm	4 ppm	
2 MSS	0 ppm	0,000	55,390	83,333	46,241 a
	1 ppm	61,110	100,000	100,000	87,037 b
	2 ppm	44,443	66,663	83,333	64,813 a
	Rata-rata	35,184	74,018	88,889	
		A	B	B	
4 MSS	0 ppm	0,000	72,220	83,333	51,851 a
	1 ppm	61,110	100,000	100,000	87,037 b
	2 ppm	44,443	72,220	83,333	66,666 a
	Rata-rata	35,184	81,480	88,889	
		A	B	B	
6 MSS	0 ppm	0,000	72,220	83,333	51,851 a
	1 ppm	61,110	100,000	100,000	87,037 b
	2 ppm	44,443	72,220	83,333	66,666 a
	Rata-rata	35,184	81,480	88,889	
		A	B	B	
8 MSS	0 ppm	0,000	72,220	83,333	51,851 a
	1 ppm	61,110	100,000	100,000	87,037 b
	2 ppm	44,443	72,220	83,333	66,666 a
	Rata-rata	35,184	81,480	88,889	
		A	B	B	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf kepercayaan 95%. Huruf kapital dibaca arah horizontal (baris) dan huruf kecil dibaca vertikal (kolom).

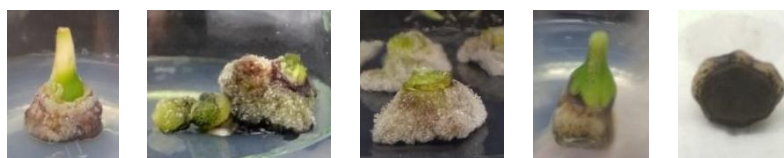
Pada umur 2, 4, 6, dan 8 MSS perlakuan 1 ppm IBA berbeda nyata dengan 0 ppm IBA dan 2 ppm IBA, namun 2 ppm IBA tidak berbeda nyata dengan 0 ppm IBA. Hal ini

menunjukkan bahwa persentase eksplan berkalus dipengaruhi oleh adanya ZPT yang digunakan yaitu auksin. Auksin endogen yang cukup, dapat menyebabkan pembengkakan eksplan (Rainiyati dan Kristiana, 2009).

Menurut Anitasari (2018) kalus terbentuk karena adanya pelukaan. Jaringan eksplan merespon untuk memperbaiki daerah yang mengalami pelukaan dengan cara menginduksi sel-sel di sekitar luka untuk membelah diri kemudian menutup luka. Proses tersebut diikuti dengan kultur aseptis dimana respon awal pembelahan distimulasi dan diinduksi untuk berlanjut secara terus menerus tanpa adanya diferensiasi dan organisasi tertentu sehingga terbentuk kalus. Hal ini dipengaruhi oleh media tumbuh yang ditambahkan senyawa-senyawa kimia tertentu.

Secara mandiri konsentrasi BAP berpengaruh nyata terhadap persentase eksplan berkalus. Konsentrasi 2 ppm BAP tidak berbeda nyata dengan 4 ppm BAP, dan keduanya berbeda nyata dengan 0 ppm BAP. Hal ini menunjukkan bahwa sitokinin yang ditambahkan secara eksogen dengan atau tanpa auksin ke dalam media dapat mendukung pembentukan kalus. Hal ini diduga karena perbandingan auksin dan sitokinin di dalam jaringan eksplan tunas pisang barangan tidak seimbang, selain itu konsentrasi auksin endogen lebih tinggi dari pada sitokinin, sehingga pemberian sitokinin eksogen dalam konsentrasi tertentu dapat menyebabkan rasio auksin dan sitokinin seimbang. Pembesaran dan pembelahan sel dalam kultur *in vitro* terjadi akibat adanya keseimbangan konsentrasi auksin dan sitokinin (Hayati *et al.*, 2010).

Eksplan yang membentuk kalus ditandai dengan tumbuhnya butir-butir halus berwarna putih di permukaan bonggol dan pelepah yang terluka, serta terjadinya pembengkakan pada bonggol dan pelepah pisang barangan. Latunra dkk. (2017) menyatakan bahwa adanya penebalan pada jaringan yang mengalami luka adalah salah satu indikator adanya pertumbuhan kalus. Kalus terbentuk sebagai respon eksplan dari adanya pelukaan pada permukaan eksplan. Rangsangan luka tersebut menyebabkan perubahan arah kesetimbangan pada dinding sel, sebagian protoplas mengalir keluar sehingga mulai terbentuk kalus.



Gambar 2. Eksplan bengkak dan eksplan berkalus

Keterangan: (a) 0 ppm IBA+2 ppm BAP (i_0b_1) umur 2 MSS tahap inisiasi; (b) 2 ppm IBA+4 ppm BAP (i_2b_2) umur 8 MSS tahap subkultur; (c) 1 ppm IBA+2 ppm BAP (i_1b_1) Umur 6 MSS tahap subkultur; (d) eksplan bengkak tampak depan; (e) eksplan bengkak tampak bawah.

Jumlah tunas

Pada tahap inisiasi, tidak ada tunas yang tumbuh pada eksplan yang ditanam meskipun eksplan dapat bertahan hidup dan dapat tumbuh kalus. Hal ini diduga bahwa pada tahap inisiasi eksplan masih membutuhkan waktu untuk dapat menumbuhkan tunas. Lukman dan Maryam (2014) menyatakan bahwa eksplan perlu dilakukan subkultur ke media yang telah diberikan ZPT untuk merangsang pertumbuhan tunas, sehingga eksplan akan membentuk tunas dalam jumlah yang banyak.

Hasil analisis statistik pada tahap subkultur menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara konsentrasi IBA dengan BAP, namun secara mandiri konsentrasi IBA berpengaruh nyata terhadap jumlah tunas pada umur 4 dan 8 MSS, sedangkan secara mandiri konsentrasi BAP berpengaruh tidak nyata terhadap panjang tunas pada umur 4, 6, dan 8 MSS (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh IBA dan BAP terhadap jumlah tunas pisang barangan

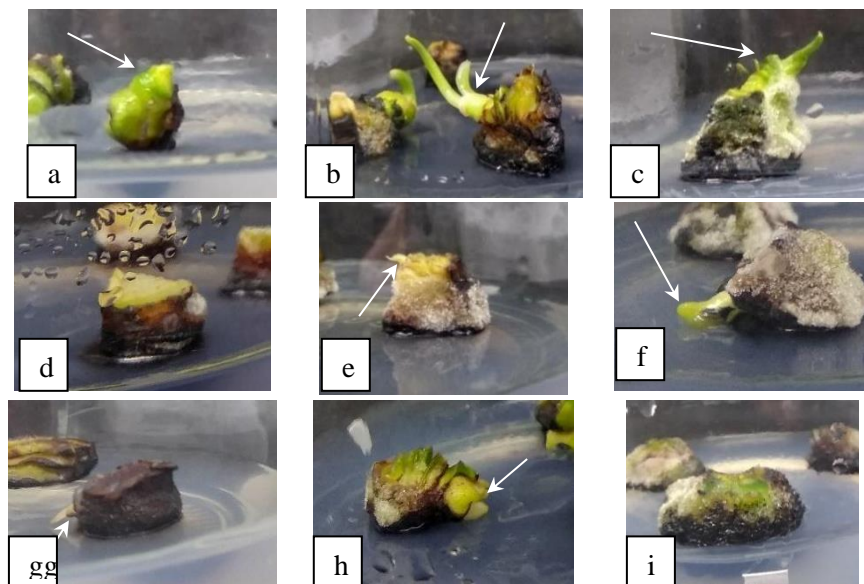
Umur	Konsentrasi IBA	Jumlah tunas pisang barangan per eksplan			Rata-rata
		Konsentrasi BAP			
		0 ppm	2 ppm	4 ppm	
4 MSS	0 ppm	0,055	0,165	0,442	0,221 b
	1 ppm	0,000	0,055	0,167	0,074 a
	2 ppm	0,055	0,000	0,000	0,018 a
	Rata-rata	0,037	0,073	0,203	
		A	A	A	
6 MSS	0 ppm	0,222	0,553	0,552	0,443 b
	1 ppm	0,000	0,055	0,167	0,074 a
	2 ppm	0,055	0,220	0,000	0,092 a
	Rata-rata	0,092	0,276	0,240	
		A	A	A	
8 MSS	0 ppm	0,222	0,830	0,607	0,553 b
	1 ppm	0,000	0,222	0,222	0,148 a
	2 ppm	0,055	0,220	0,000	0,092 a
	Rata-rata	0,092	0,424	0,276	
		A	A	A	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf kepercayaan 95%. Huruf kapital dibaca arah horizontal (baris) dan huruf kecil dibaca vertikal (kolom).

Pada umur 4, 6, dan 8 MSS, 0 ppm IBA berbeda nyata dengan 1 ppm IBA dan 2 ppm IBA, namun 1 ppm IBA tidak berbeda nyata dengan 2 ppm IBA terhadap jumlah tunas. Hal ini menunjukkan bahwa IBA yang ditambahkan dari luar tidak dapat merangsang pembentukan tunas karena pada 0 ppm IBA eksplan dapat membentuk tunas, sedangkan pemberian 1 ppm IBA dan 2 ppm IBA menghasilkan jumlah tunas yang tidak lebih banyak dari pada tanpa IBA.

Secara mandiri konsentrasi BAP tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah tunas. Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa rata-rata jumlah tunas secara mandiri faktor BAP tidak jauh berbeda dengan rata-rata jumlah tunas dari faktor IBA. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat peran sitokinin terhadap pembentukan tunas, namun tidak memberikan pengaruh yang nyata. Sitokinin berperan meningkatkan pembelahan sel dan diferensiasi tunas, tetapi konsentrasi BAP yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terhambatnya pembentukan tunas, meracuni dan mematikan tanaman (Budi, 2020), serta dapat menyebabkan pertumbuhan tunas yang abnormal (Jafari, 2011).

Rata-rata jumlah tunas pisang barangan yang tumbuh secara *in vitro* sangat sedikit. Hal ini diduga karena banyaknya kalus yang tumbuh pada eksplan. Eksplan berkalus dapat menghambat pembentukan tunas akibat adanya aktivitas auksin yang lebih tinggi. Auksin berperan dalam pembentukan kalus yang kemudian menghambat sitokinin membentuk klorofil dalam proses embriogenesis (Santoso dan Nursandi, 2010). Selain itu, kemampuan eksplan untuk merespon ZPT eksogen diduga sangat rendah. Kemampuan metabolisme tanaman sangat tergantung pada faktor endogen tanaman, sehingga ada tanaman yang tidak merespon terhadap ZPT yang diberikan dari luar (eksogen) (Putriana, 2019). Terbentuknya tunas secara *in vitro* dipengaruhi oleh konsentrasi sitokinin yang optimum pada media dan kemampuan eksplan merespon konsentrasi sitokinin yang diberikan (Yuniati *et al.*, 2018).



Gambar 3. Tunas pisang barangan: (a) 0 ppm IBA + 0 ppm BAP (i_{0b_0}); (b) 0 ppm IBA + 2 ppm BAP (i_{0b_1}); (c) 0 ppm IBA + 4 ppm BAP (i_{0b_2}); (d) 1 ppm IBA + 0 ppm BAP (i_{1b_0}); (e) 1 ppm IBA + 2 ppm BAP (i_{1b_1}); (f) 1 ppm IBA + 4 ppm BAP (i_{1b_2}); (g) 2 ppm IBA + 0 ppm BAP (i_{2b_0}); (h) 2 ppm IBA + 2 ppm BAP (i_{2b_1}); (i) 2 ppm IBA + 4 ppm BAP (i_{2b_2})

Sadat *et al.* (2018) menyatakan bahwa eksplan yang ditanam ke dalam media dengan konsentrasi auksin yang rendah dan sitokinin yang tinggi dapat merangsang pembentukan tunas yang baik dibandingkan dengan media yang memiliki konsentrasi auksin tinggi dan sitokinin yang rendah. Terbentuknya tunas secara *in vitro* dipengaruhi oleh konsentrasi sitokinin yang optimum pada media dan kemampuan eksplan merespon konsentrasi sitokinin yang diberikan (Yuniati dkk., 2018). Eksplan yang responsif terhadap konsentrasi sitokinin pada media dapat merangsang induksi tunas lebih cepat.

Panjang tunas

Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara konsentrasi IBA dengan BAP terhadap panjang tunas pada umur 4, 6, dan 8 MSS. Secara mandiri konsentrasi IBA perbengaruh tidak nyata terhadap panjang tunas pada umur 4 dan 6 MSS, namun konsentrasi IBA berpengaruh nyata pada umur 8 MSS. Secara mandiri konsentrasi BAP berpengaruh tidak nyata terhadap panjang tunas pada umur 4, 6, dan 8 MSS (Tabel 6).

Tabel 6. Pengaruh IBA dan BAP terhadap panjang tunas pisang barangan

Umur	Konsentrasi IBA	Panjang tunas (cm)			Rata-rata
		Konsentrasi BAP			
		0 ppm	2 ppm	4 ppm	
4 MSS	0 ppm	0,017	0,054	0,075	0,049 a
	1 ppm	0,000	0,022	0,047	0,023 a
	2 ppm	0,000	0,000	0,000	0,000 a
	Rata-rata	0,006	0,026	0,041	
		A	A	A	
6 MSS	0 ppm	0,029	0,113	0,147	0,096 a
	1 ppm	0,000	0,022	0,054	0,026 a
	2 ppm	0,000	0,079	0,000	0,026 a
	Rata-rata	0,010	0,071	0,067	
		A	A	A	
8 MSS	0 ppm	0,030	0,333	0,171	0,178 b
	1 ppm	0,000	0,023	0,103	0,042 a
	2 ppm	0,018	0,119	0,000	0,046 a
	Rata-rata	0,016	0,158	0,091	
		A	A	A	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf kepercayaan 95%. Huruf kapital dibaca arah horizontal (baris) dan huruf kecil dibaca vertikal (kolom).

Pada umur 4 dan 6 MSS konsentrasi IBA dan BAP berpengaruh tidak nyata terhadap panjang tunas. Hal ini diduga terdapat aktivitas auksin yang tinggi sehingga terjadi

penghambatan terhadap panjang tunas. Hal ini menunjukkan bahwa auksin secara endogen dan eksogen dapat menghambat pemanjangan tunas pada umur 4 dan 6 MSS.

Pada umur 8 MSS, 0 ppm IBA berbeda nyata dengan 1 ppm IBA dan 2 ppm IBA, namun 1 ppm IBA tidak berbeda nyata dengan 2 ppm IBA. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa diberikannya IBA ke dalam media tanam menghasilkan tunas yang lebih panjang dibandingkan dengan perlakuan 1 ppm IBA dan 2 ppm IBA. Hal ini menunjukkan auksin eksogen yang ditambahkan ke dalam media dapat menghambat pemanjangan tunas.

Pada perlakuan tanpa IBA menghasilkan panjang tunas terpanjang dengan rata-rata panjang tunas yaitu 0,049 cm pada umur 4 MSS, 0,096 cm pada umur 6 MSS, dan 0,178 cm pada umur 8 MSS. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penambahan panjang tunas dari waktu ke waktu karena adanya pembelahan dan pemanjangan sel di dalam jaringan eksplan. Tanaman bertambah tinggi terjadi karena adanya proses pembelahan, pemanjangan dan pembesaran sel-sel baru yang terjadi pada jaringan meristem (Mardiyah dkk., 2017).

Secara mandiri konsentrasi BAP berpengaruh tidak nyata terhadap panjang tunas. Bella dkk. (2016) menyebutkan bahwa pertambahan panjang tunas terjadi kecenderungan terhadap jumlah tunas, dimana semakin banyak jumlah tunas yang tumbuh pada eksplan mengakibatkan rata-rata tinggi tunas menjadi lebih rendah. Energi yang dibutuhkan untuk pemanjangan tunas digunakan untuk pembentukan calon tunas lainnya, sehingga dapat menghambat tinggi tunas (Ramesh dan Ramassamy, 2014).

Jumlah akar

Tabel 7. Pengaruh IBA dan BAP terhadap jumlah akar pisang barangan

Umur	Jumlah akar per eksplan				rata-rata
	IBA	BAP			
		0 ppm	2 ppm	4 ppm	
6 MSS	0 ppm	0,000	0,000	0,000	0,000 a
	1 ppm	0,056	0,000	0,000	0,019 a
	2 ppm	0,167	0,000	0,000	0,056 a
	Rata-rata	0,074	0,000	0,000	
		B	A	A	
8 MSS	0 ppm	0,000	0,000	0,000	0,000 a
	1 ppm	0,056	0,000	0,000	0,019 a
	2 ppm	0,333	0,000	0,000	0,111 a
	Rata-rata	0,130	0,000	0,000	
		B	A	A	

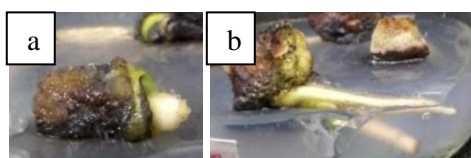
Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf kepercayaan 95%. Huruf kapital dibaca arah horizontal (baris) dan huruf kecil dibaca vertikal (kolom).

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara konsentrasi IBA dengan BAP terhadap jumlah akar. Secara mandiri konsentrasi IBA berpengaruh tidak nyata terhadap jumlah akar pada umur 6 dan 8 MSS, namun secara mandiri konsentrasi BAP berpengaruh nyata terhadap jumlah akar pada umur 6 dan 8 MSS (Tabel 7).

Pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa 0 ppm BAP berbeda nyata dengan 2 ppm BAP dan 4 ppm BAP, namun 2 ppm BAP tidak berbeda nyata dengan 4 ppm BAP. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa ditambahkan BAP ke dalam media dapat merangsang pembentukan akar. Penambahan BAP ke dalam media tidak dapat merangsang tumbuhnya akar karena perannya lebih dominan untuk merangsang tumbuhnya tunas. Sitokinin baik eksogen maupun endogen bekerja lebih dominan ke arah tumbuhnya tunas dibandingkan dengan auksin sehingga menghambat terbentuknya akar. Sitokinin memiliki efek organogenesis penginduksi tumbuhnya tunas, sehingga respon pertumbuhan akar tidak dipengaruhi (Putriana dkk., 2019).

Pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa akar tidak dapat tumbuh pada perlakuan selain tanpa IBA. Hal ini diduga karena adanya penghambatan yang dilakukan oleh sitokinin. Auksin yang dikombinasikan dengan sitokinin pada media dalam konsentrasi yang lebih rendah dari pada golongan sitokinin dapat menghambat terbentuknya akar (Sadat dkk., 2018).

Secara mandiri, faktor IBA berpengaruh tidak nyata terhadap jumlah akar. Hal ini diduga akar yang dihasilkan masih sedikit dan membutuhkan waktu lebih lama untuk dapat menginduksi tumbuhnya akar. Konsentrasi auksin yang lebih tinggi dari pada sitokinin cenderung merangsang pembentukan akar. Auksin berperan dalam mendorong pemanjangan sel pada jaringan akar dengan cara mempengaruhi dinding sel melalui 2 tahap, yaitu fase pembelahan dan penebalan (Budi, 2020).



Gambar 5. Akar yang tumbuh dari bonggol: a) 1 ppm IBA + 0 ppm BAP (i_1b_0) umur 8 MSS tahap subkultur; b) 2 ppm IBA+0 ppm BAP (i_2b_0) umur 8 MSS tahap subkultur

Akar terbentuk akibat adanya pembelahan sel pada meristem ujung akar kemudian diikuti dengan pemanjangan dan pembesaran sel. ZPT golongan auksin sangat penting dalam pembentukan akar secara *in vitro*. Penambahan auksin eksogen dapat mempengaruhi keseimbangan auksin endogen di dalam eksplan kemudian diikuti dengan organogenesis ke

arah tumbuhnya akar. Tingkat auksin yang tepat dan gradien auksin dalam jaringan penting untuk membentuk pola akar dan pembentukan meristem (Frick dan Strader, 2017).

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan bahwa tidak terdapat interaksi antara konsentrasi *Indole Butyric Acid* (IBA) dan *Benzyl Amino Purin* (BAP) terhadap persentase eksplan berkalus, jumlah tunas, panjang tunas, dan jumlah akar pisang barangan (*Musa acuminata* C.) secara *in vitro*. Secara mandiri perlakuan tanpa IBA menghasilkan jumlah tunas terbanyak dan panjang tunas terpanjang pada umur 8 minggu setelah tanam. Konsentrasi 1 ppm IBA menghasilkan persentase eksplan berkalus tertinggi pada umur 8 minggu setelah tanam. Konsentrasi 4 ppm BAP menghasilkan persentase eksplan berkalus tertinggi pada umur 8 minggu setelah tanam.

Daftar Pustaka

- Bella, D. R. S., E. Suminar, A. Nuraini, dan A. Ismail. 2016. pengujian efektivitas berbagai jenis dan konsentrasi sitokinin terhadap multiplikasi tunas mikro pisang (*Musa paradisiaca* L.) secara *in vitro*. Jurnal Kultivasi. 15(2): 74-80. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v15i2.11870>.
- Budi, R.S. 2020. Uji komposisi zat pengatur tumbuh terhadap pertumbuhan eksplan pisang barangan (*Musa paradisiaca* L.) pada media MS secara *in vitro*. BEST Journal. 3(1): 101 – 111. <https://doi.org/10.30743/best.v3i1.2475>
- Dwiyani, R. 2015. Kultur Jaringan Tanaman. Bali: Pelawa Sari.
- Eriansyah, M., Susiyanti, dan Putra. 2014. Pengaruh pemotongan eksplan dan pemberian konsentrasi air kelapa terhadap pertumbuhan dan perkembangan eksplan pisang ketan (*Musa paradisiaca*) secara *In vitro*. Agrologia. 3(1): 54 –61. <http://dx.doi.org/10.30598/a.v3i1.260>
- Fitramala, E., E. Khairunisa, N. R. Djuita, H. Sunarso, dan D. Ratnadewi. 2016. Kultur *in vitro* pisang (*Musa paradisiaca* L.) cv. kepok merah untuk mikropropagasi cepat. Menara Perkebunan. 84(2): 69 – 75. <https://dx.doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v84i2.221>
- Frick, E.M. dan L. C. Strader. 2017. Roles for IBA-derived auxin in plant development. Journal of Experimental Botany. 69 (2) : 169 –177. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx298>
- Hapsoro, D., dan Yusnita. 2018. Kultur jaringan teori dan praktik. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Hayati, S. K., Y, Nurchayati, dan N. Setiari. 2010. induksi kalus dari hipokotil alfalfa (*Medicago sativa* L.) secara *in vitro* dengan penambahan benzyl amino purine (BAP)

- dan a-naphtalene acetic acid (NAA). *Bioma*. 1(12): 6 –12. <http://doi.org/10.14710/bioma.12.1.6-12>
- Hindersah R., dan E. Suminar. 2019. Kendala dan metode budidaya pisang di beberapa kebun petani Jawa Barat. *Agrologia*. 8(2): 55 – 62. <http://dx.doi.org/10.30598/a.v8i2.1010>
- Hutami, S. 2008. Ulasan masalah pencoklatan pada kultur jaringan. *Jurnal AgroBiogen*. 4(2): 83 – 88. <http://dx.doi.org/10.21082/jbio.v4n2.2008.p83-88>
- Jafari, N., R.Y. Othman, dan N. Khalid. 2011. Effect of benzylaminopurine (BAP) pulsing on *in vitro* shoot multiplication of *Musa acuminata* (banana) cv. Berangan. *African Journal Biotechnology*. 10 (13) : 2446 – 2450. <https://doi.org/10.5897/ajb10.1149>
- Latunra A. I., A. Masniawati, Baharuddin, W. Aspianti., dan M. Tuwo. 2017. Induksi kalus pisang barangan merah *Musa acuminata* colla dengan kombinasi hormon 2,4-D dan BAP secara *in vitro*. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 8(15): 53 – 61. <https://doi.org/10.20956/jal.v8i1.3925>
- Lathyfah U., dan E. R. S. Dewi. 2016. pengaruh variasi konsentrasi indole acetic acid (IAA) terhadap pertumbuhan tunas pisang barangan (*Musa acuminata* L. triploid AAA) dalam kultur *in vitro*. *Bioma*. 5 (1): 32 – 42. <http://doi.org/10.26877/bioma.v5i1.1492>
- Lestari, G.E. 2011. Peranan zat pengatur tumbuh dalam perbanyak tanaman melalui kultur jaringan. *Jurnal Agro Biogen*. 7 (1): 63 – 68. <http://dx.doi.org/10.21082/jbio.v7n1.2011.p63-68>
- Lukman dan Maryam. 2014. Sterilisasi eksplan pisang barangan (*Musa paradisiaca* L.) melalui teknik *in vitro* dengan perlakuan lama perendaman dan konsentrasi Klorok. *Jurnal Agrium*. 11 (2): 135 – 139. <https://doi.org/10.29103/agrium.v11i2.641>
- Mardiyah, Z. Basri, R. Yusuf, dan Hawalina. 2017. Pertumbuhan tunas angur hitam (*Vitis vinifera* L.) pada berbagai konsentrasi benzylamino purin dan indolebutyric acid. *J Agroland*. 24 (3): 181 – 189. <https://10.22487/j.24077607.2017.v24.i3.9486>
- Murashige, T. dan F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 15: 473 – 497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Ngomuo M., E. Mneney, P. A. Ndakidemi. 2014. The *in vitro* propagation techniques for producing banana using shoot tip culture. *American Journal of Plant Science*. 5: 1614 – 1623. <http://doi.org/10.4236/ajps.2014.511175>
- Nofiyanto, R. T., F. Kusmiyati, dan Karno. 2019. Peningkatan kualitas planlet tanaman pisang raja bulu (*Musa paradisiaca*) dengan penambahan BAP dan IAA pada media pengakaran kultur *in vitro*. *J. Agro Complex*. 3 (3): 132 – 141. <https://doi.org/10.14710/joac.3.3.132-141>
- Onuha, I. C., C. J. Eze, dan C. I. N. Unamba. 2011. *In vitro* prevention of browning in plaintain culture. *Online Journal of Biological Science*. 11(1): 13 – 17. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2011.13.17>

- Pamungkas, S. S. T. 2015. Pengaruh konsentrasi NAA dan BAP terhadap pertumbuhan tunas eksplan tanaman pisang cavendish (*Musa paradisiaca* L.) melalui kultru *in vitro*. Gontor Agrotech Science Journal. 2 (1): 31 – 45. <https://doi.org/10.321111/agrotech.v2i1.295>
- Prasetyorini. 2019. Kultur jaringan. Bogor: LPPM Universitas Pakuan.
- Purba, Y. F., Lubis Y., dan Saragi FH. 2020. Faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan pisang barangan di Kota Medan. Jurnal Ilmia Pertanian (JIPERTA). 2(2): 199 – 207. <https://doi.org/10.33059/jpas.v6i2.1893>
- Putriana, Gusmiaty, M. Restu, Musriati, dan N. Aida. 2019. Respon kinetin dan type eksplan jabon merah (*Antocephalus macrophyllus* (Roxb.) Havil) secara *in vitro*. Bioma: Jurnal Biologi Makassar. 4(1): 48 – 57. <https://doi.org/10.20956/bioma.v4i1.6363>
- Rainiyati, L., dan Kristiana. 2009. Peranan IAA dan BAP terhadap perkembangan nodul pisang (Musa AAB) Raja nangka secara *In vitro*. Jurnal Agronomi, 13(1): 35 – 40.
- Ramesh, Y., dan V. Ramassamy. 2014. Effect of gelling agents *in vitro* multiplication of banana var. Poovan. Int. J. Advanced Bio. 4(3): 308 – 311.
- Rugayah, D. Hapsoro, A. Ulumudin, dan F. W. Motiq. 2012. Kajian teknik perbanyakan vegetatif pisang ambon kuning dengan pembelahan bonggol (corm). Jurnal Agrotropika. 17(2): 58 – 65. <http://dx.doi.org/10.23960/ja.v17i2.4283>
- Sadat, M. S., L. A. M. Siregar, dan H. Setiado. 2018. Pengaruh IAA dan BAP terhadap induksi tunas mikro dari eksplan bonggol pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.). Jurnal Agroekologi FP USU. 6 (1): 107 – 112.
- Santoso, U., dan F. Nursandi. 2010. Kultur jaringan tanaman. UMM Press: Malang.
- Setiawan, A. W. 2019. Epidemimologi penyakit layu bakteri dan pengembangan kompleks spesies *Ralstonia solanacearum*. Jurnal Galung Tropika, 8(3). 243 – 270. <http://dx.doi.org/10.31850/jgt.v8i3.502>
- Sihotang S., E.H. Kardhinata, dan Riyanto. 2016. Stimulasi tunas pisang barangan (*Musa acuminata* L.) secara *in vitro* dengan berbagai konsentrasi IBA (indole-3butyric acid) dan BA (benzyladenin). BioLink. 3 (1): 18 – 30. <http://doi.org/10.31289/biolink.v3i1.808>
- Widiastoety, D. 2014. Pengaruh auksin dan sitokinin terhadap pertumbuhan planlet anggrek mokara. Jurnal Hortikultura. 24(3): 230 – 238. <http://dx.doi.org/10.21082/jhort.v24n3.2014.p230-238>
- Yuniati, F., S. Haryanti, E. Prihastuti. 2018. Pengaruh hormon dan ukuran ekaplan terhadap pertumbuhan mata tunas tanaman pisang (*Musa paradisiaca* var. Raja Bulu) secara *in vitro*. Buletin Anatomi dan Fisiologi. 3(1): 20 – 28. <https://doi.org/10.14710/baf.3.1.2018.20-28>