

**PENGARUH JENIS AUKSIN TERHADAP INDUKSI AKAR SUBKULTUR
TUNAS DELIMA HITAM (*Punica granatum L.*) SECARA *IN VITRO***

SKRIPSI

Oleh:
INTAN POPILIA
NIM.16620026



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**PENGARUH JENIS AUKSIN TERHADAP INDUKSI AKAR SUBKULTUR
TUNAS DELIMA HITAM (*Punica granatum L.*) SECARA *IN VITRO***

SKRIPSI

Oleh:
INTAN POPILIA
NIM.16620026

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH JENIS AUKSIN TERHADAP INDUKSI AKAR SUBKULTUR
TUNAS DELIMA HITAM (*Punica granatum L.*) SECARA *IN VITRO***

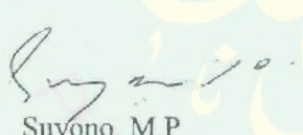
SKRIPSI

**OLEH :
INTAN POPILIA
NIM. 16620026**

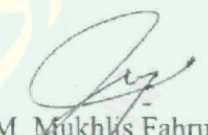
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal, 15 Desember 2020

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Suyono, M.P
NIP. 19710622 200312 1 002



Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I
NIPT.20142011409

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018200312 2 0 002

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH JENIS AUKSIN TERHADAP INDUKSI AKAR SUBKULTUR
TUNAS DELIMA HITAM (*Punica granatum L.*) SECARA *IN VITRO***

SKRIPSI

**OLEH :
INTAN POPILIA
NIM. 16620026**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima
sebagai Salah Satu Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal, 15 Desember 2020

Penguji Utama	Dr. Evika Sandi Savitri, M.P NIP. 19741018200312 2 0 002
Ketua Penguji	Ruri Siti Resmisari, M.Si NIDT. 19790123 20160801 2 063
Sekretaris Penguji	Suyono, M.P NIP. 19710622 2003121 002
Anggota Penguji	Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I NIPT. 2014011409

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018200312 2 0 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat, ni'mat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat sampai di titik ini dan menyelesaikan studi saya di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Agung, Nabi Muhammad SAW. yang telah membimbing dan menuntun kita kepada syariat-syariat agama islam, jalan yang diridhoi oleh Allah SWT.

Skripsi ini, saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya Bapak (Sumanto) dan Ibu (Marsini) yang selalu memberikan cinta, kasih sayang yang tanpa batas. Selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat, nasihat serta doa-doa yang tidak pernah putus.
2. Kakakku (Mas Wahyu) yang selalu memberikan motivasi, dukungan, nasihat, tempat berdiskusi dan selalu membuatku tersenyum di rumah
3. Terima kasih pada sahabat-sahabatku di UIN Malang, terutama "Bar-bar Squad" (Rika, Ihda, Lila, Mita, Rahmi), Tim Delima (Linalatil, Denis, Mita), Keluarga "ABIO" dan "GP" (Gading Putih) Biologi'16 tercinta. Terimakasih telah menemani, memberi warna di setiap hariku selama kuliah di UIN Malang.
4. Terima kasih kepada para dosen-dosen biologi UIN Malang, terutama Bapak Suyono, Ibu Azizatur Rahmah dan Ibu Ruri Siti Resmisari yang sudah membimbing dan menjadi orang tua saya di kota Malang ini.

Terima kasih kepada semua pihak yang sudah membantu dalam proses studi saya sampai terselesaikannya skripsi ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Semoga Allah selalu melimpahkan rahmat, ni'mat serta hidayah-Nya kepada kita semua. Aamiin.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.


Nama : Intan Popilia
NIM : 16620026
Jurusan : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Induksi Perakaran Subkultur Tunas Delima Hitam (*Punica granatum L.*) secara *in Vitro* pada Media MS dengan Penambahan Berbagai Macam Auksin

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar rujukan. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 30 Desember 2020

Yang membuat pernyataan,




Intan Popilia
NIM. 16620026

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.



MOTTO

الَّذِينَ ءَامَنُوا وَتَطْمَئِنُّ قُلُوبُهُمْ بِذِكْرِ اللَّهِ ۗ أَلَا بِذِكْرِ اللَّهِ تَطْمَئِنُّ
الْقُلُوبُ ﴿٢٨﴾

“(yaitu) orang-orang yang beriman dan hati mereka menjadi tentram dengan mengingat Allah. Ingatlah, hanya dengan mengingati Allah-lah hati menjadi tentram” (QS Ra’d: 28)

**“ORANG YANG PALING BAHAGIA DALAM HIDUP,
BUKAN YANG MENDAPATKAN SEMUANYA
NAMUN,
YANG PALING BERSYUKUR DI ATAS SEMUANYA”**

**~BOLEH LELAH,
TAPI JANGAN PERNAH MENYERAH~**

Pengaruh Jenis Auksin terhadap Induksi Akar Subkultur Tunas Delima Hitam (*Punica Granatum L.*) secara *in Vitro*

Intan Popilia, Suyono, M. Mukhlis Fahrudin

ABSTRAK

Delima merupakan salah satu buah surga yang disebutkan dalam Al Qur'an dan memiliki banyak manfaat bagi kesehatan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis auksin yaitu IAA, IBA dan NAA terhadap induksi akar subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum L.*) secara *in vitro*. Rancangan penelitian yang dilakukan merupakan penelitian ekperimental yang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini menggunakan kombinasi perlakuan yaitu jenis dan konsentrasi hormon auksin. Jenis auksin yang digunakan IAA, IBA dan NAA pada media dasar MS dengan berbagai konsentrasi yaitu 1 mg/L, 2 mg/L, 3 mg/L dan 4 mg/L serta perlakuan kontrol. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 39 unit percobaan. Eksplan yang digunakan hasil subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum L.*) sebanyak 2 kali. Eksplan diinduksi pada media MS dengan zat pengatur tumbuh IAA, IBA dan NAA kemudian diinkubasi selama 28 hari. Parameter pengamatan berupa data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif antara lain waktu muncul akar, persentase eksplan berakar, jumlah akar dan panjang akar. Data kualitatif berupa morfologi akar. Analisis data yang digunakan adalah analisis varian (ANOVA) dengan batas kepercayaan 95% menggunakan SPSS 16.0. Jika terdapat pengaruh dilanjutkan dengan uji DMRT 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan terbaik terdapat pada NAA 3 mg/L efektif waktu muncul akar pada 23 hari setelah tanam. Persentase eksplan berakar 77.73% dengan rerata jumlah akar 7.66 helai dan rerata panjang akar 10.66 mm.

Kata kunci: delima hitam (*Punica granatum L.*), hormon auksin, induksi akar, kultur in vitro

Effect of Auxin Type on Root Induction in Subculture of Black Pomegranate (*Punica Granatum L.*) Shoots *in Vitro*

Intan Popilia, Suyono, M. Mukhlis Fahrudin

ABSTRACT

Pomegranate is one of the fruits of heaven mentioned in the Qur'an and has many health benefits. The aim of this study was to determine the effect of auxin types, namely IAA, IBA and NAA on the induction of subculture roots of black pomegranate (*Punica granatum L.*) shoots *in vitro*. The research design carried out was an experimental study using a completely randomized design (CRD). This study used a combination of treatments, namely the type and concentration of the auxin hormone. The types of auxins used were IAA, IBA and NAA on MS basic media with various concentrations, namely 1 mg/L, 2 mg/L, 3 mg/L and 4 mg/L as well as control. Each treatment was repeated 3 times so that there were 39 experimental units. The explants used were the results of the black pomegranate (*Punica granatum L.*) shoots subcultures twice. The explants were induced on MS medium with growth regulators IAA, IBA and NAA and then incubated for 28 days. Observation parameters are in the form of quantitative and qualitative data. Quantitative data included root emergence time, percentage of root explants, number of roots and root length. Qualitative data is the form of root morphology. The data analysis used was analysis of variance (ANOVA) with a 95% confidence limit using SPSS 16.0. If there is an effect, continue with the 5% DMRT test. The results showed that the best treatment was found at 3 mg/L NAA, which was effective when the roots appeared 23 days after planting. The percentage of root explants was 77.73% with an average number of roots of 7.66 and an average root length of 10.66 mm.

Keywords: auxin hormone, black pomegranate (*Punica granatum L.*), *in vitro*, root induction

تأثير نوع أوكسين على تحريض جذور براعم الرمان الأسود (*Punica granatum L.*) في

المختبر

إنتان فوفيليا ، سويونو ، مُجّد مخلص فخر الدين

مستخلص البحث

الرمان من ثمرات الجنة المذكورة في القرآن و له فوائد صحية كثيرة. الهدف من هذه الدراسة هو تحديد تأثير نوع أوكسين ، أي حمض الخليك إندول (IAA) و حمض إندول - 3 الزبد (IBA) و حمض النفثالينيتيك (NAA) على تحريض الجذور الفرعية لثمار الرمان الأسود (*Punica granatum L.*) في المختبر. كان تصميم البحث الذي تم إجراؤه عبارة عن دراسة تجريبية باستخدام تصميم عشوائي بالكامل (RAL). استخدمت الباحثة في هذه الدراسة مجموعة من العلاجات ، وهي نوع و تركيز هرمون أوكسين. كانت أنواع أوكسين المستخدمة هي حمض الخليك إندول (IAA) و حمض إندول - 3 الزبد (IBA) و حمض النفثالينيتيك (NAA) على MS كوسط أساسي بتركيزات مختلفة ، و هي 1 مجم / لتر و 2 مجم / لتر و 3 مجم / لتر و 4 مجم / لتر بالإضافة إلى علاج التحكم. تم تكرار كل معاملة 3 مرات بحيث كان هناك 39 وحدة تجريبية. كانت النباتات المستأصلة المستخدمة هي نتائج زراعة نبتة الرمان الأسود (*Punica granatum L.*) مرتين. تم تحفيز المستكشفات على وسط MS مع منظمات نمو حمض الخليك إندول (IAA) و حمض إندول - 3 الزبد (IBA) و حمض النفثالينيتيك (NAA) ثم حضنت لمدة 28 يومًا. تكون معلمات المراقبة في شكل بيانات كمية و نوعية. تتضمن البيانات الكمية وقت ظهور الجذور ، و النسبة المئوية من إكسبلنتس الجذور ، و عدد الجذور و طول الجذور. البيانات النوعية في شكل مورفولوجيا الجذر. كان تحليل البيانات المستخدم هو تحليل التباين (ANAVA) بحد ثقة 95٪ باستخدام برمجيات SPSS 16.0. إذا كان هناك تأثير ، فاستمر في اختبار المدى المتعدد الجديد دونكان (DMRT) 5٪. أظهرت النتائج أن أفضل معاملة وجدت عند 3 مجم / لتر حمض النفثالينيتيك (NAA) ، و التي

كانت فعالة عندما ظهرت الجذور بعد 23 يومًا من الزراعة. كانت النسبة المئوية لأشجار الجذر 77.73% بمتوسط عدد جذور 7.66 و متوسط طول جذر 10.66 ملم.

الكلمات المفتاحية : الرمان الأسود (*Punica granatum L.*) ، هرمون أوكسين ، تحريض الجذر ، زراعة في المختبر



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji bagi Allah SWT. Yang Maha Rahman dan Rahim, yang dengan segala limpahan kasih sayang-Nya kehidupan di muka bumi ini dapat berjalan seimbang dan selaras. Dan dengan segala rahmat-Nya pula, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Jenis Auksin terhadap Induksi Akar Subkultur Tunas Delima Hitam (*Punica Granatum L.*) secara *in Vitro*”

Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan pada Nabi agung Muhammad SAW. yang mengajarkan syariat-syariat islam dan menuntun menuju jalan yang diridhoi Allah SWT. Semoga kita mendapatkan syafaatnya di akhirat nanti. Ucapan terimakasih penulis haturkan kepada beliau yang telah memberikan sumbangsuhnya dalam membantu menyelesaikan skripsi ini, diantaranya:

1. Bapak Suyono, M.P selaku dosen pembimbing Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
2. Bapak Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I selaku pembimbing integrasi agama Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
3. Kedua orang tua kami, yang telah mendukung kami baik dari segi moril maupun materiil.
4. Serta teman-teman seperjuangan yang selalu membantu dan memberikan semangatnya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat beberapa kesalahan. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik, saran dari pembaca agar dapat menjadi pelajaran berharga bagi penulis dalam memperbaikinya kemudian. Demikian skripsi ini, penulis berharap semoga dapat bermanfaat bagi kita semua dalam kehidupan sehari-hari.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 30 Desember 2020
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	vii
MOTTO	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
مستخلص البحث	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Hipotesis.....	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Batasan Masalah.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Delima Hitam (<i>Punica granatum L.</i>).....	10
2.1.1 Delima dalam Perspektif Islam	10
2.1.2 Deskripsi Morfologi Delima Hitam (<i>Punica granatum L.</i>)	13
2.1.3 Klasifikasi Delima Hitam (<i>Punica granatum L.</i>).....	15
2.1.4 Manfaat dan Kandungan Delima Hitam (<i>Punica granatum L.</i>)	16
2.2 Kultur <i>in Vitro</i>	18
2.2.1 Kultur <i>in Vitro</i> untuk Perbanyak Tanaman	18
2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Kultur <i>in Vitro</i>	20
2.3 Induksi Perakaran pada Kultur Jaringan	23
2.4 Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh Auksin dalam Induksi Akar	26

BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Rancangan Penelitian	31
3.2 Waktu dan Tempat	32
3.3 Alat dan Bahan	32
3.3.1 Alat	32
3.3.2 Bahan	32
3.4 Prosedur Penelitian	32
3.4.1 Sterilisasi Alat	32
3.4.2 Pembuatan Media	33
3.4.3 Sterilisasi Ruang Tanam	33
3.4.4 Perbanyak Tunas	33
3.4.5 Subkultur tunas media MS 0	34
3.4.6 Induksi Perakaran	34
3.5 Analisis Data	35
3.6 Desain Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengaruh Jenis Auksin Terhadap Induksi Akar Delima Hitam (<i>Punica Granatum L.</i>)	38
4.2 Konsentrasi Jenis Auksin Yang Efektif dan Optimum Terhadap Induksi Akar Delima Hitam (<i>Punica Granatum L.</i>)	39
4.2.1 Konsentrasi Jenis Auksin yang Efektif	39
4.2.2 Konsentrasi Optimum Jenis Auksin	42
4.3 Morfologi akar	47
4.4 Dialog Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam	49
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Kandungan senyawa fitokimia dalam beberapa bagian tanaman Delima	17
2.4. Jenis-jenis auksin yang digunakan untuk rooting dan persentase penggunaannya di seluruh dunia.....	28
4.1 Hasil ANAVA pengaruh jenis auksin terhadap induksi akar subkultur tunas delima hitam (<i>Punica granatum</i> L.)	38
4.2 Hasil DMRT 5% pengaruh auksin terhadap induksi akar subkultur tunas delima hitam (<i>Punica granatum</i> L.)	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. A. Perawakan <i>Punica granatum</i> L. B. Bunga kuncup C. Bunga dan buah D. Buah muda	13
2.2. Buah dan biji delima hitam	14
2.3. Fase organogenesis pembentukan akar adventif	25
2.4 Struktur kimia <i>indole—3-acetic acid</i> (IAA) <i>indole-3-butyric acid</i> (IBA)	27
2.5 Struktur kimia <i>Naftalenasetat acid</i> (NAA)	27
3.1 Hasil Subkultur Tunas ke-2.....	34
4.1 Hasil analisis regresi pengaruh IAA, IBA dan NAA terhadap hari muncul akar subkultur tunas delima hitam (<i>Punica granatum</i> L.)	42
4.2 Hasil analisis regresi pengaruh IAA, IBA dan NAA terhadap persentase eksplan berakar subkultur tunas delima hitam (<i>Punica granatum</i> L.)....	43
4.3 Hasil analisis regresi pengaruh IAA, IBA dan NAA terhadap jumlah akar subkultur tunas delima hitam (<i>Punica granatum</i> L.)	45
4.4 Hasil analisis regresi pengaruh IAA, IBA dan NAA terhadap panjang akar subkultur tunas delima hitam (<i>Punica granatum</i> L.).....	46
4.5 Morfologi akar a. IAA 1 mg/L b. IAA 2 mg/L c. IAA 3 mg/L d. IAA 4 mg/L e. IBA 1 mg/L f. IBA 2 mg/L g. IBA 3 mg/L h. IBA 4 mg/L i. NAA 1 mg/L j. NAA 2 mg/L k. NAA 3 mg/L l. NAA 4 mg/L	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil pengamatan	66
2. Hasil SPSS	68
3. Perhitungan dan pengambilan larutan stok hormon auksin	72
4. Foto alat-alat penelitian.....	73
5. Foto bahan-bahan penelitian	75

DAFTAR SINGKATAN

Simbol/ Singkatan	Keterangan
ANOVA	Analisis Varian
atm	atmosfer
BA	Benzil Adenin
cm	centimeter
°C	derajat celcius
DMRT	Duncan Multiple Range Test
g	gram
HCl	Asam Klorida
HST	Hari Setelah Tanam
IAA	<i>Indole Acetic Acid</i>
IBA	<i>Indole 3-Butiryc Acid</i>
L	Liter
LAF	<i>Laminar Air Flow</i>
mg	miligram
ml	mililiter
MS	Murashige and Skoog
NAA	<i>Nephtalene Acetic Acid</i>
NaOH	Natrium Hidroksida
pH	power of Hidrogen
RAL	Rancangan Acak Lengkap
UV	Ultraviolet
ZPT	Zat Pengatur Tumbuh

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Makhluk hidup yang diciptakan Allah swt. di dunia ini salah satunya adalah tumbuhan. Berbagai macam tumbuhan telah tumbuh tersebar di bumi ini dengan semua keunikan dan karakteristiknya masing-masing. Bagian-bagian primer tumbuhan meliputi akar, batang dan daun. Allah telah memberikan gambaran baik buruknya tumbuhan tergantung pada akarnya pada Surat Ibrahim [14] ayat 24-26

أَلَمْ تَرَ كَيْفَ ضَرَبَ اللَّهُ مَثَلًا كَلِمَةً طَيِّبَةً كَشَجَرَةٍ طَيِّبَةٍ أَصْلُهَا ثَابِتٌ وَفَرْعُهَا فِي
السَّمَاءِ ﴿٢٤﴾ تُؤْتِي أُكْلَهَا كُلَّ حِينٍ بِإِذْنِ رَبِّهَا وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ لَعَلَّهُمْ
يَتَذَكَّرُونَ ﴿٢٥﴾ وَمَثَلُ كَلِمَةٍ خَبِيثَةٍ كَشَجَرَةٍ خَبِيثَةٍ اجْتُثَّتْ مِنْ فَوْقِ الْأَرْضِ مَا لَهَا
مِنْ قَرَارٍ ﴿٢٦﴾

Artinya: *“Tidakkah kamu perhatikan bagaimana Allah telah membuat perumpamaan kalimat yang baik seperti pohon yang baik, akarnya teguh dan cabangnya (menjulang) ke langit (24) Pohon itu memberikan buahnya pada setiap musim dengan seizing Rabbnya. Allah membuat perumpamaan-perumpamaan itu untuk manusia supaya mereka selalu ingat (25) Dan perumpamaan kalimat yang buruk seperti pohon yang buruk, yang telah dicabut dengan akar-akarnya dari permukaan bumi, tidak dapat tetap (tegak) sedikit-pun (26)”*

Adh-Dhahhak, Sa'id bin Jubair, Ikrimah, Mujahid dan mufasir lainnya dalam tafsir ibnu katsir mengatakan bahwa itu adalah perumpamaan amal perbuatan, perkataan yang baik dan amal shalih orang mukmin dan orang mukmin itu bagaikan pohon kurma, amal baik orang mukmin senantiasa diangkat pada setiap saat, setiap kesempatan, pada waktu pagi maupun petang. Perumpamaan kekafiran orang kafir tidak memiliki dasar, tidak memiliki keteguhan bagaikan

pohon al-hanzhal (buahnya pahit dan menyebabkan mencret) atau disamakan dengan asy-syaryan. (yang telah dicabut dengan akar-akarnya) diambil sampai akar-akarnya, (dari permukaan bumi tidak dapat tetap (tegak) sedikit pun) maksudnya pohon itu tidak punya akar sehingga tidak berdiri tegak dan teguh (Abdullah bin Muhammad bin Abdurrahman bin Ishaq Alu Syaikh, 2007). Akar merupakan salah satu bagian penting pada tumbuhan. Fungsi akar menyerap nutrisi yang dibutuhkan tumbuhan dari dalam tanah, selain itu juga sebagai penopang berdirinya tumbuhan agar tetap tegak di atas tanah.

Tumbuhan yang Allah ciptakan ternyata juga memiliki kandungan-kandungan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan obat untuk mengobati penyakit. Rosulullah bersabda:

حَدَّثَنَا مُحَمَّدُ بْنُ الْمُثَنَّى حَدَّثَنَا أَبُو أَحْمَدَ الزُّبَيْرِيُّ حَدَّثَنَا عُمَرُ بْنُ سَعِيدِ بْنِ أَبِي حُسَيْنٍ قَالَ حَدَّثَنِي عَطَاءُ بْنُ أَبِي رَبَاحٍ عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ مَا أَنْزَلَ اللَّهُ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً

Artinya: “Telah menceritakan kepada kami Muhammad bin al-Mutsanna telah menceritakan kepada kami Abu Ahmad Az Zubairi telah menceritakan kepada kami ‘Umar bin Sai’id bin Abu Husain dia berkata; telah menceritakan kepadaku ‘Atha’ bin Abu Rabah dari Abu Hurairah ra. Dari Nabi SAW beliau bersabda: “Allah tidak akan menurunkan penyakit melainkan menurunkan obatnya juga.” (HR Bukhari).

Hadist tersebut menjelaskan bahwa setiap Allah menurunkan sebuah penyakit, Allah juga yang dapat menyembuhkannya. Allah akan menurunkan penawar atau obat dari penyakit tersebut. Delima merupakan salah satu tumbuhan yang memiliki kandungan sebagai obat, baik dari buah, batang dan juga akarnya. Meskipun delima hitam (*Punica granatum* L.) memiliki manfaat yang banyak dalam kesehatan dan pengobatan beberapa penyakit, namun tanaman ini termasuk tanaman yang mulai jarang ditemui, karena kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai tanaman ini dan sulitnya mendapatkan bibit. Manusia sebagai kholifah di bumi ini, memiliki kewajiban dalam memelihara kelestarian alam ini, tidak

hanya sekedar memanfaatkan yang terdapat di alam, namun juga harus menjaga keseimbangan alam. Penelitian mengenai kultur jaringan delima hitam (*Punica granatum* L.) ini selain memberikan pengetahuan mengenai delima hitam (*Punica granatum* L.) yang kaya akan manfaatnya juga untuk mengetahui teknik perbanyakan tanaman delima ini agar didapatkan bibit yang unggul, menjauhkan tanaman ini dari kepunahan dan dapat terus dijumpai keberadaannya serta dimanfaatkan sebagaimana mestinya.

Delima berasal dari timur tengah merupakan jenis tanaman dikotil dari family Punicaceae yang telah dipercaya sebagai tanaman obat alami sejak 1550 SM (Ismail, Sestili, & Akhtar, 2012). Delima diperkirakan berasal dari Iran dan telah lama dikembangkan di daerah mediterania (Prestiandari, Hernawati, & Dewi, 2018). Kondisi sejuk dan panas delima dapat berbuah dengan baik serta delima akan tumbuh baik hingga ketinggian 1600 meter di atas permukaan laut (Husna, Samingan, & Iswadi, 2017). Daerah yang beriklim basah kualitas pertumbuhan tanaman delima serta buah yang dihasilkan menjadi rendah (Bramasto *et al.*, 2015). Tanaman delima memerlukan setidaknya daerah yang memiliki curah hujan tahunan 500 mm, terutama pada bulan musim semi dan musim gugur dalam pertumbuhan buah delima (Pakyürek, Al-Jabbari, & Yaviç, 2019).

Berdasarkan warna buahnya ada tiga jenis delima yang tersebar di Indonesia yaitu delima merah, delima putih serta delima hitam. Dari ketiga jenis delima tersebut yang memiliki rasa lebih manis dan segar adalah delima merah. Sedangkan delima putih rasanya kurang manis, lebih sepat dan kesat. Kandungan flavonoid yang tinggi sehingga menimbulkan rasa kesat pada delima putih (Sabrina, Sukanto, & Probosari, 2015). Rasa sepat pada bagian tanaman merupakan tanda bahwa terdapat kandungan senyawa tannin yang merupakan senyawa polifenol (Rakhmawati, Qadriyati, & Wijayanti, 2011). Keberadaan delima hitam tidak dikenal secara luas dan kini menjadi tanaman langka yang sulit dijumpai. Menurut para ahli, dibandingkan dengan delima putih, delima hitam memiliki khasiat yang lebih baik (Khasanah, 2011).

Delima memiliki peranan penting baik sebagai makanan, sebagai suplemen dalam pemenuhan gizi dan juga sebagai obat-obatan (Holland, Hatib, & Bar-ya, 2009). Aktivitas antioksidan pada delima sekitar 92% berasal dari senyawa tanin yang terhidrolisa (punicalagin, asam galat dan ellagic). Punicalagin merupakan komponen utama kulit delima. Punicalagin memiliki sifat anti inflamasi, anti kanker dan juga anti aterosklerosis (Aloqbi *et al.*, 2016). Bagian akar dan kulit batang delima mengandung senyawa fitokimia antara lain triterpenoid, ellagitannin (12%) dan 0.5-1% alkaloid yang terdiri dari *methylpelletierine*, *pelletierine* dan *pseudopelletierine* (Sandika & Ducha, 2012). Senyawa metabolit punicalin dan punicalagin juga terdapat pada bagian batang dan akar delima. Akar delima dapat dimanfaatkan sebagai obat batuk, obat mencret dan obat cacing (Suarsana, Kumbara, & Satriawan, 2015). Semakin banyaknya penelitian mengenai khasiat delima sehingga prospek dalam permintaan delima juga semakin meningkat baik pada pasar komersial lokal maupun internasional (Holland *et al.*, 2009).

Kendala dalam perbanyakan generatif delima disebabkan benih delima bersifat dormansi, embrio kosong dan embrio abnormal. Struktur benih delima sangat keras sehingga menghalangi masuknya air dan keluarnya embrio untuk berkecambah (Satya, Haryati, & Simanungkalit, 2015). Menurut Olmez, Fatih Temel, Gokturk, & Yahyaoglu, (2007), dalam penelitiannya diketahui perkecambahan benih delima mencapai 8% memerlukan waktu yang cukup lama yaitu 71 hari.

Perbanyakan delima melalui stek memiliki kendala adanya keterbatasan jumlah cabang sebagai bahan stek. Kendala lain dari metode stek adalah rawan terjadinya kontaminasi, produksi anakan yang tidak seragam, biaya yang dibutuhkan lebih mahal, memerlukan ruang yang luas serta dibutuhkan waktu 1 tahun untuk menumbuhkan anakan baru (Soukhak, Khalighi, & Ghaemmaghami, 2011). Perbanyakan delima secara signifikan dapat melalui multiplikasi dalam kultur jaringan (Chandra & Dhinesh Babu, 2010). Hasil cangkok juga memerlukan waktu cukup lama sekitar berumur 3 sampai 4 bulan menunggu perakaran tumbuh sempurna (Bramasto *et al.*, 2015). Teknik kultur jaringan dapat

digunakan sebagai alternatif dalam memperbanyak tanaman secara cepat, massal dan bebas penyakit.

Teknik kultur jaringan dapat menghasilkan tanaman baru namun tetap memiliki karakteristik yang sama dengan induknya, sebagai jalan keluar ketika terdapat masalah memperbanyak secara generatif dan dapat menghasilkan tanaman dalam jumlah banyak (El-Agamy, Mostafa, Shaaban, & El-Mahdy, 2009). Kultur jaringan adalah teknik menanam bahan tanaman baik berupa protoplas, sel, jaringan dan organ tanaman pada lingkungan yang aseptik terbebas dari mikroba misalnya dalam tabung reaksi atau botol yang steril (Taji, Dodd, & Williams, 2006). Prinsip dasar dalam kultur jaringan bersumber dari sifat totipotensi sel. Teori totipotensi sel dicetuskan pertama kali oleh Schwann dan Schleiden pada tahun 1838. Teori totipotensi sel (total genetik potensi) sel menjelaskan bahwa saat kondisi sesuai, setiap sel tanaman hidup dapat tumbuh dan berkembang menjadi tanaman utuh kembali karena memiliki informasi genetik dan perangkat fisiologis yang lengkap (Herawan & Leksono, 2018).

Menurut Ibrahim (2015), menyatakan bahwa terdapat 2 jalur dalam memperbanyak tumbuhan melalui teknik kultur *in vitro* yaitu jalur organogenesis dan embriogenesis somatik. Menurut Yusnita (2015), organogenesis merupakan proses ketika sel-sel eksplan tumbuh membentuk organ baru (tunas atau akar). Penelitian yang akan dilakukan menggunakan teknik kultur jaringan melalui jalur organogenesis.

Tahap induksi akar dalam kultur jaringan dilakukan setelah tunas-tunas sudah tumbuh sehingga dapat terbentuk plantlet. Induksi akar dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu *in vitro* dan *ex vitro* (di luar laboratorium) (Dwiyani, 2015). Induksi akar merupakan salah satu langkah penting dalam menunjang keberhasilan budidaya mikro. Tahapan ini berfungsi untuk mempersiapkan tanaman dari kondisi *in vitro* untuk dipindahkan di lingkungan *ex vitro*. Selain mempersiapkan rooting pada tunas, tahapan ini juga berfungsi untuk meningkatkan potensi tanaman pada saat aklimatisasi sehingga mampu bertahan hidup saat berada di lingkungan *ex vitro* (Kaviani, 2015).

Menurut Rossidy (2008), akar merupakan bagian penting dalam suatu tumbuhan. Akar pada setiap tumbuhan memiliki fungsi dan sifat khusus sesuai dengan keadaan dan cara hidup masing-masing tumbuhan. Saat fase embrio akar disebut dengan radikula. Induksi akar ditunjang dengan pemberian zat pengatur tumbuh auksin. Auksin diketahui dapat merangsang induksi akar dan pertumbuhan bibit banyak tanaman serta dapat juga meningkatkan daya kecambah. Jenis dan konsentrasi auksin yang digunakan dapat mempengaruhi persentase rooting dan panjang akar secara signifikan (Kaviani, 2015).

Auksin dibedakan menjadi 2 yaitu auksin endogen dan sintetis. Berdasarkan bahan aktifnya terdiri atas asam-asam indol (IAA dan IBA), asam-asam naphthalen (NAA dan NOA), asam-asam khlorophenoksi (2,4D dan 2,4,5-T), asam benzoic (Dicamba), dan asam-asam pikolinik (Tordon). Jenis auksin sintetis 2,4D, 2,4,5-T, Dicamba dan Tordon pada konsentrasi tinggi digunakan sebagai herbisida, karena bersifat fitotoksitasnya tinggi dapat mengganggu transkripsi DNA dan translasi RNA sehingga mengganggu enzim yang mempengaruhi pertumbuhan (Wiraatmaja, 2017).

Penelitian yang dilakukan menggunakan 3 jenis auksin yaitu IAA, IBA dan NAA, karena paling banyak digunakan dalam induksi akar dan dinilai sifat toksitasnya lebih rendah dibandingkan auksin lainnya. IAA (*Indole-3 acetic acid*) memiliki rumus kimia $C_{10}H_9NO_2$. IBA (*Indole-3 butyric acid*) memiliki rumus kimia $C_{12}H_{13}NO_2$. NAA (*α -Naphthalene acetic acid*) memiliki rumus kimia $C_{12}H_{10}O_2$ (Wiraatmaja, 2017). Auksin jenis IAA, IBA dan NAA memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. Aktivitas IAA dapat mempengaruhi lebar daun dan aktivitas fotosintesis tanaman. Selain itu IAA juga berfungsi untuk mengaktifkan translokasi karbohidrat saat proses sintesisnya (Naeem, Bhatti, Ahmad, & Yasin Ashraf, 2004).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa IAA memiliki aktivitas yang tidak stabil sehingga penggunaan auksin lain seperti IBA dan NAA semakin meningkat dikarenakan dinilai lebih efektif dalam respon morfogenetik tanaman dan lebih stabil dibandingkan IAA. Penggunaan IBA lebih disukai dalam induksi akar secara *in vitro* pada tanaman apel dan tanaman berkayu lainnya. NAA baru-

baru ini diketahui memiliki stabilitas jangka panjang yang lebih besar di media MS cair dibandingkan dengan IAA (Nissen & Sutter, 1990). NAA merupakan jenis auksin sintetik yang kuat. Namun, pemberian NAA pada konsentrasi yang tinggi justru dapat menghambat pertumbuhan akar dan akan membentuk kalus (Kaviani, 2015). Hormon sintetik *Indole Butyric Acid* (IBA) memiliki fungsi untuk inisiasi pertumbuhan akar dan untuk menghambat perkembangan tunas axillar. IBA dapat menginduksi pemanjangan sel sehingga dapat meningkatkan pemanjangan akar pula (Krishan Kumar Singh, 2017).

Tanaman herba konsentrasi auksin yang digunakan biasanya berkisar antara 0.5-2 mg/L sedangkan pada tanaman yang berkayu, konsentrasi auksin yang digunakan lebih tinggi yaitu antara 2-10 mg/L (Lestari, 2012). Berdasarkan penelitian Soukhak, Khalighi, & Ghaemmaghami (2011), pemberian IBA dan NAA dengan konsentrasi 1 dan 2 mg/L mendapatkan hasil rooting tertinggi yaitu 3,1 akar per eksplan pada delima kultivar Malasaveh. Hasil tersebut diperoleh pada perlakuan media setengah MS dengan penambahan IBA 2 mg/L. Sedangkan berdasarkan penelitian Guranna, Hosamani, Sathyanarayana, Hegde, & Hipparagi (2018), microshoot delima kultivar Bhagwa dengan penambahan NAA dan IBA mulai dari konsentrasi 0.5, 1, 2, 3 mg/L yang dikultur pada media setengah MS dan MS penuh, diperoleh hasil presentase rooting tertinggi yaitu 72,50% dan jumlah akar per plantlet yaitu 3,95 pada perlakuan setengah MS dengan penambahan IBA 3 mg/L.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dilakukan penelitian mengenai “Pengaruh Jenis Auksin terhadap Induksi Akar Subkultur Tunas Delima Hitam (*Punica Granatum* L.) secara *in Vitro*” untuk mengetahui pengaruh penambahan jenis auksin yaitu IAA, IBA dan NAA terhadap induksi akar delima hitam (*Punica granatum* L.).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini, antara lain:

1. Adakah pengaruh jenis auksin terhadap induksi akar delima hitam (*Punica granatum* L.)?

2. Apakah terdapat konsentrasi dan jenis auksin yang efisien dan optimum terhadap induksi akar delima hitam (*Punica granatum L.*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh jenis auksin terhadap induksi akar delima hitam (*Punica granatum L.*)
2. Mengetahui konsentrasi dan jenis auksin yang efisien dan optimum terhadap induksi akar delima hitam (*Punica granatum L.*)

1.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian adalah

1. Terdapat pengaruh jenis auksin terhadap induksi akar delima hitam (*Punica granatum L.*)
2. Konsentrasi dan jenis auksin yang efisien dan optimum berpengaruh terhadap induksi akar delima hitam (*Punica granatum L.*)

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Pemuliaan tanaman delima hitam (*Punica granatum L.*)
2. Mendapatkan bibit delima hitam (*Punica granatum L.*) yang lebih berkualitas dalam jumlah banyak serta dalam waktu yang relatif singkat
3. Memberikan informasi mengenai konsentrasi IAA, IBA dan NAA yang efektif dan optimum untuk menginduksi akar delima hitam (*Punica granatum L.*)

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian yang dilakukan antara lain:

1. Eksplan yang digunakan berasal dari hasil subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum L.*) yang telah di subkultur sebanyak 2 kali, memiliki 2 nodus dan ukuran yang seragam

2. Media dasar yang digunakan adalah media Murashige dan Skoog (MS)
3. Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) yang digunakan adalah IAA, IBA dan NAA
4. Konsentrasi IAA, IBA dan NAA yang digunakan antara lain 1 mg/L, 2 mg/L, 3 mg/L dan 4 mg/L
5. Parameter kuantitas akar delima hitam (*Punica granatum* L.) yang diamati antara lain hari muncul akar, persentase tumbuh akar, jumlah akar dan panjang akar. Parameter kualitatif yang diamati adalah morfologi akar
6. Analisis data yang digunakan yaitu analisis varian (ANAVA) dilanjutkan dengan analisis *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) 5%



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Delima Hitam (*Punica granatum L.*)

2.1.1 Delima dalam Perspektif Islam

Allah menciptakan tumbuh-tumbuhan yang baik di bumi ini, terbukti dari banyaknya tanaman-tanaman obat yang semakin berkembang pesat. Firman Allah dalam surat Luqman [31] ayat 10 menjelaskan sebagai berikut

وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿١٠﴾

Artinya: “.....Dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik”

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah telah menurunkan air hujan sehingga dari air hujan tersebut tumbuhlah tumbuh-tumbuhan yang baik, yaitu yang memiliki kebermanfaatan bagi kehidupan di bumi ini. Menurut tafsir Jalalayn menyatakan bahwa “Dan Kami turunkan” di dalam ungkapan ayat ini terkandung iltifat dari ghaibah, seharusnya “wa anzala” (air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik) dari jenis tumbuh-tumbuhan yang baik (Al-Mahalli & As-Suyuthi, 2010).

Delima termasuk tanaman yang istimewa. Banyak kandungan yang terdapat dalam buah delima yang dapat digunakan sebagai obat. Beberapa surat di dalam Al Qur’an menyebutkan mengenai buah delima (rumman) yaitu Surat Al An’am ayat 99 dan 141 serta Surat Ar Rahman ayat 68 (Khasanah, 2011).

Allah berfirman dalam surat Al-An’am [6] ayat 99:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرَجُ مِنْهُ حَبًّا مَاتِرًا كَبَابًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ ۗ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya: “Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman”

Menurut tafsir Ibnu Katsir yang ditahqiq oleh Abdullah bin Muhammad bin Abdurrahman bin Ishaq Alu Syaikh (2007) menyebutkan bahwa firman Allah وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ “Dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan tidak serupa.” Qatadah dan ulama lainnya mengatakan “Yaitu kesamaan dalam daun dan bentuk, dimana masing-masing saling berdekatan, tetapi mempunyai perbedaan pada buahnya, baik bentuk, rasa maupun sifatnya. Firman-Nya أَنْظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ “Perhatikanlah buahnya pada waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya.” Al-Barra’ bin ‘Azib, Ibnu’Abbas, adh-Dhahhak, ‘Atha’ al-Khurasani, as-Suddi, Qatadah dan ulama lainnya mengatakan: “Maksudnya, pikirkanlah kekuasaan Penciptanya, dari tidak ada menjadi ada, setelah sebelumnya berupa sebuah kayu (pohon), kemudian menjadi anggur dan kurma dan lain sebagainya, dari berbagai ciptaan Allah, berupa berbagai warna, bentuk, rasa dan aroma.” Oleh karena itu, di sini Allah berfirman إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ “Sesungguhnya pada yang demikian itu,” hai sekalian umat manusia. لَآيَاتٍ “Ada tanda-tanda.” Yaitu, bukti-bukti kesempurnaan kekuasaan Penciptanya, hikmah dan rahmat-Nya. لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ “Bagi orang-orang yang beriman.” Maksudnya, mereka yang membenarkan-Nya dan mengikuti para Rasul-Nya. Setiap tumbuhan yang Allah ciptakan memiliki karakteristik dan keistimewaan masing-masing. Buah zaitun dan delima disebutkan pada ayat di atas memiliki kesamaan dari morfologi luarnya, namun memiliki perbedaan seperti warna, bentuk, rasa dan kandungannya pun juga akan

berbeda. Perbedaan tersebutlah yang menjadikan keistimewaan bagi buah-buah tersebut.

Allah berfirman dalam Surat Al-An'am [6] ayat 141:

وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أُكْلُهُ
وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُتَشَابِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ ۚ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَآتُوا حَقَّهُ يَوْمَ
حَصَادِهِ ۗ وَلَا تُسْرِفُوا ۚ إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ ﴿١٤١﴾

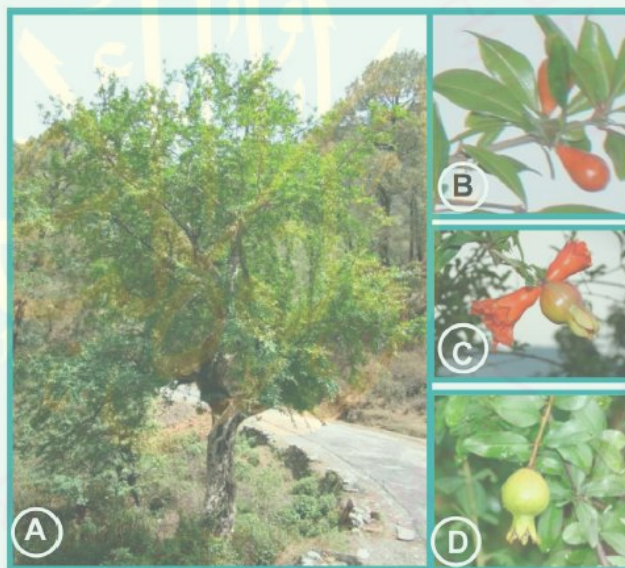
Artinya: “Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebon yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon korma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya). Makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekahkan kepada fakir miskin) dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan”

Menurut Abu Ja'far dalam tafsir Ath-Thabari (2008) ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah yang menciptakan pohon kurma, tanaman-tanaman yang menghasilkan berbagai macam buah-buahan yang dapat dimakan, biji-bijian, zaitun dan juga pohon delima. Dari semuanya itu ada yang memiliki rasa asam, manis serta manis-manis asam. Kata “mutasyabihan ghoiron mutasyabih” memiliki maksud bila dipandang bagian luarnya tampak serupa namun tidak serupa apabila dirasakan. Menurut tafsir M. Quraish Shihab (2011) perintah makan pada ayat tersebut bermaksud ijin memakannya, bukan suatu kewajiban. Sedangkan kata “idza” yang memiliki makna waktu, menunjukkan buah tersebut tidak selalu ada sepanjang tahun, selain itu mengisyaratkan bolehnya untuk memakan buahnya sebelum menunaikan haknya (kewajiban menunaikan zakat). Buah kurma, delima dan zaitun memiliki keistimewaan dibandingkan dengan buah-buah lainnya karena begitu jelas disebutkan di dalam Al Qur'an. Buah-buahan tersebut memiliki manfaat yang baik untuk kesehatan sehingga dianjurkan untuk mengonsumsinya dan menunaikan haknya dengan memberikan kepada orang-orang yang tidak mampu.

2.1.2 Deskripsi Morfologi Delima Hitam (*Punica granatum L.*)

Delima hitam memiliki habitus perdu yang tingginya antara 2 sampai 5 meter. Batang delima hitam berkayu memiliki banyak percabangan, ranting berbentuk persegi, kadang juga terdapat duri, saat masih muda berwarna cokelat dan berwarna hijau kotor setelah tua (Andriani, 2016). Cabang-cabang pohon delima kaku, bersudut dan biasanya berduri (Kheyrodin & Sadafkheyrodin, 2017).

Daun delima hitam tergolong daun tunggal yang letaknya berhadapan (*folium opposita*). Daun tidak memiliki daun penumpu, bangun daun lonjong sampai lanset, ujung daun tumpul, pangkal daun runcing dan memiliki tepi rata (*integer*). Daun berwarna hijau dengan tulang daun menyirip (Andriani, 2016).



Gambar 2.1. A. Perawakan *Punica granatum L.* B. Bunga kuncup C. Bunga dan buah D. Buah muda (Teixeira *et al.*, 2013)

Delima memiliki bunga tunggal dengan tangkai pendek, bunga biasanya terdapat di ketiak daun paling atas atau di ujung ranting (Noor, Si, & Sc, n.d.). Bunga memiliki ukuran yang besar dan biasanya berwarna merah, putih atau beraneka ragam serta bentuk kelopaknya menyerupai tabung (Parashar & Badal,

2018). Simetri bunga *actinomorphic*, memiliki kelamin biseksual, termasuk dalam bunga terminal ataupun aksilar yang letaknya soliter atau ada juga beberapa yang cluster. Hypanthium bunga berwarna cerah, kelopak berbentuk tabung 5-8 sepal, persisten, valvate, berdaging dan memiliki 5-7 petal yang tersusun imbricate yang berwarna orange kemerahan berbentuk lanset. Bunga terdapat banyak benang sari dan filament yang bebas, anther dorsifiks, serat aperturate. Letak ovarium lebih rendah dibagian bawah dengan terdapat banyak ovula dan anatropous (Rana, Narzary, & Ranade, 2010).

Bentuk buah delima heksagonal bulat yang berdiameter antara 5 sampai 12 cm dengan berat 200 g. Buah delima memiliki kulit yang tebal untuk melindungi isi di dalam biji yang mengandung sekitar 600 arils yang didalamnya terdapat biji delima (Zarfeshany, Asgary, & Javanmard, 2014). Buah delima terlihat menyerupai buah berry jenis balausta. Bagian dalam buah terdapat ruang multi ovule yang dipisahkan septum atau dinding selaput dan memiliki mesocarp berdaging. Ruang-ruang di dalam buah delima diisi oleh biji-biji delima yang terbungkus oleh arils (selaput biji). Sel epidermis yang terdapat di luar benih memanjang dan membesar dalam arah radial sehingga berkembang menjadi arils. Setiap varietas delima memiliki warna arils yang bervariasi dari putih hingga merah tua (Kv & Ramasamy, 2016).



Gambar 2.2. Buah dan biji delima hitam (Dokumentasi pribadi)

2.1.3 Klasifikasi Delima Hitam (*Punica granatum* L.)

Klasifikasi delima hitam (*Punica granatum* L.) adalah sebagai berikut (Noor & Asih, 2018):

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Rosidae
Ordo	: Myrtales
Famili	: Punicaceae
Genus	: Punica
Spesies	: <i>Punica granatum</i> L.

Genus *Punica* hanya memiliki 2 spesies yang terdiri dari *Punica granatum* dan *Punica protopunica* atau disebut juga delima socotran. Sesuai dengan namanya, delima socotran merupakan delima endemik yang hanya ada di pulau Socotra. Perbedaan antara *Punica granatum* dan *Punica protopunica* dapat dilihat dari bunga *Punica protopunica* memiliki bunga merah muda dengan ukuran yang lebih kecil dan rasa buahnya kurang manis dibandingkan dengan *Punica granatum*. Jumlah kultivar dari *Punica granatum* diperkirakan lebih dari 500 kultivar, meskipun begitu secara penampakannya memiliki persamaan dikarenakan genotipnya yang masih sama hanya berbeda secara penamaannya diseluruh dunia (Kheyrodin & Sadafkheyrodin, 2017).

Punica granatum berasal dari kata “Pomum” yang berarti apel dan “granatus” yang berarti kasar atau biji apel. Delima di Mesir kuno disebut dengan nama “Arhumani”. Pertama kali spesies ini disebut oleh orang romawi dengan nama “malum punicum” (*punic apple* atau *apple of carthage*) yang akhirnya berevolusi menjadi “*Punica granatum*” yang diberi nama oleh C. Von Linne (Chandra, Babu, Jadhav, & Teixeira, 2010).

2.1.4 Manfaat dan Kandungan Delima Hitam (*Punica granatum L.*)

Delima merupakan salah satu tanaman obat yang memiliki beragam manfaat. Senyawa fitokimia yang terkandung dalam batang dan akar delima yaitu alkaloid termasuk *isopelletierine*, *pseudopelletierine* dan *N-methylisopelletierine*, ellagotannin, *anthocyanidins*, pelargonidin, asam ellagic dan asam gallic (Kumari, Dora, Kumar, & Kumar, 2012).

Kulit buah delima ternyata juga mengandung beberapa senyawa fitokimia seperti alkaloid pelletieren, *betulic acid*, granatin, *ursolic acid*, elligatanin, isoquercitrin, triterpenoid, resin, pati dan kalsium oksalat (Noor & Asih, 2018). Kandungan antosianidin 30% dari semua antosianidin yang ditemukan di tanaman delima terdapat pada kulit delima (Kumari *et al.*, 2012).

Menurut ilmu kedokteran manfaat dari buah delima antara lain sebagai obat mata, ambeien, diare, cacingan, pelega nafas, radang lambung dan radang gusi (Khasanah, 2011). Buah delima kaya akan mineral, vitamin, antioksidan dan tanin. Sari buah delima juga banyak mengandung zat yang bermanfaat bagi kesehatan yaitu mineral (K dan Fe), vitamin (B dan C), antioksidan polifenol yang terdiri dari asam ellagic dan punicalagin yang dapat menurunkan kolesterol, menurunkan tekanan darah, mencegah serangan jantung dan stroke (Kaur & Kaur, 2016). Selaput biji delima sebagian besar terdiri atas air sebesar 85%, gula terutama fruktosa dan glukosa 10% dan 1.5% pectin, asam organik seperti *malicacid*, *ascorbicacid*, *citricacid* dan senyawa bioaktif (Viswanath, Sridevi, Venkataramudu, Naik, & Kumar, 2019).

Kandungan biji delima terdiri dari 12% hingga 20% minyak biji. Biji delima mengandung asam lemak tak jenuh ganda seperti linoleat, linolenat dan lipid lainnya seperti asam oleat, asam punik, asam stearat dan asam palmitat. Selain itu biji delima juga terdapat kandungan serat kasar, vitamin, protein, pectin, mineral, gula, isoflavon (terutama genistein), polifenol, coumestrol, *phytoestrogen*, steroid dan estron (Viswanath *et al.*, 2019).

Tabel 2.1. Kandungan senyawa fitokimia dalam beberapa bagian tanaman delima

Pomegranate peel	Pomegranate juice	Pomegranate root and bark	Pomegranate flower	Pomegranate leaves	Pomegranate seed
Gallic acid	Simple sugars	Ellagitannins	Gallic acids	Carbohydrates	3,3'-Di-O-methylellagic acid
Ellagic acid	Aliphatic organic acids	Piperidine alkaloids	Ursolic acid	Reducing sugars	3,3',4'-Tri-O-methylellagic acid
Punicalin	Gallic acid	Pyrrolidine alkaloid	Triterpenoids	Sterols	Punicic acid
Punicalagin	Ellagic acid	Pelletierine	Fatty acids	Saponin	Oleic acid
Caffeic acid	Quinic acid	Alkaloids		Flavonoids	Palmitic acid
Ellagitannins	Amino acids			Tannins	Stearic acid
Pelletierine alkaloids	Minerals			Piperidine alkaloids	Sterols
	EGCG			Flavone	Tocopherols
	Ascorbic acid			Glycoside	Sex steroids
				Ellagitannins	

(Sumber: Sreekumar, Sithul, Muraleedharan, Azeez, & Sreeharshan, 2014).

Banyak penelitian telah dilakukan mengenai kandungan delima sebagai antioksidan, anti kanker dan anti inflamasi. Delima dapat digunakan sebagai pencegahan dan pengobatan kanker, diabetes, penyakit gigi, penyakit kardiovaskular, disfungsi ereksi, resistensi antibiotik, infeksi bakteri, kerusakan kulit akibat radiasi sinar UV. Potensial lainnya delima dapat mengatasi iskemia otak bayi, penyakit alzheimer, infertilitas pria, obesitas, radang sendi, mengobati diare, disentri dan parasit usus. Perkembangan katarak atau penyakit mata lainnya dapat menggunakan obat tetes yang berasal dari biji delima (Bhowmik *et al.*, 2013). Bagian kulit delima dapat digunakan sebagai obat sakit perut akibat diare, wasir berdarah, cacingan, nyeri lambung, batuk berdarah, muntah darah, radang tenggorokan, pendarahan rahim, keputihan dan radang telinga. Penyakit diare, disentri, kardiotonik, anemia, gangguan gigi, batuk dan kemandulan dapat menggunakan bagian bunga delima sebagai obat. Daging buah delima juga dapat

dimanfaatkan sebagai obat diantaranya obat sariawan, menurunkan berat badan, menurunkan tekanan darah dan mengobati perut kembung (Suarsana *et al.*, 2015).

2.2 Kultur *in Vitro*

2.2.1 Kultur *in Vitro* untuk Perbanyakan Tanaman

Metode mengisolasi bagian tanaman baik berupa sel, jaringan atau organ dan membudidayakannya dalam lingkungan yang terkendali (*in vitro*) serta aseptik, sehingga bagian tanaman dapat beregenerasi menjadi tanaman yang utuh kembali disebut dengan teknik kultur jaringan tanaman (Sulistiani & Yani, 2018). *In vitro* berasal dari bahasa Latin yang artinya ‘di dalam gelas’, hal tersebut menggambarkan proses kultur yang dilakukan di dalam tabung gelas atau botol kultur agar menciptakan lingkungan yang terkendali meskipun berada di luar tubuh makhluk hidup (Dwiyani, 2015).

Kultur jaringan merupakan salah satu metode untuk memperbanyak tanaman secara vegetatif mikro tanpa adanya fertilisasi antara sel kelamin jantan dan betina. Vegetatif mikro berbeda dengan vegetatif makro seperti stek, cangkok dan okulasi karena pada vegetatif mikro dilakukan secara *in vitro* (diletakkan dalam botol kultur) (Herawan & Leksono, 2018). Teori totipotensi sel (*cellular totipotency*) menjadi dasar dari adanya teknik kultur jaringan tumbuhan. Teori tersebut menerangkan bahwa setiap sel tumbuhan memiliki potensi beregenerasi menjadi tumbuhan yang lengkap kembali (Dwiyani, 2015).

Teknik dalam kultur jaringan untuk memperbanyak tanaman terdapat 2 jalur yaitu embriogenesis somatik dan organogenesis. Eksplan yang tidak memiliki jaringan meristematik dapat diinduksi untuk membentuk tunas dengan teknik kultur jaringan organogenesis. Tunas hasil organogenesis disebut dengan tunas adventif, tunas tumbuh dibagian tanaman yang tidak pada umumnya yaitu seperti daun, kotiledon, batang antara nodus dan akar. Organogenesis dibagi menjadi dua organogenesis langsung dan tidak langsung. Organogenesis langsung terjadi ketika tunas tumbuh secara langsung dari eksplan. Sedangkan secara tidak langsung apabila eksplan tidak langsung membentuk tunas, melainkan kalus kemudian dari kalus tersebut tumbuh tunas adventif (Sulistiani & Yani, 2018).

Tahapan jalur organogenesis dalam kultur jaringan terdapat 6 tahap sebelum tanaman dapat dipindahkan ke lapang. Tahapan tersebut meliputi: 1) isolasi eksplan dari tanaman induk 2) sterilisasi eksplan 3) inisiasi eksplan 4) multiplikasi (perbanyak propagul) 5) induksi akar 6) aklimatisasi 7) pemindahan tanaman ke lapang (Dwiyani, 2015).

Isolasi eksplan dipilih dari tanaman induk yang terpelihara dan dalam keadaan sehat, bebas penyakit dan pertumbuhannya baik. Kondisi tersebut dapat mendukung keadaan aseptik pada kultur tetap terjaga. Pemeliharaan tanaman induk dapat dengan disemprotkan pestisida agar terhindar dari patogen serta diberi pupuk agar menunjang pertumbuhan vigor. Pertumbuhan tunas lateral tanaman induk jenis dikotil dapat dilakukan dengan cara penyemprotan ZPT jenis sitokinin dan pemangkasan tunas apikal (Dwiyani, 2015). Eksplan sebelum dapat ditanam di media harus dipastikan terhindar dari kontaminasi baik jamur maupun bakteri. Bahan kimia sistemik yang biasanya digunakan dalam tahap sterilisasi eksplan antara lain natrium hipoklorit (NaOCl), kalsium hipoklorit atau kaporit (CaOCl), sublimat (HgCl_2), hidrogen peroksida (H_2O_2) dan alkohol (Sukmadjaja & Mariska, 2003).

Eksplan yang sudah steril kemudian ditanam pada media kultur atau biasa disebut dengan tahap inisiasi eksplan. Menurut Dwiyani (2015) eksplan sebelum dilakukan inisiasi dipotong menjadi bagian yang kecil seperti bagian pangkal dan ujung daun. ZPT tertentu biasanya ditambahkan pada media tanam tergantung tujuan dilakukannya kultur. Kalus dapat terbentuk bila eksplan ditanam pada media induksi kalus salah satunya dengan ditambahkan 2,4D. Induksi tunas dapat ditanam pada media yang mengandung sitokinin atau GA3. Tunas hasil inisiasi dapat diperbanyak dengan subkultur yaitu tahap multiplikasi. Tahap ini dilakukan dengan cara memotong setiap ruas pada tunas kemudian ditanam pada media untuk perbanyak. Zat pengatur tumbuh yang biasanya digunakan dalam media multiplikasi yaitu berasal dari jenis sitokinin (Nursyamsi, 2010).

Tahapan induksi akar dilakukan dengan cara yaitu tunas hasil multiplikasi disubkultur pada media baru mengandung zat pengatur tumbuh jenis auksin agar dapat merangsang pertumbuhan akar (Sulistiani & Yani, 2018). Setelah plantlet

sudah tumbuh cukup besar di dalam botol dapat dilanjutkan pada tahap selanjutnya yaitu aklimatisasi. Tahap aklimatisasi merupakan proses dimana plantlet hasil kultur *in vitro* diadaptasikan ke lingkungan luar atau *ex vitro* baik secara morfologi maupun fisiologi. Penggunaan metode aklimatisasi yang sesuai sangat penting dilakukan. Jika tidak hati-hati dapat mengakibatkan kerugian, plantlet yang dikeluarkan tidak dapat beradaptasi pada lingkungan luar sehingga mengalami kematian. Lama proses aklimatisasi bergantung pada tanaman yaitu antara 4-6 minggu. Plantlet yang sudah memiliki akar saat diaklimatisasi memerlukan waktu yang lebih singkat dibandingkan plantlet yang belum memiliki akar ketika diaklimatisasi (Sulistiani & Yani, 2018).

2.2.2 Faktor yang mempengaruhi Kultur *in Vitro*

Kultur *in vitro* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain keadaan eksplan, media dasar kultur, zat pengatur tumbuh yang digunakan dan faktor lingkungan seperti suhu dan cahaya. Pemilihan eksplan dalam kultur jaringan harus memperhatikan beberapa hal yaitu meliputi kondisi tanaman, bagian organ tanaman yang digunakan, umur tanaman, mudah tidaknya mendapatkan bahan, waktu pengambilan, cara sterilisasi dan kemungkinan persentase kontaminasi dan ukuran potongan jaringan. Secara genotip, tanaman dikotil mampu memperbanyak diri lebih baik daripada monokotil, sedangkan tanaman gymnospermae memperbanyak dirinya terbatas kecuali ketika masih muda (Herawan & Leksono, 2018). Eksplan yang akan digunakan dalam kultur diusahakan berasal dari tanaman induk yang sehat dan kuat sehingga memiliki peluang keberhasilan yang lebih besar dibandingkan yang berasal dari tanaman yang sakit dan lemah (Taji *et al.*, 2006). Eksplan yang digunakan dalam kultur jaringan harus diperhitungkan karena setiap bagian tanaman memiliki respon yang berbeda terhadap zat pengatur tumbuh dan lingkungan kultur (Yusnita, 2015).

Jaringan embrionik dan jaringan yang masih muda memiliki daya memperbanyak yang lebih tinggi dibandingkan dengan jaringan yang sudah tua. Eksplan yang berasal dari sel, kumpulan sel dan jaringan meristem lebih sulit diinduksi dikarenakan ukurannya terlalu kecil. Eksplan berukuran lebih besar

seperti embrio atau tunas lebih mudah diinduksi pertumbuhan dan perbanyakannya karena lebih banyak kandungan makanan dan hormon (Herawan & Leksono, 2018). Kondisi kesterilan suatu eksplan yang akan ditanam dapat menentukan tingkat keberhasilan dalam kultur *in vitro*. Bagian tumbuhan yang akan dijadikan eksplan diusahakan yang minim kontaminasi. Tahap sterilisasi menjadi langkah awal yang penting dalam kultur *in vitro* (Sukmadjaja & Mariska, 2003).

Komposisi media dalam kultur jaringan dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan eksplan. Unsur hara yang umumnya dibutuhkan dalam media kultur jaringan meliputi unsur hara makro, unsur hara mikro, zat pengatur tumbuh, sukrosa dan bahan pematid. Pemilihan media kultur yang tepat tergantung pada jenis tanaman yang akan dikulturkan (Ibrahim, 2015). Menurut Orcutt & Nilsen (2000) dalam media tanam harus mengandung unsur-unsur utama seperti garam-garam anorganik, sumber energi, vitamin, karbon dan zat pengatur tumbuh. Garam anorganik terdiri dari unsur-unsur hara esensial. Unsur hara esensial merupakan unsur hara dibutuhkan tumbuhan dalam menyelesaikan siklus hidupnya, unsur hara tersebut tidak dapat digantikan dengan unsur hara yang lain serta bertindak sebagai komponen molekul anorganik atau sebagai kofaktor dalam reaksi enzim pada proses metabolisme tanaman. Garam anorganik terdiri dari unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara tersebut dibedakan berdasarkan takaran yang dibutuhkan oleh tumbuhan, unsur hara makro dibutuhkan tumbuhan dalam jumlah banyak (>5 mmol/L) sedangkan unsur hara mikro dibutuhkan tumbuhan dalam jumlah sedikit (<5 mmol/L). Unsur hara makro meliputi unsur nitrogen (N), fosfor (P), Pottasium (K), Magnesium, Sulfur (S) dan Kalsium (Ca). Unsur hara mikro antara lain unsur tembaga (Cu), besi (Fe), mangan (Mn), boron (B), molybdenum (Mo), Kobalt (Co) dan seng (Zn) (Sulistiani & Yani, 2018).

Jenis komposisi media dasar kultur jaringan yang biasanya digunakan seperti media Murashige and Skoog-1962 (MS), Vacin and Went (VW), Woody Plant Medium (WPM), White-1963, Gamborg (B5) dan Gresshoff and Doy-1972 (GD). Formulasi yang membedakan antar media-media kultur yaitu konsentrasi

dan sumber K, N dan P, rasio $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ dan konsentrasi hara mikro (Herawan & Leksono, 2018). Media yang paling banyak digunakan dalam kultur *in vitro* baik tanaman herba maupun berkayu yaitu media Murashige dan Skoog (MS) (Sukmadjaja & Mariska, 2003). Media MS mengandung konsentrasi garam mineral yang tinggi yang ditemukan oleh Murashige dan Skoog pada tahun 1962 (Taji *et al.*, 2006). Media MS awalnya dirancang sebagai media kultur tanaman tembakau, namun nutrisi media MS telah diakui dunia cocok untuk media kultur sebagian besar tanaman (Sulistiani & Yani, 2018). Kandungan unsur hara makro dan mikro pada media MS meliputi NH_4NO_3 , KNO_3 , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Na_2EDTA , $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , KI , $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Shintiavira, Soedarjo, Suryawati, & Winarto, 2012).

Keberhasilan kultur jaringan dipengaruhi juga oleh jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh yang digunakan. Penggunaan dari ZPT tersebut biasanya bergantung dari tujuan dan tahap kultur yang sedang dilakukan. Penambahan ZPT pada konsentrasi tertentu ke dalam media tanam akan mempengaruhi proses morfogenesis (G. Ali, Hadi, Ali, Tariq, & Khan., 2007). Umumnya kelompok hormon yang digunakan dalam kultur jaringan yaitu hormon sitokinin serta auksin (Astuti, 2014).

Media kultur jaringan sangat penting ditambahkan sumber karbon biasanya dalam bentuk sukrosa. Hal tersebut karena tanaman dalam kultur jaringan tumbuh secara heterotrop, tidak mampu mensintesis sumber karbon sendiri dalam jumlah yang cukup. Adanya sumber karbon dalam media kultur berfungsi menyediakan energi dan memenuhi bahan dalam membentuk molekul-molekul besar yang digunakan dalam pertumbuhan tanaman. pH media kultur biasanya berada dalam kisaran 5,6 hingga 5,8 atau dapat juga bergantung pada jenis tumbuhan yang akan dikultur. Apabila pH berada di bawah 5,2 maka terjadi masalah dalam pematangan medium dan apabila pH di atas 6,0 medium menjadi terlalu keras (Taji *et al.*, 2006).

Kondisi lingkungan tempat penyimpanan kultur *in vitro* dapat mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman yaitu seperti faktor ukuran wadah atau

botol kultur, faktor penyinaran seperti intensitas penyinaran, panjang penyinaran dan kualitas sinar (Herawan & Leksono, 2018). Suhu pada ruang inkubasi juga harus diperhitungkan, biasanya suhu diatur antara 20-25°C dengan penggunaan AC. Pengaturan cahaya biasanya menggunakan lampu fluorescent bercahaya putih baik plus bola incandescent maupun tabung Gro-Lux yang memiliki iradiasi antara 30-50 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$. Iradiasi yang cukup rendah sehingga dapat menunjang pertumbuhan morfologis normal tumbuhan walaupun tidak cukup untuk fotosintesis yang tidak terlalu penting dikarenakan di dalam media telah mengandung sukrosa untuk keperluan karbon. Fotoperioditas biasanya antara 12-16 jam adapula yang sampai 24 jam. Kultur dilakukan di ruang yang tertutup sehingga tingkat kelembaban tidak berpengaruh nyata terhadap tanaman (Taji *et al.*, 2006).

2.3 Induksi Perakaran pada Kultur Jaringan

Bagian pokok dalam suatu tumbuhan salah satunya adalah akar. Berbeda dengan bagian tumbuhan yang lainnya, akar umumnya terletak di dalam tanah. Akar tidak terdapat nodus, biasanya memiliki warna keputih-putihan atau kekuningan. Bagian ujung akar terus mengalami pertumbuhan dan memiliki bentuk meruncing yang berfungsi untuk memudahkan dalam menembus tanah. Arah tumbuh dari akar sendiri berlawanan dengan batang yaitu mengarah ke pusat bumi (geotrop) atau menuju ke air (hidrotrop) meninggalkan udara dan cahaya (Rossidy, 2008).

Tahap induksi akar dalam kultur jaringan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu secara *in vitro* atau *ex vitro*. Secara *in vitro* dilakukan dalam botol dengan media yang sudah ditambahkan zat pengatur tumbuh jenis auksin pada konsentrasi tinggi dan sitokinin dalam konsentrasi rendah atau bahkan nol. Sedangkan secara *ex vitro* dilakukan diluar botol saat tanaman diaklimatisasi. Produksi bibit secara komersial biasanya tahap induksi akar dilakukan secara *ex vitro* untuk menghemat biaya produksi (Sulistiani & Yani, 2018).

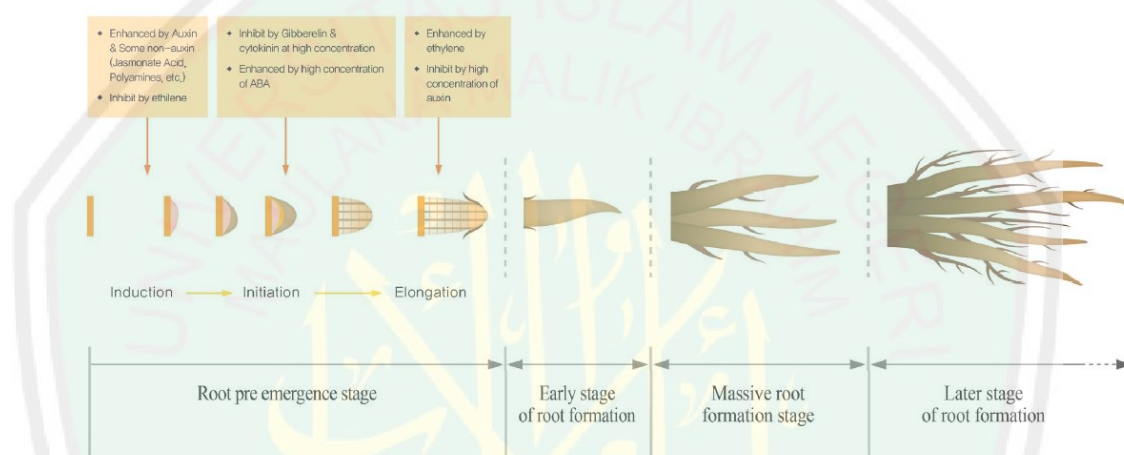
Pengakaran dalam kultur jaringan mengalami adaptasi ekofisiologis. Kondisi lingkungan kultur yang kondusif dengan tersedianya unsur hara tinggi

dan lingkungan aseptik yang terkontrol sehingga plantlet dapat dengan mudah mendapatkan kebutuhan zat hara. Hal tersebut menyebabkan sistem perakaran kurang berkembang dengan tidak terbentuknya salah satu organel akar yaitu rambut akar. Keberadaan rambut akar pada tanaman berfungsi untuk memperluas bidang penyerapan unsur hara (Putri & Herawan, 2018). Nutrisi yang tercukupi pada kondisi *in vitro* merangsang pertumbuhan akar lebih baik dan semakin banyak dilakukan subkultur (periode waktu yang lebih lama mendapatkan nutrisi yang cukup dalam kondisi *in vitro*) dapat menghasilkan perakaran *ex vitro* yang lebih baik (A. Singh & Agarwal, 2016).

Sistem perakaran dibagi menjadi 2 yaitu akar tunggang dan akar serabut. Akar tunggang memiliki akar primer yang tumbuh membesar dan memiliki cabang yang ukurannya lebih kecil. Akar tersebut terdapat pada jenis tumbuhan gymnospermae dan dikotil. Sedangkan akar serabut terdapat pada tumbuhan monokotil. Akar primer pada akar serabut tidak bertahan lama dan akhirnya mengering, di bagian dekat pangkal atau di dekat akar tersebut kemudian tumbuh akar baru atau akar adventif, Susunan keseluruhan dari akar adventif itulah yang dinamakan dengan akar serabut (Hidayat, 1995).

Berdasarkan (Zhang W. et al., 2017) pembentukan akar adventif terdapat 4 tahap yaitu 1) fase pre-emergence, terjadinya proses molekuler dan biokimia sebelum sitologi sampai munculnya akar primordial 2) fase awal perkembangan akar 3) fase pertumbuhan akar massif 4) fase akhir. Secara fundamental ekspresi gen dalam induksi akar adventif tanaman dipengaruhi oleh kompleks microRNA. Kompleks tersebut memiliki peran penting dalam regulasi mengendalikan faktor respon auksin pada tanaman. Meskipun begitu proses molekuler terutama gen pembentukan akar adventif ternyata masih belum diketahui (Rahmat & Kang, 2019). Perubahan radikula menjadi akar memerlukan bantuan rangsangan auksin yang diproduksi di bagian pucuk daun. Auksin dikirimkan melalui jaringan floem ke bagian bawah atau akar tanaman (Bey Y & Sutrisna, 2006). Pertambahan panjang akar prosesnya dimulai dari promeristem, sel bertambah besar dan berdiferensiasi menjadi sel terspesialisasi. Hal tersebut menyebabkan sebagian besar sel yang berada dibelakang pelebaran awal dari ujung akar mengalami

pemanjangan. Pembelahan periklinal serta pembelahan sel pada arah radial menyebabkan korteks bertambah lebar. Endodermis dan silinder pembuluh berasal dari differensiasi dari lapisan paling dalam, bagian perisikel bagian paling dahulu terlihat. Vakuola besar dihasilkan dari sel metaxilem yang yang membesar. Sel floem kemudian menjadi dewasa dan diikuti juga elemen protoxilem dan metaxilem sehingga xylem primer menjadi sempurna (Hidayat, 1995).



Gambar 2.3. Fase organogenesis pembentukan akar adventif (Rahmat & Kang, 2019)

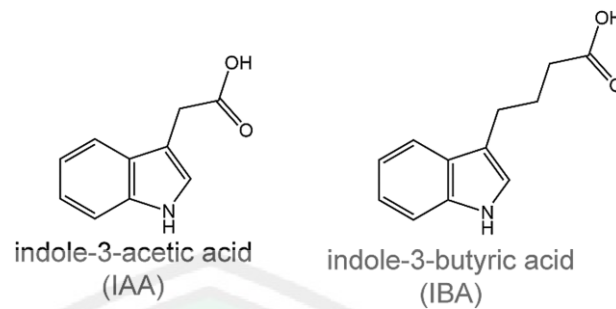
Kultur *in vitro* akar adventif dapat meningkatkan biomassa, potensi akumulasi dan senyawa bioaktif tanaman seperti fenol, terpenoid dan alkaloid. Kultur tersebut akan sangat berguna digunakan pada tanaman obat yang bagian akarnya berkontribusi sebagai bahan baku utama (Rahmat & Kang, 2019). Selain itu akar memiliki beberapa fungsi pada tumbuhan antara lain (Tjitrosoepomo, 2011): a) menguatkan tumbuhan untuk berdiri tegak b) menyerap air dan zat hara dari dalam tanah c) mengangkut air dan zat hara ke bagian tumbuhan yang membutuhkan d) pada beberapa tumbuhan, akar dijadikan sebagai tempat menyimpan cadangan makanan.

2.4 Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh Auksin dalam Induksi Akar

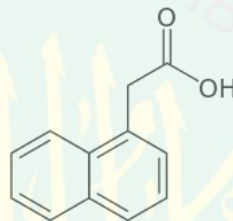
Hormon adalah senyawa organik yang disintesis di dalam jaringan tanaman. Tumbuhan memerlukan senyawa tersebut dalam konsentrasi yang sangat rendah untuk dapat memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Aktivitas biologis yang terdapat pada hormon diketahui juga terdapat pada molekul organik sintetik. Senyawa sintetik dan senyawa yang disintesis secara alami keduanya dikelompokkan sebagai zat pengatur tumbuh (Taji *et al.*, 2006). Penambahan zat pengatur tumbuh pada media tanam sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan diferensiasi tanaman. Penggunaan ZPT dengan konsentrasi yang tepat dapat membentuk kalus atau organ lainnya (Herawan & Leksono, 2018).

Aktivitas zat pengatur tumbuh dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi, genotip, jenis, struktur kimia, dan fase fisiologis dari tanaman. Penambahan zat pengatur tumbuh eksogen pada media kultur dapat meningkatkan konsentrasi zat pengatur tumbuh endogen yang terdapat di dalam sel tanaman sehingga merangsang pertumbuhan dan perkembangan jaringan yang lebih cepat (Endang G. Lestari, 2011).

Hormon auksin terdapat beberapa jenis meliputi *Indole Acetic Acid* (IAA), *Indole Butyric Acid* (IBA), α *Naphtaleneacetic Acid* (NAA) dan 2,4-dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D). Auksin endogen yang aktif di dalam tumbuhan adalah IAA. Hormon auksin IAA disintesis dalam jaringan meristematik yang masih aktif membelah seperti bagian tunas. Sedangkan auksin IBA dan NAA merupakan salah satu jenis auksin sintetik (Arimarsetiowati & Ardiyani, 2012). Aktifitas auksin dapat merangsang pemanjangan sel tanaman. Auksin merangsang protein tertentu pada membran plasma sel tumbuhan untuk memompa ion H⁺ ke dinding sel. Beberapa ikatan silang hydrogen rantai molekul selulosa penyusun dinding sel terputus diakibatkan ion H⁺ mengaktifkan suatu enzim tertentu. Air yang masuk ke dalam sel tumbuhan secara osmosis menyebabkan sel tumbuhan mengalami pemanjangan. Sel kemudian terus mengalami pertumbuhan dengan mensintesis material dinding sel dan sitoplasma (Salisbury & Ross., 1995).



Gambar 2.4 Struktur kimia *indole—3-acetic acid* (IAA) *indole-3-butyric acid* (IBA) (Frick & Strader, 2018)



Gambar 2.5 Struktur kimia *Naftalenasetat acid* (NAA) (“Asam 1-naftalenasetat,” n.d.)

Berbagai jenis auksin tersebut juga memiliki kelemahan masing-masing antara lain IAA pada konsentrasi yang tinggi menghasilkan efek yang berlawanan sehingga menyebabkan terhambatnya proses pertumbuhan pucuk dan akar. Aktivitas auksin pada IBA tergolong lemah dalam translokasi sehingga tetap berada pada daerah pemberian perlakuan. NAA memiliki tingkat toksisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan IBA. Pemberiaan NAA dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan pelukaan pada tanaman sehingga harus dihindari (Arimarsetiowati & Ardiyani, 2012).

Indole Butyric Acid (IBA) merupakan salah satu jenis auksin yang sering digunakan dalam induksi perakaran karena lebih efisien dibandingkan jenis auksin lain seperti IAA. IBA secara komersial diketahui sebagai auksin utama yang dimanfaatkan untuk inisiasi akar adventif (Farida & Muslihatin, 2017). Menurut

IBA memiliki kemampuan yang tinggi untuk mengendalikan proses inisiasi akar. Tingkat kestabilan tinggi dan toksisitas IBA dinilai lebih sedikit dibandingkan jenis auksin lain seperti NAA dan IAA (Kristina & Syahid, 2012).

Tabel 2.4. Jenis-jenis auksin yang digunakan untuk rooting dan persentase penggunaannya di seluruh dunia

Type of auxin	IBA	NAA	IAA	Without hormones
The percentage of the use	41.02	33.33	20.51	5.12

(Sumber: Kaviani, 2015)

Penelitian sebelumnya *Punica granatum* L. var Ganesh dalam stek batang perakaran tertinggi diperoleh pada perlakuan dengan penambahan IBA 5 g/L dengan jumlah akar primer 29, 26 dan panjang rata-rata akar 24,88 (K.K. Singh, 2017). Sesuai (Sarrou, Therios, & Dimassi-Theriou, 2014) setek batang *Punica granatum* cv Wonderful, IBA 1000 mg/L menghasilkan akar terpanjang, sedangkan penambahan 500 mg/L GA3 yang dikombinasikan dengan IBA 1000 mg/L akar menjadi lebih pendek. Penelitian El-Agamy *et al.*, (2009) *Punica granatum* 2 kultivar yaitu Manfalouty dan Nab El-gamal, penggunaan NAA konsentrasi 0,25 mg/L menghasilkan respon tertinggi yaitu 100% pada delima kultivar Nab El-gamal. Sedangkan pada delima kultivar manfalouty rooting tertinggi pada perlakuan IBA 0,25 mg/L. IBA dibandingkan NAA secara signifikan dapat meningkatkan jumlah rata-rata akar pada media WPM yaitu HSW dan FSW.

Induksi akar *in vitro* *Rhododendron radicans* J. J.Sm (Ericaceae) dengan penambahan IBA berbagai konsentrasi yaitu 0, 0,25, 0,5, 1,5 mg/L, presentase eksplan berakar terbaik yaitu 63,33% dengan panjang rata-rata akar 4,7 mm. Eksplan tersebut terdapat pada media dengan penambahan hormon IBA konsentrasi 1 mg/L (Warseno & Siswoyo Putri, 2018). Perakaran Kina (*Cinchona ledgeriana* Moens) dengan IBA konsentrasi 1,5, 2,0, dan 2,5 mg/L telah berakar 7

hari setelah inisiasi. Waktu berakar 14 hari terjadi pada konsentrasi 1,5 dan 2,0 mg/L. Sedangkan berdasarkan panjang dan jumlah akar terdapat pada perlakuan IBA konsentrasi 2,0 mg/L dengan jumlah akar 7,2 dan panjang akar 6,0 mm (Santoso, 2012). Induksi akar *Casuarina cunninghamiana* Miq. dengan penambahan IBA berbagai konsentrasi mulai 0, 2,5, 5, 10, 15, 20 μ M menghasilkan jumlah akar tidak berbeda secara signifikan yaitu 2,5, namun memiliki panjang rata-rata akar tertinggi 0,7 cm dan presentase rooting 68% pada perlakuan IBA 5 μ M (Shen, Castle, & Gmitter, 2010).

Berdasarkan penelitian P. Singh, Patel, & Kadam (2013) induksi perakaran pada *Punica granatum* L. cv. Ganesh pada media $\frac{1}{2}$ MS dengan pemberian 0,5 mg/L NAA+200 mg/L arang aktif memiliki jumlah akar terbanyak yaitu 4,17 dengan panjang 3,87 cm.

Induksi akar *Cannabis sativa* pada penelitian menunjukkan perbedaan antara perlakuan dengan IBA dan NAA. Akar pada perlakuan IBA lebih panjang dan lebih tipis jika dibandingkan dengan perlakuan NAA. Hasil penelitian tersebut menunjukkan IBA konsentrasi 0,1 mg/L memiliki pengaruh besar dalam pembentukan akar, peningkatan konsentrasi IBA justru menyebabkan berkurangnya pembentukan akar (Movahedi, Ghasemi-Omran, & Torabi, 2015). Induksi akar *Dendropanax morbifera* Lev. yang diberikan beberapa auksin (IBA, IAA dan NAA) dengan beberapa konsentrasi yaitu 0, 1, 3 dan 5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa induksi akar adventif terbaik terdapat pada perlakuan IBA dengan konsentrasi 3 mg/L pada media WPM cair (Sukweenadhi et al., 2019). Berdasarkan penelitian (Ling, Kok, Hussein, & Ong, 2009) induksi akar *Orthosipon stamineus* dengan menggunakan berbagai jenis auksin IBA, IAA dan NAA yang menggunakan konsentrasi 1, 3, 5 dan 7 mg/L. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa rooting tertinggi dari eksplan daun terdapat pada perlakuan IAA 3 mg/L, sedangkan pada eksplan akar rooting tertinggi pada perlakuan IBA 3 g/L sementara eksplan batang rooting lebih efisien pada IBA 5 mg/L.

Tectona grandis yang dibandingkan dengan perlakuan auksin yang berbeda IAA, NAA dan IBA dengan konsentrasi 0,5 dan 1 mg/L. Hasil penelitian

menunjukkan rooting terbaik pada IBA 1 mg/L dengan persentase induksi akar 78,3%, jumlah akar 17,4% dan panjang akar 67,2 mm. Kemudian diikuti dengan perlakuan NAA 1 mg/L dengan persentase induksi akar 65,2%, jumlah akar 14,1% dan panjang akar 52,3 mm. Terakhir diikuti dengan perlakuan IAA 1 mg/L dengan persentase induksi akar 41,0%, jumlah akar 11,4% dan panjang 34,6 mm (Kumar, 2017). Pemberian NAA konsentrasi 0,001-0,003 mg/L terhadap tanaman inggu dalam induksi akar memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan IBA. Interaksi dan keseimbangan antara hormon endogen dan zat pengatur tumbuh yang diberikan menentukan arah perkembangan kultur jaringan (Syahid & Kristina, 2014).

Induksi akar *Luffa acutangula* (L) Roxb. dengan penambahan berbagai auksin IAA, NAA dan IBA dalam berbagai konsentrasi menunjukkan hasil respon rooting tertinggi 76% pada perlakuan 1 mg/L IBA yang memiliki rata-rata panjang akar 5,01 cm (Umamaheswari, Ambethkar, Margaret, & Selvaraj, 2014). *Bacopa monnieri* dalam induksi akar menggunakan berbagai jenis auksin dengan berbagai konsentrasi berbeda. Hasil terbaik terdapat pada perlakuan 2 mg/L IBA dengan persentase maksimum 85,52% dan jumlah akar per tunas sebesar 38,55%. Perlakuan menggunakan IAA terbaik pada konsentrasi 2 mg/L dengan persentase pembentukan akar 71,47% dan jumlah akar per tunas 33,44%. Sedangkan pada perlakuan NAA terbaik pada konsentrasi 2 mg/L dengan persentase pembentukan akar 51,42% dan jumlah akar per tunas 20,7% (Dharishini, Krishna, & Balasubramanian, 2015).

Induksi akar pada kalus *Mentha piperita* dengan penambahan IBA dan IAA dalam konsentrasi yang berbeda. IBA menunjukkan respon yang lebih komparatif dibandingkan dengan IAA. IBA 1 mg/L menghasilkan respon tertinggi dengan persentase 90%, jumlah akar per eksplan 16,3, panjang akar 3,1 cm dan hari muncul akar lebih singkat yaitu pada hari ke 11-12 setelah tanam. Sedangkan perlakuan IAA paling baik pada konsentrasi 1,5 mg/L dengan persentase 85%, jumlah akar 12,6, panjang akar 3,0 cm dan hari muncul akar pada hari ke 12-13 hari setelah tanam (Islam & Alam, 2018).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang dilakukan merupakan penelitian ekperimental yang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini menggunakan kombinasi perlakuan yaitu jenis dan konsentrasi hormon auksin. Jenis auksin yang digunakan IAA, IBA dan NAA pada media dasar MS dengan berbagai konsentrasi yaitu 1 mg/L, 2 mg/L, 3 mg/L dan 4 mg/L serta perlakuan kontrol. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 39 unit percobaan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah berbagai macam auksin dan konsentrasi yang diberikan dalam perlakuan. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah suhu, cahaya dan media yang digunakan. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian adalah parameter hasil dari penelitian berupa data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif antara lain hari muncul akar, persentase tumbuh akar, jumlah akar, dan panjang akar. Data kualitatif berupa morfologi akar yaitu warna dan bentuk permukaan akar.

Perlakuan: Kontrol= MS 0 (tanpa hormon)

A1= IAA konsentrasi 1 mg/L

A2= IAA konsentrasi 2 mg/L

A3= IAA konsentrasi 3 mg/L

A4= IAA konsentrasi 4 mg/L

B1= IBA konsentrasi 1 mg/L

B2= IBA konsentrasi 2 mg/L

B3= IBA konsentrasi 3 mg/L

B4= IBA konsentrasi 4 mg/L

N1= NAA konsentrasi 1 mg/L

N2= NAA konsentrasi 2 mg/L

N3= NAA konsentrasi 3 mg/L

N4= NAA konsentrasi 4 mg/L

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian mengenai “Pengaruh Jenis Auksin terhadap Induksi Akar Subkultur Tunas Delima Hitam (*Punica Granatum L.*) secara *in Vitro*” dilakukan pada Agustus sampai November 2020. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Tumbuhan, Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain autoklaf, oven, *laminar air flow* (LAF), timbangan analitik, hot plate, stirrer, botol kultur, elenmeyer, gelas beker, gelas ukur 100 ml, pipet tetes, mikropipet, cawan petri, alat diseksi (pinset dan scalpel), *hand sprayer*, korek api, bunsen dan rak kultur.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain BA, IAA, IBA, NAA, media MS instan, gula, agar, aquades, plastik tahan panas petromax, karet, spirtus, alkohol 70%, alkohol 96%, *aluminium foil*, tisu, kertas label, indikator pH, NaOH dan HCl.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Sterilisasi Alat

Sterilisasi alat yang dilakukan ada 2 tahap, yaitu botol kultur, cawan petri, gelas beker, alat diseksi dicuci bersih dengan detergen cair dan dibilas dengan air bersih. Setelah itu, alat-alat tersebut dioven pada suhu 121°C selama 3 jam. Kedua, cawan petri dibungkus dengan kertas dan alat-alat diseksi dibungkus dengan *aluminium foil* kemudian alat-alat tersebut disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 30 menit.

3.4.2 Pembuatan Media

Prosedur yang dilakukan dalam pembuatan media yaitu ditimbang 4,43 gram media MS instan, 30 gram gula pasir dan 9 gram agar dengan menggunakan neraca analitik. Media MS dan gula kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker 1 liter dan ditambahkan aquades sampai volume larut menjadi 1 liter. Larutan dihomogenkan menggunakan *hot plate* dan *stirrer*. Larutan ditambahkan dengan hormon yang dijadikan perlakuan. Hormon BA digunakan dalam tahap multiplikasi, sedangkan hormon IAA, IBA dan NAA digunakan pada tahap induksi akar. pH diukur menggunakan indikator pH hingga mencapai pH 6, apabila pH terlalu asam maka dapat ditambahkan NaOH untuk menaikkan pH, sedangkan jika pH terlalu basa maka dapat ditambahkan HCl untuk menurunkan pH. Media ditambahkan agar dan dipanaskan dengan *hot plate* sampai mendidih sambil dihomogenkan dengan *stirrer*. Media diangkat dan dimasukkan ke dalam botol kultur serta ditutup dengan plastik tahan panas dan karet gelang. Media disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 30 menit.

3.4.3 Sterilisasi Ruang Tanam

Prosedur dalam sterilisasi ruang tanam yaitu meja LAF dibersihkan dengan disemprot alkohol 70%. LAF ditutup dan disterilkan dengan lampu UV selama 60 menit.

3.4.4 Perbanyakan tunas

Eksplan yang sudah tumbuh tunasnya disubkultur sebanyak 2x (Gambar 3.1) pada media multiplikasi dengan penambahan hormon BA 2,5 mg/L. Subkultur tersebut berguna untuk penyeleksian eksplan, perbanyakan dan penyeragaman eksplan yang akan digunakan dalam perlakuan selanjutnya. Setiap multiplikasi, tanaman diinkubasi selama 30 hari di rak kultur jaringan.



Gambar 3.1 Hasil Subkultur Tunas ke-2

3.4.5 Subkultur tunas media MS 0

Eksplan tunas dikeluarkan dari botol menggunakan pinset, dipindahkan pada cawan petri dan dibersihkan sisa-sisa media sebelumnya menggunakan tisu steril. Tunas yang menggerombol, dipisahkan dengan menggunakan scalpel. Eksplan ditanam di media MS 0 dan diinkubasi selama 1 minggu untuk menetralisasi efek dari media sebelumnya.

3.4.6 Induksi Perakaran

1. Subkultur tunas media perlakuan auksin

Eksplan tunas yang dipilih dengan kriteria memiliki 2 nodus dan ukuran yang relatif sama. Eksplan dikeluarkan dari botol menggunakan pinset, dipindahkan pada cawan petri dan dibersihkan sisa-sisa media sebelumnya menggunakan tisu steril. Tunas disubkultur kembali ke media yang sudah diberi perlakuan hormon IAA, IBA dan NAA. Setiap botol dimasukkan 3 eksplan tanaman. Botol ditutup dengan plastik dan karet.

2. Pemeliharaan

Eksplan kemudian dipindahkan ke ruang inkubasi dan diletakkan di rak kultur dengan suhu 21°C selama 28 hari. Rak tempat botol kultur disemprot alkohol 70% setiap 2 hari sekali. Pengamatan dilakukan setiap hari untuk mengetahui pertumbuhan eksplan.

3. Pengamatan dan Pengambilan Data

Variabel-variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah:

1. Secara Kuantitatif

a. Waktu muncul akar

Pengamatan dilakukan setiap hari untuk melihat pertama kali muncul akar dan pertumbuhan akar. Eksplan tumbuh akar dikategorikan ketika panjang akar telah lebih dari 1 mm.

b. Persentase tumbuh akar

Persentase eksplan diamati pada akhir pengamatan yaitu 4 minggu setelah tanam (HST). Eksplan yang tumbuh akar dengan kategori panjang akar lebih dari 1 mm. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Persentase eksplan berakar} = \frac{\text{eksplan yang berakar}}{\text{Jumlah eksplan}} \times 100\%$$

c. Jumlah akar

Jumlah akar diamati pada akhir pengamatan yaitu 4 minggu setelah tanam (HST). Akar yang dihitung dengan kategori telah memiliki panjang lebih dari 1 mm.

c. Panjang akar

Panjang akar diamati pada akhir pengamatan yaitu 4 minggu setelah tanam (HST). Panjang akar dihitung mulai dari pangkal sampai ujung akar.

2. Secara kualitatif

Data dianalisis berdasarkan pengamatan morfologi akar berupa warna dan bentuk permukaan akar.

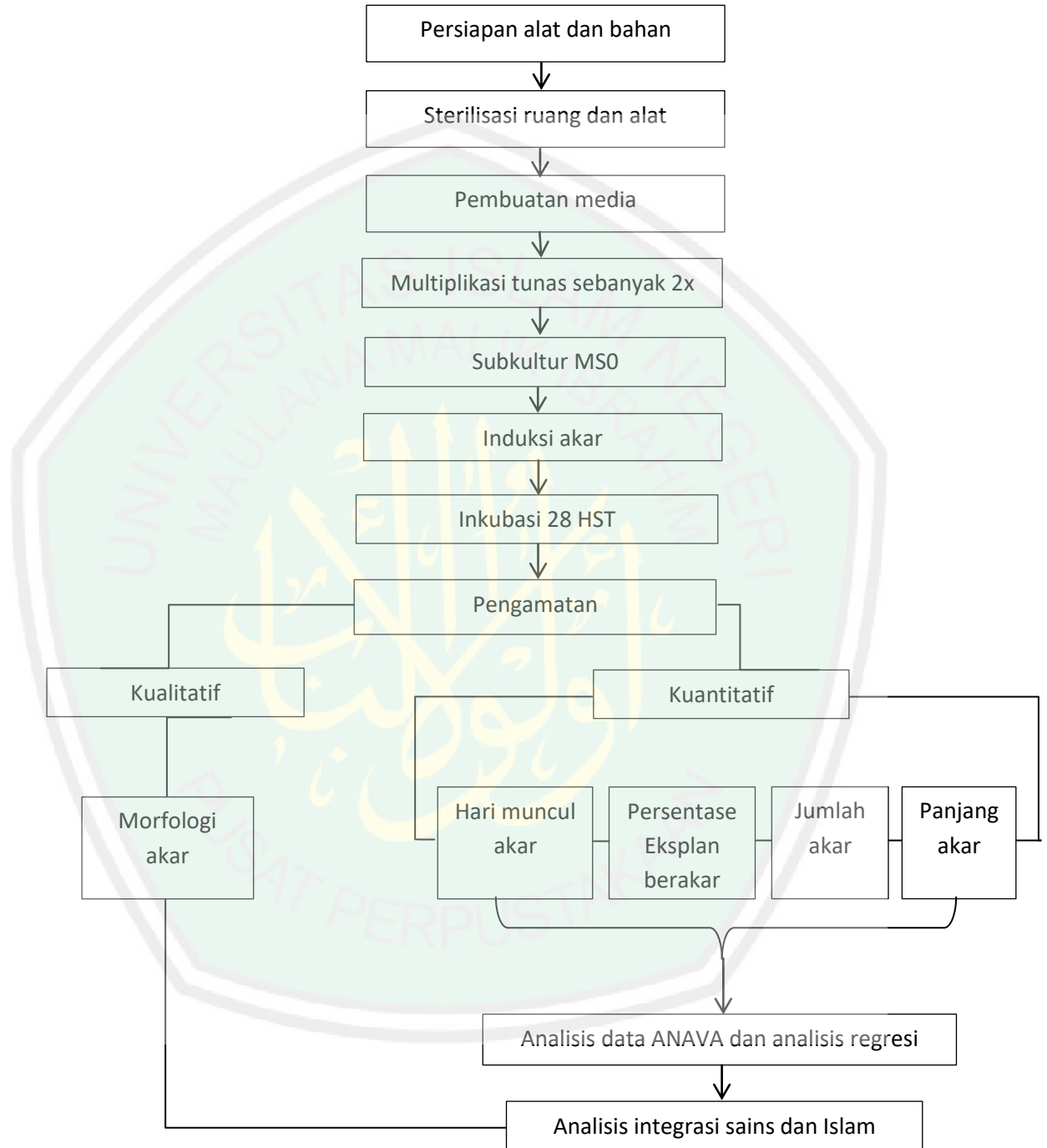
3.5 Analisis Data

Data pengamatan berupa data kuantitatif antara lain berupa hari muncul akar, persentase tumbuh akar, jumlah dan panjang akar. Analisis data menggunakan Analisis Variansi (ANOVA) dengan batas kepercayaan 95% menggunakan SPSS 16.0. Jika ada pengaruh maka dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) 5%. Kemudian untuk mengetahui konsentrasi optimal IAA, IBA dan NAA dilakukan analisis regresi.

Data pengamatan juga dianalisis dan diintegrasikan dengan ayat Al-qur'an dan Hadits sehingga didapatkan suatu hikmah dalam penelitian yang dilakukan yang berlandaskan nilai-nilai Islam. Segala yang diciptakan Allah tiada yang sia-sia, pasti ada nilai dan manfaatnya. Manusia sebagai kholifah di bumi ini harus senantiasa menjaga keseimbangan alam dan ciptaan Allah dengan sebaik-baiknya.



3.6 Desain Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Jenis Auksin Terhadap Induksi Akar Delima Hitam (*Punica Granatum L.*)

Induksi perakaran delima hitam dilakukan secara *in vitro* menggunakan berbagai macam auksin yaitu IAA, IBA dan NAA dengan konsentrasi 1, 2, 3 dan 4 mg/L dilakukan untuk mengetahui jenis auksin yang sesuai dan efektif dalam induksi perakaran delima hitam. Berikut data kuantitatif, hasil anava pengaruh auksin IAA, IBA dan NAA terhadap hari muncul akar subkultur tunas delima hitam (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Hasil ANAVA pengaruh jenis auksin terhadap induksi akar subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum L.*)

Variabel pengamatan	F hitung	F tabel 5%
Hari muncul akar	3.311	2.15
Persentase eksplan berakar	30.843	2.15
Jumlah akar	35.694	2.15
Panjang akar	67.830	2.15

Keterangan : Jika F hitung > F tabel 5%, artinya terdapat pengaruh

Dari hasil tersebut diketahui F hitung pada semua variabel pengamatan memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan F tabel 5%, sehingga dapat diketahui bahwa perlakuan menggunakan hormon IAA, IBA dan NAA tersebut berpengaruh terhadap hari muncul akar, persentase eksplan berakar, jumlah akar dan panjang akar subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum L.*). Adanya penambahan hormon auksin eksogen pada media kultur merangsang terjadinya peningkatan inisiasi akar dan pembentukan akar lebih cepat (Rahman, Fitriani, &

Hartati, 2017). Hormon auksin memiliki efek positif dalam merangsang rooting pada suatu tanaman, hal ini dikaitkan dengan stimulasi awal berupa pembelahan sel sebagai pemrakarsa terbentuknya akar. Hormon NAA dan IBA berpengaruh secara signifikan terhadap persentase perakaran, jumlah akar, panjang akar, bobot segar, bobot kering serta kecepatan perakaran *Azalea alexander's* (Mohana, Majd, Jafari, Kiabi, & Paivandi, 2014).

4.2 Konsentrasi Jenis Auksin Yang Efektif dan Optimum Terhadap Induksi Akar Delima Hitam (*Punica Granatum L.*)

4.2.1 Konsentrasi Jenis Auksin yang Efektif

Perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini memiliki pengaruh yang berbeda-beda, untuk mengetahuinya dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) 5%. Hasil uji lanjut DMRT 5% disajikan dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil DMRT 5% pengaruh auksin terhadap induksi akar subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum L.*)

Perlakuan	Hari muncul akar (HST)	Persentase akar (%)	Jumlah akar (Helai)	Panjang akar (mm)
Kontrol	-	-	-	-
IAA 1 mg/L	26,5 b	22,2 b	0,66 a	0,66 a
IAA 2 mg/L	26 b	33,3 b	1,33 ab	2,33 b
IAA 3 mg/L	27 b	11,1 a	0,33 a	0,33 a
IAA 4 mg/L	-	-	-	-
IBA 1 mg/L	25 b	11,1 a	2,33 bc	4 c
IBA 2 mg/L	25 b	33,3 b	2,66 cd	4 c
IBA 3 mg/L	23 ab	22,2 b	3,66 de	4,66 c
IBA 4 mg/L	25 b	22,2 b	1,33 ab	1,33 ab
NAA 1 mg/L	26,5 b	22,2 b	1 a	1,33 ab
NAA 2 mg/L	19,5 a	33,3 b	4 e	5 c
NAA 3 mg/L	23 ab	77,7 d	7,66 f	10,66 e
NAA 4 mg/L	24 b	44,4 c	4,33 e	9,33 d

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama, menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata berdasarkan DMRT 5%

Hormon auksin sering digunakan dalam merangsang pertumbuhan akar, dikarenakan hormon ini aktif dalam proses pembelahan dan diferensiasi sel. Setiap tanaman membutuhkan jenis dan konsentrasi auksin yang sesuai agar dapat merangsang pertumbuhan jumlah akar (Maryamah, Kusmiyati, & Anwar, 2019). Berdasarkan hasil DMRT 5% menunjukkan bahwa antara 3 auksin yang digunakan yaitu IAA, IBA dan NAA memiliki konsentrasi efektif masing-masing dalam beberapa variabel pengamatan induksi akar delima hitam (*Punica granatum* L.). Pada perlakuan kontrol (tanpa penambahan hormon) dan IAA 4 mg/L menunjukkan tidak adanya akar yang tumbuh. Sesuai Arimarsetiowati & Ardiyani (2012) IAA pada konsentrasi yang tinggi menghasilkan efek yang berlawanan sehingga menyebabkan terhambatnya proses pertumbuhan pucuk dan akar.

Berdasarkan hasil DMRT 5% tersebut diketahui perlakuan terbaik terdapat pada NAA 3 mg/L dengan hari muncul akar 23 hari setelah tanam, persentase eksplan berakar 77.7%, jumlah akar 7.66 helai dan panjang akar 10.66 mm. Berdasarkan penelitian Zaker, Abrishamchi, Asili, Mousavi, & Rezaee (2013) media MS yang ditambahkan dengan 2 mg/L NAA merupakan media terbaik untuk menumbuhkan akar adventif pada *Perovskia abrotanoides* Karel., pada perlakuan ini persentase eksplan yang berakar 84.61% dengan jumlah 46.4 ± 14.258 . Perbanyak stek *Gyrinops versteegii* (Gilg.) perlakuan terbaik ditunjukkan pada penambahan NAA 300 ppm dengan persentase stek berakar 63%, berat kering tunas 0.015 gram dan berat kering akar 0.023 gram, serta jumlah akar 14 helai (Nugraheni & Putri, 2018). Perlakuan akar terbaik ditemukan pada tunas *Elaeis guineensis*, yang diberikan 2 mM NAA menghasilkan frekuensi rooting sebesar 80% (Sumaryono & Riyadi, 2011).

Berdasarkan hasil DMRT 5% perlakuan dengan penambahan hormon IBA efektif pada IBA 3 mg/L, dengan hari muncul akar 23 hari setelah tanam, persentase eksplan berakar 22.2%, jumlah akar 3.66 helai dan panjang akar 4.66 mm. Sesuai Nazary Moghaddam Aghaye & Yadollahi (2012) Mikropropagasi Almond GF, induksi akar terbaik diperoleh jumlah akar 2,167 dan panjang rata-ratanya 11,2. Perlakuan yang diberikan dalam rooting tersebut yaitu dengan penambahan IBA konsentrasi 3 mg/L. Zaitun kultivar Moraiolo diberikan

perlakuan dengan penambahan IBA dan NAA masing-masing memiliki konsentrasi mulai dari 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 mg/L. Perlakuan IBA 1,5 mg/L ternyata menghasilkan rooting terbaik. Presentase eksplan sebesar 86,67% dengan jumlah akar 5,03 per eksplan dan rata-rata panjangnya 4,95 cm (A. Ali, Ahmad, Abbasi, & Hafiz, 2009).

Hasil dari DMRT 5% dari ketiga hormon yang digunakan, pada perlakuan dengan penambahan IAA memiliki rata-rata pertumbuhan akar yang paling rendah dibandingkan dengan NAA dan IBA. Sesuai Maryamah, Kusmiyati, & Anwar (2019) hormon IAA kurang stabil terhadap oksidasi dan cahaya, bila dibandingkan dengan IBA dan NAA. NAA dan IBA lebih efektif dalam induksi rooting daripada yang terjadi secara alami atau IAA sintetis. Sampai saat ini, hormon yang paling banyak dipakai dalam rooting yaitu hormon IBA dan NAA (Henrique, Campinhos, Ono, & De Pinho, 2006).

Perlakuan dengan penambahan hormon IAA efektif pada IAA 2 mg/L, dengan hari muncul akar 26 hari setelah tanam, persentase eksplan berakar 33.3%, jumlah akar 1.33 helai dan panjang 2.33 mm. Induksi perakaran kopi arabika, auksin IAA pada konsentrasi 0.1 mg/L menghasilkan akar terpanjang yaitu 4.31 mm. IAA pada konsentrasi rendah menghasilkan pemanjangan baik pada akar maupun tunas kopi arabika (Arimarsetiowati & Ardiyani, 2012).

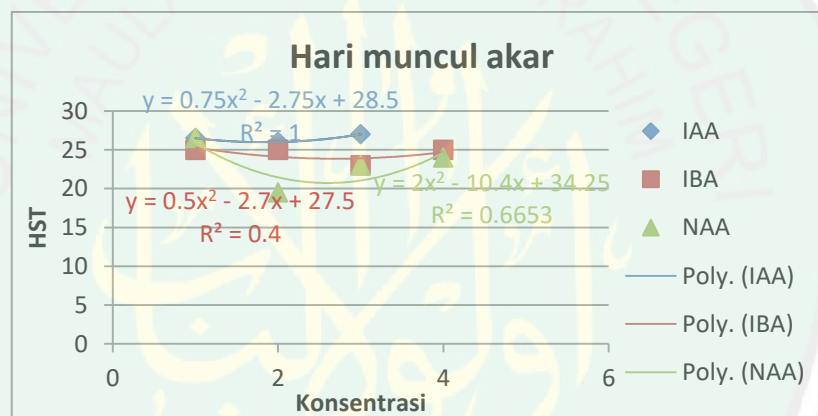
Semakin banyaknya jumlah akar pada suatu tanaman akan meningkatkan penyerapan unsur hara dan air yang berguna dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Sulasiah, Tumilisar, & Lestaria, 2015). Perawatan tanaman dengan menggunakan auksin dapat meningkatkan kualitas akar seperti meningkatkan jumlah akar primer dan sekunder (Sumaryono & Riyadi, 2011). Hormon auksin bermanfaat dalam merangsang pemanjangan sel, pembentukan akar adventif serta menghambat terbentuknya tunas aksilar dan tunas adventif (Ulfa & Isda, 2020).

Tingkat panjangnya akar pada tanaman menentukan kemampuan suatu tanaman tersebut dalam menyerap hara dan air bahkan pada daerah yang sulit mencapai air jika dibandingkan dengan tanaman yang akarnya pendek. Bertambah panjangnya akar pada tanaman dapat semakin memperkokoh tanaman serta

garam-garam mineral dan air akan dengan mudah diserap dan disalurkan ke batang dan daun (Sulasiah et al., 2015).

4.2.2 Konsentrasi Optimum Jenis Auksin

Keseimbangan zat pengatur tumbuh mulai jenis auksin yang digunakan dan dengan konsentrasi yang optimal serta formulasi media sangat diperlukan dalam induksi perakaran (Syahid & Kristina, 2014). Konsentrasi optimum dari berbagai auksin IAA, IBA dan NAA terhadap hari muncul akar dapat diketahui dengan analisis regresi. Hasil dari analisis regresi terdapat pada gambar 4.1.



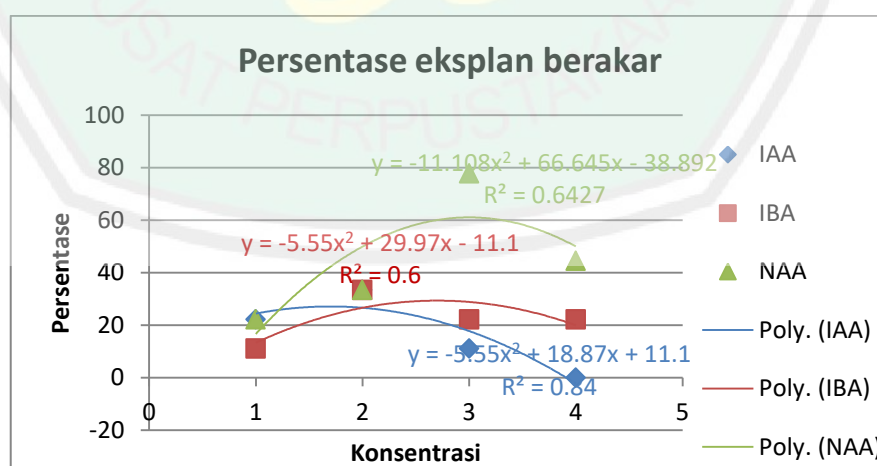
Gambar 4.1 Hasil analisis regresi pengaruh IAA, IBA dan NAA terhadap hari muncul akar subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum* L.)

Hasil analisis regresi menunjukkan perbedaan signifikan pada hormon IAA, IBA dan NAA. Hubungan antara konsentrasi IAA terhadap hari muncul akar membentuk pola persamaan kuadrat $y = 0.75x^2 - 2.75x + 28.5$. Grafik hormon IAA memiliki koefisien determinasi $R^2 = 1$, yang berarti hubungan antara penambahan IAA terhadap hari muncul akar yaitu sebesar 100%. Analisis diferensial persamaan IAA tersebut diperoleh titik balik terendah pada koordinat (1.833 ; 25.979) yang artinya pada konsentrasi hormon IAA yang digunakan yaitu 1.833 mg/L dengan hari muncul akar 25.979 hari setelah tanam.

Hubungan antara konsentrasi IBA terhadap hari muncul akar membentuk pola persamaan kuadrat $y = 0.5x^2 - 2.7x + 27.5$. Grafik hormon IBA memiliki koefisien determinasi $R^2 = 0.4$, yang artinya hubungan antara penambahan IBA terhadap hari muncul akar yaitu sebesar 40%. Analisis diferensial persamaan IBA diperoleh titik balik terendah pada koordinat (2.7 ; 23.86) yang artinya konsentrasi optimum hormon IBA yang diberikan adalah 2.7 mg/L dengan hari muncul akar 23.86 hari setelah tanam.

Hubungan antara konsentrasi NAA terhadap hari muncul akar membentuk pola persamaan kuadrat $y = 2.1667x^2 - 11.033x + 34.75$. Grafik hormon NAA memiliki koefisien determinasi $R^2 = 0.7139$, artinya hubungan antara penambahan NAA terhadap hari muncul akar sebesar 71.39%. Analisis diferensial persamaan NAA diperoleh titik balik terendah terdapat pada koordinat (2.546 ; 20.705) yang memiliki arti konsentrasi optimum NAA terhadap hari muncul akar delima hitam (*Punica granatum L.*) yaitu 2.546 mg/L dengan hari muncul akar 20.705 hari setelah tanam.

Konsentrasi optimum dari hormon IAA, IBA dan NAA pada persentase eksplan berakar dapat diketahui dengan analisis regresi. Hasil analisis regresi tersaji pada gambar 4.2.



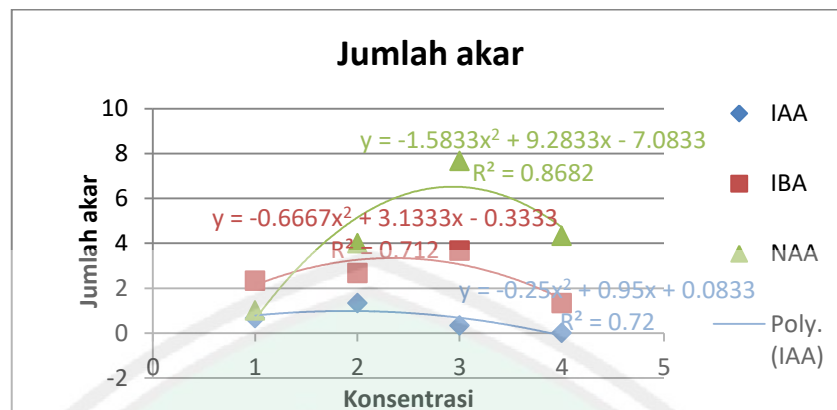
Gambar 4.2 Hasil analisis regresi pengaruh IAA, IBA dan NAA terhadap persentase eksplan berakar subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum L.*)

Hasil analisis regresi antara IAA, IBA dan NAA berbeda secara signifikan. Hubungan antara IAA terhadap persentase eksplan berakar membentuk pola persamaan kuadrat $y = -5.55x^2 + 18.87x + 11.1$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.84$, yang berarti hubungan antara penambahan IAA terhadap persentase eksplan berakar yaitu sebesar 84%. Analisis diferensial persamaan pada grafik IAA diperoleh titik tertinggi pada koordinat (1.7 ; 27.14) yang memiliki arti bahwa persentase eksplan berakar pada IAA konsentrasi 1.7 mg/L adalah sebesar 27.14%.

Hubungan antara IBA terhadap persentase eksplan berakar membentuk pola persamaan kuadrat $y = -5.55x^2 + 29.97x - 11.1$ dengan koefisien determinasi $R^2=0.6$, yang berarti hubungan antara penambahan IBA terhadap persentase eksplan berakar sebesar 60%. Analisis diferensial persamaan grafik IBA diperoleh titik tertinggi terdapat pada koordinat (2.7 ; 29.36) yang memiliki arti bahwa konsentrasi optimum IBA yang digunakan yaitu pada konsentrasi 2.7 mg/L dengan persentase 29.36%.

Pola persamaan kuadrat berdasarkan hubungan NAA terhadap persentase eksplan berakar diperoleh rumus $y = -11.108x^2 + 66.645x - 38.892$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.6427$. Koefisien determinasi tersebut berarti hubungan antara penambahan NAA terhadap eksplan berakar sebesar 64.27%. Analisis diferensial persamaan grafik NAA diperoleh titik tertinggi pada koordinat (2.999 ; 61.071) yang artinya persentase eksplan berakar pada NAA pada konsentrasi 2.999 mg/L adalah sebesar 61.071%.

Konsentrasi optimum masing masing hormon yang berpengaruh terhadap jumlah akar dapat diketahui dengan analisis regresi. Berikut hasil analisis regresi pada hormon IAA, IBA dan NAA (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Hasil analisis regresi pengaruh IAA, IBA dan NAA terhadap jumlah akar subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum L.*)

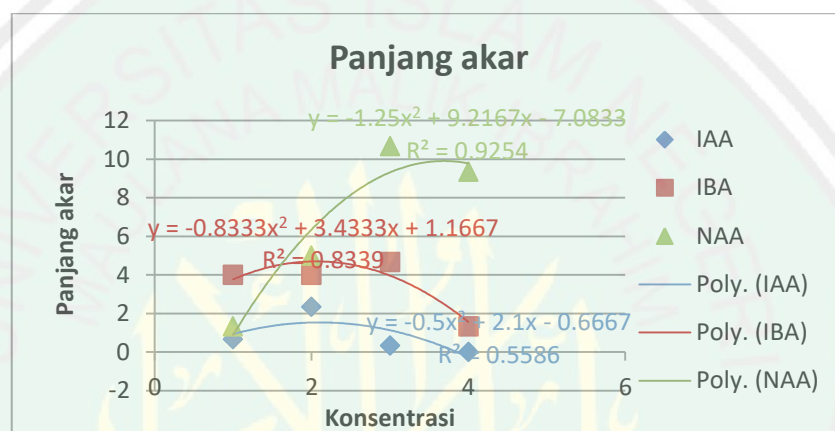
Hasil analisis regresi menunjukkan adanya perbedaan secara signifikan diantara hormon IAA, IBA dan NAA. Grafik hubungan antara konsentrasi IAA terhadap jumlah akar membentuk pola persamaan kuadratik $y = -0.25x^2 + 0.95x + 0.0833$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.72$. Koefisien determinasi tersebut memiliki arti bahwa hubungan antara penambahan IAA terhadap jumlah akar yaitu sebesar 72%. Berdasarkan analisis diferensial persamaan tersebut diperoleh titik tertinggi pada koordinat (1.9 ; 0.986) yang artinya pada IAA konsentrasi optimum yaitu 1.9 mg/L dengan jumlah akar 0.986 helai.

Grafik hubungan konsentrasi IBA terhadap jumlah akar membentuk pola persamaan $y = -0.6667x^2 + 3.1333x - 0.3333$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.712$, artinya hubungan antara penambahan IBA terhadap jumlah akar yakni sebesar 71.2%. Berdasarkan analisis diferensial persamaan grafik IBA tersebut diperoleh titik tertinggi pada koordinat (2.35 ; 3.35) yang artinya jumlah akar pada IBA konsentrasi 2.35 mg/L dengan jumlah akar 3.35 helai.

Hasil analisis regresi NAA menunjukkan adanya hubungan antara konsentrasi NAA terhadap jumlah akar dan membentuk pola persamaan kuadratik $y = -1.5833x^2 + 9.2833x - 7.0833$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.8682$, artinya hubungan antara penambahan NAA terhadap jumlah akar adalah sebesar 86.82%. Berdasarkan analisis diferensial persamaan tersebut diperoleh titik

tertinggi pada koordinat (2.93 ; 12.89), artinya jumlah akar tertinggi tercapai pada NAA konsentrasi 2.93 mg/L dengan jumlah akar 12.89 helai.

Konsentrasi optimum hormon IAA, IBA dan NAA terhadap panjang akar tunas delima hitam (*Punica granatum* L.) dapat diketahui melalui analisis regresi. Berikut hasil grafik analisis regresi perbandingan antara hormon IAA, IBA dan NAA terdapat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil analisis regresi pengaruh IAA, IBA dan NAA terhadap panjang akar subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum* L.)

Hasil analisis regresi menunjukkan perbedaan antara hormon IAA, IBA dan NAA. Hubungan konsentrasi IAA terhadap panjang akar membentuk pola persamaan kuadratik $y = -0.5x^2 + 2.1x - 0.6667$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.5586$. Koefisien determinasi tersebut memiliki arti bahwa hubungan antara penambahan IAA terhadap panjang akar yaitu sebesar 55.86%. Analisis diferensial persamaan grafik IAA diperoleh titik tertinggi yaitu pada koordinat (2.1 ; 1.54) yang berarti pada konsentrasi IAA adalah 2.1 mg/L memiliki panjang akar optimum 1.54 mm.

Hubungan antara konsentrasi IBA terhadap panjang akar membentuk pola persamaan kuadratik $y = -0.8333x^2 + 3.4333x + 1.1667$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.8339$, terendah dibandingkan IAA dan NAA. Koefisien

determinasi tersebut berarti hubungan antara penambahan IBA terhadap panjang akar adalah 83.39%. Analisis diferensial persamaan tersebut diperoleh titik tertinggi pada koordinat (2.06; 4.703) yang berarti panjang akar tertinggi tercapai pada IBA konsentrasi 2.06 mg/L dengan panjang akar 4.703 mm.

Hubungan konsentrasi NAA terhadap panjang akar membentuk pola persamaan kuadrat $y = -1.25x^2 + 9.2167x - 7.0833$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0.9254$, yang artinya hubungan antara penambahan NAA terhadap panjang akar adalah sebesar 92.54%. Analisis diferensial persamaan grafik NAA tersebut dapat diperoleh titik tertinggi pada koordinat (3.686 ; 9.906) yang artinya konsentrasi optimum terhadap panjang tunas delima hitam (*Punica granatum L.*) adalah 3.686 mg/L dengan panjang akar 9.906 mm).

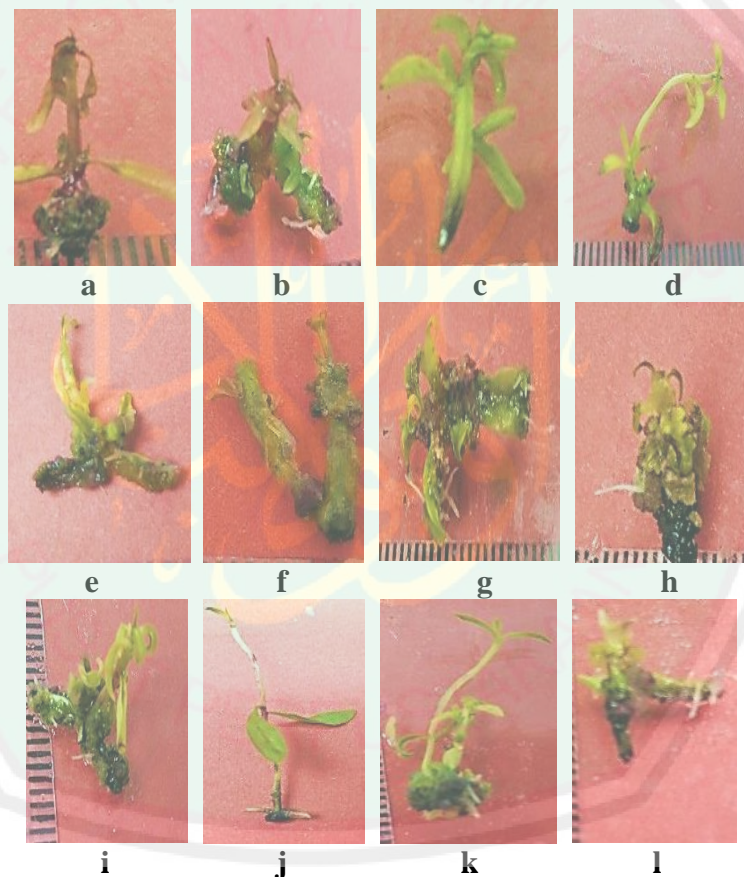
Hasil analisis regresi pada 4 variabel pengamatan yaitu hari muncul akar, persentase eksplan berakar, jumlah akar dan panjang akar menunjukkan grafik polinomial. Grafik IAA, IBA dan NAA rata-rata sama, naik kemudian menurun pada konsentrasi yang tinggi. Hal tersebut dapat dikarenakan kebutuhan tumbuhan akan zat pengatur tumbuh atau hormon hanya dalam jumlah sedikit, sedangkan jika konsentrasinya terlalu banyak maka akan mengakibatkan pelukaan, toksisitas dan akan menghambat pertumbuhan tanaman. Sesuai Arimarsetiowati & Ardiyani (2012) konsentrasi auksin yang tinggi pada beberapa jenis auksin dapat menyebabkan pelukaan pada tumbuhan sehingga dapat menghambat pertumbuhan akar. Berdasarkan Khudhur & Omer (2015) konsentrasi auksin yang tinggi justru akan menghambat pemanjangan akar.

4.3 Morfologi akar

Berbagai auksin yang digunakan dalam induksi akar, selain mempengaruhi pertumbuhan akar secara kuantitatif juga menunjukkan perbedaan secara kualitatif pada morfologi akar. Berikut data pengamatan morfologi akar disajikan pada tabel 4.3.

Morfologi akar berdasarkan warna dan ukuran akar pada perlakuan berbagai macam auksin terlihat adanya perbedaan. Perlakuan dengan penambahan hormon IAA dan IBA memiliki warna akar yang putih kebingangan dengan ukuran

akar yang kecil dan tipis. Sedangkan warna akar pada penambahan hormon NAA putih kecoklatan dengan akar yang lebih besar dan terlihat lebih tebal. Morfologi pada akar delima memiliki warna coklat muda dengan kemampuan menembus tanah sampai mencapai kedalaman 5-10 m (Agrotek, 2020). NAA merupakan salah satu hormon auksin sintetik yang dapat mempercepat pertumbuhan bibit, memperpanjang akar, merangsang terbentuknya akar serabut yang kuat dan mendorong perpanjangan sel pucuk (Imam Mahadi, wan Syafi'i, 2015).



Gambar 4.5 Morfologi akar a. IAA 1 mg/L b. IAA 2 mg/L c. IAA 3 mg/L d. IAA 4 mg/L e. IBA 1 mg/L f. IBA 2 mg/L g. IBA 3 mg/L h. IBA 4 mg/L i. NAA 1 mg/L j. NAA 2 mg/L k. NAA 3 mg/L l. NAA 4 mg/L

Penambahan hormon NAA merupakan pilihan yang baik untuk merangsang pembentukan akar karena lebih stabil dan tidak dirusak oleh hormon

sintetik yang lain (Imam Mahadi, wan Syafi'i, 2015). Sesuai Setiawan (2017) penambahan jenis auksin yang berbeda pada suatu tanaman akan menyebabkan perbedaan pula dalam pembentukan akar tumbuhan, tergantung kesesuaian jenis auksin terhadap tumbuhan.

Akar yang dihasilkan pada penambahan berbagai macam auksin berupa akar adventif selain tumbuh dibagian pangkal tunas, akar juga tumbuh pada bagian tunas yang tumbuh kalus. Akar yang tumbuh tidak terdapat rambut akar, dikarenakan pada lingkungan *in vitro*, nutrisi sudah dengan mudah didapatkan. Sedangkan fungsi dari rambut akar adalah untuk memperluas daerah penyerapan air dan zat hara. Sesuai Hidayat (1995) rambut akar berfungsi untuk menyerap air dan zat hara dari tanah. Rambut akar berupa sel epidermis yang memanjang ke luar, berbentuk tabung dan tegak lurus permukaan akar.

Selain tumbuh akar, eksplan juga menunjukkan adanya pertumbuhan kalus, terutama pada perlakuan dengan penambahan IBA. Hal tersebut dapat terjadi karena pengaruh dari hormon endogen yang terdapat pada tanaman khususnya jenis sitokinin masih tinggi, sehingga dapat merangsang terbentuknya kalus pada eksplan, selain itu dapat pula dikarenakan jenis auksin yang digunakan tidak sesuai dengan eksplan yang digunakan. Jenis kalus yang dihasilkan termasuk dalam kalus kompak. Sesuai Arimarsetiowati & Ardiyani (2012) pada tanaman *Pelargonium tomentosum* dengan penambahan hormon IBA 0.8-1 mg/L menghasilkan perakaran yang pendek gemuk serta cenderung membentuk kalus. IBA termasuk salah satu auksin yang memiliki aktivitas yang lemah, cenderung tetap berada pada daerah pemberian perlakuan dan memiliki translokasi yang lemah. Berdasarkan Aicha, Rachida, & Abdelmalek (2013) Respon rooting yang berbeda pada setiap spesies tanaman dapat dikarenakan beberapa faktor seperti rasio sitokinin dan auksin endogen yaitu pengaruh dari media multiplikasi atau perbanyakan tunas sebelumnya, kepekaan jaringan dalam menyerap auksin eksogen serta jenis eksplan awal.

4.4 Dialog Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Penelitian ini dilatar belakangi oleh tanaman delima hitam (*Punica granatum* L.) yang berdasarkan beberapa penelitian memiliki manfaat yang sangat

banyak terutama pada bidang kesehatan dan pengobatan, namun tanaman ini jarang dikenal dan jarang diketahui keberadaannya oleh masyarakat. Delima merupakan salah satu tanaman yang istimewa dibandingkan tanaman lainnya, delima disebutkan secara khusus dalam ayat Al Qur'an dan Hadits Nabi. Surat Ar Rahman [55] ayat 68 Allah berfirman:

فِيهِمَا فَاكِهَةٌ وَنَخْلٌ وَرُمَّانٌ ﴿٦٨﴾

Artinya: “Di dalam keduanya (ada macam-macam) buah-buahan dan korma serta delima”

Menurut tafsir Ibnu Katsir yang ditahqiq oleh Abdullah bin Muhammad bin Abdurrahman bin Ishaq Alu Syaikh (2007) menyebutkan bahwa *وَنَخْلٌ وَرُمَّانٌ* “kurma serta delima”, ini tidak termasuk dalam bab ‘*athaf* (penyambungan) yang khusus pada yang umum, sebagaimana yang ditetapkan oleh al-Bukhari dan selainnya. Penyebutan kurma dan delima itu secara khusus karena kemuliannya atas buah-buahan lainnya.

Sebuah hadits yang diriwayatkan dari Anas bin malik, Rasulullah SAW. bersabda, “Pada semua delima, pastilah salah satu dari bebijian di dalamnya berasal dari delima surga”

Hadits tersebut menjelaskan bahwa dari banyaknya biji yang terdapat di dalam buah delima, salah satu atau sebagian dari bijinya berasal dari buah delima surga. Delima selain istimewa dikarenakan termasuk dalam buah surga, tanaman ini ternyata juga memiliki banyak manfaat khususnya dalam bidang kesehatan dan pengobatan. Hampir semua bagian dari tanaman ini dapat dimanfaatkan sebagai obat, mulai dari akar, batang, daun, bunga, kulit buah, buah dan biji.

Allah berfirman dalam Surah Asy Syuara ayat 7

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Artinya: “Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai tumbuh-tumbuhan yang baik?”

Rasulullah SAW. bersabda, “Makanlah delima dengan kulitnya karena sesungguhnya buah delima baik untuk penghadaman perut” (HR. Ahmad, Baihaqi dan Ibnu Sunni)

Delima hitam (*Punica granatum L.*) memiliki banyak manfaat seperti obat lambung, obat cacing. Banyaknya manfaat dari buah delima hitam ini ternyata tidak dibarengi dengan jumlah keberadaannya yang masih minim. Perbanyakan delima hitam melalui biji terkendala kerasnya kulit biji, sehingga sulit berkecambah dan banyak biji kosong yang embrionya tidak berkembang dengan baik. Sedangkan perbanyakan melalui stek dan cangkok terkendala dengan jumlah cabang tanaman delima yang terbatas, membutuhkan waktu lama dan biaya yang mahal. Untuk itu, dibutuhkan perbanyakan secara modern dengan menggunakan teknik kultur jaringan.

Media dalam kultur jaringan yang digunakan harus memiliki kadar atau ukuran yang sesuai agar suatu tumbuhan dapat hidup di lingkungan *in vitro* tersebut. Media yang digunakan dalam penelitian ini dipilih media MS dikarenakan memiliki unsur hara makro dan mikro yang lebih lengkap jika dibandingkan dengan media lainnya. Selain itu, kadar dan jenis hormon yang digunakan dapat mempengaruhi arah dari pertumbuhan tanaman. Hormon auksin yang tinggi dalam tanaman akan merangsang dalam pembentukan akar. Terdapat beberapa jenis hormon auksin yang biasa digunakan dalam kultur jaringan, 3 diantaranya adalah IAA, IBA dan NAA. Ketiga auksin tersebut memiliki karakteristik, kelebihan dan kekurangan masing-masing sehingga perlu diteliti lebih lanjut jenis hormon auksin dan konsentrasi yang sesuai dalam induksi perakaran delima hitam (*Punica granatum L.*).

Allah berfirman dalam Surah Al Hijr ayat 19

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَوْزُونٍ ﴿١٩﴾

Artinya: “Dan Kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran”

Berdasarkan hasil dari penelitian ini telah diketahui beberapa konsentrasi hormon auksin yang efektif dan efisien dalam induksi perakaran subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum* L.). Perlakuan terbaik terdapat pada NAA 3 mg/L menghasilkan waktu muncul tunas 23 HST, menghasilkan persentase eksplan berakar 77.73% dengan rerata jumlah dan panjang akar secara berurutan 7.66 helai dan 10.66 mm.

Induksi perakaran merupakan salah satu langkah teknik kultur jaringan. Perakaran yang baik akan mendorong pertumbuhan yang baik juga pada tanaman karena dapat menyerap nutrisi yang cukup dan mampu menopang berdiri kokohnya suatu tumbuhan. Penelitian ini menunjukkan pada perlakuan NAA morfologi akar yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan perlakuan IAA dan IBA. Morfologi akar lebih besar dan tebal berwarna putih kecoklatan serta lebih kokoh.

Allah berfirman dalam surah Al Baqarah ayat 30

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً ۗ قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ ﴿٣٠﴾

Artinya: "Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para Malaikat: "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi". Mereka berkata: "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?" Tuhan berfirman: "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui"

Allah telah menjadikan manusia sebagai kholifah di bumi ini. Sebagai kholifah bukan hanya sekedar memanfaatkan dan mengambil yang terdapat di alam ini namun harus senantiasa menjaga, mengelola kelestarian dan keseimbangan alam. Untuk itu pada penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam upaya melestarikan alam terutama tanaman delima hitam (*Punica granatum*

L.) dengan metode kultur jaringan.

Penelitian kultur jaringan delima hitam (*Punica granatum* L.) yang dilakukan ini merupakan salah satu upaya untuk membudidayakan delima hitam (*Punica granatum* L.) yang saat ini sudah tergolong langka, sulit ditemui keberadaannya. Sedangkan dalam pembudidayaan secara konvensional banyak sekali menemui kendala dan bibit yang dihasilkan pun hanya sedikit dan dalam waktu yang lama. Sedangkan dibalik itu, semua bagian tanaman ini memiliki banyak sekali manfaat untuk obat dan kesehatan. Obat-obatan alami telah diketahui pula lebih aman dan tidak menimbulkan efek samping seperti obat-obatan kimia. Sebagai kholifah, seorang muslim harus mampu menjaga, mengelola dan memanfaatkan dengan baik yang telah Allah berikan, termasuk menjaga kelestarian dari tanaman delima hitam (*Punica granatum* L.) ini.

Keutamaan dari orang-orang yang bercocok tanam salah satunya dijelaskan dalam hadits Rasulullah.

Dari Jabir bin Abdullah Ra. Dia berkata, Rasulullah bersabda:

“Tidaklah seorang muslim menanam tanaman lalu tanaman itu dimakan manusia, binatang, ataupun burung melainkan tanaman itu menjadi sedekah baginya sampai hari kiamat” (HR. Imam Muslim hadits no. 1552)

Hadits tersebut menjelaskan mengenai keutamaan seorang muslim yang menanam suatu tanaman dan tanaman tersebut memiliki manfaat untuk orang lain ataupun binatang yang hidup di sekitarnya maka tanaman tersebut bernilai sebagai sedekah baginya sampai datangnya hari kiamat.

Menanam tanaman termasuk tindakan yang mulia karena dapat melestarikan bumi menyeimbangkan ekosistem. Tanaman-tanaman yang ditanam dapat menghasilkan oksigen dan menyerap karbondioksida sehingga dapat mengurangi adanya polusi udara dan global warming.

Hikmah yang dapat diambil dari penelitian ini adalah tanaman delima hitam (*Punica granatum* L.) memiliki kandungan fitokimia yang baik untuk kesehatan. Teknik pembudidayaan melalui kultur jaringan mampu menghasilkan bibit delima hitam (*Punica granatum* L.) yang unggul dan banyak dalam waktu singkat sehingga masyarakat pada umumnya mudah memperoleh bibit delima

hitam (*Punica granatum* L.) dengan mudah. Pembudidayaan delima hitam (*Punica granatum* L.) ini juga bermanfaat untuk melestarikan alam, menjaga keseimbangan alam serta menghindari terjadinya kepunahan pada delima hitam (*Punica granatum* L.).



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis data mengenai penelitian pengaruh auksin terhadap induksi akar subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum L.*) secara *in vitro* dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemberian hormon NAA efektif dan optimal terhadap waktu muncul akar, persentase eksplan berakar, jumlah akar, panjang akar dan morfologi akar pada subkultur tunas delima hitam (*Punica granatum L.*)
2. Perlakuan terbaik terdapat pada NAA 3 mg/L menghasilkan waktu muncul tunas 23 hari setelah tanam, menghasilkan persentase eksplan berakar 77.73% dengan rata rata jumlah dan panjang akar secara berurutan 7.66 helai dan 10.66 mm.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya diharapkan:

1. Subkultur tunas sebagai eksplan dapat ditambahkan lagi sebelum induksi perakaran
2. Waktu pengamatan dapat ditambahkan lagi agar mendapat akar yang lebih kuat

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah bin Muhammad bin Abdurrahman bin Ishaq Alu Syaikh. (2007). *Tafsir Ibnu Katsir*. Jakarta Timur: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Agrotek. (2020). *Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Delima*.
- Aicha, N., Rachida, T. C., & Abdelmalek, E. M. (2013). Micropropagation Of *Thymus satureioides* Coss. An Endangered Medicinal Plant Of Morocco. *International Journal of Agricultural Technology*, 9(2), 487–501. Retrieved from: <http://www.usmba.ac.ma/upb%0Ahttps://pdfs.semanticscholar.org/2888/3bafc07c02fb03b7f1b5546020ed1abea010.pdf>
- Al-Mahalli, A.-I. J. M. bin A. bin M., & As-Suyuthi, A.-I. J. A. bin A. B. (2010). *Tafsir Jalalain*. Surabaya: Pustaka eLBA.
- Ali, A., Ahmad, T., Abbasi, N. A., & Hafiz, I. A. (2009). Effect of different concentrations of auxins on In vitro rooting of olive cultivar “Moraiolo.” *Pakistan Journal of Botany*, 41(3), 1223–1231.
- Ali, G., Hadi, F., Ali, Z., Tariq, M., & Khan., M. A. (2007). Callus Induction And In Vitro Complete Plant Regeneration Of Different Cultivars Of Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) On Media Of Different Hormonal Concentration. *Biotechnology*, 6(4), 561–566.
- Aloqbi, A., Omar, U., Youssr, M., Grace, M., Lila, M. A., & Howell, N. (2016). Antioxidant Activity of Pomegranate Juice and Punicalagin. *Natural Science*, 8(6), 235–246. <https://doi.org/10.4236/ns.2016.86028>
- Andriani, V. (2016). Karakterisasi Anatomi Delima (*Punica granatum* L.). *Journal of Science*, 9(September), 6–7.
- Arimarsetiowati, R., & Ardiyani, F. (2012). Pengaruh penambahan auxin terhadap pertunasan dan perakaran kopi arabika perbanyak Somatic Embryogenesis. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 28(2), 82–90. <https://doi.org/10.22302/icri.jur.pelitaperkebunan.v28i2.201>
- Asam 1-naftalenasetat. (n.d.). Retrieved from Wikipedia website: https://en.m.wikipedia.org/wiki/1-Naphthaleneacetic_acid
- Astuti, P. (2014). Induksi Tunas dan Perakaran Bambu Kuning *Bambusa vulgaris* secara in vitro. *Biogenesis*, 2(2), 109–114.
- Ath-Thabari, A. J. M. bin J. (2008). *Tafsir Ath-Thabari*. Jakarta: Pustaka Azzam.

- Bey Y, S. W., & Sutrisna. (2006). Pengaruh pemberian giberelin (GA3) dan air kelapa terhadap perkecambahan bahan biji anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis* BL.) secara in vitro. *J. Biogenesis*, 2(2), 41–46.
- Bhowmik, D., Gopinath, H., Kumar, B. P., Duraivel, S., Aravind, G., & Kumar, K. P. S. (2013). Medicinal Uses of *Punica granatum* and Its Health Benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(5), 28–35.
- Bramasto, Y., Nurhasybi, Danu, Syamsuwida, D., Zanzibar, M., Pujiastuti, E., & Mokodompit, S. (2015). *Trees of the city*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Pembenihan Tanaman Hutan.
- Chandra, R., Babu, K. D., Jadhav, V. T., & Teixeira, da S. J. A. (2010). Origin , History and Domestication of Pomegranate. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*.
- Chandra, R., & Dhinesh Babu, K. (2010). Propagation of Pomegranate-A Review. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 4(2), 51–55.
- Dharishini, M. P., Krishna, M., & Balasubramanian, K. (2015). Effects of Plant Growth Regulators and Activated Charcoal on Regeneration and Plantlet Development in Neer Brahmi (*Bacopa monnieri*). *Journal of Academia and Industrial Research (JAIR)*, 4(2), 69–74.
- Dwiyani, R. (2015). *Kultur Jaringan Tanaman*. Denpasar Barat: Pelawa Sari.
- El-Agamy, S. Z., Mostafa, R. A. A., Shaaban, M. M., & El-Mahdy, M. T. (2009). *In vitro* propagation of manfalouty and nab elgamal pomegranate cultivars research. *J. Agric. Biol. Sci*, 5(6), 1169–1175.
- Farida, F. I., & Muslihatin, W. (2017). Induksi Perakaran Teh (*Camellia sinensis* L.) Secara *in Vitro* pada Klon yang Berbeda. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 6(2).
- Frick, E. M., & Strader, L. C. (2018). Roles for IBA-derived auxin in plant development. *Journal of Experimental Botany*, 69(2), 169–177. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx298>
- Guranna, P., Hosamani, I., Sathyanarayana, R., Hegde, R., & Hipparagi, K. (2018). Micropropagation in Pomegranate (*Punica granatum* L.) cv. ‘Bhagwa’ through Indirect Organogenesis and Assessment of Genetic Fidelity by RAPD Marker. *Biotechnology Journal International*, 20(3), 1–8. <https://doi.org/10.9734/bji/2017/38806>
- Henrique, A., Campinhos, E. N., Ono, E. O., & De Pinho, S. Z. (2006). Effect Of Plant Growth Regulators In The Rooting Of Pinus Cuttings. *Brazilian*

Archives of Biology and Technology, 49(2), 189–196.
<https://doi.org/10.1590/S1516-89132006000300002>

Herawan, T., & Leksono, B. (2018). *Kultur Jaringan untuk Konservasi dan Pemuliaan Tanaman Hutan* (M. Na'iem & A. I. Putri, Eds.). Yogyakarta: Kaliwangi (Anggota IKAPI).

Hernawati, S., Rantam, F. A., Sudiana, I. K., & Rahayu, P. (2013). Efek ekstrak buah delima (*Punica Granatum L.*) terhadap ekspresi wild p53 pada sel ganas rongga mulut mencit strain swiss webster. *Dental Journal*, 46(3), 148–151.

Hidayat, E. B. (1995). *Anatomi Tumbuhan Berbiji*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Holland, D., Hatib, K., & Bar-ya, I. (2009). Pomegranate: Botany, Horticulture, Breeding. *Horticultural Reviews*, 35, 127–192.

Husna, N., Samingan, & Iswadi. (2017). Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit pada Kulit Buah Delima Putih (*Punica granatum L.*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Unsyiah*, 2(1), 49–58.

Ibrahim, M. S. D. (2015). Faktor Penentu Keberhasilan Perbanyakan Kopi (*Coffea spp.*) Melalui Embriogenesis Somatik. *Sirinov*, 3(3), 127–136.

Imam Mahadi, wan Syafi'i, suci A. (2015). Kultur Jaringan Jeruk Kasturi (*Citrus Microcarpa*) Dengan Menggunakan Hormon Kinetin Dan Naftalen Acetyl Acid (NAA). *Jurnal Dinamika Pertanian*, 30(1), 37–44. Retrieved from <https://www.journal.uir.ac.id/index.php/dinamikapertanian/article/view/821>

Islam, A. T. M. R., & Alam, M. F. (2018). In vitro callus induction and indirect organogenesis of *Mentha piperita* (L.) an aromatic medicinal plant. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 04(03), 49–60.

Ismail, T., Sestili, P., & Akhtar, S. (2012). Pomegranate Peel and Fruit Extracts: A Review of Potential Anti- Inflammatory and Anti-Infective Effects. *Journal of Ethnopharmacology*, 143(2), 397–405.

Kabir, M. A., Prince, M. H., Karim, R., Rahman, S., Billah, K. M. M., & Hasnat, G. N. T. (2017). Vegetative Propagation of *Punica granatum* by Stem Cuttings Using Non-Mist Propagator. *International Journal of Agriculture System*, 5(2), 185–197. <https://doi.org/DOI: 10.20956/ijas.v5i2.1310>

Kaur, S., & Kaur, A. (2016). Effect of IBA and PHB on rooting of pomegranate (*Punica granatum L.*) cuttings cv. Ganesh. *Biological Forum – An International Journal*, 8(2), 203–206.

- Kaviani, B. (2015). Some Useful Information about Micropropagation. *Journal of Ornamental Plants*, 5(1), 29–40.
- Khasanah, N. (2011). Kandungan Buah-Buahan Dalam Alqur'an : Buah Tin (*Ficus carica* L), Zaitun (*Olea europea* L), Delima (*Punica granatum* L), Anggur (*Vitis vinifera* L), Dan Kurma (*Phoenix dactylifera* L) Untuk Kesehatan. *Jurnal Phenomenon*, 1(1), 5–29.
- Kheyroodin, H., & Sadafkheyroodin. (2017). Important of Pomegranates in Iran. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)*, 3(10), 1–9.
- Khudhur, S. A., & Omer, T. J. (2015). Effect of NAA and IAA on Stem Cuttings of *Dalbergia Sissoo* (Roxb). *Journal of Biology and Life Science*, 6(2), 208. <https://doi.org/10.5296/jbls.v6i2.7445>
- Kristina, N. N., & Syahid, S. F. (2012). Induksi Perakaran Dan Aklimatisasi Tanaman Tabat Barito Setelah Konservasi *in Vitro* Jangka Panjang. *Bul. Litro*, 23(1), 11–20.
- Kumar, M. S. (2017). Efficiency Of Phenolic Absorbents *in Vitro* Multiple Shoots Induction And Plantlet Regeneration Of *Tectona grandis* Linn (F). *European Journal of Biotechnology and Bioscience*, 5(3), 62–68.
- Kumari, A., Dora, J., Kumar, A., & Kumar, A. (2012). Pomegranate (*Punica granatum*) - Overview. *International Journal Of Pharmaceutical And Chemical Sciences*, 1(4), 1218–1222.
- Kv, D., & Ramasamy, D. (2016). Pomegranate Processing and Value Addition : Review. *Journal of Food Processing and Technology*, 7(3). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000565>
- Lestari, Endang G. (2011). Peranan Zat Pengatur Tumbuh Dalam Perbanyakan Tanaman melalui Kultur Jaringan. *Jurnal AgroBiogen*, 7(1), 63–68.
- Lestari, Endang Gati. (2012, September). Regenerasi Tanaman secara *in Vitro* dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi. *BB Biogen*, 1–5.
- Ling, A. P. K., Kok, K. M., Hussein, S., & Ong, S. L. (2009). Effects of Plant Growth Regulators on Adventitious Roots Induction from Different Explants of *Orthosiphon stamineus*. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 3(3), 493–501.
- M. Quraish Shihab. (2011). *Tafsir Al-Mishbah Pesan, Kesan dan Keserasian al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.

- Maryamah, L. F., Kusmiyati, F., & Anwar, S. (2019). Pertumbuhan Lili (*Lilium longiflorum*) Pada Berbagai Komposisi Media Tanam dan Zat Pengatur Tumbuh *Naphthalene Acetic Acid* (NAA) pada Tahap Aklimatisasi. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 4(2), 144–151.
- Mohana, M., Majd, A., Jafari, S., Kiabi, S., & Paivandi, M. (2014). The Effect Of various Concentrations Of IBA And NAA On The Rooting Of Semi Hardwood Cuttings Of *Azalea alexander* L. *Advances in Environmental Biology*, 8(7), 2223–2230.
- Movahedi, M., Ghasemi-Omran, V.-O., & Torabi, S. (2015). The Effect Of Different Concentrations of TDZ and BA on *in Vitro* Regeneration of Iranian Cannabis (*Cannabis sativa*) Using Cotyledon And Epicotyl Explants. *Journal of Plant Molecular Breeding*, 3(2), 20–27.
- Naeem, M., Bhatti, I., Ahmad, R. H., & Yasin Ashraf, N. (2004). Effect of Some Growth Hormones (GA3, IAA and Kinetin) on The Morphology and Early or Delayed Initiation of Lentil (*Lens culinaris* medik). *Pak. J. Bot.*, 36(4), 801–809.
- Nazary Moghaddam Aghaye, R., & Yadollahi, A. (2012). Micropropagation of GF 677 Rootstock. *Journal of Agricultural Science*, 4(5), 131–138. <https://doi.org/10.5539/jas.v4n5p131>
- Nissen, S. J., & Sutter, E. G. (1990). Stability of IAA and IBA in Nutrient Medium to Several Tissue Culture Procedures. *HortScience*, 25(7), 800–802.
- Noor, R., & Asih, T. (2018). *Tumbuhan Obat di Suku Semendo Kecamatan Way Tenong Kabupaten Lampung Barat*. Lampung: CV. Laduny Alifatama.
- Noor, R., Si, S., & Sc, M. (n.d.). *OBAT*.
- Nugraheni, Y. M. M. A., & Putri, K. P. (2018). Pengaruh Hormon Pada Setek Pucuk *Gyrinops versteegii* (Gilg.) Domke Dengan Metode Water Rooting. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 6(2), 85–92.
- Nursyamsi. (2010). Teknik Kultur Jaringan Sebagai Alternatif Perbanyak Tanaman Untuk Mendukung Rehabilitasi Lahan. *Prosiding Ekspose*.
- Olmez, Z., Fatih Temel, Gokturk, A., & Yahyaoglu, Z. (2007). Effects Of Sulphuric Acid And Cold Stratification Pretreatments On Germination Of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Seeds. *Asian Journal Of Plant Sciences*, 6(2), 427–430.
- Orcutt, D. M., & Nilsen, E. T. (2000). *Physiology of Plants Under Stress. Soil and*

Biotic Factors. Canada: John Willey and Sons, Inc.

- Pakyürek, M., Al-Jabbari, K. H., & Yaviç, A. (2019). Identification of Morphological and Pomological Characteristics of Iraq Pomegranate (*Punica granatum* L.) Variety Salakhani and Comparing with Variety Zivzik. *International Journal of Secondary Metabolite*, 6(3), 271–282. <https://doi.org/10.21448/ijsm.598508>
- Parashar, A., & Badal, S. (2018). Chemical investigation of Pomegranates and Its Health Benefits. *Internastional Journal Of Advanced Biochemistry Research*, 2(2), 8–12.
- Prestiandari, E., Hernawati, S., & Dewi, L. R. (2018). Daya Hambat Ekstrak Buah Delima Merah (*Punica granatum* Linn) terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *Pustaka Kesehatan*, 6(1), 192–198.
- Putri, A. I., & Herawan, T. (2018). Regenerasi Perakaran Plantlet in Vitro Dan ex Vitro Pada Kultur Jaringan Cendana (*Santalum album*). *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 12(2), 143–150. <https://doi.org/10.20886/jpth.2018.12.2.143-150>
- Rahman, N., Fitriani, H., & Hartati, N. S. (2017). Efektivitas Beberapa Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) terhadap Percepatan Pertumbuhan Ubi Kayu Genotipe Gajah dan Tayando Halaman 38-46. *Prosiding Seminar Nasional PERIPI 2017*, 38–46.
- Rahmat, E., & Kang, Y. (2019). Adventitious Root Culture for Secondary Metabolite Production in Medicinal Plants : A Review. *J. Plant Biotechnol*, 46, 143–157.
- Rakhmawati, M., Qadriyati, I., & Wijayanti, L. (2011). Pengaruh Pemberian Ekstrak Kulit Buah Delima Merah (*Punica granatum*) Terhadap Jumlah Dan Jenis Leukosit Pada Tikus Putih Yang Dipapar Gelombang Elektromagnetik Ponsel. *Biofarmasi*, 9(2), 55–61. <https://doi.org/10.13057/biofar/f090205>
- Rana, T. ., Narzary, D., & Ranade, S. A. (2010). Systematics and taxonomic disposition of the genus Punica L. *Pomegranate. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 19–25.
- Rossidy, I. (2008). *Fenomena Flora dan Fauna dalam Perspektif Al-Qur'an*. Malang: UIN-Maliki Press.
- Sabrina, G. A., Sukanto, & Probosari, N. (2015). Daya Antibakteri Fraksi n-butanol Kulit Buah Delima Putih (*Granati fructus cortex*) terhadap *Streptococcus mutans*. *EJurnal Pustaka Kesehatan*, 3(3), 536–541.

- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1995). *Fisiologi Tumbuhan edisi IV Jilid III Terjemahan dari Plant Physiology, oleh D. R. Lukman dan Sumaryono*. Bandung: ITB.
- Sandika, B., & Ducha, N. (2012). Pengaruh Pemberian Air Rebusan Akar Delima (*Punica granatum L.*) terhadap Mortalitas *Ascaris suum* Goetze . secara *in Vitro*. *LenteraBio*, 1(2), 81–86.
- Santoso, J. (2012). Pengaruh Konsentrasi *Benzyl Amino Purin* (BAP) dan *Indole Butyric Acid* (IBA) terhadap Pertumbuhan Tunas dan Perakaran Kina (*Cinchona ledgeriana* Moens) dalam Kultur *in Vitro*. *Jurnal Teh Dan Kina*, 15(1), 40–49.
- Sarrou, E., Therios, I., & Dimassi-Theriou, K. (2014). Melatonin and other factors that promote rooting and sprouting of shoot cuttings in *Punica granatum* cv. Wonderful. *Turkish Journal of Botany*, 38(2), 293–301. <https://doi.org/10.3906/bot-1302-55>
- Satya, I. I., Haryati, & Simanungkalit, T. (2015). Pengaruh Perendaman Asam Sulfat (H₂SO₄) Terhadap Viabilitas Benih Delima (*Punica granatum L.*). *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 3(4), 1375–1380. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Setiawan, E. (2017). Efektivitas Pemberian IAA, IBA, NAA, dan Root-up pada Pembibitan Kesemek. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 8(2), 97–103. <https://doi.org/10.29244/jhi.8.2.97-103>
- Shen, X., Castle, W. S., & Gmitter, F. G. (2010). *In Vitro* Shoot Proliferation and Root Induction Of Shoot Tip Explants From Mature Male Plants of *Casuarina cunninghamiana* Miq. *HortScience*, 45(5), 797–800. <https://doi.org/10.21273/hortsci.45.5.797>
- Shintiavira, H., Soedarjo, M., Suryawati, S., & Winarto, B. (2012). Studi Pengaruh Substitusi Hara Makro dan Mikro Media MS dengan Pupuk Majemuk dalam Kultur *in Vitro* Krisan. *Jurnal Hortikultura*, 21(4), 334–341. <https://doi.org/10.21082/jhort.v22n4.2012.p334-341>
- Singh, A., & Agarwal, P. K. (2016). Enhanced Micropropagation Protocol of *ex Vitro* Rooting of A Commercially Important Crop Plant *Simmondsia chinensis* (Link) Schneider. *Journal of Forest Science*, 62(3), 107–115. <https://doi.org/10.17221/80/2015-JFS>
- Singh, K.K. (2017). Effect of IBA Concentrations on The Rooting of Pomegranate (*Punica granatum L.*) cv. Ganesh Hardwood Cuttings Under Mist House Condition. *International Journal of Horticulture and*

Floriculture, 5(4), 318–323.

- Singh, Krishan Kumar. (2017). Vegetative Propagation of Pomegranate (*Punica granatum* L.) through Cutting- A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(10), 4887–4893. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.610.458>
- Singh, P., Patel, R. M., & Kadam, S. (2013). In vitro mass multiplication of pomegranate from cotyledonary nodal explants cv . Ganesh. *African Journal of Biotechnology*, 12(20), 2863–2868. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.11962>
- Soukhak, F., Khalighi, A., & Ghaemmaghani, S. A. (2011). Study of Direct Adventitious Shoot Regeneration in Pomegranate (*Punica granatum* cv. Malasaveh) through Cotyledonary Explants. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 2(3), 19–26.
- Sreekumar, S., Sithul, H., Muraleedharan, P., Azeez, J. M., & Sreeharshan, S. (2014). Pomegranate Fruit as a Rich Source of Biologically Active Compounds. *BioMed Research Internationa*, 1–12.
- Suarsana, I. N., Kumbara, A. A. N. A., & Satriawan, I. K. (2015). *Tanaman Obat Sembuhkan Penyakit Untuk Sehat*. Bali: Swasta Nulus.
- Sukmadjaja, D., & Mariska, I. (2003). ISBN 979-95627-8-3 Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian.
- Sukweenadhi, J., Choi, J. Y., Kim, Y. J., Kaliraj, L., Abid, S., Ahn, J. C., & Yang, D. C. (2019). Callus Induction and *in Vitro* Mass Culture of Adventitious Roots from Leaf Segment Explants of *Dendropanax morbifera* Lev . *Earth and Environmental Science*, 293, 1–12. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/293/1/012024>
- Sulasiah, A., Tumilisar, C., & Lestaria, T. (2015). Pengaruh Pemberian Jenis Dan Konsentrasi Auksin Terhadap Induksi Perakaran Pada Tunas *Dendrobium* sp Secara *in Vitro*. *Bioma*, 11(1), 153. [https://doi.org/10.21009/bioma11\(2\).5](https://doi.org/10.21009/bioma11(2).5)
- Sulistiani, E., & Yani, S. A. (2018). *Produksi Bibit Tanaman dengan Menggunakan Teknik Kultur Jaringan*. Bogor: SEAMEO BIOTROP.
- Sumaryono, S., & Riyadi, I. (2011). *Ex Vitro* Rooting Of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Pplantlets Derived From Tissue Culture. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 12(2), 57–62. <https://doi.org/10.21082/ijas.v12n2.2011.p57-62>
- Syahid, S. F., & Kristina, N. N. (2014). Pengaruh Auksin IBA dan NAA Terhadap

- Induksi Perakaran Inggu (*Ruta graveolens* L.) *in Vitro*. *Jurnal Littri*, 20(3), 122–129.
- Taji, A. M., Dodd, W. A., & Williams, R. R. (2006). *Teknik Kultur Jaringan Tanaman* (3rd ed.). Jambi: Fakultas Pertanian Universitas Jambi.
- Teixeira, J. A., Rana, T. S., Narzary, D., Verma, N., Meshram, D. T., & Ranade, S. A. (2013). Pomegranate biology and biotechnology: A review. *Scientia Horticulturae*, 160, 85–107. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.017>
- Tjitrosoepomo, G. (2011). *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ulfa, R., & Isda, M. N. (2020). Induksi Akar Jeruk Siam (*Citrus nobilis* Lour.) Asal Kampar dari Tunas *in Vitro* Pada Media MS Dengan Penambahan IBA dan NAA. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 8(1), 29–35.
- Umamaheswari, C., Ambethkar, A., Margaret, F. S., & Selvaraj, N. (2014). *In Vitro* Root Culture From Roots and Leaf Explants Of *Luffa Acutangula* (L .) Roxb. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(10), 16886–16895. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2014.0310068>
- Viswanath, M., Sridevi, P., Venkataramudu, K., Naik, S. M. R., & Kumar, K. R. (2019). Pomegranate (*Punica granatum* L .) Processing , Value Addition and their Medicinal Properties Related to Human Health: A Review. *International Journal Of Current Microbiology And Applied Science*, 8(1), 1722–1730.
- Warseno, T., & Siswoyo Putri, D. M. (2018). Multiplikasi Tunas dan Induksi Perakaran Pada Perbanyak Rhododendron *radicans* J.J.Sm (Ericaceae) secara *in Vitro*. *Jurnal Hortikultura*, 28(1), 51–58. <https://doi.org/10.21082/jhort.v28n1.2018.p51-58>
- Wiratmaja, I. W. (2017). *Bahan Ajar Zat Pengatur Tumbuh Auksin dan Cara Penggunaannya dalam Bidang Pertanian*. Bali: Universitas Udayana.
- Yusnita, prof. dr. ir. M. (2015). Kultur Jaringan Tanaman Sebagai Teknik Penting Bioteknologi Untuk Menunjang Pembangunan Pertanian. In *Orasi Ilmiah Guru Besar Bidang Bioteknologi Pertanian*. Lampung: Aura Publishing.
- Zaker, A., Abrishamchi, P., Asili, J., Mousavi, S. H., & Rezaee, A. (2013). Induction of Callogenesis and Rhizogenesis in *Perovskia abrotanoides* Karel., a Little Known Medicinal Plant. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(46), 3385–3392. <https://doi.org/10.5897/JMPR2013.5095>

Zarfeshany, A., Asgary, S., & Javanmard, S. H. (2014). Potent health effects of pomegranate. *Advanced Biomedical Research*. <https://doi.org/10.4103/2277-9175.129371>

Zhang W., Fan J., Tan Q., Zhao M., Zhou T., & Cao F. (2017). The Effects of Exogenous Hormones on Rooting Process and The Activities of Key Enzymes of *Malus Hupehensis* Stem Cuttings. *PLOS ONE*, 12(2). <https://doi.org/doi:10.1371/journal.pone.0172320>



LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengamatan

a. Hari muncul akar

Perlakuan	Konsentrasi	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
		1	2	3		
IAA	0	0	0	0	0	0
	1	26	0	27	53	26.5
	2	26	27	25	78	26
	3	0	0	27	27	27
	4	0	0	0	0	0
IBA	1	25	0	0	25	25
	2	25	0	0	25	25
	3	23	0	0	23	23
	4	26	24	0	50	25
NAA	1	27	0	26	53	26.5
	2	13	0	26	39	19.5
	3	22	24	23	46	23
	4	23	25	0	48	24

b. Persentase eksplan berakar

Perlakuan	Konsentrasi	Ulangan			Jumlah	Rata rata
		1	2	3		
Kontrol	0	0	0	0	0	0
IAA	1	33.3	0	33.3	66.6	22.2
	2	33.3	33.3	33.3	100	33.3
	3	0	0	33.3	33.3	11.1
	4	0	0	0	0	0
IBA	1	33.3	0	0	33.3	11.1
	2	100	0	0	100	33.33333
	3	66.6	0	0	66.6	22.2
	4	33.3	33.3	0	66.6	22.2
NAA	1	33.3	0	33.3	66.6	22.2
	2	66.6	0	33.3	66.6	33.3
	3	66.6	66.6	100	233.2	77.73333
	4	66.6	66.6	0	133.2	44.4

c. Jumlah akar

Perlakuan	Konsentrasi	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
		1	2	3		
Kontrol	0	0	0	0	0	0
IAA	1	1	0	1	2	0.666667
	2	2	1	1	4	1.333333
	3	0	0	1	1	0.333333
	4	0	0	0	0	0
IBA	1	7	0	0	7	2.333333
	2	8	0	0	8	2.666667
	3	11	0	0	11	3.666667
	4	2	2	0	4	1.333333
NAA	1	1	0	2	3	1
	2	9	0	3	12	4
	3	7	11	5	23	7.666667
	4	8	5	0	13	4.333333

d. Panjang akar

Perlakuan	Konsentrasi	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
		1	2	3		
IAA	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	1	2	0.666667
	2	4	1	2	7	2.333333
	3	0	0	1	1	0.333333
IBA	4	0	0	0	0	0
	1	12	0	0	12	4
	2	12	0	0	12	4
	3	14	0	0	14	4.666667
NAA	4	2	2	0	4	1.333333
	1	1	0	3	4	1.333333
	2	11	0	4	15	5
	3	10	12	10	32	10.666667
	4	15	13	0	28	9.333333

Lampiran 2. Hasil SPSS

a. Hari muncul akar

ANOVA

HMA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	140.727	10	14.073	3.311	.009
Within Groups	93.500	22	4.250		
Total	234.227	32			

HMA

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
NAA 2 mg/L	3	19.5000	
IBA 3 mg/L	3	23.0000	23.0000
NAA 3 mg/L	3	23.0000	23.0000
NAA 4 mg/L	3		24.0000
IBA 1mg/L	3		25.0000
IBA 2 mg/L	3		25.0000
IBA 4 mg/L	3		25.0000
IAA 2 mg/L	3		26.0000
IAA 1 mg/L	3		26.5000
NAA 1 mg/L	3		26.5000
IAA 3mg/L	3		27.0000
Sig.		.061	.052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

b. Persentase akar

ANOVA

Persentase	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10426.334	10	1042.633	30.843	.000
Within Groups	743.707	22	33.805		
Total	11170.041	32			

Persentase

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
IAA 3 mg/L	3	11.1000			
IBA 1 mg/L	3	11.1000			
IAA 1 mg/L	3		22.2000		
IBA 3 mg/L	3		22.2000		
IBA 4 mg/L	3		22.2000		
NAA 1 mg/L	3		22.2000		
IAA 2 mg/L	3		33.3000		
IBA 2 mg/L	3		33.3000		
NAA 2 mg/L	3		33.3000		
NAA 4 mg/L	3			44.4000	
NAA 3 mg/L	3				77.7333
Sig.		1.000	.051	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

c. Jumlah akar**ANOVA**

jumlah					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	140.614	10	14.061	35.694	.000
Within Groups	8.667	22	.394		
Total	149.281	32			

jumlah**Duncan**

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
IAA 3 mg/L	3	.3333					
IAA 1 mg/L	3	.6667					
NAA 1 mg/L	3	1.0000					
IAA 2 mg/L	3	1.3333	1.3333				
IBA 4 mg/L	3	1.3333	1.3333				
IBA 1 mg/L	3		2.3333	2.3333			
IBA 2 mg/L	3			2.6667	2.6667		
IBA 3 mg/L	3				3.6667	3.6667	
NAA 2 m/L	3					4.0000	
NAA 4 mg/L	3					4.3333	
NAA 3 mg/L	3						7.6667
Sig.		.082	.077	.522	.064	.232	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

d. Panjang akar**ANOVA**

panjang					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	349.428	10	34.943	67.830	.000
Within Groups	11.333	22	.515		
Total	360.762	32			

panjang

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
IAA 3 mg/L	3	.3333				
IAA 1 mg/L	3	.6667				
IBA 4 mg/L	3	1.3333	1.3333			
NAA 1 mg/L	3	1.3333	1.3333			
IAA 2 mg/L	3		2.3333			
IBA 1 mg/L	3			4.0000		
IBA 2 mg/L	3			4.0000		
IBA 3 mg/L	3			4.6000		
NAA 2 mg/L	3			5.0000		
NAA 4 mg/L	3				9.3333	
NAA 3 mg/L	3					10.6667
Sig.		.119	.120	.131	1.000	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						

Lampiran 3. Perhitungan dan pengambilan larutan stok hormon auksin

Perhitungan pembuatan stok hormon 100 mg/L dalam 100 ml aquades adalah

$$\text{Larutan stok hormon auksin } 100 \text{ mg/L} = \frac{100 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{100 \text{ mg}}{1000 \text{ ml}} = \frac{10 \text{ mg}}{100 \text{ ml}}$$

Perhitungan pengambilan hormon auksin pada media perlakuan sebagai berikut.

a. Konsentrasi 1 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 1 \text{ mg/L} \times 37.5 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{37.5}{100} = 0.375 \text{ ml}$$

b. Konsentrasi 2 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 2 \text{ mg/L} \times 37.5 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{75}{100} = 0.75 \text{ ml}$$

c. Konsentrasi 3 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 3 \text{ mg/L} \times 37.5 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{112.5}{100} = 1.125 \text{ ml}$$


d. Konsentrasi 4 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

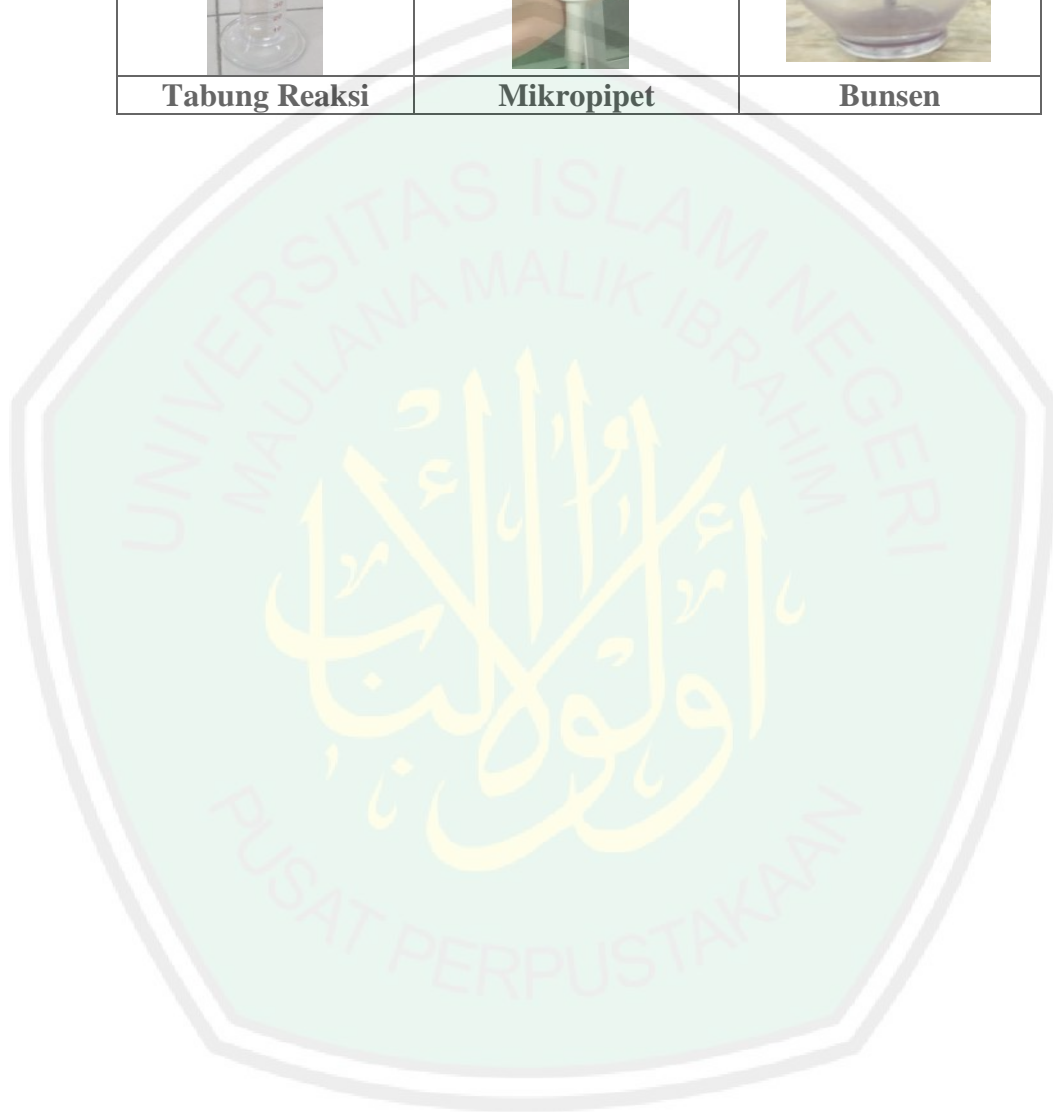
$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 4 \text{ mg/L} \times 37.5 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{150}{100} = 1.5 \text{ ml}$$

Lampiran 4. Alat-alat Penelitian

		
Timbangan Analitik	Autoklaf	Hotplate and Strirrer
		
Laminar Air Flow	Rak Kultur	Oven
		
Botol Kultur	Gelas beker dan Elenmeyer	Cawan Petri
		
Botol Spray	Indikator pH	Alat diseksi

		
Tabung Reaksi	Mikropipet	Bunsen



Lampiran 5. Bahan-bahan Penelitian

			
Aquades	Bakterisida	Fungisida	Klorox
			
Betadine	Alkohol 70%	Media MS Instan	Gula
			
Agar	Alkohol 95%	Spiritus	Karet dan Plastik Tahan Panas
			
NaOH 1%	HCl 0,1 N	Tisu dan Kertas Label	Alumunium Foil

			
Hormon IAA	Hormon IBA	Hormon NAA	Hormon BA





KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Intan Popilia
NIM : 16620026
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil TA 2020/2021
Pembimbing : Suyono, M.P
Judul Skripsi : **PENGARUH JENIS AUKSIN TERHADAP INDUKSI AKAR
SUBKULTUR TUNAS DELIMA HITAM (*Punica granatum L.*)
SECARA *IN VITRO***

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	3/02/2020	Judul	
2.	5/02/2020	BAB I	
3.	12/02/2020	BAB I	
4.	13/02/2020	BAB I dan BAB II	
5.	28/02/2020	BAB I, BAB II dan BAB III	
6.	6/03/2020	BAB I, BAB II dan BAB III	
7.	1/12/2020	BAB IV	
8.	5/12/2020	Revisi BAB IV dan BAB V	

Pembimbing Skripsi,

Suyono, M.P
NIP. 19710622 200312 1 002

Malang, 25 Desember 2020
Ketua Program Studi,

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 1974101820033122002

