

**PENGARUH APLIKASI GELOMBANG ULTRASONIK DAN ZAT
PENGATUR TUMBUH BAP (6-BENZIL AMINO PURIN) TERHADAP
PERKECAMBAHAN DAN PERTUMBUHAN SEMAI BIJI SENGON**

(Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen)

SKRIPSI

Oleh:

NOFADILA QURROTA A'AYUN

NIM.13620095



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**PENGARUH APLIKASI GELOMBANG ULTRASONIK DAN ZAT
PENGATUR TUMBUH BAP (6-BENZIL AMINO PURIN) TERHADAP
PERKECAMBAHAN DAN PERTUMBUHAN SEMAI BIJI SENGON**

(Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen)

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam

Memperoleh Gelar Sarjana Sains Biologi

Oleh :

NOFADILA QURROTA A'AYUN

NIM. 13620095

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM

MALANG

2018

**PENGARUH APLIKASI GELOMBANG ULTRASONIK DAN ZAT
PENGATUR TUMBUH BAP (6-BENZIL AMINO PURIN) TERHADAP
PERKECAMBAHAN DAN PERTUMBUHAN SEMAI BIJI SENGON
(*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)**

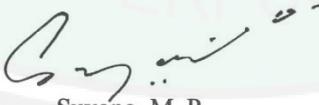
SKRIPSI

Oleh :

**NOFADILA QURROTA A'AYUN
NIM. 13620095**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji :
Tanggal : 21 Juni 2018

Dosen Pembimbing I,


Suyono, M. P
NIP. 19710622 200312 1 002

Dosen Pembimbing II,


Dr. H. Ahmad Barizi, M. A
NIP. 19731212 199803 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi



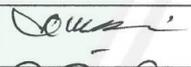
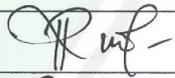
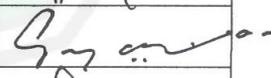
Romaidi, M. Si, D. Sc
NIP. 19810201 200901 1 019

**PENGARUH APLIKASI GELOMBANG ULTRASONIK DAN ZAT
PENGATUR TUMBUH BAP (6-BENZIL AMINO PURIN) TERHADAP
PERKECAMBAHAN DAN PERTUMBUHAN SEMAI BIJI SENGON
(*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)**

SKRIPSI

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S. Si)**

Tanggal : 29 Juni 2018

Penguji Utama:	Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd NIP. 19630114 199903 1 001	
Ketua Penguji:	Ruri Siti Resmisari, M. Si NIDT. 19790123 20160801 2 063	
Sekretaris Penguji:	Suyono, M. P NIP. 19710622 200312 1 002	
Anggota Penguji:	Dr. H. Ahmad Barizi, M. A NIP. 19731212 199803 1 001	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Biologi




Romaidi, M. Si, D. Sc
NIP. 19810201 200901 1 019

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nofadila Qurrota A'ayun
NIM : 13620095
Jurusan : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul : Pengaruh Aplikasi Gelombang Ultrasonik dan Zat
Penelitian Pengatur Tumbuh BAP (*6-Benzil Amino Purin*)
Terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan
Semai Biji Sengon (*Paraserianthes falcataria*
(L.) Nielsen)

Menyatakan bahwa hasil penelitian saya ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data dan tidak ada unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses peraturan yang berlaku.

Malang, 21 Juni 2018

Yang Membuat Pernyataan



Nofadila Qurrota A'ayun
NIM. 13620095

MOTTO

”Bibit Pohon yang Rapuh akan Semakin Kuat, Tangguh, dan Bermanfaat Setelah
Tumbuh. Maka, Teruslah Bertumbuh”

-Rahmat Mr. Power-



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah... segala puji kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat serta Hidayah-Nya kepada penulis. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang syafaatnya selalu hamba nantikan.

Karya Kecil ini ananda persembahkan untuk orang-orang tersayang :

Kedua orang tua, Bapak Ruyani S.Pd.I (alm.) dan Ibu Mina Hussaniyah, serta Mbah Muti'ah, terima kasih karena selama ini telah mencurahkan kasih sayang dan perhatian serta dengan kesabaran selalu menasihati, memotivasi, dan mendo'akan ananda agar diberi kelancaran dalam menuntut ilmu. Sungguh, jasa *jenengan* tak kan pernah terbalaskan.

Adik tercinta, Muhammad Hadiyan Ihkam. Terimakasih ya dik... do'a dan semangatmu selalu mengiringi Mbak dalam menuntut ilmu.

Terimakasih ananda ucapkan kepada para Dosen, Guru, Ustadz Ustadzah, Sahabat, serta pihak-pihak yang telah membantu proses selama belajar. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan kalian dengan sebaik-baik balasan.

Aamiin

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Aplikasi Gelombang Ultrasonik dan Zat Pengatur Tumbuh BAP (*6-Benzil Amino Purin*) Terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Semai Biji Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)” ini. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih seiring doa dan harapan *Jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Romaidi, M. Si, D. Sc, selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Suyono, M. P, selaku Dosen Pembimbing Biologi yang telah sabar memberikan bimbingan dan arahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Dr. H. Ahmad Barizi, M. A selaku Dosen Pembimbing Agama yang telah memberikan bimbingan serta pandangan sains dari perspektif Islam sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd dan Ruri Siti Resmisari, M.Si selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga membantu terselesaikannya tugas akhir ini.
7. dr. Nur Laili Susanti dan Didik Wahyudi, M.Si selaku Dosen Wali yang telah memberikan motivasi dan arahan selama menimba ilmu dibangku kuliah.
8. Bapak Eko Yudianto yang bersedia memfasilitasi alat ultrasonik dan memberikan arahan sampai selesainya penelitian.

9. Segenap civitas akademika Jurusan Biologi (para laboran, staf administrasi, kakak-kakak asisten), terutama Bapak dan Ibu Dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
10. Bapak dan Ibu guru, Ustadz dan Ustadzah yang telah memberikan banyak ilmu dan membimbing saya sampai saat ini.
11. Kedua orang tua penulis Bapak Ruyani, S.Pd.I (alm.) dan Ibu Mina Hussaniyah, Mbah Muti'ah, serta adik tercinta Muhammad Hadiyan Ihkam yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, serta dorongan semangat untuk menuntut ilmu kepada penulis selama ini.
12. Ibu Hj. Siti Nurul Aminah beserta keluarga besar PPDU Al-Fadholi yang telah memberi kesempatan penulis untuk menimba ilmu agama selama menempuh studi di Malang.
13. Keluarga besar MADIN PPDU Al-Fadholi yang telah memberikan kesempatan penulis untuk belajar dan berbagi pengalaman selama menimba ilmu di Malang.
14. Sahabat penulis, Fathiyya yang tidak bosan memberikan nasihat, motivasi, do'a, dan bantuannya.
15. Teman-teman Komplek *E-ta terangkanlah*, khususnya Kamar E2 (Mbak Lilik, Kak Umda, Masya, Elsha, Milla) yang telah membuat hari-hariku penuh warna.
16. Teman-teman Biologi khususnya Mbak Fia, Mbak Oqi, Mbak Meike, dan masih banyak lagi yang tidak bisa disebut satu persatu. Semoga Allah membalas kebaikan kalian.
17. Semua pihak yang turut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa materil maupun moril yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT memberikan balasan atas bantuan dan pemikirannya.

Sebagai akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca khususnya bagi penulis pribadi. *Aamiin Ya Robbal 'Aalamiin.*

Malang, 8 Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
مستخلص البحث	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	11
1.3 Tujuan	12
1.4 Hipotesis	12
1.5 Manfaat Penelitian	13
1.6 Batasan Masalah	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Fenomena Perkecambahan dalam Al-Qur'an	15
2.2 Botani Tanaman Sengon	19
2.3 Ekologi Tanaman Sengon	22
2.4 Perkecambahan Biji Sengon	24
2.5 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Perkecambahan	28
2.6 Dormansi Biji dan Pematahannya	31
2.7 Zat Pengatur Tumbuh BAP	33
2.8 Peran BAP dalam Perkecambahan	34
2.9 Gelombang Ultrasonik dan Perannya dalam Perkecambahan	36
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis dan Rancangan Penelitian	40

3.2	Variabel Penelitian	41
3.3	Waktu dan Tempat.....	42
3.4	Alat dan Bahan	42
3.5	Subyek Penelitian	42
3.6	Prosedur Penelitian	43
3.7	Desain Penelitian	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pengaruh Lama Pemaparan Gelombang Ultrasonik.....	47
4.2	Pengaruh Kosentrasi BAP	54
4.3	Pengaruh Interaksi Lama Pemaparan Gelombang Ultrasonik dan Kosentrasi BAP	61
4.4	Kajian Penelitian dalam Perspektif Islam	69
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	74
5.2	Saran	75
DAFTAR PUSTAKA		76
LAMPIRAN.....		83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologi Sengon	22
Gambar 2.2 Struktur Rangka BAP	34
Gambar 2.3 Arah Gelombang dan Vibrasi Partikel.	37
Gambar 2.3 Skema Kavitasi	37
Gambar 3.1 Desain Penelitian	46
Gambar 4.1 Kurva Pengaruh Ultrasonik Terhadap Waktu Berkecambah	49
Gambar 4.2 Kurva Pengaruh Ultrasonik Terhadap Persentase Perkecambahan...50	50
Gambar 4.3 Kurva Pengaruh Ultrasonik Terhadap Panjang Hipokotil.....51	51
Gambar 4.4 Kurva Pengaruh Ultrasonik Terhadap Berat Kering.....52	52
Gambar 4.5 Kurva Pengaruh Konsentrasi BAP Terhadap Waktu Berkecambah .56	56
Gambar 4.6 Kurva Pengaruh BAP Terhadap Persentase Perkecambahan.....57	57
Gambar 4.7 Kurva Pengaruh BAP Terhadap Panjang Hipokotil.....58	58
Gambar 4.8 Kurva Pengaruh BAP Terhadap Berat Kering	59
Gambar 4.9 Kurva Pengaruh Interaksi Terhadap Waktu berkecambah.....64	64
Gambar 4.10 Kurva Pengaruh Interaksi Terhadap Persentase Perkecambahan ...65	65
Gambar 4.11 Kurva Pengaruh Interaksi Terhadap Panjang Hipokotil	66
Gambar 4.12 Kurva Pengaruh Interaksi Terhadap Berat Kering.....67	67

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perlakuan Gelombang Ultrasonik dan BAP.....	41
Tabel 4.1 Hasil Anava Lama Paparan Gelombang Ultrasonik	47
Tabel 4.2 Beda Nyata Lama Paparan Gelombang Ultrasonik	48
Tabel 4.3 Hasil Anava Konsentrasi BAP.....	54
Tabel 4.4 Beda Nyata Konsentrasi BAP	55
Tabel 4.5 Hasil Anava Interaksi.....	61
Tabel 4.6 Beda Nyata Interaksi.....	62



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Analisis ANAVA	83
1. Waktu Berkecambah	83
2. Persentase Perkecambahan.....	86
3. Panjang Hipokotil	89
4. Panjang Akar	92
5. Berat Kering	93
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian.....	96



ABSTRAK

A'ayun, Nofadila Qurrota. 2018. **Pengaruh Aplikasi Gelombang Ultrasonik dan Zat Pengatur Tumbuh BAP (6-Benzil Amino Purin) Terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Semai Biji Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).** Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : (I) Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd (II) Ruri Siti Resmisari, M. Si

Kata Kunci: Gelombang Ultrasonik, BAP (6-Benzil Amino Purin), Dormansi Biji, Perkecambahan, Pertumbuhan Semai, *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen.

Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen atau tanaman sengon merupakan tanaman kayu yang banyak memiliki manfaat, diantaranya adalah untuk pembuatan kertas. Nodul akar pada sistem perakarannya dapat membantu porositas tanah dan penyedia unsur nitrogen dalam tanah, sehingga dapat digunakan untuk merehabilitasi lahan kritis. Permintaan sengon yang semakin meningkat, tidak diimbangi dengan ketersediaannya. Perkembangbiakan sengon dengan cara konvensional memiliki kendala, yaitu biji mengalami dormansi yang disebabkan oleh kulitnya yang keras. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, teknik pematangan dormansi terbaru yang disarankan diantaranya adalah menggunakan gelombang ultrasonik. Kavitasasi yang dihasilkan oleh gelombang ultrasonik dapat menjadikan biji lebih permeable terhadap masuknya air dan oksigen. Pertumbuhan semai dari kecambah akan optimal apabila ditunjang dengan zat pengatur tumbuh yang dapat meningkatkan pertumbuhan semai, merangsang pemanjangan sel, dan terbentuknya organ perkecambahan, seperti BAP. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP terhadap perkecambahan dan pertumbuhan semai biji sengon.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November-Desember 2017 di rumah Bapak Eko Yudianto untuk aplikasi ultrasonik dan *Greenhouse* Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Desain percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari 2 faktor perlakuan dan 3 ulangan, Faktor pertama adalah lama paparan gelombang ultrasonik selama 7, 14, 21,28 menit dan faktor kedua adalah variasi konsentrasi BAP 3 ppm, 6 ppm, 9 ppm, dan 12 ppm. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan *Analysis Of Variance* (ANOVA). Apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter maka dilanjutkan dengan uji DMRT 5%. Berikutnya dilakukan uji analisis regresi korelasi untuk mengetahui perlakuan optimal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi gelombang ultrasonik dan zat pengatur tumbuh BAP berpengaruh terhadap perkecambahan biji sengon. Perlakuan terbaik yang didapatkan dalam penelitian ini adalah lama paparan ultrasonik 21 menit dan BAP konsentrasi 9 ppm yang menghasilkan perkecambahan paling tinggi. Sedangkan hasil analisis regresi korelasi menunjukkan bahwa lama paparan 15,8 menit dan konsentrasi 7,7 ppm optimum untuk meningkatkan waktu berkecambah. Lama paparan 21,4 menit dan konsentrasi 8,2 ppm optimum untuk meningkatkan persentase perkecambahan. Lama paparan 20,9 menit dan konsentrasi 7,7 ppm optimum untuk meningkatkan panjang hipokotil. Lama paparan 23,69 menit dan konsentrasi 9,7 ppm optimum untuk meningkatkan berat kering.

ABSTRACT

A'ayun, Nofadila Qurrota. 2018. **Influence of ultrasonic waves applications and plant growth regulator BAP (6-Benzyl Amino Purine) Against Seed Germination and seedling growth Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)**. Thesis. Department of Biology, Faculty of Science and Technology of the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (i) Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd (II) Ruri Siti Resmisari, M. Si

Keywords: Ultrasonic Wave, BAP (6-Benzyl Amino Purine), Seed dormancy, germination, seedling growth, *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen.

Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen or sengon plant is a plant timber that has many benefits, including for papermaking. Root nodules on the root system can help the porosity of the soil and providers of nitrogen in the soil, so it can be used to rehabilitate degraded land. Sengon demand is increasing, not matched by availability. Breeding sengon the conventional way has disadvantages, namely seed dormancy caused by a hard skin. Along with the development of science and technology, the latest dormancy breaking techniques suggested include using ultrasound. Cavitation produced by ultrasonic waves can be made more permeable seed against ingress of moisture and oxygen. Seedling growth of sprouts will be optimal if supported by growth regulators can improve seedling growth, stimulate cell elongation, germination and establishment of organs, such as the BAP. This study aimed to determine the effect of the ultrasonic waves and BAP concentration on seed germination and seedling growth sengon.

This research was conducted in November-December 2017 at the home of Mr. Eko Yudianto for ultrasonic applications and Greenhouse Department of Biology, Faculty of Science and Technology, the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Experimental design used was completely randomized design (CRD) factorial consisting of 2 factors and 3 replications, the first factor is a long exposure to ultrasound for 7, 14, 21.28 minutes and the second factor is the variation of BAP concentration of 3 ppm, 6 ppm, 9 ppm, and 12 ppm. Data were analyzed using Analysis Of Variance (ANOVA). If treatment significantly affected parameter then continued with DMRT 5%. The next test of correlation regression analysis to determine the optimal treatment.

The results showed that the application of ultrasonic waves and plant growth regulators BAP sengon effect on seed germination. The best treatment is obtained in this study is a long exposure to ultrasonic 21 minutes and 9 ppm BAP concentration that produced the highest germination. While the correlation regression analysis showed that long exposure of 15.8 minutes and 7.7 ppm optimum concentration to increase the germination time. Prolonged exposure to 21.4 minutes and the optimum concentration of 8.2 ppm to increase percentage of germination. Prolonged exposure of 20.9 minutes and 7.7 ppm optimum concentration to increase the length of hypocotyl. Prolonged exposure to 23.69 minutes and the optimum concentration of 9.7 ppm to increase the dry weight.

ملخص البحث

أعين، نفذلا قره. 2018. تأثير تطبيق موجات فوق صوتية والمادة لمنظم النمو BAP (6-Benzil) *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen على إنبات ونمو بذور سيغون (L.) *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen. البحث الجامعي. قسم البيولوجيا بكلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. الاشراف: الدكتور إيكو بودى مينارنو، الماجستير، و رورى ستي رسميسارى، الماجستير

الكلمات الرئيسية: الموجات فوق الصوتية ، BAP (6-Benzil Amino Purin) ، الخمول البذور ، الإنبات ، نمو الشتلة، *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen. سيغون (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) تتضمن من نبات خشبي الذى له الفوائد الكثير ، مثل صناعة الورق. تمكن لعقيدات الجذر في نظام الجذر أن تساعد مزودي التربة ومزودي إمداد النيتروجين في التربة ، تمكن أن تستخدم لإعادة تأهيل الأراضي الحرجة. لا يقابل الطلب سيغون المتزايد بمدى توافرها. إن انتشار سيغون بالوسائل التقليدية هناك كثير من القيود ، البذور يجرب الخمول بسبب الجلد القاسي. جنبا إلى جنب مع تطور العلوم والتكنولوجيا ، تقنيات تدهور الخمول المقترحة تشمل باستخدام الموجات فوق الصوتية. يمكن أن يجعل التجويف الذى نتج من الموجات فوق الصوتية البذور أكثر قابلية على دخول الماء والأكسجين. سيكون نمو الشتلات من البراعم الأفضل إذا يدعم بمنظم النمو الذى يمكن أن يزيد من نمو الشتلات ، ويحفز إطالة الخلية ، ويشكل الأعضاء النابتة ، مثل BAP. يهدف هذا البحث إلى تحديد تأثير الموجات فوق الصوتية وتركيز BAP على إنبات و نمو بذور سيغون

قد قام البحث في نوفمبر - ديسمبر 2017 في منزل السيد إيكو بودياننو للتطبيقات بالموجات فوق الصوتية و البيت الأخضر لقسم البيولوجيا ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك الإسلامية الحكومية في مالانج. التصميم التجريبي هو تصميم العشوائي الكاملة (RAL) الذى يتكون من 2 عاملين و 3 مكررات، العامل الأول هو التعرض الطويل للموجات فوق الصوتية لمدة 7، 14، 21، 28 دقائق والعامل الثاني هو الاختلاف من تركيز BAP من 3 أجزاء في المليون، 6 أجزاء في المليون و 9 أجزاء في المليون و 12 أجزاء في المليون. وتحلل البيانات التي تم الحصول عليها باستخدام تحليل التباين *Analysis Of Variance* (ANOVA) . إذا كان العلاج يؤثر بشكل كبير على المعلمات ثم استمر باختبار DMRT 5%. والتالي هو تحليل انحدار الارتباط لمعرفة العلاج الأمثل.

دللت النتائج البحث أن تطبيق الموجات فوق الصوتية و منظم نمو BAP يؤثر على إنبات ونمو بذور سيغون. أفضل العلاج في هذا البحث هو مدة التعرض للموجات فوق الصوتية يعنى 21 دقائق وتركيز BAP هو 9 جزء في المليون الذي نتج الإنبات الأعلى. و نتائج تحليل الانحدار الارتباط ظهر أن مدة التعرض 15.8 دقائق وتركيز 7.7 جزء في المليون الأمثل هي لزيادة نسبة الإنبات. مدة التعرض 21.4 دقائق والتركيز الأمثل 8.2 جزء في المليون هي لزيادة نسبة الإنبات. مدة التعرض 20.9 دقائق والتركيز الأمثل 7.7 جزء في المليون هي لزيادة طول هيفوكوتل. مدة التعرض 23،69 دقائق وتركيز 9.7 جزء في المليون الأمثل هي لزيادة الوزن الجاف.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tumbuhan merupakan satu diantara banyak spesies yang jumlahnya melimpah di alam semesta. Allah SWT menciptakannya untuk memenuhi kebutuhan makhluk-Nya, terutama manusia. Mereka dapat memanfaatkan hasil dari tumbuhan itu untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Penciptaan keanekaragaman tumbuhan terdapat dalam Q.S As-Syuara/26: 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 pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?*” (Q.S As-Syuara/26:7)

Dhomir Na pada kata أَنْبَتْنَا كَمْ menunjukkan arti Kami, yang berarti dalam penciptaan tumbuhan Allah SWT melibatkan manusia untuk merawat dan mengembangbiakkan tumbuhan yang ada di bumi. Hal ini menunjukkan bahwa dalam proses pemeliharaan dan perawatan makhluk-Nya yang ada di bumi ada campur tangan manusia. Selain itu, kata كَمْ juga menunjukkan arti bilangan mengenai tumbuhan yang beraneka ragam yang dapat dimanfaatkan oleh manusia

Tumbuhan sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) termasuk tumbuhan yang banyak ditanam dan dimanfaatkan oleh manusia. Allah SWT berfirman dalam Q.S Al-An'aam/6: 95 :

إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ ۖ يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَيُخْرِجُ الْمَيِّتَ مِنَ الْحَيِّ ۚ ذَٰلِكُمْ اللَّهُ ۗ فَآءٍ تُؤَفِّكُونَ ﴿٩٥﴾

Artinya: “*Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, Maka mengapa kamu masih berpaling?*” (Q.S. Al-An’am/6: 95).

Kata *فَالِقُ الْحَبِّ* dalam ayat di atas berarti Allah SWT menumbuhkan tumbuh-tumbuhan dengan membelah butir dan biji. “*Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup*” maksudnya Allah SWT menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang hidup dari biji yang merupakan benda tak hidup (Muhammad, 2003). Biji dikatakan tak hidup karena dia tidak mengalami kehidupan tanpa persediaan air dan oksigen (O₂). Biji akan menyerap air untuk berkecambah dan tumbuh menjadi makhluk hidup (Barizi, 2011).

Ad-Dimasyqi dalam *Tafsir Ibnu Katsir* (2001) menjelaskan bahwa Allah SWT memberitahukan bahwa Dia yang membelah biji-bijian dan akan menumbuhkannya menjadi tumbuhan. Allah SWT membelahnya di dalam tanah, kemudian menumbuhkan biji-bijian tersebut menjadi berbagai macam tumbuhan yang menghasilkan buah beraneka warna, bentuk, dan rasa.

Tumbuhan sengon merupakan satu diantara spesies Famili Fabaceae, Sub-Famili Mimosoideae (Iskandar *et al.*, 2017). Tumbuhan ini ditemukan oleh Teysman pada tahun 1971 di pedalaman Pulau Banda kemudian dibawa ke Kebun Raya Bogor (Payung, 2012). Sengon merupakan pohon asli di wilayah Indonesia,

Papua Nugini, Kepulauan Solomon dan Australia (Soerianegara dan Lemmens 1993 dalam Krisnawati *et al.*, 2011).

Manfaat dari tumbuhan sengon didapatkan mulai dari daun hingga perakarannya (Hardiatmi, 2010). Batang sengon termasuk jenis kayu *soft wood* yang dapat digunakan untuk bahan pembuatan kertas. Daunnya juga dapat digunakan sebagai pakan ternak yang baik. Sedangkan kulit pohonnya dapat dimanfaatkan untuk bahan jaring penyamak, kadang-kadang juga digunakan secara lokal sebagai pengganti sabun di daerah Ambon (Maluku) (Krisnawati *et al.*, 2011). Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) (2008) menyebutkan bahwa kayu sengon banyak digunakan penduduk Jawa Barat untuk pembuatan peti, venir pulp, karton, papan mineral, papan serat, papan partikel, korek api (tangkai dan kotak), kelom dan kayu bakar.

Nodul akar pada sistem perakaran sengon dapat membantu porositas tanah dan penyediaan unsur nitrogen dalam tanah, sehingga pohon sengon dapat membuat tanah di sekitarnya menjadi subur (Atmosuseno, 1999). Sengon juga diketahui dapat berasosiasi dengan *Vesikular Arbuskular Mikoriza* (MVA). Asosiasi tersebut memungkinkan tumbuhan sengon dapat tumbuh pada lingkungan ekstrim, kritis unsur hara, dan air, sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah dan merehabilitasi lahan kritis (Setiadi, 2001).

Sengon menjadi salah satu tumbuhan alternatif yang dapat diusahakan secara ekstensif untuk tujuan rehabilitasi lahan-lahan marginal. Upaya pemerintah dalam merehabilitasi lahan kritis yang meliputi lahan pertanian dan lahan hutan akan dapat diatasi dengan penanaman sengon secara tanam rakyat atau dalam

skala besar seperti tumbuhan industri (Hardiatmi, 2010). Sengon merupakan jenis pohon pilihan untuk dikembangkan pada hutan tumbuhan industri karena mampu tumbuh pada berbagai macam jenis tanah, memiliki karakteristik silvikultur yang menguntungkan, dan menghasilkan kayu dengan kualitas yang diterima industri panel dan kayu lapis (Krisnawati *et al.* 2011). Dilihat dari banyaknya potensi yang dimiliki, maka tumbuhan sengon mempunyai prospek yang baik untuk dikembangkan dan dilestarikan keberadaannya.

Kebutuhan kayu sengon terus meningkat sejalan dengan kebutuhan kayu untuk berbagai keperluan secara keseluruhan yang terus meningkat pula. Kebutuhan akan kayu terus meningkat dari waktu ke waktu, sementara produksi kayu yang dapat disediakan tetap, bahkan cenderung menurun. Apabila diasumsikan kapasitas produksi industri perkayuan tetap, maka terdapat kesenjangan antara permintaan dan persediaan. Permintaan kayu sengon akan terus meningkat baik untuk keperluan pemenuhan kebutuhan masyarakat secara langsung maupun untuk keperluan industri.

Produksi dan distribusi kayu bulat sengon di Indonesia berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) mengalami fluktuasi secara signifikan sepanjang tahun. dari tahun 2013 sampai 2015. Produksi kayu bulat sengon/albazia pada tahun 2013 sebesar 4,38% dalam skala nasional (BPS, 2013). Kemudian pada tahun 2014 produksi kayu sengon mengalami kenaikan menjadi 7,22% (BPS, 2014). Selanjutnya produksi kayu sengon pada tahun 2015 mengalami penurunan yang cukup besar menjadi 5,89% (BPS, 2015). Penurunan produksi sengon

mendorong adanya peningkatan dalam budidayanya. Perbanyakan yang umum dilakukan untuk mengembangbiakkan tumbuhan ini adalah menggunakan biji.

Biji sengon secara alami memerlukan waktu 10 hari untuk berkecambah dengan persentase perkecambahan kurang dari 20% sampai 80% (Payung, 2012; Nugroho dan Salamah, 2015). Sedangkan hasil dari uji pendahuluan yang telah dilakukan, biji sengon yang ditanam tanpa diberi perlakuan apapun dapat berkecambah setelah 6 sampai 7 hari. Amirudin *et al.* (2015) juga melaporkan apabila biji sengon ditabur secara alami persentase perkecambahannya rendah, yaitu hanya 20% dan berkecambah setelah 14 hari setelah tanam (HST). Sedangkan Fauziyah (2013) menambahkan bahwa secara alami perkecambahan biji sengon dapat tertunda sampai 4 minggu dan biji tersebut tidak berkecambah secara teratur.

Lamanya masa perkecambahan biji sengon disebabkan oleh dormansi akibat kulit biji yang keras dan agak berlilin. Marthen *et al.* (2013) menyatakan bahwa nenih sengon termasuk benih dengan kulit biji yang keras. Hal tersebut menjadi faktor pembatas untuk masuknya air dan oksigen ke dalam biji.

Dormansi biji adalah suatu keadaan dimana biji-biji yang sehat (*viable*) belum mampu berkecambah meskipun semua faktor-faktor perkecambahan terpenuhi, seperti kelembaban (air) yang cukup, suhu dan cahaya yang sesuai. Dormansi dapat terjadi selama proses pengelolaan, sehingga biji tidak dapat berkecambah walaupun dalam lingkungan yang baik untuk perkecambahan.

Sadjad (1980) menyebutkan bahwa dormansi bisa disebabkan karena sifat fisik kulit biji, keadaan fisiologis dari embrio, atau interaksi dari keduanya.

Schmidt dan Joker (2004) dalam Zanzibar dan Herdiana (2006) menuturkan bahwa biji sengon memiliki 3 lapisan kulit dan dua lapisan kulit terluarnya, kutikula dan palisade, kedap terhadap air dan udara. Hal ini dapat melindungi biji dari desikasi, namun kerap kali juga menghambat perkecambahan.

Biji yang mengalami dormansi dapat dipatahkan dengan melakukan perlakuan pendahuluan pada biji. Perlakuan pendahuluan adalah semua perlakuan, baik yang ditujukan pada kulit biji, embrio atau kombinasinya, yang bertujuan untuk mengaktifkan kembali sel-sel biji yang dorman. Perlakuan pendahuluan yang tepat guna untuk mematahkan dormansi biji dapat dilakukan setelah mengetahui tipe dormansi dan penyebab biji mengalami dormansi. Menurut Sutopo (2004) ada beberapa perlakuan yang dapat mematahkan dormansi, yaitu perlakuan mekanis, perlakuan kimia, perlakuan perendaman air, perlakuan pemberian temperatur tertentu, dan pemberian perlakuan dengan menggunakan cahaya.

Perlakuan secara mekanis dapat diberikan pada biji yang bersifat ortodok untuk menghilangkan dormansi akibat kulit biji, sehingga mempermudah peresapan air ke dalam biji (Sutopo, 2004). Biji sengon memiliki kulit biji yang keras, sehingga dormansinya dapat dipatahkan dengan melakukan perlakuan skarifikasi mekanik seperti pengamplasan, peretakan, melubangi bagian tertentu pada biji, pengikiran dan sebagainya. Perlakuan tersebut diberikan agar kulit biji menjadi lebih permeable sehingga mudah untuk menyerap air yang dibutuhkan untuk berkecambah (Muharni, 2002).

Teknik pematihan dormansi pada biji sengon dalam beberapa penelitian yang selama ini dilakukan yaitu dengan perendaman air panas atau bahan kimia asam sulfat (H_2SO_4) (Amirudin *et al.*, 2015). Perendaman dengan air panas maupun bahan kimia tersebut dapat mengikis kulit biji sehingga lebih lunak untuk dilalui air. Namun demikian, apabila cara tersebut dilakukan dalam waktu yang lama dapat mengakibatkan rusaknya bagian embrio sehingga biji tidak dapat berkecambah (Nugroho dan Salamah, 2015). Selain itu H_2SO_4 merupakan bahan kimia yang cukup berbahaya bagi pengguna maupun lingkungan. Dalam Material Safety Data Sheet (MSDS) asam sulfat dapat menyebabkan iritasi bagi penggunanya.

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, pengembangan teknik pematihan dormansi baru yang disarankan diantaranya adalah senyawa nano (Azimi *et al.*, 2013), gelombang ultrasonik (Yaldagard *et al.*, 2008), dan air magnetik (Fateh *et al.*, 2012). Ultrasonik adalah gelombang mekanis yang memiliki frekuensi lebih dari 20.000 Hz. Media yang digunakan untuk perambatannya dalam aplikasi pada biji adalah air. Biji yang akan diuji diletakkan di dalam alat pemancar gelombang ultasonik yang mengandung air (Nazari *et al.*, 2014).

Gelombang ultrasonik dapat menyebabkan kavitasi yang kemudian akan mengubah permeabilitas kulit biji sehingga memudahkan penyerapan air dan oksigen (Yaldagard *et al.*, 2008). Air dan oksigen merupakan hal yang penting dalam mempengaruhi perkecambahan biji.

Nurfitriyana (2012) dalam Nanda (2015) menjelaskan bahwa kavitasi merupakan fenomena pembentukan, pertumbuhan, dan hancurnya gelembung mikro dalam cairan, yang akan melepaskan energi lokal dalam jumlah yang cukup besar. Fenomena ini terjadi karena adanya gelombang suara dengan frekuensi tinggi pada suatu aliran yang disebut dengan kavitasi akustik (kavitasi ultrasonik atau sonikasi). Gelembung-gelembung mikro terbentuk saat amplitudo akustik cukup besar dan dapat meregangkat molekul selama berlangsungnya siklus peregangan hingga sampai pada jarak yang lebih besar dari jarak kritis molekul. Gelembung-gelembung mikro yang terbentuk selama siklus ini akan hancur akibat adanya siklus kompresi. Hancurnya gelembung mikro tersebut dalam waktu yang singkat akan menyebabkan peningkatan temperatur dan tekanan yang ekstrim.

Kavitasi yang diciptakan oleh gelombang ultrasonik menyebabkan tekanan mekanis pada biji. Tekanan mekanis ini kemudian menyebabkan fluiditas dinding sel sehingga membentuk pori-pori serta celah mikro pada dinding sel. Terbentuknya pori-pori dan celah mikro tersebut akan menjadikan biji lebih permeable terhadap masuknya air dan oksigen (Jaime *et al.*, 2014).

Kulit biji yang telah dipapar dengan gelombang ultrasonik akan lebih permeable untuk menyerap air. Di dalam biji air yang sudah diserap dapat mengaktifkan hormon yang selanjutnya juga mengaktifkan enzim-enzim hidrolase di dalam biji, termasuk α -amilase. Enzim yang aktif kemudian akan menghidrolisis cadangan makanan dan dikirim ke embrio. Akumulasi cadangan makanan ini akan menyebabkan terjadinya mitosis sehingga biji dapat berkecambah.

Nazari *et al.* (2014) melakukan penelitian pematangan dormansi biji pada spesies *Medicago scutellata* yang memiliki masalah dormansi fisik menggunakan perlakuan gelombang ultrasonik. Hasil uji menunjukkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 42 kHz selama 7 menit menghasilkan persentase perkecambahan paling tinggi, yaitu sebesar 96,66% dibandingkan dengan kontrol yang persentase perkecambahannya hanya 33,33%.

Shariffifar *et.al* (2015) menghasilkan persentase perkecambahan *Atriplex lentiformis*, *Cuminum cyminum*, dan *Zygophyllum euryptum* hingga 80% dengan memberi paparan gelombang ultrasonik 42 kHz dalam waktu 5 dan 7 menit. Hasil tersebut berbeda dan lebih baik dari kontrol yang hanya menghasilkan persentase perkecambahan 40%.

Nazari dan Eteghadipour (2017) dalam resensinya menyebutkan bahwa beberapa spesies dari Famili Fabaceae seperti *Pisum sativum*, *Cicer arietinum*, dan *Triticum aestivum* mengalami peningkatan persentase perkecambahan setelah dipapar dengan gelombang ultrasonik. *Cicer arietinum* memiliki persentase perkecambahan hingga 97% setelah diberi perlakuan gelombang ultrasonic dengan frekuensi 42 kHz. Hasil tersebut lebih baik daripada kontrol yang hanya memiliki persentase perkecambahan 61%.

Pertumbuhan kecambah biji dapat ditingkatkan dengan pemberian zat pengatur tumbuh. Widyastuti dan Tjokrokusumo (2006) menjelaskan bahwa zat pengatur tumbuh merupakan senyawa organik bukan nutrisi yang jika dalam konsentrasi rendah dapat mendorong, menghambat, atau secara kualitatif

mengubah pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Satu diantara sekian banyak zat pengatur tumbuh adalah sitokinin.

Sitokinin adalah suatu senyawa organik yang dapat memacu pembelahan sel atau proses sitokinesis. Sitokinin berpengaruh dalam berbagai proses fisiologis di dalam tanaman antara lain mendorong pembelahan sel, pertumbuhan dan morfogenesis kultur sel, organ, jaringan, meningkatkan kandungan klorofil daun, memperlambat penuaan daun, dan meningkatkan translokasi asimilasi dari bagian vegetative ke polong (Wattimena, 1992).

Yusnita (2003) menerangkan bahwa sitokinin yang sering digunakan adalah BAP (6-Benzil Amino Purin) karena selain murah harganya, efektifitas kerjanya juga tinggi. Pengamatan pada kalus tembakau menunjukkan sebagian besar turunan adenin yang paling aktif sebagai sitokinin adalah turunan adenine yang disubstitusi pada posisi 6. BAP sangat aktif dapat mendorong pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan bentuk sitokinin lainnya, karena BAP memiliki bentuk isomer *6-benzyl adenine*.

BAP merupakan senyawa sintetik dari sitokinin yang dapat merangsang pemanjangan sel dan terbentuknya organ perkecambahan. BAP umumnya banyak terdapat pada biji yang masih muda. Sintesis sitokinin sering terjadi di bagian ujung akar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sitokinin jenis BAP disintesis lebih banyak pada ujung akar dan kemudian diangkut keseluruh bagian tanaman melalui xilem. Efek yang dihasilkan dari sitokinin diantaranya adalah merangsang perluasan daun pada waktu perkecambahan dan meningkatkan pertumbuhan daun melalui pembesaran sel (Lakitan, 1996).

Hasil penelitian Anwarudin *et al.* (1996) menunjukkan bahwa bibit manggis semaian yang diberi sitokinin dengan konsentrasi 2 ppm dapat meningkatkan jumlah perkecambahan tunas dan penambahan diameter utama dalam pembelahan sel. Fauzi (2012) menambahkan bahwa perendaman biji manggis dalam BAP dengan konsentrasi 2 ppm diluar kultur invitro dapat menghasilkan 3 sampai dengan 4 tunas dari setiap biji. Sibyan (2012) melaporkan bahwa perendaman BAP pada biji manggis memberikan pengaruh yang baik untuk pertumbuhan bibit manggis. Konsentrasi BAP 8 ppm dapat menghasilkan 3 tunas, 5 helai daun seluas 19,2 cm, anjang akar 7,2 cm.

Penelitian tentang aplikasi gelombang ultrasonik pada biji yang mengalami dormansi dengan kombinasi zat pengatur tumbuh belum banyak dilakukan. Untuk menambah kajian keilmuan terkait aplikasi gelombang ultrasonik pada perkecambahan biji serta mengenalkan teknologi baru dalam pemecahan dormansi, maka penting dilakukan penelitian tentang aplikasi gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP pada perkecambahan dan pertumbuhan semai biji sengon.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Adakah pengaruh lama pemaparan gelombang ultrasonik terhadap perkecambahan dan pertumbuhan semai biji sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)?

2. Adakah pengaruh konsentrasi zat pengatur tumbuh BAP terhadap perkecambahan dan pertumbuhan semai biji sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)?
3. Adakah pengaruh interaksi lama pemaparan gelombang ultrasonik dan zat pengatur tumbuh BAP terhadap perkecambahan dan pertumbuhan semai biji sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)?

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh lama pemaparan gelombang ultrasonik terhadap perkecambahan dan pertumbuhan semai biji sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi zat pengatur tumbuh BAP terhadap perkecambahan dan pertumbuhan semai biji sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).
3. Mengetahui pengaruh interaksi lama pemaparan gelombang ultrasonik dan zat pengatur tumbuh BAP terhadap perkecambahan dan pertumbuhan semai biji sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).

1.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ada pengaruh lama pemaparan gelombang ultrasonik terhadap perkecambahan dan pertumbuhan semai biji sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).

2. Ada pengaruh konsentrasi zat pengatur tumbuh BAP terhadap perkecambahan dan pertumbuhan semai biji sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).
3. Ada pengaruh interaksi lama pemaparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi zat pengatur tumbuh BAP terhadap perkecambahan dan pertumbuhan semai biji sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).

1.5 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu informasi dalam pengembangan IPTEK serta pemanfaatan gelombang ultrasonik dan zat pengatur tumbuh BAP pada bidang perbibitan, khususnya biji yang mengalami dormansi fisik. Selain itu dapat memberikan informasi baru sebagai dasar penelitian yang lebih lanjut terkait perkecambahan biji sengon yang nantinya dapat digunakan oleh petani sengon untuk menyelesaikan permasalahan dormansi fisik pada biji sehingga akan didapatkan tumbuhan sengon yang tumbuh dengan baik dan teratur.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Biji sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji sengon laut (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) yang diambil dari tempat pembibitan di Desa Udan Awu, Blitar
2. Gelombang ultrasonik yang digunakan memiliki frekuensi 42 KHz

3. Lama pemaparan gelombang ultrasonik terdiri dari 0 menit, 7 menit, 14 menit, 21 menit, dan 28 menit.
4. Konsentrasi zat pengatur tumbuh BAP yang digunakan adalah 0 ppm, 3 ppm, 6 ppm, 9 ppm, 12 ppm dengan lama perendaman 7 jam.
5. Pengamatan dilakukan selama 20 hari.
6. Parameter yang diamati adalah waktu berkecambah dengan menghitung hari keberapa munculnya radikula dan plumulanya, persentase perkecambahan dengan menghitung jumlah kecambah normal pada akhir pengamatan, panjang hipokotil diukur dari bagian kotiledon sampai pangkal akar, panjang akar yang diukur dari pangkal akar utama sampai ujung, dan berat kering yang ditimbang di akhir pengamatan.
7. Media yang digunakan untuk menanam biji sengon adalah campuran tanah, pasir, dan kompos dengan perbandingan 1:1:1.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fenomena Perkecambahan dalam Al-Qur'an

Tanaman tentunya mengalami tahapan pertumbuhan dalam kehidupannya. Tanaman yang tumbuh dari biji akan melalui proses perkecambahan sebelum berkembang dan tumbuh menjadi tanaman yang berbunga dan berbuah. Allah SWT membahas proses perkecambahan tanaman dalam Q.S Al-An'am/6: 95:

إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى ^ط يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ ^ط ذَٰلِكُمْ اللَّهُ ^ط
 فَأَنَّى تُؤْفَكُونَ ﴿٩٥﴾

Artinya: “*Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, Maka mengapa kamu masih berpaling?*” (Q.S Al-An'am/6: 95).

Kata *فَالِقُ الْحَبِّ* dalam ayat di atas berarti Allah SWT menumbuhkan tumbuh-tumbuhan dengan membelah butir dan biji. “*Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup*” maksudnya, Allah SWT menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang hidup dari biji yang merupakan benda tak hidup (Muhammad, 2010). Biji dikatakan benda tak hidup karena ia tidak mengalami kehidupan tanpa persediaan air dan oksigen (O₂). Biji akan menyerap air untuk berkecambah dan tumbuh menjadi makhluk hidup (Barizi, 2011).

Ad-Dimasyqi dalam *Tafsir Ibnu Katsir* (2001) menjelaskan bahwa Allah SWT memberitahukan bahwa Dia yang membelah biji-bijian dan akan menumbuhkannya menjadi tanaman. Allah membelahnya di dalam tanah, kemudian menumbuhkan dari biji-bijian itu berbagai macam tanaman. Dari bibit tanaman tersebut Allah mengeluarkan berbagai macam pohon yang menghasilkan buah-buahan yang memiliki aneka warna, bentuk, dan rasa.

Faktor yang memengaruhi perkecambahan disebutkan dalam Al-Qur'an, yaitu air. Allah SWT berfirman dalam Q.S. Luqman/ 31: 10 :

وَنَزَّلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً مُّبْرَكًا فَأَنْبَتْنَا بِهِ جَنَّاتٍ وَحَبَّ الْحَصِيدِ

Artinya: “dan Kami turunkan dari langit air yang banyak manfaatnya lalu Kami tumbuhkan dengan air itu pohon-pohon dan biji-biji tanaman yang diketam,” (Q.S. Luqman/ 31: 10).

Al-Mahalli (2009) dalam *Tafsir Jalalayn* menafsirkan kata مَاءٌ مُّبْرَكٌ berarti air yang banyak manfaatnya maksudnya adalah sesuatu yang membawa berkah. Dwidjoseputro (1994) mengemukakan bahwa setiap makhluk hidup membutuhkan air. Sekitar 70% dari berat badan tumbuhan maupun hewan terdiri dari air. Kuswanto (1996) menjelaskan bahwa tahap pertama dalam proses perkecambahan adalah imbibisi, yaitu penyerapan air oleh biji yang mengakibatkan melunaknya kulit biji dan hidrasi dari protoplasma. Manfaat air dalam perkecambahan biji diantaranya adalah sebagai pelarut bagi senyawa organik maupun anorganik, mempertinggi tegangan permukaan, dan sebagai media transportasi zat makanan. Tercukupinya kebutuhan tanaman akan air menjadikan tanaman tersebut dapat tumbuh dengan baik.

Tidak semua biji-bijian dapat berkecambah dengan mudah. Sutopo (2004) menjelaskan bahwa suatu benih dikatakan dorman apabila benih itu sebenarnya *viable* (hidup), tetapi tidak mampu berkecambah walaupun diletakkan pada keadaan yang secara umum dianggap telah memenuhi persyaratan bagi suatu perkecambahannya.

Dormansi pada biji disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor luar (kulit biji) dan faktor dalam (fisiologis dari biji). Allah SWT berfirman dalam Q. S. Ar-Rahmaan/55: 12:

وَالْحَبُّ ذُو الْعَصْفِ وَالرَّيْحَانُ

Artinya: “*dan biji-bijian yang berkulit dan bunga-bunga yang harum baunya.*” (Q. S. Ar-Rahmaan/55: 12).

Ayat di atas tertulis kata ذوالعصف yang artinya adalah “*kulit*”. Allah SWT telah menciptakan biji-bijian yang dilapisi oleh kulit, seperti halnya biji sengon. Kemudian Allah SWT juga menciptakan bunga-bunga daun daun yang dapat dicium keharumannya (Al-Mahalli, 2009). Kulit biji berfungsi untuk melindungi organ dalam biji (embrio) dari pengaruh yang merugikan dari luar. Namun demikian, apabila kulit biji terlalu tebal dan keras akan menyebabkan biji mengalami dormansi dan sulit berkecambah.

Adanya dormansi biji yang menghambat perkecambahan mengharuskan manusia untuk mencari cara agar biji tersebut dapat berkecambah dalam waktu yang tidak lama. Allah SWT berfirman dalam Q.S Ali ‘Imran/3: 190-191 :

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَحْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ
يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا
خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal (190) (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka.*” (Q.S Ali ‘Imran/3: 190-191).

Kata *لأولي الألباب* di atas menjelaskan bahwa terdapat bukti-bukti kekuasaan Allah SWT bagi orang-orang yang berakal sehat. Orang-orang tersebut adalah orang yang selalu mengingat Allah SWT dalam keadaan apapun dan mereka memikirkan segala yang diciptakan Allah SWT dan menjadikan hal tersebut sebagai petunjuk atas kekuasaan-Nya. Kata *بَطْلًا* berarti “dengan sia-sia” menjelaskan bahwa manusia diperintahkan untuk memikirkan segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT tidak ada yang sia-sia dan pasti memiliki manfaat atau hikmah yang menunjukkan kekuasaan-Nya (Muhammad, 2010).

Konsep *ulul albab* pada ayat tersebut berkaitan erat dengan peneliti, khususnya dalam pemecahan masalah dormansi biji pada penelitian ini. Seorang peneliti memikirkan jalan keluar suatu permasalahan begitupun dengan dormansi biji sengon yang perlu dipikirkan bagaimana cara memecah dormansi bijinya. Manusia diberikan akal pikiran oleh Allah SWT untuk mempelajari kekuasaan dan kebesaran Allah yang ada di alam semesta. Semua yang diciptakan oleh Allah pasti memiliki hikmah dan manfaat yang dapat diambil. Biji sengon yang

mengalami dormansi perlu dipelajari guna menemukan teknik dalam penanaman yang tepat sehingga dapat tumbuh dan dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia.

2.2 Botani Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

2.2.1. Klasifikasi Sengon

Klasifikasi tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*) (Warisno dan Kres, 2009):

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivision	: Spermatophyta
Division	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Subclass	: Rosidae
Ordo	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Genus	: <i>Paraserianthes</i>
Spesies	: <i>Paraserianthes falcataria</i> (L) Nielsen

Nama ilmiah dari tanaman sengon adalah *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen, akan tetapi sering juga disebut *Albizzia falcataria*. Kedua nama ilmiah tersebut dibenarkan secara ilmiah. Nama yang lebih dianjurkan dalam penggunaannya adalah *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen (Warisno dan Kres, 2009).

Sengon di Indonesia ditemukan tersebar di bagian timur dan di perkebunan di Jawa (Martawijaya *et al.*, 1989). Sengon memiliki nama lokal di Indonesia antara lain jeunjing, sengon laut (Jawa); tedehu pute (Sulawesi); rare, selawoku, selawaku merah, seka, sika, sika bot, sikas, tawa sela (Maluku); bae, bai, wahogon, wai, wikkie (Papua). Sedangkan nama umum di Negara lain adalah puah (Brunei); albizia batai, Indonesia albizia, paraserianthes, peacock plume, white albizia (Inggris); kayu machnis (Malaysia); white albizia (Papua Nugini); falcata, moluccan sau (Filipina) (Krisnawati *et al.*, 2011).

Tanaman sengon termasuk dalam Anak Suku Mimosaidae. Kelompok ini memiliki ciri morfologi yang khas, diantaranya adalah ukuran bunga kecil dengan simetri radial, perbungaan bonggol, daun kelopak bercuping lima dan saling berlekatan membentuk tabung, daun mahkota berjumlah lima helai yang saling berlekatan dibagian pangkal dan mengatup pada kuncup bunga, serta biji memiliki pleurogram yang terbuka (Clark, 2014 dalam Irsyam dan Priyanti, 2016). Spesies yang termasuk Anak Suku Mimosaidae yaitu *Acacia auriculiformis*, *Adenanthera pavonia* L., *Paraseriathes falcataria* (L.) Nielsen, dan *Leucaena leucocephala* (Irsyam dan Priyanti, 2016).

2.2.2. Morfologi Tanaman Sengon

Pohon sengon memiliki tinggi total mencapai 40 m dan tinggi bebas cabang mencapai 20 m. Diameter pohon dewasa dapat mencapai 100 cm dengan permukaan kulit batang berwarna putih, abu-abu atau kehijauan. Permukaan batangnya halus, namun kadang-kadang sedikit beralur dengan garis-garis lentisel memanjang (Purwanto, 2007).

Daun Sengon tersusun majemuk menyirip ganda dengan panjang sekitar 23–30 cm. Anak daunnya kecil berbentuk lonjong dan pendek ke arah ujung. Warna daunnya hijau pupus dan memiliki rambut-rambut halus di bagian abaksial daun (Warisno, 2009).

Akar sengon merupakan akar tunggang yang dapat menembus ke dalam tanah. Semakin besar pohonnya semakin dalam akar tunggangnya menembus ke dalam tanah. Sengon memiliki akar rambut yang tidak terlalu besar, tidak rimbun, dan tidak menonjol ke permukaan tanah. Akar rambut tersebut dimanfaatkan untuk menyimpan zat nitrogen, oleh karena itu tanah disekitar pohon sengon akan menjadi subur (Supriyatun, 2009).

Bunga sengon tersusun dalam malai berukuran panjang 12 mm, berwarna putih kekuningan dan sedikit berbulu, berbentuk lonceng. Bunganya biseksual, terdiri dari benang sari dan putik (Purwanto, 2007). Warisno (2009) menambahkan penyerbukan yang terjadi pada bunga sengon seringkali merupakan penyerbukan silang, bukan penyerbukan sendiri. Santoso (1992) menjelaskan bahwa penyerbukan bunga sengon dibantu dengan perantara angin atau serangga.

Buah sengon berbentuk polong pipih, berwarna hijau ketika muda dan berubah menjadi kuning sampai coklat kehitaman jika sudah tua, keras dan berlilin (Warisno, 2009). Santoso (1992) menerangkan panjang buah sengon sekitar 6-12 cm. Setiap polong buah berisi 15-30 biji. Biji sengon biasanya terlepas dari polongnya yang terbuka bila masak.

Biji sengon berwarna hijau dan ketika sudah tua berwarna coklat tua kekuningan. Biji tersebut berbentuk pipih dengan kulit yang tebal, tidak bersayap,

tanpa endosperma dan memiliki lebar 3-4 mm serta panjang 6-7 mm (Siregar, 2008). Ditambahkan oleh Santoso (1992) bentuk biji tersebut seperti perisai kecil dan agak berlilin.



Gambar 2.1 Morfologi Sengon (A) Daun sengon (B) Batang Sengon (Krisnawati, 2011) (C) Bunga Sengon (D) Polong dan Biji sengon (Baskorowati, 2014)

2.3 Ekologi Tanaman Sengon

Sengon adalah salah satu jenis pohon penting yang dikelompokkan sebagai *multi purpose tree* (MTP) dan pertumbuhannya cepat. Sengon merupakan pohon asli di wilayah Indonesia, Papua New Guinea, Kepulauan Solomon dan Australia. Selain di tegakan alami di wilayah asalnya, saat ini sengon juga ditanam di wilayah tropika lainnya yang meliputi Brunei, Kamboja, Malaysia, Filipina, Thailand, Vietnam, Laos, Jepang, Fiji, Polinesia, Kaledonia Baru, Tonga, Kamerun, hingga Amerika Serikat (Krisnawati, 2011).

Tanaman sengon dapat tumbuh disembarang tanah, baik di tanah tegalan, pekarangan, hutan yang baru dibuka, bahkan tanah yang tandus. Supriyatun

(2009) menjelaskan bahwa tanaman sengon dapat tumbuh dengan baik pada tanah regosol, alluvial, dan latosol yang bertekstur lempung berpasir atau lempung berdebu dengan pH 6-7. Apabila sengon ditanam di tanah yang terlalu basa, daun yang tumbuh akan kurus kecil. Sedangkan jika ditanam di tanah yang terlalu asam, tanaman akan menjadi kerdil.

Tanaman sengon menyukai sinar matahari yang jatuh secara langsung. Sinar matahari berperan sebagai sumber energi untuk proses fotosintesis. Jenis sinar yang dibutuhkan adalah sinar putih, yaitu gabungan dari sinar merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu. Oleh karena itu, sebaiknya sengon ditanam di kebun yang terbuka (Krisnawati, 2011).

Sengon termasuk jenis tanaman tropis. Pada pertumbuhannya diperlukan suhu sekitar 18°C - 17°C . Pada dasarnya tanaman sengon dapat tumbuh dimana saja, mulai dari dataran rendah sampai ketinggian 1.500 m di atas permukaan laut (Supriyatun, 2009). Suhu optimal untuk pertumbuhan tanaman sengon adalah 22 - 29°C dengan suhu maksimum 30 - 34°C dan suhu minimum 20 - 24°C (Purwanto, 2007).

Tanaman sengon membutuhkan batas curah hujan minimum yang sesuai, yaitu 15 hari hujan dalam 4 bulan terkering namun tidak tertalu basah. Hujan dapat berfungsi sebagai pelarut zat nutrisi, pembentukan gula dan pati, sarana transport hara dalam tanaman, penumbuhan sel dan pembentukan enzim, serta menjaga stabilitas suhu. Selain itu, tanaman sengon juga membutuhkan kelembaban sekitar 50%-75% (Santoso, 1992).

2.4 Perkecambahan Biji Sengon

Perkecambahan merupakan suatu proses awal yang penting untuk kehidupan tanaman selanjutnya. Menurut Pranoto (1990) perkecambahan ialah berkembangnya struktur penting dari embrio yang ditandai dengan munculnya struktur tersebut dengan menembus kulit biji. Krisnawati (2011) menyebutkan bahwa tanaman sengon merupakan Famili Fabaceae (Legumenoceae) yang tipe perkecambahannya adalah epigeal. Sutopo (2004) menjelaskan bahwa perkecambahan tipe epigeal adalah munculnya radikula yang diikuti oleh memanjangnya hipokotil secara keseluruhan serta terangkatnya kotiledon dan plumula ke atas permukaan tanah. Kamil (1979) menuturkan bahwa perkecambahan tipe epigeal banyak terdapat pada *dicotyledone* seperti buncis, alfalfa, semanggi, kacang kedelai, kacang tanah, dan spesies lain yang termasuk legum.

Perkecambahan dalam tanaman memiliki tahapan-tahapan tertentu. Sutopo (2004) menyebutkan ada 5 tahap dalam perkecambahan. Tahap pertama adalah imbibisi, yaitu penyerapan air oleh biji, melunaknya kulit biji dan hidrasi dari protoplasma. Manfaat air dalam perkecambahan biji diantaranya adalah sebagai pelarut bagi senyawa organik maupun anorganik, mempertinggi tegangan permukaan, dan sebagai media transportasi zat makanan (Kuswanto, 1996). Tahap kedua diawali dengan kegiantan-kegiatan sel dan enzim serta naiknya tingkat respirasi benih. Tahap ketiga merupakan tahap dimana terjadi penguraian bahan-bahan seperti karbohidrat, lemak dan protein menjadi bentuk-bentuk yang larut dan ditranslokasikan ke titik-titik tumbuh. Tahap keempat adalah asimilasi dari

bahan-bahan yang telah diuraikan tadi di daerah meristematik untuk menghasilkan energi bagi kegiatan pembentukan komponen dan pembentukan sel-sel baru. Tahap kelima adalah pertumbuhan dari kecambah melalui proses pembelahan, perbesaran, dan pembagian sel-sel pada titik tumbuh. Sementara daun belum dapat berfungsi sebagai fotosintesa maka pertumbuhan kecambah sangat tergantung pada persediaan makanan dalam biji.

Siregar (2008) menjelaskan bahwa biji sengon termasuk biji ortodoks karena dengan kadar air (KA) 4%-8% dapat disimpan dalam ruang *dry cold storage* (DCS) bersuhu 0-4⁰C dapat dipertahankan viabilitasnya selama beberapa tahun dengan daya kecambah 40%-90%. Biji yang disimpan dalam botol tertutup selama 1 tahun, daya kecambahnya masih tinggi, yaitu 70%-95%.

Mulyana dan Ceng (2012) menyebutkan biji sengon yang akan dikecambahkan menjadi bibit memiliki ciri-ciri fisik warna biji coklat tua, ukuran biji maksimal atau lebih besar, biji tenggelam jika direndam, bentuknya utuh dan kulitnya terlihat bersih, lembaga masih utuh dan cukup besar. Ciri-ciri tersebut dapat terpenuhi apabila biji berasal dari induk tanaman yang memiliki sifat-sifat genetik yang baik, tanaman tegak lurus, serta bebas dari hama penyakit..

Tanaman sengon berbunga pada umur 3 tahun setelah tanam. Musim berbunga berbeda dalam setiap tempat. Kondisi tersebut menjadikan pemenuhan kebutuhan biji dilakukan dengan biji yang dipanen dari tegakan yang sudah ada. Di Indonesia pematangan biji sengon terjadi sekitar bulan Juli-Agustus. Sedangkan penyemaian untuk pembibitan dapat dilakukan sepanjang waktu. Oleh

karena itu biji yang dikecambahkan tidak selalu dari biji yang baru dipanen (Krisnawati, 2011).

Biji sengon memiliki kulit yang keras. Hal tersebut mempengaruhi waktu berkecambahnya. Fauziah (2013) menerangkan bahwa secara alami umumnya biji sengon dapat berkecambah setelah 10 hari setelah tanam, bahkan kadang-kadang tertunda sampai 4 minggu. Payung *et al.* (2012) menunjukkan bahwa biji sengon dapat berkecambah setelah 9 hari setelah tanam dengan persentase perkecambahan 79%. Amirudin *et al.* (2015) menyebutkan bahwa daun pertama sengon muncul pada hari ke-14 setelah tanam.

Pengusaha bibit sengon sering mengalami kendala dalam memenuhi permintaan bibit yang banyak. Waktu berkecambah biji sengon yang lama dan tidak teratur disebabkan oleh dormansi karena kulit biji yang keras. Untuk memenuhi permintaan bibit sengon yang banyak, pengusaha bibit belum memiliki teknik yang dianggap tepat untuk menghasilkan bibit sengon yang banyak dan seragam. Perlakuan yang diberikan biasanya adalah perendaman air panas dan air dingin.

Amirudin *et al.* (2015) melakukan penelitian pematangan dormansi biji sengon dengan perendaman air panas menunjukkan hasil bahwa biji sengon yang direndam air panas 80⁰C selama 1, 2, dan 3 menit, semuanya dapat berkecambah 6 hari setelah tanam (HST) dan menghasilkan tinggi tanaman 18 cm, 16 cm, dan 17 cm ketika berumur 73 HST . Air panas dapat menjadikan kulit biji sengon lunak sehingga proses penyerapan air tidak terganggu. Namun demikian, apabila waktu perendaman terlalu lama tidak menutup kemungkinan akan mengakibatkan

kulit biji terkikis sampai kedalam dan melukai embrio. Jika hal tersebut terjadi, maka perkecambahan biji akan menurun. Sedangkan biji sengon yang direndam H_2SO_4 95% dengan lama perendaman 25, 30, dan 35 menit dapat berkecambah setelah 6 sampai 7 HST dan rata-rata menghasilkan tinggi tanaman 17 cm, 20 cm, dan 35 cm ketika berumur 73 HST. Biji sengon yang direndam dengan air kelapa muda hijau dalam waktu 8, 12, dan 16 jam dapat berkecambah setelah 11 HST dan menghasilkan tinggi tanaman 15 cm sampai 16 cm ketika berumur 73 HST..

Marthen dan Rehatta (2013) menjelaskan bahwa biji sengon yang direndam dengan air dingin selama 24 jam menghasilkan persentase perkecambahan sebesar 49,7 %. Biji sengon yang direndam dalam air suhu 60°C selama 2 menit dan dilanjutkan dengan perendaman air dingin 24 jam menghasilkan persentase perkecambahan 49,7 %. Sedangkan biji sengon yang direndam dengan air suhu 60°C selama 6 menit yang dilanjutkan dengan direndam air dingin selama 24 jam menghasilkan persentase perkecambahan 49,3 %.

Payung (2012) melaporkan bahwa perendaman biji sengon dalam air dingin selama 24 jam kecepatan berkecambahnya rendah yaitu 4,70/hari dengan persentase perkecambahan per hari sebesar 0,06%. Sedangkan biji sengon yang direndam dengan air mendidih selama 1 menit kecepatan berkecambahnya 6,50/hari dengan persentase perkecambahan per hari 0,07%.

Penggunaan bahan kimia H_2SO_4 atau disebut juga asam sulfat terkadang juga digunakan untuk mematahkan dormansi biji kulit keras. Larutan tersebut dapat mengikis kulit biji yang keras karena sifatnya yang korosif. H_2SO_4 konsentrasi 80% dan 90% menyebabkan denaturasi protein dalam biji jati

sehingga mengakibatkan biji tersebut mengalami penurunan perkecambahan menjadi 25% dan 15% yang sebelumnya pada konsentrasi 70% persentase perkecambahannya sebesar 40% (Suyatmi, 2011). Page (1985) menjelaskan bahwa protein enzim mengalami denaturasi akibat pH yang terlalu tinggi atau terlalu rendah. H_2SO_4 dapat memengaruhi pH pada materi yang dikenainya. Prakash *et al.* (2013) menambahkan bahwa perlakuan dengan asam sulfat pekat selama 120 menit tidak hanya merusak kulit biji tetapi juga merusak bagian internalnya. Larutan asam kuat ini apabila konsentrasinya terlalu pekat atau perendaman yang dilakukan terlalu lama akan mengakibatkan embrio juga ikut terkikis. Jika demikian, biji tersebut tidak akan berkecambah.

2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perkecambahan

Faktor-faktor yang mempengaruhi perkecambahan biji terdiri dari faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam merupakan faktor yang terdapat pada biji itu sendiri. Menurut Sutopo (2004) faktor dalam yang mempengaruhi perkecambahan diantaranya adalah tingkat kemasakan biji, ukuran biji, dan dormansi biji. Biji yang dipanen sebelum tingkat kematangan fisiologisnya tercapai tidak memiliki daya tumbuh yang tinggi. Hal tersebut terjadi diduga karena cadangan makanan yang ada di dalam biji belum cukup dan pembentukan embrio belum sempurna. Dilihat dari ukurannya, biji yang berukuran lebih besar diduga memiliki cadangan makanan lebih banyak daripada biji yang ukurannya lebih kecil.

Kuswanto (1996) menambahkan faktor dalam yang mempengaruhi perkecambahan biji adalah zat pengahambat. Perkecambahan biji dapat terhambat

karena adanya inhibitor, seperti asam absisat. Konsentrasi inhibitor akan turun apabila biji mengalami imbibisi. Kemudian larutan dengan nilai osmotik yang tinggi juga dapat menghambat perkecambahan, misalnya NaCl atau manitol. Perkecambahan biji akan terhambat jika biji berimbibisi pada larutan yang tinggi.

Sutedjo dan Karta (1988) menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman tidak hanya dipengaruhi oleh faktor internal (hormon dan nutrisi) saja melainkan saling berkaitan dengan faktor-faktor lainnya, seperti status air dalam tanah, suhu udara pada awal tanam, keadaan media dari intensitas cahaya matahari. Schmidt (2002) juga mengemukakan bahwa tiga komponen utama lingkungan yang penting dalam proses perkecambahan adalah suhu, pasokan air dan dalamnya penaburan serta cahaya.

Sutopo (2004) menyebutkan bahwa faktor luar yang memengaruhi perkecambahan biji adalah air, temperature, oksigen, cahaya, dan media perkecambahan. Oben *et al.* (2014) menjelaskan bahwa masuknya air ke dalam biji akan mengencerkan protoplasma sehingga dapat meningkatkan sejumlah proses fisiologis dalam embrio seperti pencernaan, pernapasan, asimilasi, dan pertumbuhan.

Pranoto *et al.* (1990) memaparkan bahwa pengaruh suhu terhadap perkecambahan biji dapat dicerminkan melalui suhu cardinal yaitu suhu minimum, optimum dan maksimum. Suhu minimum merupakan suhu terendah dimana perkecambahan dapat terjadi dan di bawah suhu itu biji tidak dapat berkecambah dengan baik. Suhu optimum yaitu suhu yang paling sesuai untuk perkecambahan. Sedangkan suhu maksimum adalah suhu tertinggi dimana

perkecambahan dapat terjadi dan di atas suhu maksimum, biji tidak berkecambah dengan normal.

Perkecambahan biji dipengaruhi oleh oksigen. Dalam perkecambahan oksigen digunakan untuk respirasi. Konsentrasi oksigen yang digunakan dalam perkecambahan adalah 20% (Pranoto *et al.*, 1990). Selain air, suhu, dan oksigen, faktor luar yang mempengaruhi perkecambahan adalah cahaya. Hubungan antara pengaruh cahaya dan perkecambahan biji dikontrol oleh suatu pigmen yang dikenal sebagai phytochrome, yang tersusun dari chromophore dan protein (Sutopo, 2004).

Media perkecambahan biji juga berpengaruh terhadap perkecambahan. Media berfungsi sebagai tempat berjangkar akar, sumber hara dan air, penopang tanaman agar tumbuh dengan baik. Faktor utama yang harus diperhatikan dalam pemilihan media adalah aerasi, kapasitas memegang air dan kapasitas tukar kation yang mempengaruhi penyerapan unsur hara (Sutopo, 2004).

Media perkecambahan yang optimum dapat memberikan hasil yang terbaik dalam perkecambahan biji. Murniarti dan Suminar (2006) melaporkan bahwa benih mengkudu yang dikecambahkan pada media perkecambahan tanah campur kompos dengan perbandingan 1:1 menghasilkan nilai daya berkecambah (DB) tertinggi sebesar 88,67% dibandingkan dengan media perkecambahan pasir yang menghasilkan DB sebesar 80,17%. Menurut Hartman dan Kester (1983) dalam Susanti 2010 pasir tidak mengandung nutrisi sehingga dalam penggunaannya perlu dicampur dengan bahan organik.

2.6 Dormansi Biji dan Pematahannya

Dormansi merupakan suatu keadaan pertumbuhan yang tertunda atau keadaan istirahat, yaitu kondisi yang berlangsung dalam waktu yang tidak terbatas walaupun dalam keadaan yang menguntungkan untuk berkecambah (Gardner *et al.*, 1991). Dormansi biji menunjukkan suatu keadaan dimana biji-biji sehat (*viable*) gagal berkecambah ketika berada dalam kondisi yang secara normal baik untuk perkecambahan, seperti kelembaban yang cukup, suhu dan cahaya yang sesuai (Schmidt 2002). Dormansi biji merupakan cara tanaman agar dapat bertahan hidup dan beradaptasi dengan lingkungannya dan merupakan sifat yang diturunkan secara genetik.

Dormansi ada dua yaitu dormansi endogen dan dormansi eksogen. Dormansi endogen merupakan dormansi yang disebabkan oleh embrio rudimenter, *after-ripening*, keseimbangan hormonal dan hambatan mekanik. Dormansi eksogen merupakan dormansi yang disebabkan oleh kulit biji impermeabel terhadap air dan gas, filter terhadap cahaya, dan mengandung inhibitor (Widajati *et al.*, 2008).

Salisbury dan Ross (1995) menyebutkan bahwa dormansi biji ada dua macam, yaitu dormansi fisik dan dormansi fisiologis. Dormansi fisik dapat terjadi karena adanya pembatasan struktur terhadap perkecambahan, seperti kulit biji yang keras dan kedap sehingga air atau gas tidak dapat masuk. Dormansi fisik bisa disebabkan oleh impermeabilitas kulit biji terhadap air, resistansi mekanis kulit biji terhadap pertumbuhan embrio, dan permeabilitas yang rendah dari kulit biji terhadap gas-gas. Biji yang termasuk dalam dormansi fisik contohnya adalah

biji jati (Suyatmi, 2011), biji ki hujan (Purnamasari, 2009), biji pinang (Mistian, 2012), dan biji sengon (Amirudin *et al.*, 2015; Payung *et al.*, 2012; Nugroho dan Salamah, 2015).

Mekanisme dormansi terjadi pada beberapa biji baik fisik maupun fisiologi, termasuk dormansi primer dan sekunder (Ilyas 2012). Penyebab dormansi, diantaranya adalah impermeabilitas kulit biji terhadap air dan gas, embrio belum matang, persyaratan khusus suhu atau cahaya, adanya inhibitor, dan pembatasan mekanik untuk pertumbuhan embrio dan pengembangan atau perpanjangan radikula dalam perkecambahan (Murray 1984 dalam Aminarni 2015).

Gardner, *et al* (1991) menjelaskan dormansi fisiologis (dormansi embrio) merupakan dormansi yang terjadi akibat embrio yang secara fisiologis tidak masak, adanya penghambat pertumbuhan, defisiensi bahan perangsang pertumbuhan, atau kurangnya keseimbangan antara hormon giberelin dan sitokinin. Sutopo (2004) menyebutkan bahwa biji yang mengalami dormansi fisiologis diantaranya adalah seledri, *Sorghum vulgare*, *Nicotianan tabacum*.

Utomo (2006) menerangkan bahwa pematangan dormansi pada biji dapat dipatahkan dengan beberapa perlakuan, diantaranya adalah skarifikasi mekanis, perendaman air panas, pemanasan atau pembakaran, dan perendaman dengan larutan kimia. Skarifikasi mekanis dilakukan dengan penusukan, penggoresan, pemecahan, pengikiran dengan bantuan pisau, jarum, alat kikir, kertas gosok ataupun yang lainnya. Cara tersebut biasa dilakukan untuk mengatasi dormansi fisik. Namun demikian, kelemahan dari cara ini adalah diperlukan tenaga yang banyak untuk melakukannya.

Selain dengan skarifikasi, pematangan dormansi fisik dapat dilakukan dengan perendaman air panas. Perubahan suhu yang cepat akan menyebabkan perbedaan tegangan. Tegangan tersebut akan menyebabkan pecahnya lapisan *macroscleireid* atau merusak tutup *stropholar*. Namun, apabila perendaman terlalu lama dilakukan akan menyebabkan kerusakan didalam embrio (Utomo, 2006). Pematangan dormansi juga dapat dilakukan dengan perendaman menggunakan bahan kimia seperti H_2SO_4 dan H_2O_2 . Larutan tersebut dapat mengikis kulit biji yang keras sehingga bisa permeable untuk menyerap air (Suyatmi, 2011).

2.7 Zat Pengatur Tumbuh BAP (6-Benzyl Amino Purine)

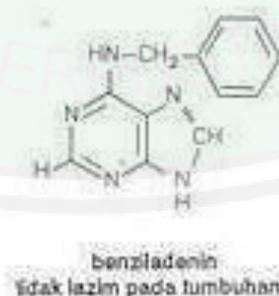
Sitokinin adalah suatu senyawa organik yang dapat memacu pembelahan sel atau proses sitokinesis. Sitokinin berpengaruh dalam berbagai proses fisiologis di dalam tanaman antara lain mendorong pembelahan sel, pertumbuhan dan morfogenesis kultur sel, organ, jaringan, meningkatkan kandungan klorofil daun, memperlambat penuaan daun, dan meningkatkan translokasi asimilasi dari bagian vegetative ke polong (Wattimena, 1992).

Sitokinin merangsang pembelahan sel melalui peningkatan laju sintesis protein. Sintesis protein dapat ditingkatkan dengan merangsang pembentukan mRNA yang mengkode protein. Selain itu, hormon ini dapat meningkatkan plastisitas dinding sel sehingga mudah mengembang dengan adanya tekanan turgor. Plastisitas dinding sel ini lebih penting dibandingkan peningkatan tekanan

turgor akibat produksi gula terlarut, karena kotiledon yang diberi perlakuan sitokinin (Lakitan, 1996)

Sitokinin merupakan zat pengatur tumbuh yang berperan penting dalam proses pembelahan dan diferensiasi sel. Disamping itu, sitokinin juga terlibat dalam proses fisiologi lainnya seperti senses (penuaan) dan dominansi pucuk (Salisbury dan Ross, 1995). Pertumbuhan tunas dan daun terjadi secara optimum diperoleh ketika konsentrasi sitokinin lebih besar daripada auksin. (Abidin, 1994).

Zat pengatur tumbuh dapat didefinisikan sebagai suatu senyawa organik yang dalam jumlah maupun konsentrasi sedikit telah mampu merangsang, menghambat, dan mengubah proses fisiologi pada tumbuhan (George *et al.*, 2007). 6-Benzyl amino purine (BAP) merupakan sitokinin sintesis yang memiliki berat molekul sebesar 225.26 dengan rumus molekul $C_{12}H_{11}N_5$. Wattimena (1988) menambahkan bahwa BAP merupakan turunan adenin yang disubstitusi pada posisi 6 adalah yang memiliki aktivitas kimia paling aktif.



Gambar 2.2 Struktur Rangka BAP (Salisbury dan Ross, 1995)

2.8 Peran BAP dalam Perkecambahan

BAP merupakan senyawa sintetik dari sitokinin yang dapat merangsang pemanjangan sel dan terbentuknya organ perkecambahan. BAP umumnya banyak

terdapat pada biji yang masih muda. Sintesis sitokinin sering terjadi di bagian ujung akar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sitokinin jenis BAP disintesis lebih banyak pada ujung akar dan kemudian diangkut keseluruh bagian tanaman melalui xilem. Efek yang dihasilkan dari sitokinin diantaranya adalah merangsang perluasan daun pada waktu perkecambahan dan meningkatkan pertumbuhan daun melalui pembesaran sel (Lakitan, 1996).

BAP akan memacu pembesaran sel pada kotiledon biji yang dikecambahkan di tempat yang gelap dan memunculkan kotiledon ke atas tanah. Jika kotiledon terkena cahaya, maka pertumbuhannya akan meningkat dengan pesat. Namun, jika kotiledon dipisahkan dan dipelihara dengan diberi sitokinin, maka laju pertumbuhannya meningkat 2 kali lipat dibandingkan dengan kotiledon yang tidak mendapat tambahan hormon (Salisbury, 1995).

Pembentukan kloroplas dan sintesis protein juga dapat dipengaruhi oleh hormon sitokinin (BAP). Pemberian pada daun atau kotiledon pada bibit yang mengalami etiolasi beberapa jam sebelum bibit disinari akan menyebabkan 2 hal. Pertama, hormon ini dapat memacu perkembangan etioplas menjadi kloroplas terutama merangsang grana. Kedua, dapat meningkatkan laju sintesis klorofil (Lakitan, 1996).

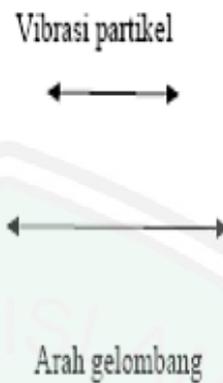
Hasil penelitian Anwarudin *et al.* (1996) menunjukkan bahwa bibit manggis semaian yang diberi sitokinin dengan konsentrasi 2 ppm dapat meningkatkan jumlah perkecambahan tunas dan pertambahan diameter utama dalam pembelahan sel. Fauzi (2012) menambahkan bahwa perendaman biji manggis dalam BAP dengan konsentrasi 2 ppm diluar kultur invitro dapat

menghasilkan 3 sampai dengan 4 tunas dari setiap biji. Sibyan (2012) melaporkan bahwa perendaman BAP pada biji manggis memberikan pengaruh yang baik untuk pertumbuhan bibit manggis. Konsentrasi BAP 8 ppm dapat menghasilkan 3 tunas, 5 helai daun seluas 19,2 cm, anjang akar 7,2 cm.

2.9 Gelombang Ultrasonik dan Perannya dalam Pematangan Dormansi

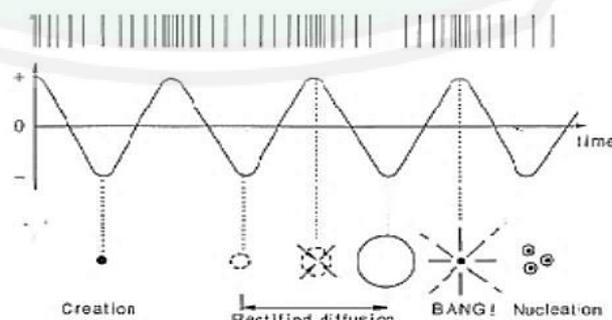
Gelombang ultrasonik merupakan gelombang suara yang berada pada wilayah di atas wilayah pendengaran manusia yang memiliki frekuensi lebih dari 20.000 Hz.. Batas atas dari frekuensi ultrasonik tidak terdefiniskan dengan baik, namun biasa digunakan batas frekuensi 5 MHz untuk gas dan batas frekuensi 500 MHz untuk zat cair dan zat padat (J.D.N. Cheeke, 2002 dalam Rahman, 2008).

Gelombang ultrasonik dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas, hal ini disebabkan karena gelombang ini merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat enersia medium yang dilaluinya (Bueche, 1986 dalam Fajar dan Widayati, 2011). Karakteristik gelombang ultrasonik yang melalui medium mengakibatkan getaran partikel dengan medium amplitudo sejajar dengan arah rambat secara longitudinal sehingga menyebabkan partikel medium membentuk rapatan (*strain*) dan tegangan (*stress*). Proses kontinu yang menyebabkan terjadinya rapatan dan regangan di dalam medium disebabkan oleh getaran partikel secara periodik selama gelombang ultrasonik melaluinya (Resnick dan Halliday , 1992 dalam fajar dan Widayati, 2011). Untuk fluida cair dan gas, osilasi partikel searah dengan arah gelombang dan menghasilkan gelombang longitudinal.



Gambar 2.3 Arah gelombang dan Vibrasi Partikel (Longitudinal)
(Mason dan Lorimer 1988 dalam Fajar dan Widayati, 2011)

Kavitasi merupakan hasil interaksi gelombang ultrasonik dalam fluida cair (*liquid*). Kavitasi adalah peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung uap di dalam cairan sebagai akibat turunnya tekanan cairan di bawah tekanan uap jenuhnya. Pada saat gelombang ultrasonik melalui suatu medium cair, liquid tersebut akan mengalami siklus kompresi (*compression*) dan ekspansi (*rarefaction*). Void atau rongga terbentuk pada siklus *rarefaction*, dimana tekanan negatif terjadi, kemudian pada siklus *compression* gelembung akan dikompresi secara cepat dan akhirnya pecah (Fajar dan Widayati, 2011).



Gambar 2.4 Skema Kavitasi (Lay, 1989 dalam Fajar dan Fidayati, 2011)

Adapun faktor-faktor yang memengaruhi kavitas adalah frekuensi ultrasonik, intensitas ultrasonik, solvent, temperatur, gas dan partikel terlarut. Ada berbagai potensi aplikasi dalam penggunaan ultrasonik (Mason, *et al.*, 1996), antara lain untuk *soldering*, *plastic pounding*, atomisasi liquid, pembentukan material, emulsifikasi liquid, depolimerisasi, akselerasi difusi, fragmentasi dan dispersi partikel. Frekuensi ultrasonik 20-100 kHz mempunyai efek yang signifikan untuk mempercepat berbagai proses kimia dan fisika (Leong *et al.*, 2011). Gelombang ultrasonik berkekuatan tinggi diketahui mampu merusak atau mengikis dinding sel atau permukaan bahan padat (John, 2002 dalam Rahayu, 2013).

Pada reaktor ultrasonik, gelombang ultrasonik digunakan untuk menimbulkan efek kavitas akustik; yaitu pembentukan, pertumbuhan, dan pecahnya gelembung dalam medium cairan. Ketika gelembung kavitas pecah di dekat atau pada permukaan padat maka permukaan padat akan memberikan resistensi terhadap aliran cairan. Hal ini menyebabkan cairan tersebut mengarah ke permukaan padat dengan kecepatan mendekati 400 km/h (Suslick, 1995 dalam Rahayu 2013). Dampak yang ditimbulkan sangat kuat, antara lain dapat mengupas (*peeling*) permukaan, mengikis, atau memecah dinding sel (Baig, 2010).

Media yang digunakan untuk perambatan gelombang ultrasonik dalam aplikasinya untuk biji adalah air. Kavitas yang diciptakan oleh gelombang ultrasonik menyebabkan tekanan mekanis pada biji. Tekanan mekanis ini kemudian menyebabkan fluiditas dinding sel sehingga membentuk pori-pori serta

celah mikro pada dinding sel. Terbentuknya pori-pori dan celah mikro tersebut akan menjadikan biji lebih permeable terhadap masuknya air dan oksigen (Jaime *et al.*, 2014).

Nazari *et al.* (2014) melakukan penelitian pematangan dormansi biji pada spesies *Medicago scutellata* yang memiliki masalah dormansi fisik menggunakan perlakuan gelombang ultrasonik. Hasil uji menunjukkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 42 kHz selama 7 menit menghasilkan persentase perkecambahan paling tinggi, yaitu sebesar 96,66% dibandingkan dengan kontrol yang persentase perkecambahannya hanya 33,33%.

Shariffifar *et.al* (2015) menghasilkan persentase perkecambahan *Atriplex lentiformis*, *Cuminum cyminum*, dan *Zygophyllum euryptum* hingga 80% dengan memberi paparan gelombang ultrasonik dalam waktu 5 dan 7 menit. Hasil tersebut berbeda dan lebih baik dari kontrol yang hanya menghasilkan persentase perkecambahan 40%.

Nazari dan Eteghadipour (2017) dalam resensinya menyebutkan bahwa beberapa spesies dari Famili Fabaceae seperti *Pisum sativum*, *Cicer arietinum*, dan *Triticum aestivum* mengalami peningkatan persentase perkecambahan setelah dipapar dengan gelombang ultrasonik. *Cicer arietinum* memiliki persentase perkecambahan hingga 97% setelah diberi perlakuan gelombang ultrasonik. Hasil tersebut lebih baik daripada kontrol yang hanya memiliki persentase perkecambahan 61%.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Rancangan Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu lama pemaparan gelombang ultrasonik dan faktor kedua adalah konsentrasi BAP. Masing-masing faktor terdiri dari 5 taraf perlakuan, yaitu:

Faktor I adalah lama pemaparan gelombang ultrasonik yang terdiri dari 5 taraf, yaitu:

- L0 = 0 menit
- L1 = 7 menit
- L2 = 14 menit
- L3 = 21 menit
- L4 = 28 menit

Faktor II adalah konsentrasi BAP yang terdiri dari 5 taraf, yaitu:

- K0 = 0 ppm
- K1 = 3 ppm
- K2 = 6 ppm
- K3 = 9 ppm
- K4 = 12 ppm

Menurut Hanafiah (2010), banyaknya ulangan dalam perlakuan ditentukan

dengan rumus: $(t-1)(r-1) \geq 15$

Keterangan: t = treatment/perlakuan
r = replikasi/ulangan

Ulangan yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 3 kali, sehingga secara keseluruhan terdapat 75 kombinasi perlakuan, yaitu 3 x 25 kombinasi perlakuan atau 3 x 5 x 5 unit percobaan.

Tabel 3.1 Perlakuan antara lama pemaparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP

Lama Paparan Ultrasonik / Konsentrasi BAP	0 menit	7 menit	14 menit	21 menit	28 menit
0 ppm	U0B0	U1B0	U2B0	U3B0	U4B0
3 ppm	U0B1	U1B1	U2B1	U3B1	U4B1
6 ppm	U0B2	U1B2	U2B2	U3B2	U4B2
9 ppm	U0B3	U1B3	U2B3	U3B3	U4B3
12 ppm	U0B4	U1B4	U2B4	U3B4	U4B4

3.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang diteliti meliputi:

1. Variabel bebas: lama pemaparan gelombang ultrasonik (U) yang terdiri dari U0 = 0 menit, U1 = 7 menit, U2 = 14 menit, U3 = 21 menit, U4 = 28 menit, dan konsentrasi BAP yang terdiri dari B0 = 0 ppm, B1 = 3 ppm, B2 = 6 ppm, B3 = 9 ppm, B4 = 12 ppm.
2. Variabel terikat: waktu berkecambah, persentase perkecambahan, panjang hipokotil, panjang akar, dan berat kering kecambah.

3.3 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November-Desember 2017. Aplikasi ultrasonik bertempat di rumah Pak Eko Yudianto dan penanaman dilakukan di Green House Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.4 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : *digital ultrasonic*, pot merah, pinset, saringan teh, oven, gelas beker, gelas ukur, tabung erlenmeyer, mika plastik, penyiram tanaman, timbangan analitik, sekop, penggaris, kertas label, amplop dan alat tulis. Bahan yang digunakan meliputi : biji sengon, BAP konsentrasi 3 ppm, 6 ppm, 9 ppm, 12 ppm, aquades, tanah, pasir, dan pupuk kandang.

3.5 Subyek Penelitian

Biji sengon yang digunakan berjumlah 1.125 butir yang diperoleh dari tempat pembibitan di Desa Udan Awu, Blitar.

Jumlah biji yang digunakan ditentukan berdasarkan jumlah keseluruhan unit percobaan sebanyak 25 kombinasi perlakuan dengan 3 kali ulangan dan tiap kombinasi perlakuan terdiri dari 15 biji sengon. Jadi secara keseluruhan dibutuhkan 1.125 (25 x 3 x 15) butir biji sengon.

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Persiapan Biji untuk Penelitian

Biji sengon yang dijadikan penelitian memiliki bentuk lonjong, pipih, panjang 6 mm, berwarna coklat kehitaman, dan agak keras. Biji yang sudah terpilih kemudian dicuci dengan air yang bersih.

3.6.2 Persiapan larutan BAP

Penelitian ini menggunakan BAP dengan konsentrasi 3 ppm, 6 ppm, 9 ppm, dan 12 ppm. Sebelumnya, dibuat larutan stok dengan melarutkan 10 mg BAP ke dalam aquades 100 ml sehingga didapatkan BAP dengan konsentrasi 100 ppm. BAP konsentrasi 3 ppm dibuat dengan cara mengambil 1,8 ml larutan stok dan ditambahkan 58,2 ml aquades. BAP konsentrasi 6 ppm dibuat dengan cara mengambil 3,6 ml larutan stok dan ditambahkan 56,4 ml aquades. BAP konsentrasi 9 ppm dibuat dengan cara mengambil 5,4 ml larutan stok dan ditambahkan 54,6 ml aquades. BAP konsentrasi 12 ppm dibuat dengan cara mengambil 7,2 ml larutan stok dan ditambahkan 52,8 ml aquades.

Pembuatan larutan sesuai dengan rumus pengenceran (Indrianto, 1990) :

$$M1.V1 = M2.V2$$

Keterangan:

M1 = Konsentrasi larutan yang diencerkan

M2 = Konsentrasi larutan pengencer

V1 = Volume larutan yang diencerkan

V2 = Volume larutan pengencer

3.6.3 Pemaparan Biji dengan Gelombang Ultrasonik

Biji sengon yang telah dipilih sebagai bahan penelitian dimasukkan ke dalam *digital ultrasonic* dengan mengatur frekuensi gelombang ultrasonik 42 KHz selama 7, 14, 21, dan 28 menit, kemudian ditiriskan.

3.6.4 Perendaman Biji dengan GA₃

Biji sengon yang sudah diberi perlakuan gelombang ultrasonik direndam dalam larutan BAP dengan konsentrasi 0 ppm, 3 ppm, 6 ppm, 9 ppm, dan 12 ppm selama 7 jam.

3.6.5 Uji Daya Perkecambahan

Pengujian daya berkecambah dilakukan dengan media campuran pasir, tanah, dan kompos yang dimasukkan kedalam tempat perkecambahan. Untuk langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a. Biji sengon yang telah diberi perlakuan diletakkan dalam media perkecambahan yang telah disiapkan.
- b. Perlakuan ini dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.

3.6.6 Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi :

1. Waktu berkecambah. Pengamatan dilakukan setiap hari sampai akhir penelitian dengan menghitung hari keberapa munculnya radikula dan plumulanya. Biji dikatakan berkecambah jika radikula dan plumulanya sudah terlihat sekitar $\frac{1}{2}$ cm.

2. Persentase perkecambahan. Diperoleh dari menghitung jumlah biji yang berkecambah normal setelah diberi perlakuan dan ditanam. Menurut Sutopo (2004), persentase perkecambahan dapat dihitung dengan rumus:

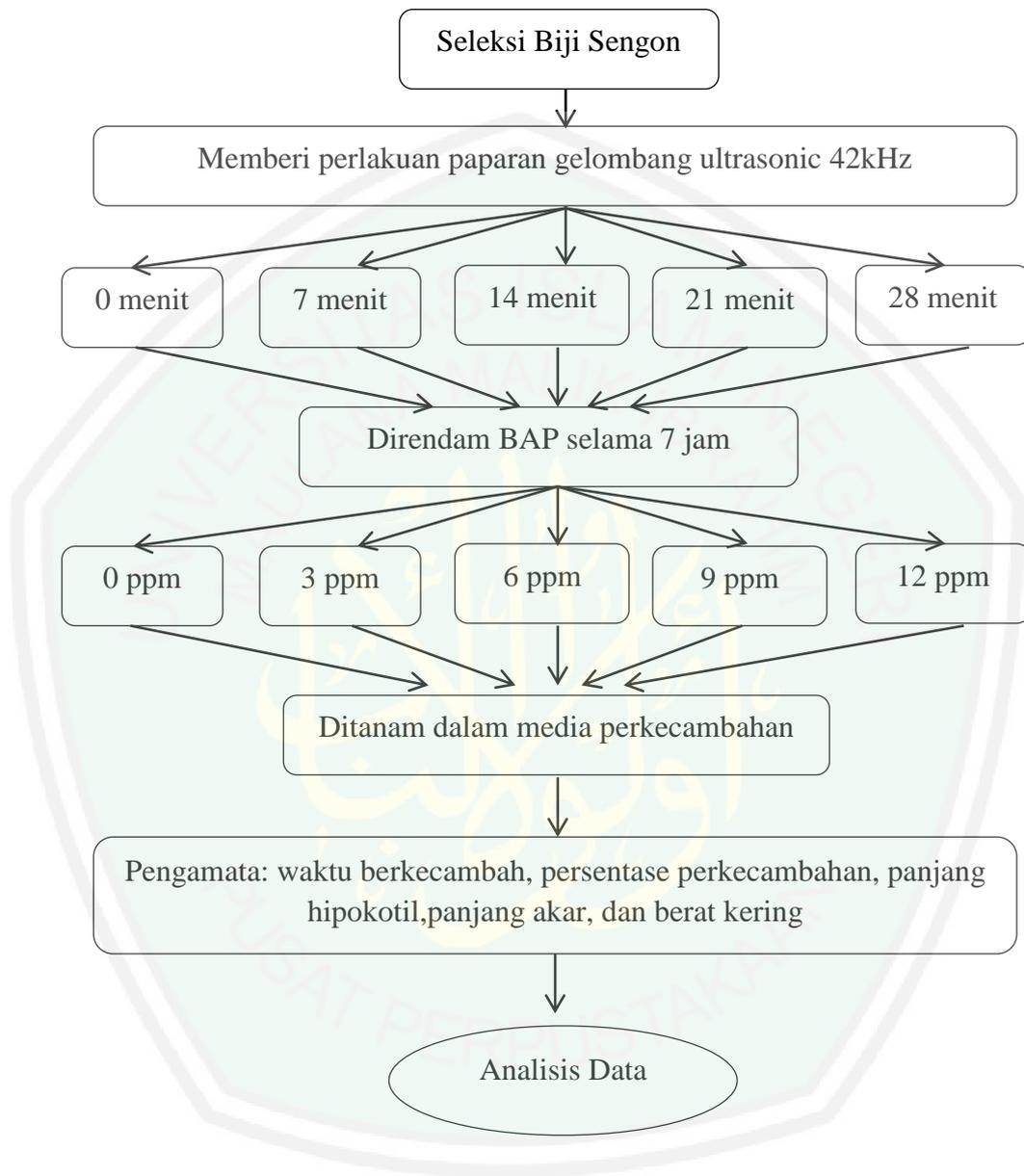
$$\% \text{ perkecambahan} = \frac{\sum \text{kecambah normal yang dihasilkan}}{\text{total benih yang ditanam}} \times 100\%$$

3. Panjang hipokotil. Dilakukan pengukuran dari bagian bawah kotiledon sampai dengan pucuk akar menggunakan penggaris. Pengamatan ini dilakukan pada hari terakhir pengamatan (Dharma, 2015).
4. Panjang Akar. Dilakukan pengukuran dari pangkal akar utama sampai ujung menggunakan penggaris. Pengamatan ini dilakukan pada hari terakhir pengamatan (Dharma, 2015).
5. Berat Kering Kecambah. Dihitung dengan menimbang kecambah sengan yang sudah dioven pada suhu 85⁰C selama 2 x 24 jam menggunakan timbangan analitik (Dharma, 2015).

3.6.7 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Analisis Variansi (Anava). Jika $F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$, maka terdapat pengaruh yang signifikan dari perlakuan. Selanjutnya dilakukan uji regresi korelasi untuk mengetahui konsentrasi dan lama pemaparan yang optimum.

3.7 Desain Penelitian



3.1 Desain Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Lama Pemaparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Perkecambahan Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

Lama pemaparan gelombang ultrasonik dapat diketahui berpengaruh atau tidaknya terhadap perkecambahan dengan menggunakan analisis variansi (Anava). Ringkasan hasil analisis variansi (Anava) pengaruh lama pemaparan gelombang ultrasonik terhadap perkecambahan biji sengon disajikan dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Variansi (Anava) Pengaruh Lama Pemaparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Perkecambahan

Variabel Pengamatan	F Hitung	F 5%
Waktu berkecambah	28,34752*	2,79
Persentase perkecambahan	395,8066*	2,79
Panjang hipokotil	8,848498*	2,79
Panjang akar	0,696701tn	2,79
Berat Kering	87,10427*	2,79

Keterangan: *) : $F_{hit} > F_{tabel}$ = lama pemaparan gelombang ultrasonik berpengaruh nyata terhadap variabel pengamatan
 tn : $F_{hit} < F_{tabel}$ = lama pemaparan gelombang ultrasonik berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan

Berdasarkan hasil Anava tabel 4.1 diketahui bahwa lama pemaparan gelombang ultrasonik berpengaruh nyata terhadap variabel pengamatan waktu berkecambah, persentase perkecambahan, panjang hipokotil, dan berat kering kecambah sengon. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F hitung yang lebih besar dari nilai F tabel 5%. Akan tetapi lama pemaparan gelombang ultrasonik berpengaruh

tidak nyata terhadap panjang akar karena nilai F hitung lebih kecil dari nilai F tabel 5%.

Hasil ANAVA yang menunjukkan pengaruh nyata pada variabel pengamatan waktu berkecambah, persentase perkecambahan, panjang hipokotil, dan berat kering selanjutnya akan dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf 5% untuk mengetahui beda antar perlakuan pada penelitian ini seperti yang disajikan pada tabel 4.2. Sedangkan pada variabel panjang akar tidak dilakukan uji lanjut.

Tabel 4.2 Pengaruh lama pemaparan gelombang ultrasonik terhadap beberapa variabel pengamatan

Perlakuan	Variabel Pengamatan			
	WB	PP	PH	BK
0 menit	6 c	72,8 a	2,2 a	26,4 a
7 menit	6 c	83,7 b	2,4 bc	31,5 b
14 menit	5 b	91,5 c	2,6 b	32,7 b
21 menit	4,3 a	94,8 d	2,7 c	37,2 d
28 menit	6 c	91,7 c	2,5 bc	34,9 c

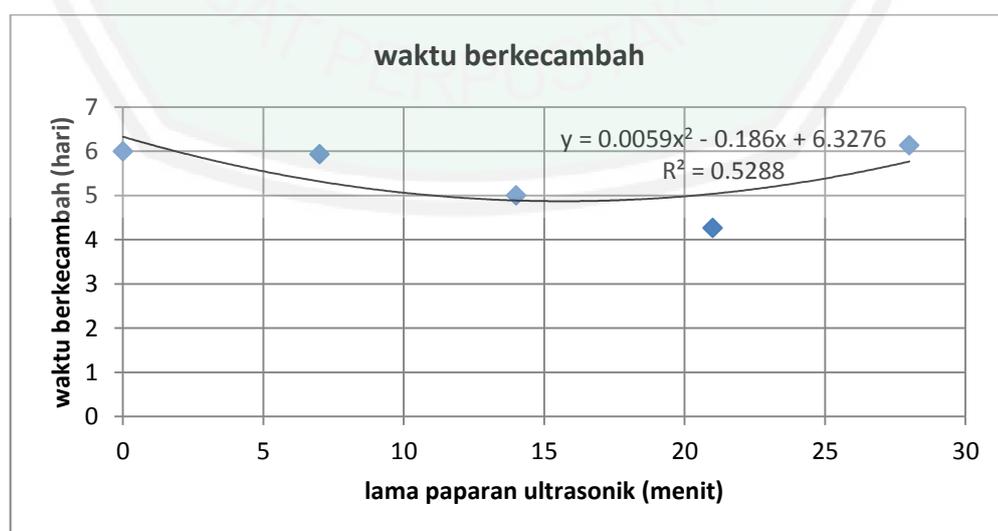
Keterangan: WB (Waktu Berkecambah), PP (Persentase Perkecambahan), PH (Panjang Hipokotil), BK (Berat Kering). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan pada uji lanjut DMRT 5%.

Hasil uji lanjut DMRT 5% dalam tabel 4.2 di atas menunjukkan bahwa lama pemaparan gelombang ultrasonik memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol. Lama paparan gelombang ultrasonik 21 menit menghasilkan waktu berkecambah paling cepat, persentase perkecambahan paling tinggi, panjang hipokotil dan berat kering paling besar yang semuanya berbeda nyata dengan kontrol. Dengan demikian, waktu paparan gelombang ultrasonik

dapat dikatakan memberikan pengaruh yang baik karena mampu meningkatkan perkecambahan.

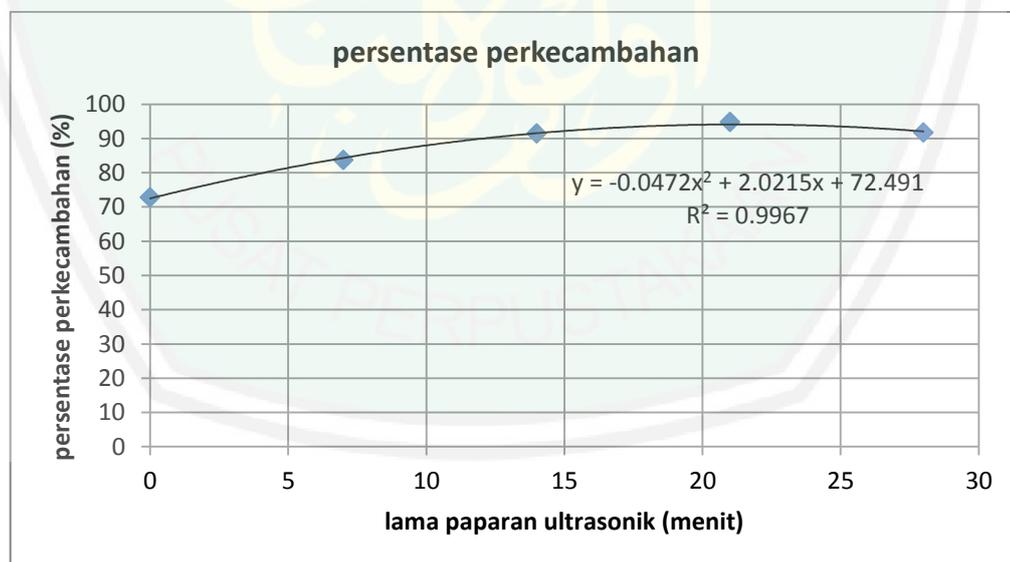
Variabel pengamatan yang berpengaruh nyata terhadap perlakuan lama paparan gelombang ultrasonik, yaitu waktu berkecambah, persentase perkecambahan, panjang hipokotil, dan berat kering kecambah selanjutnya akan dilakukan uji lanjut dengan analisis regresi korelasi. Pada uji ini waktu optimum untuk meningkatkan perkecambahan biji sengon akan dapat diketahui. Sedangkan untuk variabel pengamatan panjang akar tidak dilakukan uji lanjut karena berpengaruh tidak nyata terhadap perlakuan lama paparan gelombang ultrasonik yang diberikan.

Waktu berkecambah merupakan satu diantara variabel pengamatan yang dapat menunjukkan baik tidaknya perkecambahan. Pada penelitian ini perlakuan lama pemaparan gelombang ultrasonik yang optimum dapat dilihat dari hasil analisis regresi korelasi yang ditunjukkan oleh kurva pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Kurva pengaruh lama paparan gelombang ultrasonik terhadap waktu berkecambah

Hasil analisis regresi korelasi pada gambar 4.1 menunjukkan pengaruh lama paparan ultrasonik terhadap variabel pengamatan waktu berkecambah yang membentuk garis kuadratik dengan persamaan $y = 0.0059x^2 - 0.186x + 6.3276$ dan nilai determinasi $R^2 = 0,5288$. Nilai determinasi ini memperlihatkan besarnya hubungan pengaruh lama paparan gelombang ultrasonik dengan waktu berkecambah yaitu 52,88%. Titik optimum lama paparan gelombang ultrasonik diperoleh dari perhitungan persamaan diferensial $y = 0.0059x^2 - 0.186x + 6.3276$ yang menghasilkan titik optimum pada koordinat (15,8;4,9). Hal ini menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk paparan gelombang ultrasonik yang efektif adalah 15,8 menit yang akan menghasilkan kecambah tumbuh dalam waktu 4,9 hari.

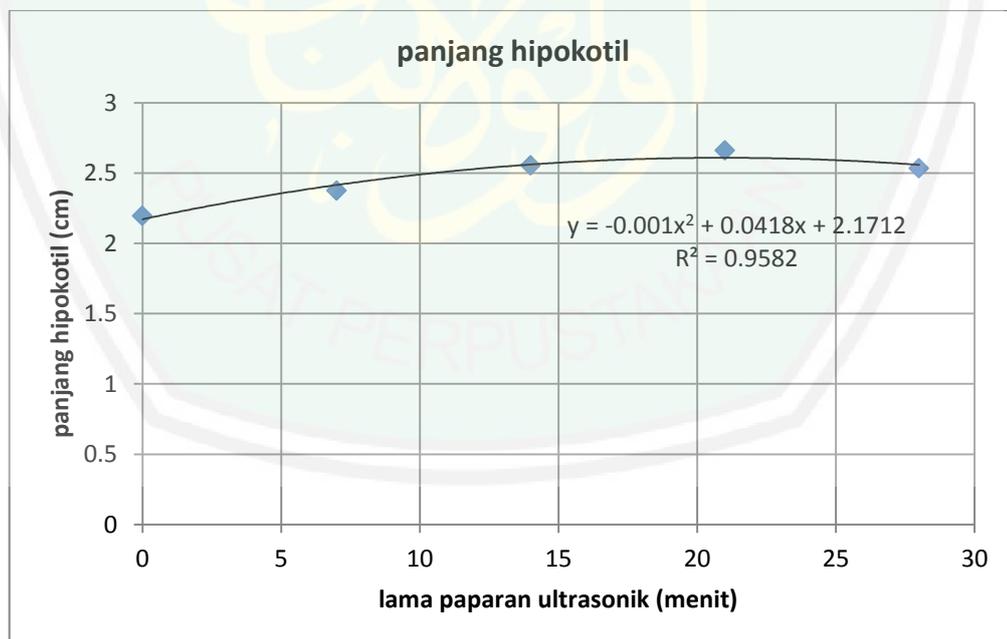


Gambar 4.2 Kurva pengaruh lama paparan gelombang ultrasonik terhadap persentase perkecambahan

Variabel pengamatan yang juga dipengaruhi oleh lama paparan gelombang ultrasonik adalah persentase perkecambahan. Pada analisis ini dihasilkan garis kuadratik $y = -0.0472x^2 + 2.0215x + 72.491$ dan nilai determinasi $R^2 = 0,9967$.

Dari garis kuadrat tersebut diperoleh titik koordinat (21,4;94,14) yang artinya waktu optimum paparan gelombang ultrasonik untuk mempengaruhi persentase perkecambahan adalah 21,4 menit dengan menghasilkan persentase perkecambahan rata-rata 94,14%. Nilai determinasi $R^2 = 0,9967$ menunjukkan eratnya hubungan pengaruh lama paparan gelombang ultrasonik terhadap persentase perkecambahan sebesar 99,67%. Kurva pengaruh lama paparan gelombang ultrasonik terhadap persentase perkecambahan disajikan dalam gambar 4.2.

Panjang hipokotil kecambah sengon juga dipengaruhi oleh lama paparan gelombang ultrasonik. Kurva analisis regresi korelasi pengaruh lama paparan gelombang ultrasonik terhadap panjang hipokotil dapat dilihat pada gambar 4.3.

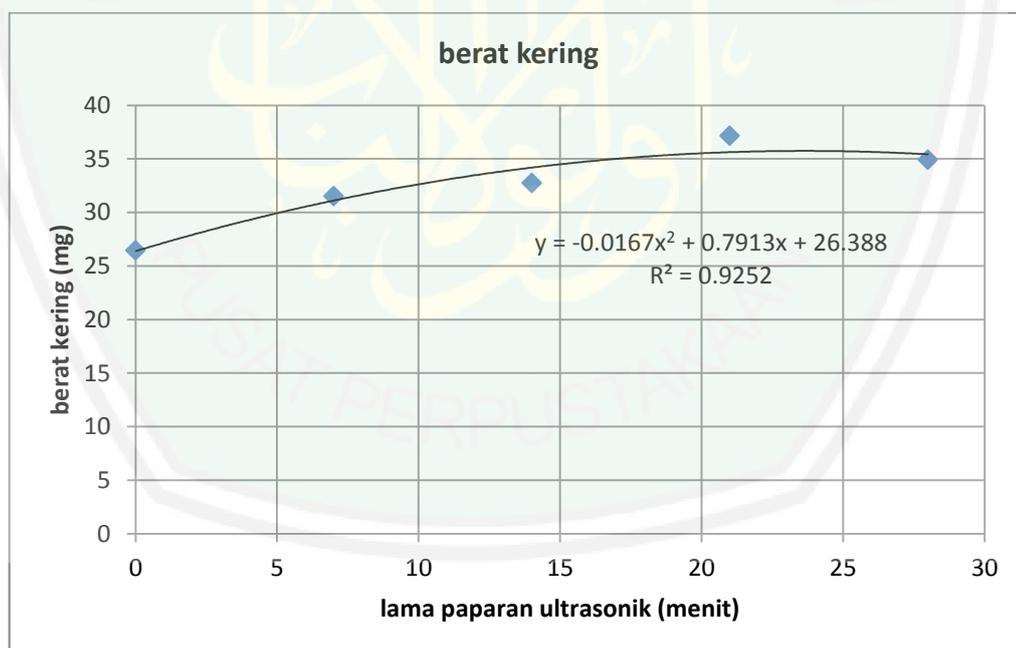


Gambar 4.3 Kurva pengaruh lama paparan gelombang ultrasonik terhadap panjang hipokotil

Hasil analisis regresi korelasi pada gambar 4.3 menunjukkan hubungan pengaruh lama pemaparan gelombang ultrasonik dengan panjang hipokotil yang

menghasilkan garis kuadrat $y = -0.001x^2 + 0.0418x + 2.1712$ dan determinasi $R^2 = 0,9582$. Dari persamaan tersebut diperoleh koordinat (20,9;2,6) yang merupakan titik optimum perlakuan. Lama paparan gelombang ultrasonik efektif dilakukan selama 20.9 menit yang akan menghasilkan panjang hipokotil rata-rata 2,6 cm. Nilai determinasi yang dihasilkan juga menunjukkan eratnya hubungan pengaruh lama paparan gelombang ultrasonik dengan variabel pengamatan panjang hipokotil sebanyak 95,82 %.

Variabel pengamatan lain yang dipengaruhi oleh lama paparan gelombang ultrasonik adalah berat kering. Hasil analisis regresi korelasinya ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Kurva pengaruh lama paparan gelombang ultrasonik terhadap berat kering

Berdasarkan hasil analisis regresi korelasi yang membentuk garis kuadrat dengan persamaan $y = -0.0167x^2 + 0.7913x + 26.388$. Dari persamaan diferensial tersebut diperoleh koordinat (23,69;35,76). Hasil ini memperlihatkan

bahwa pemaparan gelombang ultrasonik selama 23,69 menit merupakan waktu optimum karena dapat meningkatkan berat kering kecambah dengan rata-rata 35,76 mg. Nilai determinasi $R^2 = 0.9252$ juga memperlihatkan hubungan yang erat lama pemaparan gelombang ultrasonik yang mempengaruhi berat kering kecambah sebesar 92,52%.

Gelombang ultrasonik dapat meningkatkan perkecambahan biji sengon karena mampu mematahkan dormansi kulit bijinya yang keras. Kavitasasi yang ditimbulkan oleh gelombang ini akan menjadikan kulit biji lebih permeable sehingga dapat menyerap air dengan baik. Air yang terserap dengan baik akan mengaktifkan sistem metabolisme dalam biji sehingga perkecambahan menjadi lebih cepat. Yaldagard *et al.* (2008) menambahkan bahwa gelombang ultrasonik dapat meningkatkan aktifitas enzim α -amilase sehingga perkecambahan juga akan meningkat.

Nazari *et al.* (2014) melakukan penelitian pematangan dormansi biji pada spesies *Medicago scutellata* yang memiliki masalah dormansi fisik menggunakan perlakuan gelombang ultrasonik. Hasil uji menunjukkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 42 kHz selama 7 menit menghasilkan persentase perkecambahan paling tinggi, yaitu sebesar 96,66% dibandingkan dengan kontrol yang persentase perkecambahannya hanya 33,33%.

Menurut Ardian (2008) dalam Sa'diyah (2009), berat kering kecambah dipengaruhi oleh lamanya pertumbuhan sejak permulaan sampai akhir proses perkecambahan yang telah ditentukan. Jika benih membutuhkan waktu yang lama untuk tumbuh maka hasil kecambah yang diperoleh adalah kecambah pendek,

ukuran daun kecambah kecil, hipokotilnya pendek, dan volume akar kecil. Hal tersebut mengakibatkan rendahnya berat kering kecambah.

4.2 Pengaruh Konsentrasi BAP Terhadap Perkecambahan Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

Zat pengatur tumbuh dengan konsentrasi yang sesuai dapat diberikan kepada tanaman untuk meningkatkan pertumbuhannya. Pada penelitian ini zat pengatur tumbuh BAP dengan berbagai konsentrasi diberikan pada biji sengon yang telah dipapar dengan gelombang ultrasonik. Lakitan (1996) menuturkan bahwa BAP merupakan senyawa sintetik dari sitokinin yang dapat merangsang pemanjangan sel dan terbentuknya organ perkecambahan.

Ringkasan hasil analisis variansi (Anava) pengaruh konsentrasi BAP terhadap perkecambahan biji sengon disajikan dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Analisis Variansi (Anava) Pengaruh Konsentrasi BAP Terhadap Perkecambahan

Variabel Pengamatan	F Hitung	F 5%
Waktu berkecambah	29,31502*	2,79
Persentase perkecambahan	39,49857*	2,79
Panjang hipokotil	11,31317*	2,79
Panjang akar	0,626976 tn	2,79
Berat Kering	18,69994*	2,79

Keterangan: *) : $F_{hit} > F_{tabel}$ = konsentrasi BAP berpengaruh nyata terhadap variabel pengamatan

tn : $F_{hit} < F_{tabel}$ = konsentrasi BAP berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan

Hasil analisis variansi (Anava) pada tabel 4.3 menunjukkan pengaruh konsentrasi BAP terhadap perkecambahan biji sengon. Konsentrasi BAP berpengaruh nyata pada variabel pengamatan waktu berkecambah, persentase perkecambahan, panjang hipokotil dan berat kering kecambah. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung yang lebih besar dari nilai F tabel 5%. Sedangkan untuk

variabel panjang akar, konsentrasi BAP berpengaruh tidak nyata karena nilai F hitungnya lebih kecil dari nilai F tabel 5%.

Variabel yang berpengaruh nyata selanjutnya akan dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf 5% untuk mengetahui konsentrasi BAP yang paling baik dalam perlakuan pada penelitian ini seperti yang disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengaruh konsentrasi zat pengatur tumbuh BAP terhadap beberapa variabel pengamatan

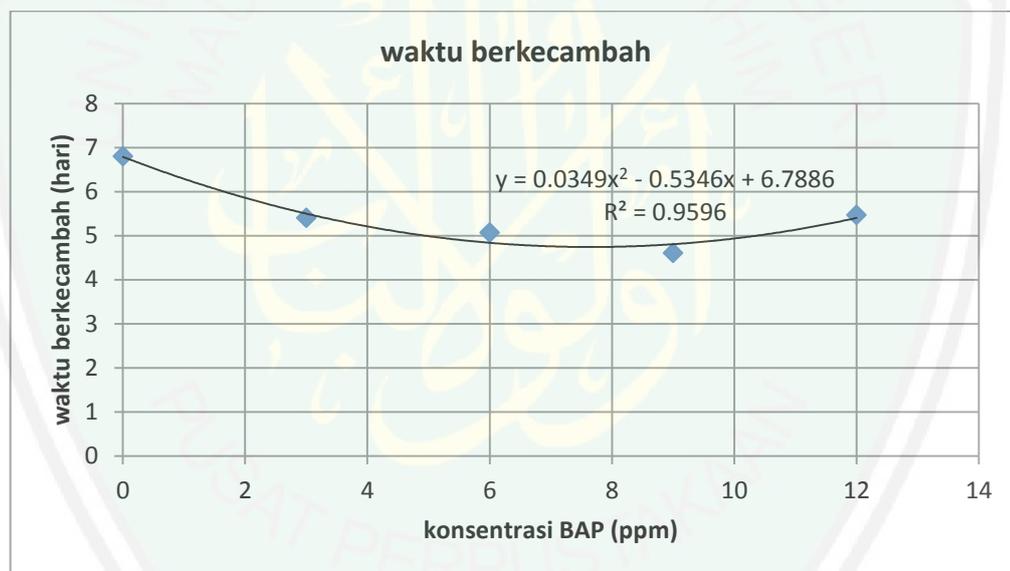
Perlakuan	Variabel Pengamatan			
	WB	PP	PH	BB
0 ppm	6,8 c	82,8 a	2,1 a	30,4 a
3 ppm	5,4 b	85,7 b	2,4 b	31,7 ab
6 ppm	5,1 b	88,5 c	2,7 c	32,2 b
9 ppm	4,6 a	90,1 d	2,6 bc	35,5 c
12 ppm	5,5 b	87,3 c	2,5 bc	32,9 b

Keterangan: WB (Waktu Berkecambah), PP (Persentase Perkecambahan), PH (Panjang Hipokotil), BK (Berat Kering). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan pada uji lanjut DMRT 5%.

Hasil uji lanjut DMRT 5% dalam tabel 4.4 di atas menunjukkan bahwa berbagai macam konsentrasi BAP memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol. Terlihat bahwa konsentrasi BAP 9 ppm (B3) memberikan hasil tertinggi pada variabel pengamatan waktu berkecambah, persentase perkecambahan, dan berat kering yang semuanya berbeda nyata dengan kontrol. Sedangkan pada variabel pengamatan panjang hipokotil nilai tertinggi pada konsentrasi BAP 6 ppm. Mashud (2013) menyebutkan bahwa BAP berfungsi sebagai perangsang pertumbuhan tunas, mempengaruhi metabolisme

sel, dan dapat mendorong proses fisiologis namun tetap bergantung pada konsentrasi yang digunakan.

Variabel pengamatan yang berpengaruh nyata, selanjutnya akan diuji lanjut dengan analisis regresi korelasi untuk mengetahui konsentrasi optimum BAP yang digunakan sehingga dapat meningkatkan perkecambahan. Waktu berkecambah merupakan salah satu variabel pengamatan yang dipengaruhi oleh berbagai konsentrasi BAP. Hasil analisis regresi korelasinya dapat dilihat pada gambar 4.5.

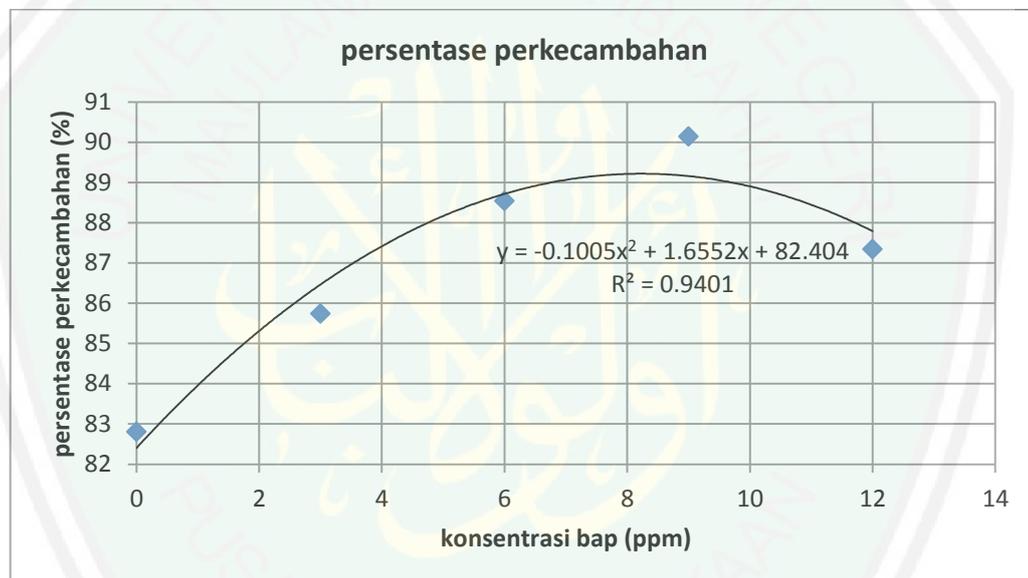


Gambar 4.5 Kurva pengaruh konsentrasi BAP terhadap waktu berkecambah

Hasil analisis regresi korelasi pada gambar 4.5 membentuk garis kuadratik dengan persamaan $y = 0.0349x^2 - 0.5346x + 6.7886$ dan nilai determinasi $R^2 = 0,9596$. Pada persamaan tersebut diperoleh koordinat (7,7;4,7) yang menunjukkan titik optimum perlakuan. Dari koordinat ini dapat diketahui bahwa lama paparan gelombang ultrasonik yang optimum adalah 7,7 menit dengan rata-rata waktu berkecambah 4,7 hari. Nilai determinasi yang dihasilkan menunjukkan eratnya

hubungan konsentrasi BAP dengan variabel pengamatan waktu berkecambah sebesar 95,96%.

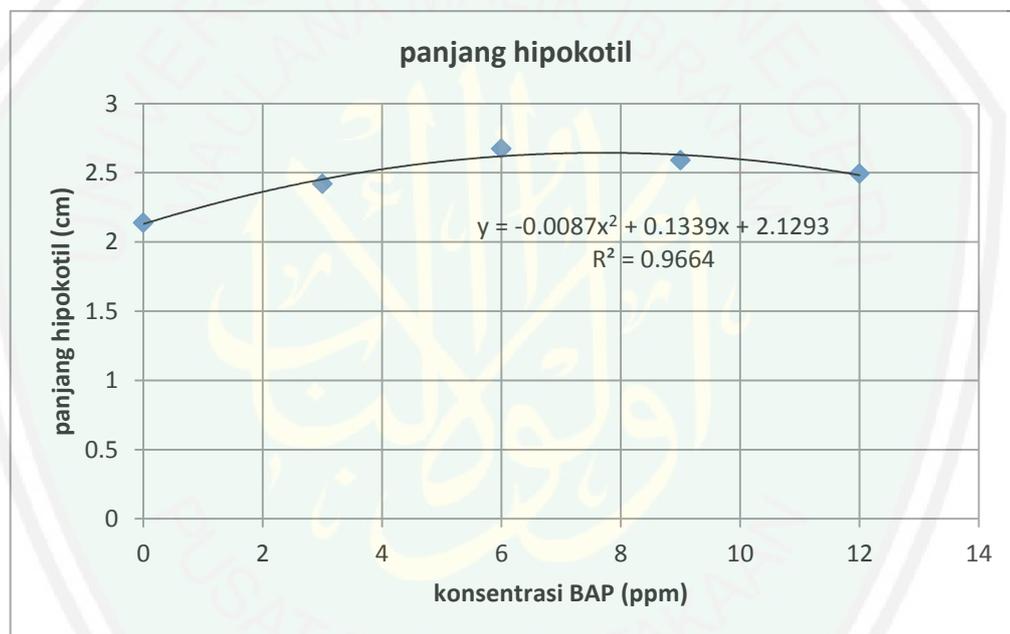
Variabel pengamatan selanjutnya yang berpengaruh nyata terhadap konsentrasi BAP adalah persentase perkecambahan. Berikut adalah kurva hasil analisis regresi korelasi pengaruh konsentrasi BAP terhadap persentase perkecambahan yang ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kurva pengaruh konsentrasi BAP terhadap persentase perkecambahan

Berdasarkan hasil analisis regresi korelasi pada gambar 4.6, berbagai konsentrasi BAP mempengaruhi persentase perkecambahan biji sengon. Hal ini terlihat dari garis kuadratik yang terbentuk dengan persamaan $y = -0.1005x^2 + 1.6552x + 82.404$ dan $R^2 = 0,9401$. Hasil dari nilai determinasi $R^2 = 0,9401$ ini menunjukkan bahwa eratnya hubungan pengaruh konsentrasi BAP dengan persentase perkecambahan sebanyak 94,01%. Titik optimum perlakuan diperoleh dari hasil persamaan diferensial $y = -0.1005x^2 + 1.6552x + 82.404$ yang

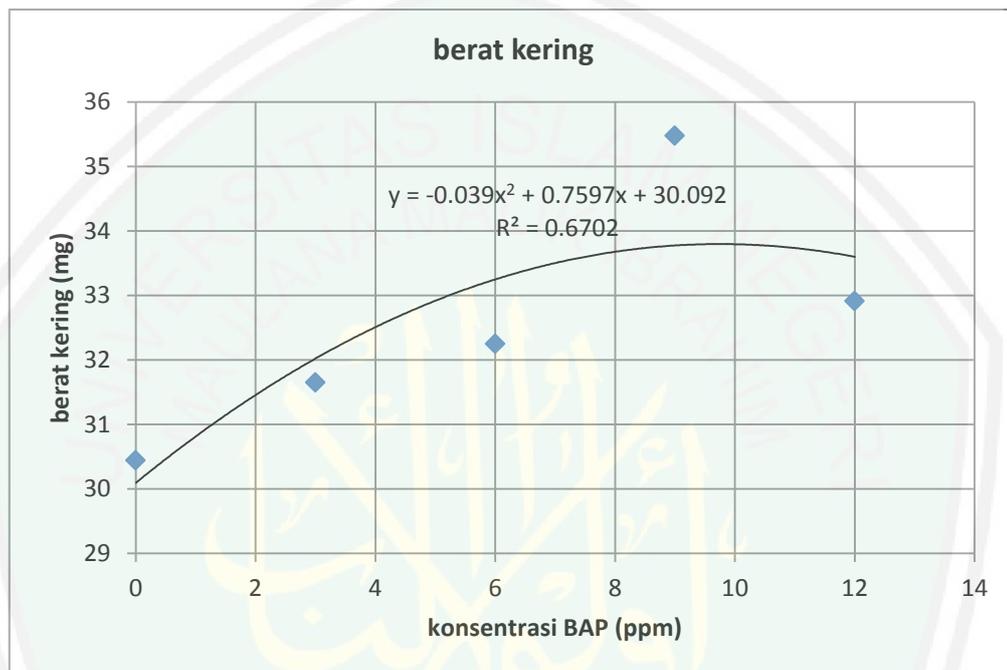
menunjukkan koordinat (8,2;89,22). Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa titik optimum konsentrasi BAP untuk mempengaruhi persentase perkecambahan adalah 8,2 ppm dengan menghasilkan rata-rata persentase perkecambahan 89,22%. Konsentrasi yang lebih besar dari 8,2 ppm cenderung dapat menurunkan persentase perkecambahan yang ditunjukkan oleh garis kurva yang semakin menurun.



Gambar 4.7 Kurva pengaruh konsentrasi BAP terhadap panjang hipokotil

Berbagai konsentrasi BAP mampu mempengaruhi panjang hipokotil kecambah sengon. Dapat diketahui dari hasil analisis regresi korelasi pengaruh konsentrasi BAP terhadap panjang hipokotil ditunjukkan oleh kurva yang membentuk garis kuadratik dengan persamaan $y = -0.0087x^2 + 0.1339x + 2.1293$ dan $R^2 = 0,9664$. Dari persamaan kuadrat tersebut diperoleh koordinat (7,7;2,6) yang memperlihatkan titik optimum konsentrasi BAP yang mempengaruhi panjang hipokotil sebesar 7,7 ppm dan akan menghasilkan rata-rata panjang

hipokotil 2,6 cm. Nilai determinasi $R^2 = 0,9664$ artinya adalah hubungan pengaruh konsentrasi BAP terhadap panjang hipokotil sangat erat, yaitu 96,64%. Hasil analisis regresi korelasinya dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.8 Kurva pengaruh konsentrasi BAP terhadap berat kering

Berat kering kecambah dipengaruhi oleh lama paparan gelombang ultrasonic. Berdasarkan hasil analisis regresi pada gambar 4.8 yang membentuk garis kuadratik dengan persamaan $y = -0.039x^2 + 0.7597x + 30.092$ diperoleh koordinat (9,7;33,79). Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa BAP 9,7 ppm merupakan konsentrasi optimum karena dapat meningkatkan berat kering kecambah dengan rata-rata 33,79 mg. Nilai determinasi $R^2 = 0.6702$ juga memperlihatkan hubungan konsentrasi BAP yang mempengaruhi berat kering kecambah sebesar 67,02%.

Lakitan (1996) menyatakan bahwa berat kering kecambah mencerminkan akumulasi senyawa-senyawa organik yang merupakan hasil sintesa tanaman dari

senyawa anorganik yang berasal dari air dan karbondioksida sehingga memberikan kontribusi terhadap berat kering kecambah atau tanaman. Tingginya nilai berat kering kecambah mengindikasikan bahwa kecambah tersebut telah tumbuh dengan baik.

Pemberian hormon eksogen atau zat pengatur tumbuh BAP terbukti dapat meningkatkan perkecambahan biji sengon. Dari variabel pengamatan dapat dilihat bahwa biji sengon yang diberi perlakuan menghasilkan perkecambahan lebih tinggi dari pada kontrol (yang tidak diberikan perlakuan).

Kucera *et al.* (2005) menjelaskan BAP yang termasuk golongan sitokinin dapat berfungsi dalam mempengaruhi perkecambahan, pertumbuhan maupun perkembangan tanaman. Sitokinin dapat merangsang perkecambahan biji dengan cara menghambat biosintesa ABA serta meningkatkan biosintesis etilen. Etilen sebagai hormon pertumbuhan diketahui berpengaruh positif terhadap perkecambahan biji melalui peranannya dalam meningkatkan pemanjangan sel radial di daerah hipokotil embrio, meningkatkan respirasi biji dan meningkatkan potensial air.

Biji yang telah dipapar dengan gelombang ultrasonik akan lebih cepat menyerap air karena pada kulit bijinya yang keras telah terbentuk lubang mikro. Air yang diserap dapat mengaktifkan hormon giberelin yang ada di dalam biji. BAP diberikan pada biji yang telah dipapar ultrasonik diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan kecambah karena mampu bekerja sama dengan giberelin.

Interaksi antara giberelin dan sitokinin pada beberapa penelitian menunjukkan respon yang saling sinergi maupun antagonis. Respon sinergi dari kedua hormon tersebut telah dilaporkan oleh Cavusoglu dan Kabar (2007) yang menunjukkan bahwa kombinasi antara giberelin dan sitokinin mampu meningkatkan persentase perkecambahan dan mempercepat waktu munculnya kecambah pada biji gandum dan biji lobak.

4.3 Pengaruh Interaksi Lama Pemaparan Gelombang Ultrasonik dan Hormon BAP Terhadap Perkecambahan Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

Perlakuan lama pemaparan gelombang ultrasonik yang dikombinasikan dengan hormon BAP dapat meningkatkan perkecambahan biji sengon. Hal ini dapat dilihat dari beberapa variabel pengamatan yang terbukti mengalami peningkatan perkecambahan dari pada kontrol (tidak diberi perlakuan). berpengaruh atau tidaknya perlakuan ini dapat dilihat dari hasil analisis variansi (Anava). Berikut akan disajikan ringkasan hasil analisis variansi (Anava) interaksi pengaruh lama pemaparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP terhadap perkecambahan biji sengon dalam tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Analisis Variansi (Anava) Interaksi Lama Pemaparan Gelombang Ultrasonik dan Konsentrasi BAP Terhadap Perkecambahan

Variabel Pengamatan	F Hitung	F 5%
Waktu berkecambah	4,329528*	1,78
Persentase perkecambahan	4,255889*	1,78
Panjang hipokotil	3,511596*	1,78
Panjang akar	1,071512 tn	1,78
Berat Kering	3,039871*	1,78

Keterangan: *) : $F_{hit} > F_{tabel}$ = konsentrasi BAP berpengaruh nyata terhadap variabel pengamatan

tn : $F_{hit} < F_{tabel}$ = konsentrasi BAP berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan

Berdasarkan hasil Anava tabel 4.5 diketahui bahwa interaksi lama pemaparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP berpengaruh nyata terhadap variabel pengamatan waktu berkecambah, persentase perkecambahan, panjang hipokotil, dan berat kering kecambah sengon. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F hitung yang lebih besar dari nilai F tabel 5%. Akan tetapi interaksi lama pemaparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP dalam penelitian ini berpengaruh tidak nyata terhadap panjang akar. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung yang lebih kecil dari nilai F tabel 5%.

Variabel yang dipengaruhi oleh interaksi perlakuan akan diuji lanjut dengan DMRT taraf 5%. Hasil ini akan memperlihatkan beda nyata antar perlakuan dalam penelitian ini, seperti yang disajikan dalam tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Pengaruh interaksi lama pemaparan gelombang ultrasonik dan zat pengatur tumbuh BAP terhadap beberapa variabel pengamatan

Perlakuan	Variabel Pengamatan			
	WB	PP	PH	BK
U0B0	6,3 fgh	69,3 a	1,3 a	22,3 a
U0B1	6 efgh	70,7 ab	2,1 b	25,1 a
U0B2	6 efgh	72,7 bc	2,8 ef	24,7 a
U0B3	6 efgh	75,3 cd	2,5 bcde	30,9 bcd
U0B4	5,7 defg	76 de	2,3 bcd	29,1 bc
U1B0	8.6 i	78,7 ef	2,1 b	28,6 b
U1B1	5,3 cdef	80,7 f	2,4 bcde	31,3 bcde
U1B2	5,3 cdef	86 gh	2,6 bcde	32,4 sdefgh
U1B3	4,7 bcd	88 hi	2,2 bc	34 defgh
U1B4	5,7 defg	85,3 gh	2,6 bcde	31,3 bcde
U2B0	6 efgh	84,7 g	2,3 bcd	31,8 bcdef
U2B1	5,7 defg	90,7 ijk	2,5 bcde	32,2 cdefgh
U2B2	4,7 bcd	94 lmn	2,8 ef	33,2 defgh
U2B3	3,7 ab	95,3 mn	2,6 bcde	34,6 efghi

U2B4	5 cde	92,7 jklmn	2,6 cde	31,9 bcdefg
U3B0	6 efgh	90 ij	2,4 bcde	34,1 defgh
U3B1	4,7 bcd	94,7 lmn	2,6 bcde	35,3 ghi
U3B2	3,7 ab	96 no	2,7 ef	35,8 hi
U3B3	2,7 a	98,7 o	3,2 f	42,5 j
U3B4	4,3 bc	94,7 lmn	2,5 bcde	38 i
U4B0	7 h	91,3 jkl	2,6 bcde	35,5 ghi
U4B1	5,3 cdef	92 jklm	2,5 bcde	34,3 defgh
U4B2	5,7 defg	94 lmn	2,5 bcde	35,2 fghi
U4B3	6 efgh	93,3 klmn	2,5 bcde	35,4 ghi
U4B4	6,7 gh	88 hi	2,5 bcde	34,1 defgh

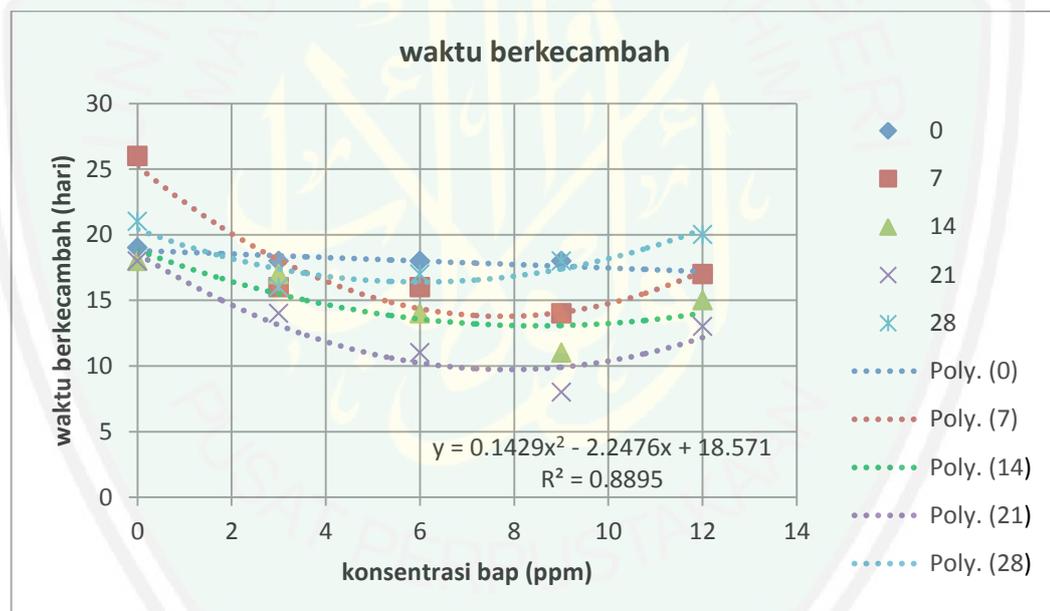
Keterangan: WB (Waktu Berkecambah), PP (Persentase Perkecambahan), PH (Panjang Hipokotil), BK (Berat Kering). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan pada uji lanjut DMRT 5%.

Berdasarkan hasil DMRT taraf 5% pada tabel 4.6 diatas perlakuan U3B3, yaitu lama paparan ultrasonik 21 menit dan perendaman BAP 9 ppm memberikan nilai tertinggi pada variabel pengamatan waktu berkecambah, persentase perkecambahan, panjang hipokotil, serta berat kering. Hasil tersebut semuanya berbeda nyata dengan kontrol (U0B0)

Beberapa variabel pengamatan yang dipengaruhi oleh interaksi lama paparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP akan diuji lanjut menggunakan uji analisis regresi korelasi. Uji ini bertujuan untuk mencari nilai optimum dari perlakuan sehingga dapat meningkatkan perkecambahan dengan maksimal.

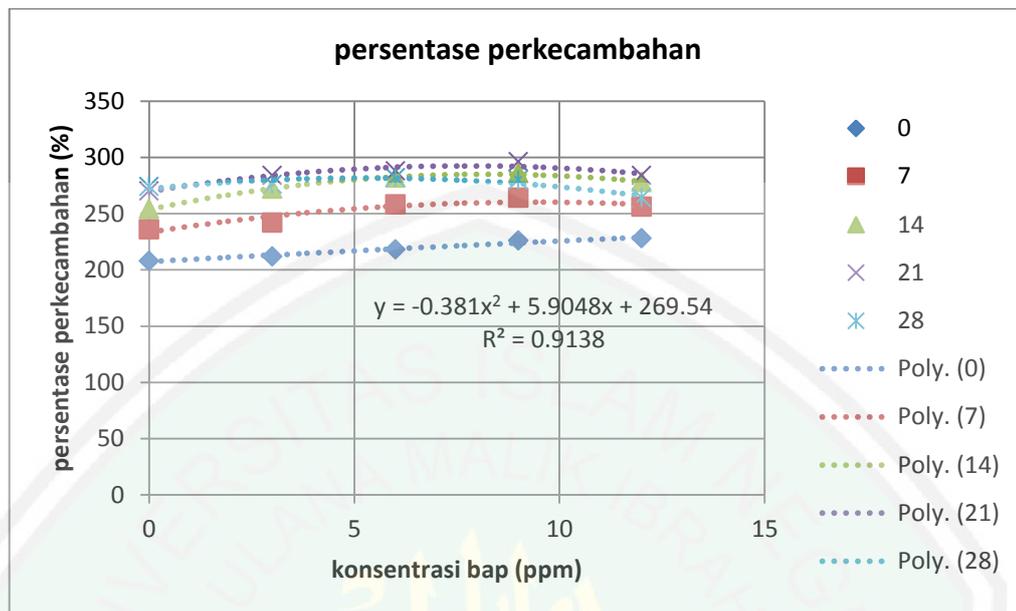
Waktu berkecambah adalah salah satu variabel pengamatan yang dipengaruhi oleh interaksi lama paparan gelombang ultrasonik dan hormon BAP. Hasil analisis regresi korelasi menunjukkan masing-masing kurva yang membentuk garis kuadratik dan koordinat tertentu. Pada waktu berkecambah kurva yang memiliki koordinat tertinggi adalah kurva 21 (U3) yang artinya waktu paparan ultrasonik yang optimum adalah 21 menit. Kurva pada perlakuan U3

yang membentuk garis kuadratik dengan persamaan $y = 0.1429x^2 - 2.2476x + 18.571$ memperlihatkan titik koordinat (7,8;9,7). Dari koordinat tersebut ditunjukkan bahwa titik optimum waktu berkecambah sengon adalah perlakuan ultrasonik selama 21 menit kemudian direndam dalam konsentrasi BAP 7,8 ppm yang akan menghasilkan kecambah tumbuh rata-rata pada 9,7 hari. Nilai determinasi $R^2 = 0,8895$ dalam kurva memperlihatkan eratnya hubungan interaksi lama paparan gelombang ultrasonik dan hormon BAP terhadap waktu berkecambah sebesar 88,95%.



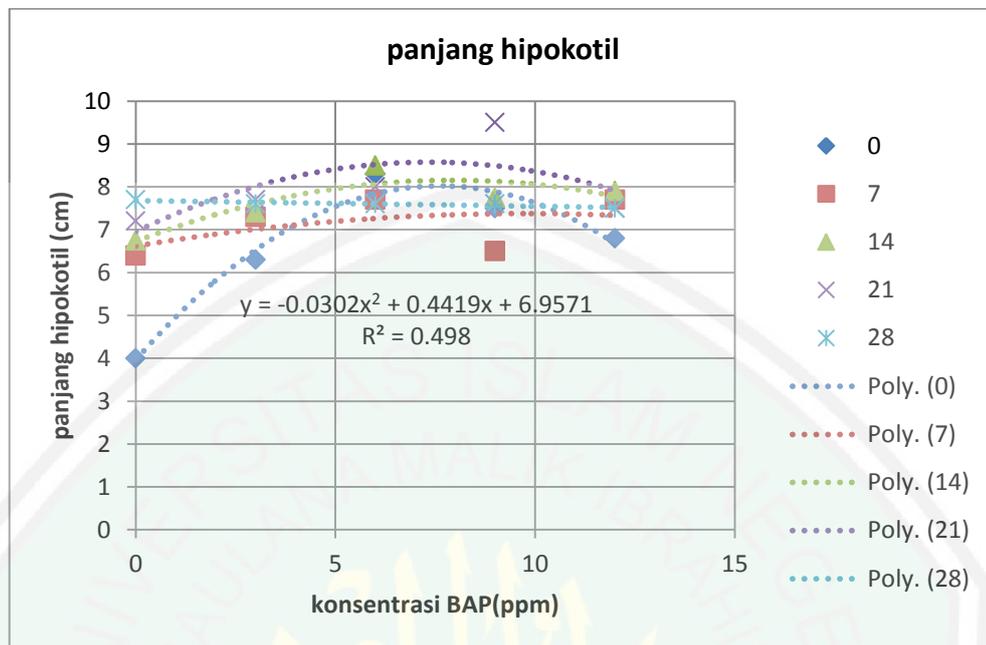
Gambar 4.9 Kurva pengaruh interaksi lama paparan gelombang ultrasonik dan konsnetrasi BAP terhadap waktu berkecambah

Variabel pengamatan selanjunya yang dipengaruhi oleh interaksi lama paparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP adalah persentase perkecambahan. Hasil analisis regresi korelasi ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Kurva pengaruh interaksi lama paparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP terhadap persentase perkecambahan

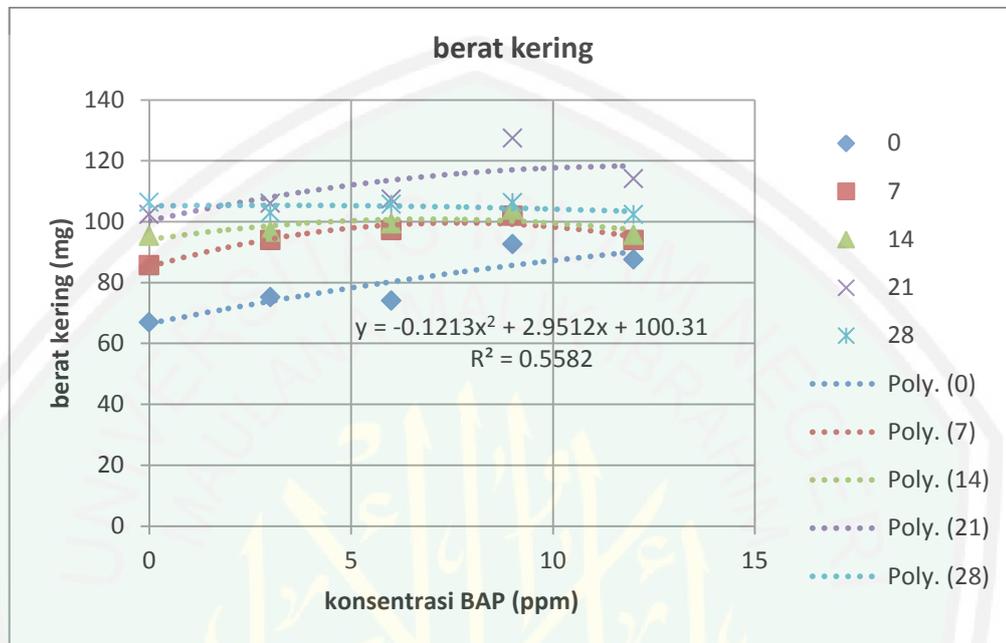
Berdasarkan hasil analisis regresi korelasi pada gambar 4.10 kurva yang menunjukkan titik koordinat tertinggi adalah kurva 21 (U3) yang artinya interaksi tertinggi adalah waktu paparan gelombang ultrasonik selama 21 menit. Kurva tersebut membentuk garis kuadratik dengan persamaan $y = -0.381x^2 + 5.9048x + 269.54$ dan $R^2 = 0,9138$. Dari persamaan ini diperoleh titik koordinat (7,7;292,4) yang menunjukkan titik optimum perlakuan yaitu pemaparan dengan gelombang ultrasonik selama 21 menit dan direndam dalam BAP konsentrasi 7,7 ppm yang nantinya akan menghasilkan rata-rata persentase perkecambahan 292,4%. Nilai determinasi pada persamaan ini memperlihatkan hubungan yang erat antara pengaruh interaksi lama paparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP terhadap persentase perkecambahan sebesar 91,38%.



Gambar 4.11 Kurva pengaruh interaksi lama paparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP terhadap panjang hipokotil

Variabel pengamatan panjang hipokotil dipengaruhi oleh interaksi perlakuan lama paparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP. Selanjutnya, variabel ini akan diuji lanjut dengan uji analisis regresi korelasi untuk mengetahui perlakuan optimum yang dapat meningkatkan perkecambahan. Kurva yang dihasilkan dari analisis regresi korelasi pada variabel pengamatan panjang hipokotil yang memiliki titik koordinat tertinggi adalah garis 21 (U3) yaitu perlakuan paparan gelombang ultrasonik 21 menit. Kurva ini membentuk garis kuadratik dengan persamaan $y = -0.0302x^2 + 0.4419x + 6.9571$ dan $R^2 = 0,498$. Dari persamaan kuadrat tersebut diperoleh titik koordinat (7,3;8,6) yang menunjukkan titik optimum konsentrasi BAP 7,3 ppm yang akan menghasilkan panjang hipokotil rata-rata 8,6 cm. Nilai determinasi $R^2 = 0,498$ merupakan nilai hubungan pengaruh interaksi lama paparan gelombang ultrasonik dan hormon

BAP terhadap panjang hipokotil yang besarnya 49,8%. Hasil analisis ini ditunjukkan pada gambar 4.11.



Gambar 4.12 Kurva pengaruh interaksi lama paparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP terhadap berat kering

Berdasarkan hasil analisis regresi korelasi pada gambar 4.12 pengaruh interaksi lama paparan gelombang ultrasonik dan hormon BAP yang paling tinggi adalah garis 21 (U3), yaitu perlakuan paparan gelombang ultrasonik selama 21 menit. Garis tersebut memiliki persamaan $y = -0.1213x^2 + 2.9512x + 100.31$ dan nilai determinasi $R^2 = 0,5582$. Titik koordinat yang diperoleh dari persamaan tersebut adalah (12,16;118,26) yang artinya konsentrasi optimum BAP 12,16 ppm akan menghasilkan rata-rata berat kering kecambah sengon 118,26 mg. Nilai determinasi yang diperoleh menunjukkan besarnya hubungan interaksi lama paparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi BAP terhadap berat kering kecambah sebesar 55,82%.

Gelombang ultrasonik yang diberikan terhadap biji sengon mampu untuk memecah dormansi sehingga biji dapat berkecambah lebih cepat. Biji sengon yang telah dipapar oleh gelombang ultrasonik akan menyerap air lebih banyak karena pada kulit bijinya terbentuk pori-pori mikro akibat kavitasi yang dihasilkan gelombang ultrasonik tersebut.

Kavitasi yang diciptakan oleh gelombang ultrasonik menyebabkan tekanan mekanis pada biji. Tekanan ini menyebabkan fluiditas dinding sel sehingga membentuk pori-pori serta celah mikro pada dinding sel. Terbentuknya pori-pori dan celah mikro akan menjadikan biji lebih permeable terhadap masuknya air dan oksigen (Jaime *et al.*, 2014).

Hasil penelitian ini juga sesuai dengan pernyataan Nazari dan Eteghadipour (2017) dalam resensinya yang menyebutkan bahwa beberapa spesies dari Famili Fabaceae seperti *Pisum sativum*, *Cicer arietinum*, dan *Triticum aestivum* mengalami peningkatan persentase perkecambahan setelah dipapar dengan gelombang ultrasonik. *Cicer arietinum* memiliki persentase perkecambahan hingga 97% setelah diberi perlakuan gelombang ultrasonik. Hasil tersebut lebih baik daripada kontrol yang hanya memiliki persentase perkecambahan 61%.

Biji sengon yang telah dipapar oleh gelombang ultrasonik dapat menyerap air lebih cepat sehingga dapat mengaktifkan hormon giberelin dalam biji. Pranoto *et al.*, (1990) menjelaskan di dalam biji giberelin berkonjugasi dengan gula membentuk glukosida dan dalam keadaan tidak aktif. Hormon ini akan menjadi aktif jika mengimbibisi air. Giberelin yang telah aktif selanjutnya akan

merangsang sintesis enzim α -amilase yang kemudian akan merombak cadangan makanan menjadi pati. Hasil perombakan tersebut akan digunakan biji sebagai nutrisi untuk tumbuh.

Pemberian hormon secara eksogen dapat mempengaruhi keseimbangan hormon endogen di dalam sel. Pengaruh yang dihasilkan dapat berupa interaksi yang sinergi atau justru saling antagonistik dengan hormon lain (Pospisiliva, 2003). Pada penelitian ini panjang akar tidak dipengaruhi oleh perlakuan paparan ultrasonik maupun konsentrasi BAP.

Akar adalah organ yang mengandung hormon sitokinin, seperti yang dijelaskan oleh Wattimena (1990) bahwa biosintesis sitokinin secara alami terjadi di meristem apikal akar dan di dalam biji yang sedang berkembang. Sitokinin yang dihasilkan di akar ditranslokasikan oleh xilem menuju daerah tajuk bersamaan dengan aliran air dan hara mineral yang diserap oleh akar.. Kemungkinan pemberian BAP menjadikan kandungan hormon dalam tanaman berlebih sehingga berakibat menghambat pertumbuhan. Maryani dan Zamroni (2005) menambahkan bahwa dalam penggandaan tunas krisan secara in vitro jumlah akar lebih banyak pada perlakuan BAP 0 ppm dan cenderung menurun dengan meningkatnya konsentrasi BAP. Keadaan ini membuktikan bahwa BAP mampu menekan pertumbuhan akar.

4.4 Kajian Penelitian dalam Perspektif Islam

Sengon adalah salah satu spesies dari Famili Fabaceae yang sulit berkecambah karena adanya dormansi biji yang disebabkan oleh kulit bijinya

yang keras. Adanya dormansi biji ini akan menghambat perkecambahan, sehingga manusia harus mencari cara agar biji tersebut dapat berkecambah dalam waktu yang tidak lama. Manusia sebagai makhluk Allah SWT yang sempurna diberikan akal untuk berpikir, sebagaimana firman Allah SWT dalam Q.S Ali 'Imran/3: 190-191 :

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal (190) (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka.*”(Q.S. Ali 'Imran/3: 190-191)

Kata لايت لاولي الالباب di atas menjelaskan bahwa terdapat bukti-bukti kekuasaan Allah SWT bagi orang-orang yang berakal sehat. Orang-orang tersebut adalah orang yang selalu mengingat Allah SWT dalam keadaan apapun dan mereka memikirkan segala yang diciptakan Allah SWT dan menjadikan hal tersebut sebagai petunjuk atas kekuasaan-Nya. Kata بطلا berarti “dengan sia-sia” menjelaskan bahwa manusia diperintahkan untuk memikirkan segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT tidak ada yang sia-sia dan pasti memiliki manfaat atau hikmah yang menunjukkan kekuasaan-Nya (Muhammad, 2010).

Konsep ulul albab dalam ayat tersebut berkaitan erat dengan peneliti. Seorang peneliti diharuskan untuk memikirkan dan mencari jalan keluar suatu permasalahan yang nantinya akan bermanfaat untuk orang banyak. Dalam

penelitian ini permasalahan yang muncul adalah biji sengon yang lama ditumbuhkan apabila tidak diberi perlakuan pendahuluan. Dengan demikian peneliti juga akan terus berpikir untuk mencari jalan keluar sehingga biji sengon dapat tumbuh dalam waktu yang cepat. Mengingat ketersediaan dan permintaan di pasaran juga tidak seimbang.

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan ilmu pengetahuan, manusia memiliki cara untuk mengatasi biji dormansi yang salah satunya dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Biji yang dipapar dengan gelombang ini akan memiliki lubang mikro dibagian kulitnya, sehingga biji dapat menyerap air dengan lebih baik dan dapat berkecambah lebih cepat.

Perkecambahan biji mutlak membutuhkan air untuk aktifasi beberapa metabolismenya. Air memberikan pengaruh positif bagi biji. Allah SWT telah menjelaskan di dalam Al-Qur'an mengenai pentingnya air pada proses penciptaan makhluk hidup termasuk di dalamnya mengenai perkecambahhan yang terdapat dalam surah Al-Anbiyā'/21:30 :

أَوَلَمْ يَرِ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا ۗ وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ﴿٣٠﴾

Artinya: *“Dan Apakah orang-orang yang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya. dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup. Maka Mengapakah mereka tiada juga beriman?”* (QS. Al-Anbyā'/21:30)

Kata الماء yang berarti air pada ayat di atas memberikan makna yang jelas dapat menghidupkan segala sesuatu كل شيء yang mengandung banyak makna, hal

ini dapat diartikan sebagai tumbuh-tumbuhan yang ditumbuhkan dengan perantara air.

Selain air, perkecambahan juga dapat ditingkatkan dengan menggunakan zat pengatur tumbuh. Ukuran zat pengatur tumbuh yang digunakan berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan tanamannya. Apabila pada konsentrasi yang sedikit zat pengatur tumbuh sudah mempengaruhi pertumbuhan, maka dalam konsentrasi yang lebih besar akan menghambat pertumbuhan. Dalam penelitian ini zat pengatur tumbuh yang digunakan adalah BAP. Konsentrasi BAP yang sesuai dapat meningkatkan perkecambahan.

Terkait dengan konsentrasi atau ukuran tertentu dari zat pengatur tumbuh ini telah dijelaskan dalam Al-Qur'an surah Al-Hijr/15:21, Allah SWT berfirman:

وَإِن مِّن شَيْءٍ إِلَّا عِنْدَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنزِّلُهُ إِلَّا بِقَدَرٍ مَّعْلُومٍ ﴿٢١﴾

Artinya: “Dan tidak ada sesuatupun melainkan pada sisi Kami-lah khazanahnya; dan Kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran yang tertentu.”

(QS. Al-Hijr/15:21)

Menurut Shihab dalam *Tafsir Al-Misbah* (2002) menjelaskan kata خزانة pada mulanya berarti tempat menyimpan sesuatu guna memeliharanya (lemari). Kata خزانة artinya segala sesuatu itu bersumber dari Allah, ayat ini mengibaratkan kekuasaan Allah SWT menciptakan dan mengatur segala sesuatu seperti keadaan seseorang yang menguasai segala yang berada berada dalam lemari. Dia pemilik kuncinya, yang kuasa membukanya sekaligus berwenang mengeluarkan apa yang terdapat dalam lemari itu dan membaginya untuk siapa yang dia kehendaki.

Makna *بقدر معلوم* yang artinya “dengan ukuran tertentu” adalah bahwasannya Allah menciptakan segala sesuatu sesuai dengan ukuran tertentu.

Kebesaran dan Kekuasaan Allah SWT yang telah menciptakan dan mengatur segala sesuatu yang ada di alam semesta ini. Manusia diberikan akal untuk merawat, mengelola, dan mengambil manfaatnya untuk memenuhi kebutuhan hidup. Sungguh, dalam penciptaan Allah SWT tidak ada yang sia-sia.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ada pengaruh lama pemaparan gelombang ultrasonik terhadap perkecambahan biji sengon. Perlakuan lama paparan gelombang ultrasonic 21 menit menghasilkan perkecambahan paling tinggi. Hasil regresi korelasi menunjukkan bahwa lama paparan optimum untuk waktu berkecambah selama 15,8 menit, persentase perkecambahan pada 21,4 menit, panjang hipokotil pada 20,9 menit, dan berat kering pada 23,69 menit.
2. Ada pengaruh konsentrasi BAP terhadap perkecambahan biji sengon. Perlakuan BAP dengan konsentrasi 9 ppm menghasilkan waktu berkecambah, persentase perkecambahan, dan berat kering paling tinggi. Sedangkan BAP 6 ppm menghasilkan panjang hipokotil paling besar. Hasil analisis regresi korelasi menunjukkan bahwa konsentrasi BAP optimum untuk waktu berkecambah pada 7,7 ppm, persentase perkecambahan pada 8,2 ppm, panjang hipokotil pada 7,7 ppm, dan berat kering pada 9,7 ppm.
3. Ada interaksi lama pemaparan gelombang ultrasonik dan konsentrasi hormon BAP terhadap perkecambahan biji sengon. Perlakuan yang memberikan hasil terbaik dalam penelitian ini adalah lama paparan 21 menit dan konsentrasi BAP 9 ppm.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan dalam penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan biji kulit keras dari spesies yang lain dan juga meningkatkan konsentrasi BAP yang digunakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 1993. *Dasar-Dasar Pengetahuan Tentang Zat pengatur Tumbuh*. Jakarta: Angkasa Bandung.
- Ad-Dimasyqi, Al-Imran A. F. I. 2001. *Tafsir Ibnu Katsir Juz 10*. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Al-Mahalli, J.I dan As-Suyuti, J. I. 2009. *Terjemahan Tafsir Jalalain Berikut Asbabun Nuzul Jilid 2*. Penj. Abubakar Bahrun. Bandung: Sinar Baru Algesindo Offset.
- Aminarni, L. 2015. Pematahan Dormansi Benih Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan Perendaman dalam Air Panas dan Giberelin.
- Amirudin, M., Priyono, Siswadi. 2015. Pengaruh Beberapa Jenis Media Perendaman Benih Pada Pertumbuhan Bibit Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen). *Jurnal Inovasi Pertanian*, 14 (1): 59-67.
- Anwarudin, M. J, N. L. P Indriyani, S. Hadiati, dan E. Mansyah. 1996. Pengaruh Konsentrasi Asam Giberelat dan Lama Perendaman Terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Biji Manggis. *Jurnal Hortikultura*, 6 (1): 1-5.
- Atmosuseno, B. S.1999. *Budi Daya, Kegunaan, dan Prospek Sengon*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Azimi MS, Daneshian J, Sayfzadeh S, Zare S. 2013. Evaluation of Amino Acid and Salicylic Acid Application on Yield and Growth Wheat Under Water Deficit. *IJACS*, 5 (8): 816-819.
- Baig, S., Farooq, R., Rehman F. 2010. Sonochemistry and Its Industrial Application. *Word Applied Sciences Journal*, 10 (8): 936-944.
- Barizi, A. 2011. *Pendidikan Integratif Akar Tradisi dan Integrasi Keilmuan Pendidikan Islam*. Malang: UIN Press.
- Baskorowati, L. 2014. *Budidaya Sengon Unggul (Falcataria moluccana) untuk Pengembangan Hutan Rakyat*. Bandung: IPB Press.
- BPS. 2013. *Statistik Produksi Kehutanan 2013*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- _____. 2014. *Statistik Produksi Kehutanan 2014*. _____ .

_____. 2015. *Statistik Produksi Kehutanan 2015*. _____.

Dharma, I.P.E.S., Samudin, S., Adrianton. 2015. Perkecambahan Benih Pala (*Myristica fragrans* Houtt.) dengan Metode Skarifikasi dan Perendaman ZPT Alami. *Agrotekbis*, 3 (2): 158-167.

Dwidjoseputro, D. 1994. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Fajar, B. dan Widayati, E. 2011. Invesrigasi Pengaruh Kavitas Ultrasonik Pada Transesterifikasi Biodiesel (Skala Lab) untuk Pengembangan Ultrasonik Mobile Reactor. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan teknologi ke-2*. ISBN: 978-602-99334-0-6

Fateh E, Noroozi H, Farbod M, Gearmi F. 2012. Assesment of Fennel (*Foeniculum vulgare*) Seed Germination Characteristic as Influenced by Ultrasonic Waves and Magnetic Water. *European Journal of Experimental Biology*, 2 (3): 662-666.

Fauziyah, E. 2013. Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman dalam Larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) Terhadap Pematahan Dormansi Biji Snegon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen). Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Gardner, F. P., Pearce R., Mitchell R. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Penj. Herawati. Jakarta: UI-Press.

Hanafiah, K. A. 2010. *Rancangan Percobaan*. Jakarta: Rajawali Press.

Hardiatmi, JM.S. 2010. Investasi Tanaman Kayu Sengon dalam Wanatani Cukup Menjanjikan. *Jurnal Inovasi Pertanian*, 9 (2): 17-21.

Ilyas S. 2012. *Ilmu dan Teknologi Benih Teori dan Hasil-Hasil Penelitian*. Bogor: IPB Press.

Indrianto, A. 1990. *Kultur Jaringan Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Irsyam, A. S. D. dan Priyanti. 2016. Suku fabaceae di kampus Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah Jakarta, Bagian 1: Tumbuhan Polong Berperawakan Pohon. *Al-kauniyah*, 9 (1): 44-56.

Iskandar, J., Budiawati, S., Iskandar, Partasmita, R. 2017. Introduction of *Paraserianthes falcataria* in The Traditional Agroforestry 'huma' in

- Karangwangi Village, Cianjur, West Java, Indonesia. *BIODIVERSITAS*, 18 (1): 295-303.
- Jaime A, da Silva T, Dobra'nszki J. 2014. Sonication and Ultrasound: Impact on Plant Growth and Development. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 117: 131-143.
- Kamil, J. 1979. *Teknologi Benih*. Padang: Angkasa Raya.
- Krisnawati, H., Evelina V., Maarit K., Markku K. 2011. *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen (Ekologi, Silvikultur, dan Produktivitas). Bogor: CIFOR.
- Kucera, B., M. A Cohn and G. H. Metzger. 2005. Plant Hormone Interactions During Seed Dormancy Release and Germination. *Seed Science Research*, 15: 281-307.
- Kuswanto, H. 1996. *Dasar-Dasar Teknologi Produksi dan Sertifikasi Benih*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Lakitan, B. 1996. *Dasar-Dasar Fisiologis Tumbuhan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Leong, T., Ashokkumar, Kentish, S. 2011. The Fundamental of Power Ultrasound. *Acoustic Australia*, 39 (2): 54-63.
- Martawijaya A., Kartasujana I., Mandang Y.I., Prawira S. A. dan Kadir K. 1989. *Atlas Kayu Indonesia Jilid II*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Marthen, E. Kaya dan H. Rehatta. 2013. Pengaruh Perlakuan Pencelupan dan Perendaman Terhadap Perkecambahan Benih Sengon (*Paraserianthes falcataria* L.). *Agrologia*, 2 (1): 10-16.
- Maryani, Y dan Zamroni. 2005. Penggandaan Tunas Krisan Melalui Kultur Jaringan. *Ilmu Pertanian*, 12(1): 51 – 55.
- Mason, T.J., Paniwnyk, L., Lorimer, J.P. 1996. The Use of Ultrasound in Food Technology. *Ultrasonic Sonochemistry*, Vol. 3: 253.
- Mistian, D., Meiriani, Purba E. 2012. Respons Perkecambahan Benih Pinang (*Areca catechu* L.) Terhadap Berbagai Skarifikasi dan Konsentrasi Asam Gibberelat (GA₃). *Jurnal Agroekoteknologi*, 1 (1): 15-25.
- Muhammad, A. 2003. *Tafsir Ibnu Katsir*. Jakarta: Imam Asy- Syafi'i.

- Muharni, S. 2002. Pengaruh Metoda Pengeringan dan Perlakuan Pematihan Dormansi Terhadap Viabilitas Benih Kayu Afrika (*Maesopsis emini* Engler.). Skripsi Tidak Diterbitkan. Bogor: Jurusan Budidaya Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Mulyana, D dan Ceng A. 2012. *Untung Besar dari Bertanam Sengon*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka.
- Murniarti, E dan M. Suminar. 2006. Pengaruh Jenis Media Perkecambahan dan Perlakuan Pra Perkecambahan Terhadap Viabilitas Benih Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) dan Hubungannya dengan Sifat Dormansi. *Bul. Agron*, 34: 119-123.
- Nanda, M.A., Wahyunanto A.N., Susilo B. 2015. Pengaruh Lama Pasteurisasi dan Amplitudo Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Vitamin C dan Penurunan Jumlah Mikroorganisme Pada Sari Buah Jeruk (*Citrus sinensis* Osbeck.) dengan Proses Pasteurisasi Non Termal. *Jurnal Bioproses dan Komoditas Tropis*, 3 (1): 19-25.
- Nazari, M. dan Eteghadipour, M. 2017. Impacts of Ultrasonic Waves on Seeds: A Mini-Review. *Agri Res & Tech: Open Access*, 6 (3): 1-5.
- Nazari, M., Sharififar, A., Asghari, A.R. 2014. *Medicago scutellata* Seed Dormancy Breaking by Ultrasonic Waves. *Plant Breeding and Seed Sciencei*, 69 : 15-24.
- Nazari, M., Sharififar, A., Asghari, A.R. 2014. *Medicago scutellata* Seed Dormancy Breaking by Ultrasonic Waves. *Plant Breeding and Seed Sciencei*, 69 : 15-24.
- Nugroho, T. A. dan Salamah, Z. 2015. Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Asam Sulfat (H₂SO₄) Terhadap Perkecambahan Biji Sengon Laut (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) Sebagai Materi Pembelajaran Biologi SMA Kelas XII untuk Mencapai K.D 3.1 Kurikulum 2013. *JUPEMASI-PBIO*, 2 (1): 230-236.
- Oben, Bintoro, Riniarti M. 2014. Pengaruh Perendaman Benih Pada Berbagai Suhu Awal air Terhadap Viabilitas Benih Kayu Afrika (*Maesopsis emini*). *Jurnal Sylva Lestasi*, 2 (1): 101-108.
- Page, D. S., 1985. *Prinsip-Prinsip Biokimia Edisi ke 2*. Penj. Soendoro. Jakarta: Erlangga.
- Payung, D., Prihatiningtyas E., Nisa SH., 2012. Uji Daya Kecambah Benih Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) di Green House. *Jurnal Hutan Tropis*, 13 (2): 132-138.

- Prakash, V., Nainwal A., Rawat A.S., Chauhan J.S., Bisht H. 2013. Enhancement of Germination *Abreus procatorius* L Seeds by Specific Presowing Treatments. *International Journal of Conservation Science*, 4 (2): 237-242.
- Pranoto, H. 1990. *Biologi Benih*. Bogor: IPB-Press.
- Purnamasari, D. 2009. Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman dalam Asam Sulfat Terhadap Perkecambahan Biji Ki Hujan (*Samanea saman*). Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Purwanto, I. 2007. *Mengenal Lebih Dekat Legumenoseae*. Yogyakarta: Kasinius.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH). 2008. *Petunjuk Praktis Sifat-Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia*. Jakarta: PT. Pusaka Semesta Persada.
- Rahayu, L.H., Wardhani, D.H., Abdullah. 2013. Pengaruh Frekuensi dan Waktu Pencucian Berbantu Ultrasonik Menggunakan Isopropanol Terhadap Kadar Glukomanan dan Viskositas tepung Porang (*Amorphophallus oncophyllus*). *Metana*, 9 (1): 45-52.
- Rahman, Tb. G.N. 2008. Analisis Frekuensi Gelombang Ultrasonik Terhadap Radius Gelembung Kavitasasi Pada Sistem Cairan Kompresibel. Skripsi Tidak Diterbitkan. Bogor: Program Studi Fisika Fakultas MIPA Institut Pertanian Bogor.
- Sadjad, S. 1980. *Panduan Pembinaan Mutu Benih Tanaman Kehutanan di Indonesia*. Bogor: PPPK dan IPB.
- Salisbury, F. B. dan Ross, C. W. 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid 3. Penj. Diah R. Lukman dan Sumaryono. Bandung: ITB.
- Santoso, H. B. 1992. *Budidaya Sengon*. Yogyakarta: Kasinius.
- Schmidt, L. 2002. *Pedoman Penanganan Benih Tanaman Hutan Tropis dan Sub Tropis 2000*. Jakarta: Dirjen Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial Dept. Kehutanan.
- Setiadi, Y. 2001. *Peranan mikoriza arbuskula dalam rehabilitasi lahan kritis di Indonesia*. Bogor: IPB.
- Sharififar, A., Nazari, M., Asghari, H. R. 2015. Effect of Ultrasonic Waves on Seed Germination of *Atriplex lentiformis*, *Cuminum cyminum*, and

Zygodphyllum eurypterum. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plant*, 2: 102-104.

Sibyan, M., Santoso, B. B., Nurachman. 2012. Pengaruh Konsentrasi BAP dan Pembelahan Biji Terhadap Pertumbuhan Bibit Manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Crop Agro*, 5(2): 24-29.

Siregar, Z. 2008. *Kayu Sengon*. Bogor: Penebar Swadaya.

Supriyatun, M. 2009. *Buku Pintar Pohon Sengon*. Yogyakarta: Pustaka Pesantren.

Susanti, M. 2010. Pengaruh Media Tanam dan Perlakuan Pra Perkecambahan Terhadap Perkecambahan Benih Pangkal Buaya (*Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) D. C). Skripsi Tidak Diterbitkan. Bogor: Departemen Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.

Sutedjo M.M dan Karta S.A.G. 1988. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Bandung: Bima Aksara.

Sutopo, L. 2004. *Teknologi Benih*. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.

Suyatmi, Hastuti ED, Darmanti S. 2011. Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Asam Sulfat (H_2SO_4) Terhadap perkecambahan benih Jati (*Tectona grandis* Linn. F.) *Anantomi Fisiologi*, 19 (1): 28-36.

Suyatmi, Hastuti ED, Darmanti S. 2011. Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Asam Sulfat (H_2SO_4) Terhadap perkecambahan benih Jati (*Tectona grandis* Linn. F.) *Anantomi Fisiologi*, 19 (1): 28-36.

Utomo, B. 2006. *Karya Ilmiah Ekologi Benih*. Medan: USU Press.

Warisno dan Kres D. 2009. *Investasi Sengon*. Jakarta: PT. Gramedia.

Wattimena GA. 1992. *Bioteknologi Tanaman*. Bogor: PAU Bioteknologi IPB.

Widajati, E., Palupi, R., Murniati, E., Suharsari, T.K., Qadir A., Suhartono, M.R. 2008. *Diktat Kuliah dan Penuntun Praktikum Dasar Ilmu dan Teknologi Benih*. Bogor: IPB Press.

Widyastuti, N. dan Tjokrokusumo, D. 2006. Peranan Beberapa Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) Tanaman Pada Kultur *In Vitro*. *Jurnal Sains dan teknologi BPPT*, 3 (5): 55-63.

Yaldagard, M., Mortazavi SA., Tabatabaie F. 2008. Influence of Ultrasonic Stimulation on The Germination of Barley Seed and Its Alpha-Amylase Activity. *African Journal of Biotechnology*, 7 (4): 2465-2471.

Yusnita. 2003. *Kultur Jaringan: Cara Memperbanyak Tanaman Secara Efisien*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka.

Zanzibar dan Herdiana N. 2006. Akurasi Metode Uji Cepat dalam Menduga Viabilitas Benih Sengon. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 3 (2): 331-338.



Lampiran 1. Data Hasil Analisis Variansi (ANAVA)

1. Waktu Berkecambah

PERLAKUAN	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	JUMLAH	RATA2
U0B0	6	7	6	19	6.333333
U0B1	6	6	6	18	6
U0B2	6	6	6	18	6
U0B3	6	6	6	18	6
U0B4	5	6	6	17	5.666667
U1B0	9	9	8	26	8.666667
U1B1	5	6	5	16	5.333333
U1B2	5	5	6	16	5.333333
U1B3	5	5	4	14	4.666667
U1B4	5	6	6	17	5.666667
U2B0	6	6	6	18	6
U2B1	6	6	5	17	5.666667
U2B2	5	5	4	14	4.666667
U2B3	3	4	4	11	3.666667
U2B4	5	4	6	15	5
U3B0	7	6	5	18	6
U3B1	4	5	5	14	4.666667
U3B2	4	3	4	11	3.666667
U3B3	3	3	2	8	2.666667
U3B4	5	4	4	13	4.333333
U4B0	7	6	8	21	7
U4B1	5	6	5	16	5.333333
U4B2	6	5	6	17	5.666667
U4B3	6	6	6	18	6
U4B4	6	7	7	20	6.666667

Hasil Analisis Variansi (ANOVA)

SK	db	JK	KT	F hit	F 5%
Ulangan	2	0.106667	0.053333		
Perlakuan	24	103.3333	4.305556	12.49678	
Ultrasonik	4	39.06667	9.766667	28.34752	2.79
BAP	4	40.4	10.1	29.31502	2.79
Interaksi	16	23.86667	1.491667	4.329528	1.78
Galat	50	17.22667	0.344533		
TOTAL	76	120.6667			

WaktuBerkecambah

Ultrasonik	N	Subset		
		1	2	3
Duncan ^{a,b} U21	15	4.2667		
U14	15		5.0000	
U7	15			5.9333
U0	15			6.0000
U28	15			6.1333
Sig.		1.000	1.000	.387

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .347.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.

b. Alpha = .05.

WaktuBerkecambah

BAP	N	Subset		
		1	2	3
Duncan ^{a,b} B9	15	4.6000		
B6	15		5.0667	
B3	15		5.4000	
B12	15		5.4667	
B0	15			6.8000
Sig.		1.000	.084	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .347.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.

b. Alpha = .05.

WaktuBerkecambah

interaksi	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duncan ^a										
U3B3	3	2.6667								
U2B3	3	3.6667	3.6667							
U3B2	3	3.6667	3.6667							
U3B4	3		4.3333	4.3333						
U1B3	3		4.6667	4.6667	4.6667					
U2B2	3		4.6667	4.6667	4.6667					
U3B1	3		4.6667	4.6667	4.6667					
U2B4	3			5.0000	5.0000	5.0000				
U1B1	3			5.3333	5.3333	5.3333	5.3333			
U1B2	3			5.3333	5.3333	5.3333	5.3333			
U4B1	3			5.3333	5.3333	5.3333	5.3333			
U0B4	3				5.6667	5.6667	5.6667	5.6667		
U1B4	3				5.6667	5.6667	5.6667	5.6667		
U2B1	3				5.6667	5.6667	5.6667	5.6667		
U4B2	3				5.6667	5.6667	5.6667	5.6667		
U0B1	3					6.0000	6.0000	6.0000	6.0000	
U0B2	3					6.0000	6.0000	6.0000	6.0000	
U0B3	3					6.0000	6.0000	6.0000	6.0000	
U2B0	3					6.0000	6.0000	6.0000	6.0000	
U3B0	3					6.0000	6.0000	6.0000	6.0000	
U4B3	3					6.0000	6.0000	6.0000	6.0000	
U0B0	3						6.3333	6.3333	6.3333	
U4B4	3							6.6667	6.6667	
U4B0	3								7.0000	
U1B0	3									8.6667
Sig.		.054	.073	.080	.087	.091	.091	.088	.083	1.000

2. Persentase Perkecambahan

PERLAKUAN	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	JUMLAH	RATA2
U0B0	66	72	70	208	69.33333
U0B1	72	70	70	212	70.66667
U0B2	74	70	74	218	72.66667
U0B3	76	76	74	226	75.33333
U0B4	74	76	78	228	76
U1B0	78	78	80	236	78.66667
U1B1	82	80	80	242	80.66667
U1B2	86	88	84	258	86
U1B3	88	86	90	264	88
U1B4	88	84	84	256	85.33333
U2B0	84	86	84	254	84.66667
U2B1	90	92	90	272	90.66667
U2B2	96	92	94	282	94
U2B3	96	96	94	286	95.33333
U2B4	94	92	92	278	92.66667
U3B0	88	90	92	270	90
U3B1	96	94	94	284	94.66667
U3B2	94	98	96	288	96
U3B3	98	98	100	296	98.66667
U3B4	96	94	94	284	94.66667
U4B0	90	92	92	274	91.33333
U4B1	94	90	92	276	92
U4B2	94	94	94	282	94
U4B3	96	90	94	280	93.33333
U4B4	90	86	88	264	88

Hasil Analisis Variansi (ANOVA)

SK	db	JK	KT	F hit	F 5%
Ulangan	2	5.226667	2.613333		
Perlakuan	24	5407.68	225.32	75.38812	
Ultrasonik	4	4731.947	1182.987	395.8066	2.79
BAP	4	472.2133	118.0533	39.49857	2.79
Interaksi	16	203.52	12.72	4.255889	1.78
Galat	50	149.44	2.9888		
TOTAL	76	5562.347			

PersentasePerkecambahan

Ultrasonik	N	Subset			
		1	2	3	4
Duncan ^{a,b} U0	15	72.8000			
U7	15		83.7333		
U14	15			91.4667	
U28	15			91.7333	
U21	15				94.8000
Sig.		1.000	1.000	.680	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3.093.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.

b. Alpha = .05.

PersentasePerkecambahan

BAP	N	Subset			
		1	2	3	4
Duncan ^{a,b} B0	15	82.8000			
B3	15		85.7333		
B12	15			87.3333	
B6	15			88.5333	
B9	15				90.1333
Sig.		1.000	1.000	.068	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3.093.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.

b. Alpha = .05.

PersentasePerkecambahan

interaksi	N	Subset for alpha = 0.05														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
U0B0	3	69.3333														
U0B1	3	70.6667	70.6667													
U0B2	3		72.6667	72.6667												
U0B3	3			75.3333	75.3333											
U0B4	3				76.0000	76.0000										
U1B0	3					78.6667	78.6667									
U1B1	3						80.6667									
U2B0	3							84.6667								
U1B4	3							85.3333	85.3333							
U1B2	3							86.0000	86.0000							
U1B3	3							88.0000	88.0000							
U4B4	3							88.0000	88.0000							
U3B0	3								90.0000	90.0000						
U2B1	3								90.6667	90.6667	90.6667					
U4B0	3									91.3333	91.3333	91.3333				
U4B1	3									92.0000	92.0000	92.0000	92.0000			
U2B4	3									92.6667	92.6667	92.6667	92.6667	92.6667		
U4B3	3										93.3333	93.3333	93.3333	93.3333	93.3333	
U2B2	3											94.0000	94.0000	94.0000	94.0000	
U4B2	3											94.0000	94.0000	94.0000	94.0000	
U3B1	3											94.6667	94.6667	94.6667	94.6667	
U3B4	3											94.6667	94.6667	94.6667	94.6667	
U2B3	3												95.3333	95.3333	95.3333	
U3B2	3													96.0000	96.0000	96.0000
U3B3	3														98.6667	98.6667
Sia.		.358	.170	.069	.644	.069	.170	.398	.095	.095	.103	.103	.103	.103	.103	.069

3. Panjang Hipokotil

PERLAKUAN	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	JUMLAH	RATA2
U0B0	1	1.5	1.5	4	1.333333
U0B1	2	2	2.3	6.3	2.1
U0B2	2.8	3	2.5	8.3	2.766667
U0B3	2.5	2.6	2.4	7.5	2.5
U0B4	2.5	2	2.3	6.8	2.266667
U1B0	2	2	2.4	6.4	2.133333
U1B1	2.7	2.6	2	7.3	2.433333
U1B2	2.4	2.5	2.8	7.7	2.566667
U1B3	2.3	2	2.2	6.5	2.166667
U1B4	2.4	2.5	2.8	7.7	2.566667
U2B0	2.35	2.3	2.1	6.75	2.25
U2B1	2.3	2.7	2.4	7.4	2.466667
U2B2	2.8	2.7	3	8.5	2.833333
U2B3	3	2.5	2.25	7.75	2.583333
U2B4	2.9	2.3	2.7	7.9	2.633333
U3B0	2.5	2.5	2.2	7.2	2.4
U3B1	2.5	2.5	2.7	7.7	2.566667
U3B2	2.5	2.5	3	8	2.666667
U3B3	3	3	3.5	9.5	3.166667
U3B4	3	2	2.5	7.5	2.5
U4B0	2.5	2.5	2.7	7.7	2.566667
U4B1	2.5	2.5	2.6	7.6	2.533333
U4B2	2.6	2.7	2.3	7.6	2.533333
U4B3	2.5	2.3	2.8	7.6	2.533333
U4B4	2.5	2.5	2.5	7.5	2.5

Hasil Analisis Variansi (ANOVA)

SK	db	JK	KT	F hit	F 5%
Ulangan	2	0.115267	0.057633		
Perlakuan	24	7.6938	0.320575	5.701341	
Ultrasonik	4	1.990133	0.497533	8.848498	2.79
BAP	4	2.544467	0.636117	11.31317	2.79
Interaksi	16	3.1592	0.19745	3.511596	1.78
Galat	50	2.8114	0.056228		
TOTAL	76	10.62047			

PanjangHipokotil

Ultrasonik	N	Subset		
		1	2	3
Duncan ^{a,b} U0	15	2.1933		
U7	15		2.3733	
U28	15		2.5333	2.5333
U14	15		2.5533	2.5533
U21	15			2.6600
Sig.		1.000	.059	.182

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .059.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.

b. Alpha = .05.

PanjangHipokotil

BAP	N	Subset		
		1	2	3
Duncan ^{a,b} B0	15	2.1367		
B3	15		2.4200	
B12	15		2.4933	2.4933
B9	15		2.5900	2.5900
B6	15			2.6733
Sig.		1.000	.074	.059

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .059.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.

b. Alpha = .05.

PanjangHipokotil

		N	Subset for alpha = 0.05					
interaksi			1	2	3	4	5	6
Duncan ^a	U0B0	3	1.3333					
	U0B1	3		2.1000				
	U1B0	3		2.1333				
	U1B3	3		2.1667	2.1667			
	U2B0	3		2.2500	2.2500	2.2500		
	U0B4	3		2.2667	2.2667	2.2667		
	U3B0	3		2.4000	2.4000	2.4000	2.4000	
	U1B1	3		2.4333	2.4333	2.4333	2.4333	
	U2B1	3		2.4667	2.4667	2.4667	2.4667	
	U0B3	3		2.5000	2.5000	2.5000	2.5000	
	U3B4	3		2.5000	2.5000	2.5000	2.5000	
	U4B4	3		2.5000	2.5000	2.5000	2.5000	
	U4B1	3		2.5333	2.5333	2.5333	2.5333	
	U4B3	3		2.5333	2.5333	2.5333	2.5333	
	U4B2	3		2.5333	2.5333	2.5333	2.5333	
	U1B2	3		2.5667	2.5667	2.5667	2.5667	
	U1B4	3		2.5667	2.5667	2.5667	2.5667	
	U3B1	3		2.5667	2.5667	2.5667	2.5667	
	U4B0	3		2.5667	2.5667	2.5667	2.5667	
	U2B3	3		2.5833	2.5833	2.5833	2.5833	
	U2B4	3			2.6333	2.6333	2.6333	
	U3B2	3				2.6667	2.6667	
	U0B2	3					2.7667	2.7667
	U2B2	3					2.8333	2.8333
	U3B3	3						3.1667
	Sig.		1.000	.050	.058	.090	.078	.060

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

4. Panjang Akar

PERLAKUAN	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	JUMLAH	RATA2
U0B0	2.1	3	3	8.1	2.7
U0B1	2.53	4.73	2.87	10.13	3.376667
U0B2	2.23	3.9	4.15	10.28	3.426667
U0B3	3.5	3.3	3.55	10.35	3.45
U0B4	2.5	3.42	2.62	8.54	2.846667
U1B0	3.5	4.6	2.03	10.13	3.376667
U1B1	2.5	3.6	3.65	9.75	3.25
U1B2	4.2	2.25	3.38	9.83	3.276667
U1B3	2.9	3	3.91	9.81	3.27
U1B4	2.35	3.16	2.925	8.435	2.811667
U2B0	4.8	3.25	3.16	11.21	3.736667
U2B1	2.56	3.1	5.2	10.86	3.62
U2B2	2.5	3.7	4.57	10.77	3.59
U2B3	3	3.25	4	10.25	3.416667
U2B4	3.36	2.1	2.25	7.71	2.57
U3B0	3.05	3.08	3.8	9.93	3.31
U3B1	3.37	3.1	2.9	9.37	3.123333
U3B2	1.5	1.5	4	7	2.333333
U3B3	2.2	3.35	3.1	8.65	2.883333
U3B4	3.8	3.75	3.7	11.25	3.75
U4B0	2.8	4.6	4.1	11.5	3.833333
U4B1	2.6	2.75	2.4	7.75	2.583333
U4B2	1.8	2.5	4.3	8.6	2.866667
U4B3	2.5	2.5	2.5	7.5	2.5
U4B4	2	3	3.7	8.7	2.9

Hasil Analisis Variansi (ANOVA)

SK	db	JK	KT	F hit	F 5%
Ulangan	2	5.047593	2.523796		
Perlakuan	24	13.08752	0.545313	0.93195	
Ultrasonik	4	1.630648	0.407662	0.696701	2,79
BAP	4	1.425261	0.356315	0.608949	2,79
Interaksi	16	10.03161	0.626976	1.071512	1,78
Galat	50	29.25659	0.585132		
TOTAL	76	47.3917			

5. Berat Kering

PERLAKUAN	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	JUMLAH	RATA2
U0B0	21.25	23	22.65	66.9	22.3
U0B1	20.1	22.83	32.32	75.25	25.08333
U0B2	22.7	23.86	27.45	74.01	24.67
U0B3	30.9	30	31.75	92.65	30.88333
U0B4	28.05	28.64	30.9	87.59	29.19667
U1B0	27.5	28.6	29.6	85.7	28.56667
U1B1	30.55	31.64	31.77	93.96	31.32
U1B2	33.44	29.85	33.88	97.17	32.39
U1B3	33	34.25	34.65	101.9	33.96667
U1B4	32.7	30.4	30.87	93.97	31.32333
U2B0	31.52	32.4	31.4	95.32	31.77333
U2B1	32.13	33.76	30.8	96.69	32.23
U2B2	33.93	32.33	33.18	99.44	33.14667
U2B3	34	35.4	34.5	103.9	34.63333
U2B4	32.14	32.43	31.1	95.67	31.89
U3B0	33.15	34	35.22	102.37	34.12333
U3B1	34.92	35	36.11	106.03	35.34333
U3B2	37.4	36.23	33.76	107.39	35.79667
U3B3	40.5	43	43.93	127.43	42.47667
U3B4	35.7	37.85	40.56	114.11	38.03667
U4B0	35.37	36.36	34.63	106.36	35.45333
U4B1	33.73	35.125	34	102.855	34.285
U4B2	34.35	34.75	36.6	105.7	35.23333
U4B3	34.15	36.51	35.6	106.26	35.42
U4B4	33	34.7	34.66	102.36	34.12

Hasil Analisis Variansi (ANOVA)

SK	db	JK	KT	Fhit	Fhit 5%
Ulangan	2	25.53753	12.76877		
Perlakuan	24	1327.463	55.31097	19.66061	
Ultrasonik	4	980.1974	245.0494	87.10427	2.79
BAP	4	210.4332	52.60831	18.69994	2.79
Interaksi	16	136.8325	8.552032	3.039871	1.78
Galat	50	140.6644	2.813288		
TOTAL	76	1493.665			

BeratKering

Ultrasonik	N	Subset			
		1	2	3	4
Duncan ^{a,b} U0	15	26.4267			
U7	15		31.5133		
U14	15		32.7347		
U28	15			34.9023	
U21	15				37.1553
Sig.		1.000	.073	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3.324.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.

b. Alpha = .05.

BeratKering

BAP	N	Subset		
		1	2	3
Duncan ^{a,b} B0	15	30.4433		
B3	15	31.6523	31.6523	
B6	15		32.2473	
B12	15		32.9133	
B9	15			35.4760
Sig.		.075	.079	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3.324.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.000.

b. Alpha = .05.

BeratKering

		Subset for alpha = 0.05									
interaksi	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Duncan ^a											
U0B0	3	22.3000									
U0B2	3	24.6700									
U0B1	3	25.0833									
U1B0	3		28.5667								
U0B4	3		29.1967	29.1967							
U0B3	3		30.8833	30.8833	30.8833						
U1B1	3		31.3200	31.3200	31.3200	31.3200					
U1B4	3		31.3233	31.3233	31.3233	31.3233					
U2B0	3		31.7733	31.7733	31.7733	31.7733	31.7733				
U2B4	3		31.8900	31.8900	31.8900	31.8900	31.8900	31.8900			
U2B1	3			32.2300	32.2300	32.2300	32.2300	32.2300	32.2300		
U1B2	3			32.3900	32.3900	32.3900	32.3900	32.3900	32.3900		
U2B2	3				33.1467	33.1467	33.1467	33.1467	33.1467		
U1B3	3				33.9667	33.9667	33.9667	33.9667	33.9667		
U4B4	3				34.1200	34.1200	34.1200	34.1200	34.1200		
U3B0	3				34.1233	34.1233	34.1233	34.1233	34.1233		
U4B1	3				34.2850	34.2850	34.2850	34.2850	34.2850		
U2B3	3					34.6333	34.6333	34.6333	34.6333	34.6333	
U4B2	3						35.2333	35.2333	35.2333	35.2333	
U3B1	3							35.3433	35.3433	35.3433	
U4B3	3							35.4200	35.4200	35.4200	
U4B0	3							35.4533	35.4533	35.4533	
U3B2	3								35.7967	35.7967	
U3B4	3									38.0367	
U3B3	3										42.4767
Sig.		.082	.057	.071	.061	.068	.055	.051	.051	.051	1.000

Active Gold P



Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian



Alat dan Bahan



Alat Ultrasonik (samping)



Alat Ultrasonik (atas)



Pengenceran BAP
dengan Hotplate
Stirrer



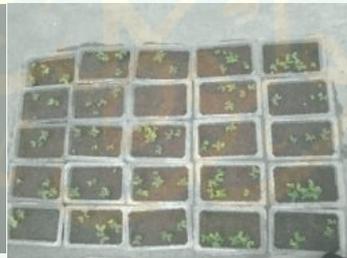
Proses Pemaparan
Gelombang Ultrasonik



Timbangan Analitik



Kecambah Normal



Kecambah Sengon



Perendaman BAP



Kecambah Sengon



Uji Pendahuluan



Persiapan Media



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
 Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
 Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Nofadila Qurrota A'ayun
 NIM : 13620095
 Program Studi : S1 Biologi
 Semester : Genap TA 2017/2018
 Pembimbing : Suyono, M.P.
 Judul Skripsi : Pengaruh Aplikasi Gelombang Ultrasonik dan Zat Pengatur Tumbuh BAP (6-Benzil Amino Purin) Terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Semai Biji Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

NO	TANGGAL	URAIAN KONSULTASI	TTD PEMBIMBING
1.	12/01/2017	Konsultasi Judul Penelitian	1.
2.	16/01/2017	Konsultasi Judul Penelitian	2.
3.	18/01/2017	ACC judul Penelitian	3.
4.	8/02/2017	Konsultasi BAB I	4.
5.	14/02/2017	Revisi BAB I	5.
6.	22/03/2017	Revisi BAB I	6.
7.	24/03/2017	ACC BAB I	7.
8.	17/05/2017	Konsultasi BAB II	8.
9.	23/05/2017	Revisi BAB II	9.
10.	25/05/2017	ACC BAB II	10.
11.	3/08/2017	Konsultasi BAB III	11.
12.	7/08/2017	ACC BAB III	12.
13.	24/04/2018	Konsultasi BAB IV	13.
14.	4/06/2018	Revisi BAB IV	14.
15.	6/06/2018	Revisi BAB IV	15.
16.	8/06/2018	ACC Skripsi	16.



Romaidi, M. Si., D. Sc
 NIP. 19810201 200901 1 019

Malang, 20...
 Pembimbing Skripsi,

Suyono, M.P.
 NIP. 19710622 200312 1 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
 Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
 Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

KARTU KONSULTASI AGAMA

Nama : Nofadila Qurrota A'ayun
 NIM : 13620095
 Program Studi : S1 Biologi
 Semester : Genap TA 2017/2018
 Pembimbing : Dr. H. Ahmad Barizi, M. A.
 JudulSkripsi : Pengaruh Aplikasi Gelombang Ultrasonik dan Zat Pengatur Tumbuh BAP (6-Benzil Amino Purin) Terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Semai Biji Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

NO	TANGGAL	URAIAN KONSULTASI	TTD PEMBIMBING
1.	8/11/2017	Konsultasi BAB I	1.
2.	14/11/2017	Konsultasi BAB II	2.
3.	18/11/2017	Revisi BAB I, II	3.
4.	27/11/2017	Konsultasi BAB IV	4.
5.	14/3/2018	Revisi BAB IV	5.
6.	9/4/2018	ACC Skripsi	6.



Romaidi, M. Sc., D. Sc
 NIP. 19810201 200901 1 019

Malang, 5 Juli 2018.
 Pembimbing Agama,

Dr. H. Ahmad Barizi, M. A.
 NIP. 19731212 199803 1 001