

Perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn.) dengan invigorasi menggunakan zat pengatur tumbuh pada periode simpan yang berbeda

*(Seed germination and growth of *Jatropha curcas* seeds by invigoration using plant growth regulators at different seed storage periods)*

I. Puspitaningtyas, S. Anwar, Karno

*Agricultural Department, Faculty of Animal and Agricultural Sciences, Diponegoro University
Tembalang Campus, Semarang 50275 – Indonesia
Corresponding E-mail: indahpuspita564@gmail.com*

ABSTRACT

Jatropha curcas is a plant that is used as an alternative energy for fossil fuel replacement because of its high oil content. *Jatropha curcas* seeds have 30-40% oil content. The purpose of the study was to improve the seed quality and to enhance seedling growth of *Jatropha curcas* after storage using plant growth regulator. This study used factorial design based on Completely Randomized Design with two factors and 3 replications. The first factor was seed storage which consist of 2 levels : A1 = seed storage in 2015, A2 = seed storage in 2016. The second factor was plant growth regulator level which consists of 6 levels : B1=GA+NAA 0 ppm, B2= GA+NAA 20 ppm, B3= GA+ NAA 40 ppm, B4= GA+NAA 60 ppm, B5 = GA+NAA 80 PPM, B6 = GA+NAA 100 ppm. Parameters measured were seed germination, vigor index, growth rate, plant height and the number of leaves. The data were analyzed statistically by analysis of variance and followed by Tukey test and Polynomial Orthogonal. The result showed that seed germination, vigor index and growth rate were significantly affected by storage treatment and invigoration using plant growth regulator treatment. Invigoration using auxin and gibberellic acid 40 ppm has the highest result of seed germination, vigor index and growth rate. There was no influence of seed storage and invigoration with plant growth regulator treatment on plant height and number of leaves.

*Keywords : *Jatropha curcas*, invigoration, plant growth regulator.*

ABSTRAK

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) merupakan tanaman digunakan sebagai sumber energi alternatif sebagai bahan bakar pengganti fosil karena kandungan minyak dalam bijinya yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan benih dan invigorasi menggunakan zat pengatur tumbuh (ZPT) terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit jarak pagar. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 2x6. Faktor pertama adalah lama penyimpanan benih yang terdiri dari 2 taraf yaitu A₀ : benih jarak pagar tahun simpan 2015 dan A₁ : benih jarak pagar tahun simpan 2016. Faktor kedua adalah dosis ZPT untuk invigorasi yang terdiri dari 6 taraf yaitu B₀ : kontrol (0 ppm), B₁ : GA+NAA 20 ppm, B₂ : GA+NAA 40 ppm, B₃ : GA+NAA 60 ppm, B₄ : GA+NAA 80 ppm, B₅ : GA+NAA 100 ppm. Perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Parameter yang diamati adalah daya kecambah, indeks vigor, kecepatan tumbuh, tinggi tanaman dan jumlah daun. Analisis data menggunakan analisis ragam dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur jika berbeda nyata dan dilanjutkan dengan polinomial ortogonal. Hasil penelitian penunjukkan bahwa benih 2016 memiliki kualitas benih yang lebih baik dibandingkan benih 2015. Invigorasi menggunakan auksin dan giberelin mampu menaikkan daya kecambah, indeks vigor dan kecepatan tumbuh benih.

Auksin dan giberelin 40 ppm menghasilkan daya kecambah, indeks vigor dan kecepatan tumbuh tertinggi. Lama penyimpanan benih dan pemberian ZPT tidak berpengaruh nyata pada parameter tinggi tanaman dan jumlah daun.

Kata kunci : benih jarak pagar, invigorasi, zat pengatur tumbuh

PENDAHULUAN

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) merupakan tanaman tahunan yang toleran kekeringan dan memiliki nilai ekonomis karena dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Biji tanaman jarak pagar mengandung minyak yang tinggi dan dapat diolah menjadi minyak nabati yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengganti fosil. Kandungan minyak dalam biji (*whole seed*) jarak pagar sekitar 30 – 40%, sedangkan dari daging bijinya (kernel) 40 – 50%. Minyak jarak pagar adalah trigliserida yang tersusun oleh asam lemak palmitat (14,1%), stearat (6,8%), oleat (38,6%), linoleat (36%) dan asam-asam lemak lainnya (4,5%) (Harimurti dan Sumangat, 2011).

Tingginya kandungan minyak benih jarak pagar mengakibatkan benih tidak dapat disimpan lama. Selama penyimpanan benih mengalami deteriorasi atau kemunduran mutu benih akibat respirasi benih dan oksidasi lemak. Respirasi benih selama penyimpanan mengakibatkan terjadinya perombakan cadangan makanan pada benih sehingga cadangan energi untuk pertumbuhan berkurang. Kandungan minyak jarak pagar yang tinggi menghasilkan asam lemak bebas dan terurai yang dapat merusak fungsi enzim dalam proses metabolisme sehingga benih yang disimpan lama akan mengalami kemunduran (Indriana, 2016). Benih jarak pagar memiliki periode viabilitas yang pendek yaitu kurang dari 6 bulan, selama penyimpanan benih jarak pagar tetap aktif bermetabolisme meskipun dalam keadaan terbatasnya air dan cadangan makanan pada benih sehingga benih yang disimpan lama akan menunjukkan jumlah pati dan protein yang larut berkurang dan benih menjadi keriput (Moncaleano-Escandon *et al.*, 2013).

Invigorasi benih adalah salah satu alternatif untuk mengatasi mutu benih yang rendah dengan cara memperlakukan benih sebelum ditanam (Rusmin, 2004). Salah satu cara invigorasi yang sering dilakukan adalah menggunakan zat

pengatur tumbuh (ZPT). ZPT yang sering digunakan adalah jenis auksin dan giberelin. Hasil penelitian Rashid *et al.* (2014) menunjukkan bahwa pemberian zat pengatur tumbuh giberelin dan auksin mampu meningkatkan kecepatan tumbuh benih dan perkecambahan benih dengan melunakkan kulit benih dan perbedaan tekanan osmotik akibat perendaman benih dalam ZPT.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh lama penyimpanan benih dan invigorasi menggunakan ZPT terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit jarak pagar, serta interaksi kedua faktor tersebut terhadap terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit

MATERI DAN METODE

Materi

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April – Juni 2017 di kelurahan Wonosari, Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang dan Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang. Materi yang digunakan adalah benih jarak pagar varietas IP-3P tahun simpan 2015 dan 2016, aquades, tanah, kompos, sekam, *Napthalene Acetic Acid* (NAA), *Gibberelic Acid* (GA) dan fungisida. Alat yang digunakan adalah gelas ukur, *magnetic stirrer*, gelas plastik, timbangan analitik, amplop, bak persemaian, oven dan alat tulis.

Metode

Penelitian diawali dengan menyiapkan benih jarak pagar yang telah disimpan Juni 2015 dan Juni 2016 dari kebun percobaan, Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. Benih disortir berdasarkan kondisi fisik benih, benih yang digunakan dalam penelitian adalah benih yang utuh dan mempunyai ukuran yang hampir sama. Selanjutnya adalah pembuatan larutan ZPT untuk invigorasi. NAA dan GA dilarutkan dalam aquades sesuai dengan dosis yang akan diberikan (0, 20, 40, 60, 80 dan 100 ppm). Pembuatan

larutan GA+NAA 20 ppm dilakukan dengan melarutkan GA dan NAA masing-masing 20 mg ke dalam aquades 1 l dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sampai larut, begitu pula dengan larutan GA+NAA 40, 60, 80 dan 100 ppm. Benih jarak pagar direndam dalam masing-masing perlakuan selama 12 jam, kemudian benih dikeringanginkan selama 2 jam.

Penyemaian benih diawali dengan pembuatan media tanam yang terdiri dari tanah, pupuk kompos dan sekam dengan perbandingan 1 : 1 : 1 dan dimasukkan ke dalam bak persemaian. Media tanam disiram menggunakan fungisida sehari sebelum penyemaian benih untuk mencegah tumbuhnya jamur pada media. Benih jarak pagar kemudian ditanam dengan posisi mikropil ke bawah, kemudian benih ditutup kembali menggunakan media tanam. Selanjutnya dilakukan perawatan dengan menyiram benih 2 hari sekali. Benih yang telah berkecambah ditumbuhkan sampai bibit berumur 6 MST dan dilakukan perawatan dengan menyiram bibit jarak pagar 2 kali sehari. Parameter yang diamati dibagi menjadi dua yaitu kualitas benih yang terdiri dari daya kecambah, indeks vigor dan kecepatan tumbuh, yang kedua adalah parameter pertumbuhan bibit yang terdiri dari tinggi tanaman, jumlah daun dan berat kering bibit.

Rancangan percobaan dan Analisis data

Rancangan yang digunakan dalam penelitian adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial 2x6 dengan 3 kali ulangan. Faktor pertama adalah lama penyimpanan benih yang terdiri dari 2 taraf yaitu A_0 : benih jarak pagar tahun simpan 2015 dan A_1 : benih jarak pagar tahun simpan 2016. Faktor kedua adalah dosis ZPT untuk invigorasi yang terdiri dari 6 taraf yaitu B_0 : kontrol (0 ppm), B_1 : GA+NAA 20 ppm, B_2 : GA+NAA 40 ppm, B_3 : GA+NAA 60 ppm, B_4 : GA+NAA 80 ppm, B_5 : GA+NAA 100 ppm. Total unit percobaan berjumlah 36 unit. Setiap unit percobaan terdiri dari 30 benih jarak pagar. Analisis data dilakukan dengan menggunakan analisis sidik ragam, uji beda nyata jujur (BNJ) 5% dan polinomial ortogonal 5%.

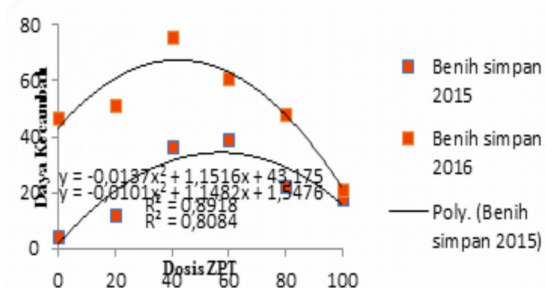
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Benih

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan lama penyimpanan benih dan invigorasi menggunakan ZPT berpengaruh nyata terhadap daya kecambah, indeks vigor dan kecepatan tumbuh benih. Tidak terdapat interaksi antara lama penyimpanan dan invigorasi menggunakan ZPT terhadap daya kecambah, indeks vigor dan kecepatan tumbuh benih jarak pagar (Tabel 1).

Daya Kecambah

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa daya kecambah benih jarak pagar simpan 2016 berbeda nyata dengan benih simpan 2015. Benih yang disimpan tahun 2016 mempunyai daya kecambah



Ilustrasi 1. Daya Kecambah Benih Jarak Pagar akibat Pemberian Dosis ZPT yang Berbeda

lebih tinggi yaitu 50,56%, sedangkan benih yang disimpan pada tahun 2015 mempunyai daya kecambah 22,04%. Penyimpanan benih jarak pagar dalam waktu yang lama mengakibatkan benih mengalami deteriorasi sehingga daya kecambah benih menjadi rendah. Benih jarak pagar mengalami respirasi benih yang mengakibatkan terjadinya perombakan cadangan makanan dan terjadinya oksidasi lemak yang menyebabkan terbentuknya senyawa baru yang merusak benih. Menurut Parwati (2007) turunnya viabilitas dan vigor benih selama penyimpanan diakibatkan oleh proses respirasi yang merombak bahan makanan sehingga kualitas pertumbuhan menurun.

Berdasarkan Ilustrasi 1. dapat dilihat bahwa respon daya kecambah benih jarak pagar terhadap dosis zat pengatur tumbuh yang diberikan adalah kuadrat. Hal ini berarti bahwa daya kecambah benih meningkat secara signifikan seiring

Tabel 1. Daya Kecambah, Indeks Vigor dan Kecepatan Tumbuh Benih Jarak Pagar

	Daya Kecambah	Indeks Vigor	Kecepatan Tumbuh
Uji F	8,02*	8,78*	7,42*
	---(%)---	---(%)---	---(%KN/etmal)---
Benih 2015	22,04 ^b	15,93 ^b	3,19 ^b
Benih 2016	50,56 ^a	34,81 ^a	7,22 ^a
Uji F	42,73*	30,05*	36,10*
0 ppm	25,56 ^c	13,33 ^c	3,45 ^b
20 ppm	31,67 ^{bc}	26,11 ^{bc}	4,93 ^{ab}
40 ppm	56,11 ^a	45,00 ^a	8,02 ^a
60 ppm	50,00 ^{ab}	37,78 ^{ab}	7,49 ^a
80 ppm	35,00 ^{abc}	22,22 ^{bc}	4,95 ^a
100 ppm	19,44 ^c	7,78 ^c	2,38 ^b
Interaksi	2,10 ^{ns}	2,09 ^{ns}	1,83 ^{ns}

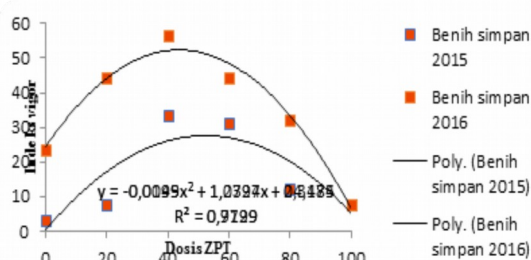
Keterangan :

1. Tanda* menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter yang diamati, sedangkan tanda ns menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata
2. Superskrip berbeda pada kolom perlakuan yang sama dalam sekat yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05).

penambahan dosis, tetapi setelah mencapai dosis optimum daya kecambah benih akan menurun. Berdasarkan uji polinomial ortogonal, dosis optimum untuk meningkatkan daya kecambah benih tahun simpan 2015 adalah 56,84 ppm, sedangkan benih tahun simpan 2016 adalah 42,03 ppm. Penambahan hormon eksogen melebihi dosis optimum dapat menjadi penghambat dalam perkecambahan benih, konsentrasi hormon yang tinggi menyebabkan benih mensintesis senyawa-senyawa yang menghambat pertumbuhan. Copeland dan Mc Donald (2001) menyatakan bahwa zat pengatur tumbuh termasuk auksin dan giberelin berfungsi sebagai perangsang pertumbuhan (promotor) apabila diberikan dalam dosis yang rendah, tetapi apabila diberikan pada dosis yang tinggi dapat menghambat proses perkecambahan. Auksin dan giberelin meningkatkan penyerapan air oleh benih sehingga benih cepat mengalami imbibisi dan berkecambah. Soyler dan Khawar (2007) menyatakan bahwa giberelin dan auksin memudahkan masuknya oksigen dari udara ke embrio sehingga dapat meningkatkan perkecambahan benih.

Indeks Vigor

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa indeks vigor benih jarak pagar yang disimpan tahun 2015 berbeda nyata dengan benih yang disimpan tahun 2016. Benih jarak pagar yang disimpan pada tahun 2016 memiliki indeks vigor yang lebih tinggi yaitu 34,81%, sedangkan benih yang disimpan pada tahun 2015 memiliki indeks vigor benih sebesar 15,93%. Vigor benih yang rendah diakibatkan oleh deteriorasi benih selama penyimpanan. Deteriorasi benih dapat disebabkan karena aktivitas metabolisme benih seperti respirasi benih dan oksidasi lemak yang tetap



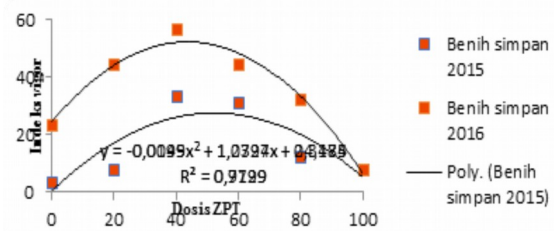
Ilustrasi 2. Indeks Vigor Benih Jarak Pagar Akibat Pemberian Dosis ZPT yang Berbeda

berjalan selama penyimpanan. Maemunah dan Adelina (2009) menyatakan bahwa respirasi benih menyebabkan terjadinya perombakan cadangan makanan sehingga cadangan makanan berkurang dan mengakibatkan peningkatan pembentukan asam lemak bebas yang dapat menyebabkan presentase vigor benih menurun. Parwati (2007) menambahkan bahwa turunnya vigor benih selama penyimpanan diakibatkan oleh proses respirasi yang merombak bahan makanan sehingga menyebabkan kualitas pertumbuhan menurun.

Berdasarkan Ilustrasi 2. dapat dilihat bahwa indeks vigor benih jarak pagar meningkat seiring penambahan dosis, tetapi setelah mencapai titik dosis optimum indeks vigor benih akan menurun. Berdasarkan uji polinomial ortogonal dosis optimum untuk meningkatkan indeks vigor benih tahun simpan 2015 adalah 52,51 ppm, sedangkan benih tahun simpan 2016 adalah 43,88 ppm. Penambahan hormon sampai dosis optimum akan membuat kerja hormon menjadi optimal, tetapi apabila melebihi dosis optimum maka kerja hormon akan terganggu. Maemunah dan Adelina (2009) menyatakan bahwa invigorasi menggunakan ZPT dapat meningkatkan vigor benih. Invigorasi menggunakan auksin dan giberelin meningkatkan aktivitas perombakan bahan organik dalam benih sehingga cadangan makanan untuk perkecambahan tersedia dan dapat digunakan untuk perkembangan embrio dan benih dapat lebih cepat memanfaatkan faktor pendukung perkecambahan seperti air dan oksigen.

Kecepatan Tumbuh

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa kecepatan tumbuh benih jarak pagar tahun simpan 2015 berbeda nyata dengan benih tahun simpan 2016. Benih jarak pagar yang disimpan pada tahun 2016 memiliki kecepatan tumbuh yang lebih tinggi yaitu 7,22%KN/etmal, sedangkan benih yang disimpan pada tahun 2015 memiliki kecepatan tumbuh sebesar 3,19%KN/etmal. Kecepatan tumbuh benih jarak pagar yang dihasilkan tergolong rendah. Sukorwardojo (2013) menyatakan bahwa kecepatan tumbuh merupakan gambaran vigor benih yang mampu tumbuh cepat dan merata pada kondisi lingkungan yang beragam. Rendahnya kecepatan tumbuh benih jarak pagar menggambarkan rendahnya vigor benih akibat terjadinya deteriorasi selama



Ilustrasi 3. Kecepatan Tumbuh Benih Jarak Pagar Akibat Pemberian Dosis ZPT yang Berbeda.

penyimpanan.

Perlakuan invigorasi benih jarak pagar dengan ZPT auksin dan giberelin dapat meningkatkan kecepatan tumbuh benih yaitu mencapai 8,02%KN/etmal. Berdasarkan Ilustrasi 3. dapat dilihat bahwa penambahan zat pengatur tumbuh berupa hormon auksin dan giberelin sampai titik dosis optimum dapat meningkatkan kecepatan tumbuh benih, tetapi setelah mencapai titik optimum kecepatan tumbuh benih menurun. Berdasarkan uji polinomial ortogonal dosis optimum untuk meningkatkan potensi tumbuh maksimum benih tahun simpan 2015 adalah 52,51 ppm, sedangkan benih tahun simpan 2016 adalah 43,88 ppm. Rashid *et al.* (2014) menyatakan bahwa pemberian zat pengatur tumbuh giberelin dan auksin mampu meningkatkan kecepatan tumbuh benih dan perkecambahan benih dengan melunakkan kulit benih dan perbedaan tekanan osmotik akibat perendaman benih dalam ZPT. Pelunakan kulit benih tersebut membuat benih menjadi lebih permeabel dan mudah menyerap air dari lingkungan luar, sehingga benih mengalami inhibisi dan akhirnya terjadi perkecambahan. Dewi *et al.* (2013) menambahkan bahwa penambahan giberelin mampu memacu aktivitas auksin sehingga terjadi pemanjangan sel akibat pelunakan dinding sel primer sehingga terjadi perkecambahan.

Pertumbuhan Bibit

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan lama penyimpanan benih dan invigorasi menggunakan ZPT tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi dan jumlah daun bibit jarak pagar. Tidak terdapat interaksi antara lama penyimpanan dan invigorasi menggunakan ZPT terhadap tinggi dan jumlah daun bibit jarak pagar (Tabel 2).

Tinggi tanaman

Berdasarkan hasil analisis ragam lama penyimpanan benih dan pemberian ZPT tidak berpengaruh terhadap tinggi bibit jarak pagar (Tabel 2). Hal ini disebabkan karena pertumbuhan bibit dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal yang mempengaruhi

Jumlah Daun

Berdasarkan hasil analisis ragam, lama penyimpanan dan pemberian ZPT tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun pada bibit jarak pagar (Tabel 2). Pertambahan jumlah daun dipengaruhi oleh laju pertumbuhan yang dikendalikan oleh faktor genetik tanaman. Selain

Tabel 2. Tinggi dan Jumlah Daun Bibit Jarak Pagar

	Tinggi Bibit	Jumlah Daun
Uji F	0,17 ^{ns}	1,33 ^{ns}
	---(cm)---	---(helai)---
Benih 2015	14,52	1,29
Benih 2016	14,12	0,98
Uji F	2,22 ^{ns}	0,81 ^{ns}
0 ppm	7,73	0,83
20 ppm	11,68	0,93
40 ppm	19,41	1,67
60 ppm	16,86	1,22
80 ppm	16,78	0,89
100 ppm	13,46	1,25
Interaksi	0,35 ^{ns}	0,48 ^{ns}

Keterangan : Tanda ns menunjukkan tidak terdapat pengaruh antara perlakuan dengan parameter yang diamati.

pertumbuhan menurut Danapriatna (2007) diantaranya mencakup sifat genetik dan daya tumbuh benih. Setiap benih memiliki kemampuan untuk tumbuh masing-masing. Faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah faktor lingkungan tumbuh tanaman. Lingkungan yang tidak mendukung pertumbuhan tanaman akan menghambat pertumbuhan. Lambers *et al.* (2008) menyatakan bahwa faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah iradiasi, ketersediaan nutrisi, temperatur, kadar air tanah, salinitas, pergerakan angin hingga konsentrasi CO₂ di udara. Pemberian ZPT berupa auksin dan giberelin eksogen belum mampu meningkatkan tinggi bibit jarak pagar. Hal ini disebabkan karena tanaman memproduksi sendiri hormon untuk tumbuh yang digunakan untuk mencukupi kebutuhannya, sehingga pemberian hormon eksogen tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

faktor genetik, pertumbuhan tanaman juga dipengaruhi oleh faktor eksternal berupa lingkungan. Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman menurut Damanik *et al.* (2010) antara lain radiasi matahari, temperatur, kelembaban, struktur tanah, pH, ketersediaan unsur hara dan susunan atmosfer. Salah satu faktor eksternal yang sangat mempengaruhi pertumbuhan daun adalah kelembaban dan kadar air tanah. Kelembaban dan kadar air yang tinggi dapat menyebabkan kerontokan daun pada tanaman. Pemberian hormon tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan daun. Hormon giberelin kurang berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman, sedangkan pemberian hormon auksin yang berlebihan dapat menghambat pertumbuhan vegetatif tanaman. Wijayati *et al.* (2005) menyatakan bahwa pemberian auksin eksogen justru menghambat pertumbuhan daun dari ibu tulang daun sehingga daun sulit untuk tumbuh.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyimpanan benih berpengaruh nyata terhadap parameter kualitas benih. Benih tahun 2016 memiliki kualitas yang lebih baik daripada benih simpan 2015. Benih yang disimpan lama akan mengalami deteriorasi dan menyebabkan kualitas benih menurun. Invigorasi menggunakan ZPT auksin dan giberelin dapat memperbaiki kualitas benih sehingga perkecambahan benih meningkat. Lama penyimpanan dan invigorasi menggunakan ZPT tidak berpengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan bibit.

DAFTAR PUSTAKA

- Copeland, L. O., and M. B. McDonald. 2001. *Principle of Seed Science and Technology*. Kluwer Academic Publisher, United States of America.
- Damanik, M. M. B., Hasibuan, B. E. Fauzi, Sarifudin dan H. Hanum. 2010. *Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. USU Press, Medan.
- Danapriatna, N. 2007. Pengaruh penyimpanan terhadap viabilitas benih kedelai. *Jurnal Universitas Islam 45 Bekasi* **8** (1) : 178-187.
- Dewi, R., H. Sutrisno dan Nazirwan. 2013. Pemulihan deteriorasi benih kedelai (*Glycine max* L.) dengan aplikasi giberelin. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* **13** (2): 116-122.
- Harimurti, N. dan D. Sumangat. 2008. Pengolahan biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) menjadi sumber bahan bakar nabati dan pemanfaatan produk samping. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian* **7** (1): 48-55.
- Indriana, K. R. 2016. Pengaruh waktu penyimpanan benih dan konsentrasi larutan asam sulfat terhadap viabilitas dan vigor benih jarak (*Jatropha curcas* Linn.) di persemaian. *Jurnal Siliwangi* **2** (1): 71 – 76.
- Lambers, H., F.S. Chapin., and T. L. Pons. 2008. *Plant Physiological Ecology*. Springer. United Kingdom.
- Maemunah dan E. Adelina. 2009. Lama penyimpanan dan invigorasi terhadap vigor bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Media Litbang Sulteng* **2** (1): 56-61.
- Moncaleano-Escandon, J., B. C. F. Silva., S. R. S. Silva., J. A. A. Granja., M. C., L. Alves., and M. F. Pompelli. 2013. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. *Industrial Crops and Product* **44** : 684-690.
- Parwati, D. U. 2007. Pengaruh frekuensi penyiraman dan lama penyimpanan terhadap pertumbuhan bibit jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). *Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat*.
- Rashid, M., A. Majid, S. B. Lal, M. Rasool and S. Mehboob. 2010. Impact of seed weight dan pre-showing treatments on germination and seedling growth of *Jatropha curcas*. *Journal of Tree Science* **29** (1&2): 27-32.
- Rusmin, D. 2004. Peningkatan Viabilitas Benih Jambu Mete (*Anacardium occidentale* L.) melalui Invigorasi. *Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik*.
- Soyler, D. and K. M. Khaawar. 2007. Seed Germination of caper (*Capparis ovata* var. *Herbaceae*) using α naphthalene acetic acid and gibberellic acid. *International Journal of Agriculture and Biology* **9** (1): 35-37.
- Sukowardoyo, B. 2013. Perendaman benih kedelai dalam urin kambing dan zat pengatur tumbuh sintetik untuk perbaikan mutu fisiologis setelah disimpan. *Agritop Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian* : 31-36.
- Wijayati, A., Solichatun dan Sugiyarto. 2005. Pengaruh asam indol asetat terhadap pertumbuhan dan diameter sel sekretori rimpang tanaman kunyit (*Curcuma domestica* Val.). *Biofarmasi* **3** (1) : 16 -21.