PENGARUH LAMA PERENDAMAN DAN KONSENTRASI MUTAGEN EMS (*ETHYL METHANESULFONATE*) TERHADAP PERKECAMBAHAN DAN PERTUMBUHAN KEDELAI (*Glycine max* L.) VARIETAS GROBOGAN PADA KONDISI KEKERINGAN

SKRIPSI

oleh:

AINIYATUL FIKRIYAH
NIM. 11620062

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016

PENGARUH LAMA PERENDAMAN DAN KONSENTRASI EMS (*ETHYL METHANESULFONATE*) TERHADAP PERKECAMBAHAN DAN PERTUMBUHAN KEDELAI (*Glycine max* L.) VARIETAS GROBOGAN PADA KONDISI KEKERINGAN

SKRIPSI

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

oleh :
AINIYATUL FIKRIYAH
NIM. 11620062

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016

PENGARUH LAMA PERENDAMAN DAN KONSENTRASI MUTAGEN EMS (*ETHYL METHANESULFONATE*) TERHADAP PERKECAMBAHAN DAN PERTUMBUHAN KEDELAI (*Glycine max* L.) VARIETAS GROBOGAN PADA KONDISI KEKERINGAN

SKRIPSI

oleh:

AINIYATUL FIKRIYAH
NIM. 11620062

Telah disetujui oleh:

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Evika Sandi Savitri, M.P	Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 19741018 200312 2 002	NIP. 19731212 199803 1 001

Tanggal, 20 Januari 2016
Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

PENGARUH LAMA PERENDAMAN DAN KONSENTRASI MUTAGEN EMS (*ETHYL METHANESULFONATE*) TERHADAP PERKECAMBAHAN DAN PERTUMBUHAN KEDELAI (*Glycine max* L.) VARIETAS GROBOGAN PADA KONDISI KEKERINGAN

SKRIPSI

oleh :
AINIYATUL FIKRIYAH
NIM. 11620062

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 8 Januari 2016

Penguji Utama	: **Suyono, M.P**	( )
	NIP. 19710622 200312 1 002	
Ketua Penguji	: **Ruri Siti Resmisari, M.Si**	( )
	NIPT. 201402012423	
Sekretaris Penguji	: **Dr. Evika Sandi Savitri, M.P**	( )
	NIP. 19741018 200312 2 002	
Anggota Penguji	: **Dr. H. Ahmad Barizi, M.A**	( )
	NIP. 19731212 199803 1 001	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Biologi

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : AINIYATUL FIKRIYAH

NIM : 11620062

Jurusan : Biologi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Mutagen EMS (*Ethyl Methanesulfonate*) Terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Kedelai (*Glycine max* L.) Varietas Grobogan pada Kondisi Kekeringan

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

Malang, 22 Januari 2016

Penulis,

Ainiyatul Fikriyah

NIM. 11620062

Motto

إِنَّ ٱلَّذِينَ ءَامَنُواْ وَعَمِلُواْ ٱلصَّٰلِحَٰتِ أُوْلَٰٓئِكَ هُمۡ خَيۡرُ ٱلۡبَرِيَّةِ ۝٧

"Sesungguhnya orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal saleh, mereka itu adalah sebaik-baik makhluk."

(QS. Al-Bayyinah (98): 7)

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin

Segala puji bagi Allah yang telah melimpahkan segala rahmatnya, sehingga diberi kemudahan dalam semua proses pembuatan karya ini

Dengan kerendahan dan ketulusan hati kupersembahkan karya ini kepada:

Sepasang mutiara hati yang memancarkan sinar cinta kasih yang tak pernah usai, yang mengayomi dan mengasihi setulus hati, sebening cinta, sesuci doa (Abi Moch. Nasir dan (Almh) Umi Rusliatin) restumu yang selalu menyertai setiap langkah tanpa berkesudahan, memberiku doa dan semangat meniti masa depan dan dari jerih payahmulah kesuksesanku berasal

Bapak/Ibu Dosen yang dengan ikhlas mendidik dan membimbingku

Buat kedua kakakku Ainul Fuad dan Ainiyatul Fahmi serta adikku Zahrotul Mursyidah, terima kasih atas doa dan motivasinya

Buat seluruh teman-temanku yang dengan tulus menemaniku dalam suka dan duka, terutama untuk Biologi 2011, yang tak bisa ku sebutkan satu persatu

Semoga Allah SWT selalu menuntun dan menyertai setiap langkah kita semua

Amin ya Robbal Alamin

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kehadirat IllahiRobbi, karena dengan segala kelimpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si). Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada kekasih Allah, Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya, para sahabat dan penerus risalahnya. Semoga syafaatnya selalu menyertai setiap umatnya sampai akhir nanti.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Untuk itu, iringan doa dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan terutama kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P selaku Ketua Jurusan Biologi dan dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi.
4. Dr. H. Ahmad Barizi, M.A selaku dosen pembimbing agama yang telah memberikan arahan, saran-saran, dan bimbingan dalam bidang integrasi sains dan agama.
5. Bapak dan Ibu Dosen Biologi UIN Malang yang telah membimbing dan memotivasi penulis dalam menuntut ilmu di bangku kuliah.

6. Kedua orang tuaku tercinta, Abi dan (Almh) Umi, serta kedua kakak dan adik yang dengan sepenuh hati telah mendoakan, memberikan semangat, dorongan, dan bimbingan baik berupa moral maupun spiritual.
7. Teman-temanku Biologi angkatan 2011, terima kasih untuk semua dukungan, bantuan, persahabtan dan kekompakannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saran dan kritik dari berbagai pihak sangat penulis harapkan demi terwujudnya karya yang lebih baik di masa mendatang. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan.

Malang, 19 Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR TABEL v
DAFTAR GAMBAR vi
DAFTAR LAMPIRAN vii
ABSTRAK viii

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 9
1.3 Tujuan Penelitian 9
1.4 Hipotesis 9
1.5 Manfaat Penelitian 10
1.6 Batasan Masalah 10

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Kajian Keislaman 11
2.1.1 Tanaman Berkecambah dalam Al-Quran 11
2.1.2 Struktur Tanah dalam Al-Quran 12
2.2 Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) 15
2.2.1 Klasifikasi 15
2.2.2 Morfologi 16
2.2.3 Varietas 19
2.2.4 Kecambah Normal dan Abnormal 20
2.2.5 Pengaruh Cekaman kekeringan pada Tanaman Kedelai 22
2.3 Induksi Mutasi 24
2.4 Ethyl Methanesulfonate (EMS) 26
2.5 Mutasi dengan Ethyl Methanesulfonate (EMS) 28
2.6 Keragaman Genetik 30
2.7 Seleksi 31

BAB III METODE PENELITIAN
3.1 Rancangan Penelitian 35
3.2 Waktu dan Tempat 36
3.3. Variabel Penelitian 36
3.4 Alat dan Bahan 36
3.4.1 Alat 36
3.4.2 Bahan 37
3.5 Prosedur Penelitian 37
3.5.1 Pembuatan Larutan EMS 37
3.5.2 Perlakuan Biji Kedelai dengan EMS 37

3.5.3 Uji Perkecambahan 38
3.5.4 Penanaman 40
3.5.5 Pemeliharaan 40
3.5.6 Pengamatan 41
3.6 Teknik Analisis Data 43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman EMS Terhadap Perkecambahan Benih Kedelai Varietas Grobogan 44
4.1.1 Daya Berkecambah (%) 46
4.1.2 Kecambah Abnormal 47
4.1.3 Panjang Hipokotil 49
4.1.4 Panjang Akar Kecambah 50
4.1.5 Berat Kering Kecambah 50
4.2 Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman EMS Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai Varietas Grobogan 51
4.2.1 Jumlah Percabangan 53
4.2.3 Jumlah Daun 55
4.2.4 Luas Daun Rata-rata 56
4.2.5 Panjang Akar 56
4.2.6 Berat Kering Total Tanaman 58
4.3 Perkecambahan Tanaman Kedelai dalam Perspektif Islam 59

BAB V PENUTUP
5.1 Kesimpulan 64
5.2 Saran 64

DAFTAR PUSTAKA 66
LAMPIRAN 76

DAFTAR TABEL

No. Judul Halaman

3.1 Kombinasi perlakuan antara konsentrasi dan lama perendaman EMS 35
3.2 Kebutuhan air tanaman kedelai pada setiap periode tumbuh 41
4.1 Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman EMS Terhadap Perkecambahan Benih Kedelai Varietas Grobogan 44
4.2 Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman EMS Terhadap Pertumbuhan Kedelai Varietas Grobogan 52

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar Halaman

2.2.3 Kedelai Varietas Grobogan.....20
2.4 Alkilasi oleh EMS pada posisi O-6 guanin dan posisi O-4 timin, sehingga terjadi kesalahan pasangan basa (mispairing) 27
4.1 Perkecambahan kedelai varietas Grobogan pada perlakuan EMS konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam.....47
4.1.2 Kecambah abnormal kedelai varietas Grobogan pada perlakuan EMS konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam.....51
4.2. Tanaman Kedelai 80 HST (a) perlakuan 4 jam (b) perlakuan 6 jam (c) perlakuan 8 jam.....55
4.2.3. Luas daun rata-rata (a) kontrol (b) konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam.....58
4.2.4. Panjang akar (a) kontrol (b) konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 8 jam.....60

PUSAT PERPUSTAKAAN

DAFTAR LAMPIRAN

No. Judul Halaman

Lampiran 1. Hasil Analisis Variansi (ANAVA) Perkecambahan Kedelai Varietas Grobogan.....76
Lampiran 2. Hasil Analisis Variansi (ANAVA) Pertumbuhan Kedelai Varietas Grobogan.....82
Lampiran 3. Hasil Perkecambahan Kedelai Varietas Grobogan.....91
Lampiran 4. Hasil Pertumbuhan Kedelai Varietas Grobogan.....92
Lampiran 5. Alat dan Bahan Penelitian 95
Lampiran 6. Kegiatan Penelitian.....96

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

ABSTRAK

Fikriyah, Ainiyatul. 2016. **Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Mutagen EMS (*Ethyl Methanesulfonate*) Terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Kedelai (*Glycine max* L.) Varietas Grobogan Pada Kondisi Kekeringan.** Skripsi. Jurusan Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing:
(1) Dr. Evika Sandi Savitri, M.P dan (2) Dr. H. Ahmad barizi, M.A

Kata Kunci: EMS, Perkecambahan, Pertumbuhan, Kedelai Varietas Grobogan, Kekeringan

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merill) adalah komoditas penting di Indonesia karena merupakan sumber protein yang termurah bagi masyarakat. Indonesia memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap impor kacang-kacangan, terutama kedelai. Upaya peningkatan produksi kedelai nasional diantaranya melalui perluasan areal tanam dan mutu benih. Tersedianya varietas baru kedelai dengan ketersediaan sumber genetik yang tinggi merupakan hal yang sangat diperlukan saat ini, mengingat produksi kedelai di Indonesia yang tidak stabil. Salah satu cara untuk memperluas keragaman genetik adalah melalui mutagenesis menggunakan senyawa kimia, untuk menghasilkan varietas kedelai dengan produktivitas tinggi dan tahan kekeringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan lama perendaman EMS pada perkecambahan dan pertumbuhan kedelai varietas grobogan.

Penelitian ini dilaksanakan di *Greenhouse* dan Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang pada bulan Agustus – November 2015. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah lama perendaman EMS yang terdiri dari 3 taraf yaitu 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Sedangkan faktor yang kedua adalah konsentrasi EMS yang terdiri dari 4 taraf yaitu 0% ; 0,03% ; 0,05% ; dan 0,07%. Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis dengan teknik Analisis Variansi (ANAVA) Dua Jalur. Jika ada pengaruh yang signifikan dari perlakuan, analisis dilanjutkan dengan uji beda berupa *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) atau UJD pada taraf signifikansi 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh lama perendaman dan konsentrasi EMS terhadap perkecambahan dan pertumbuhan kedelai varietas grobogan pada beberapa parameter pengamatan. Kombinasi perlakuan terbaik diperoleh pada konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam. Pada variabel perkecambahan adalah persentase daya berkecambah sebesar 48,67% ; kecambah abnormal sebesar 51,33% ; panjang hipokotil sebesar 6,28 cm ; panjang akar kecambah sebesar 5,38 cm ; berat kering kecambah sebesar 4,64 gr dan pada pertumbuhan adalah jumlah daun sebesar 12,00 ; dan berat kering total tanaman sebesar 5,08 gr.

ABSTRACT

Fikriyah, Ainiyatul. 2016. **The Effect Soaking Time and Concentration of EMS (*Ethyl Methanesulphonate*) to Germination and Growth in Soybean (*Glycine max* L.) Grobogan Variety to Dryness Condition**. Thesis. Biology Department. Faculty of Science and Technology. Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (1) Dr. Evika Sandi Savitri, M.P and (2) Dr. H. Ahmad Barizi, M.A

Keywords: EMS, Germination, Growth, Grobogan Varieties Of Soybean, Drought

Soybean (*Glycine max* (L.) Merill) is an important commodity in Indonesia because it is the cheapest source of protein for the community. Indonesia has a high dependency against imports of beans, especially soybeans. Soybean production increased national efforts including through the expansion of planting acreage and quality seeds. The availability of new soybean varieties with high genetic resources availability is very necessary at this time, given the production of soybean in Indonesia are not stable.One way to expand the genetic diversity is through insertional using chemical compounds, to produce soybean varieties with drought-resistant and high productivity. This research aims to know the effect concentration and soaking time of EMS on germination and growth of soybean varieties of Grobogan.

This research was carried out in the Greenhouse and Plant Physiology Laboratory UIN Maulana Malik Ibrahim was unfortunate in August – November 2015. The design used was Complete Random Design (RAL) to two factors. The first factor is the soaking time of EMS which consists of 3 levels i.e. 4, 6, and 8 hours. As for the second factor was the concentration of EMS which consists of 4 levels, namely 0%; 0.03%; 0.05%; and 0.07%. Data obtained in this study were analyzed with techniques of Variansi Analysis (ANAVA) two lanes. If there are significant effects from the treatment, the analysis continued with a different test in the form of *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) or UJD on the significance level of 5%.

The results showed that there was effect of soaking time and concentration of germination and growth against EMS soybean varieties grobogan on some parameters of observation. The best treatment combinations obtained at concentrations of 0.03% with a soaking time 4 hours. On the variable germination is the percentage of germinated 48.67%; abnormal seedling of 51.33%; hipokotil length of 6.28 cm; length of radicula of 5.38 cm; seedling dry weight of 4.64 gr and on the growth of leaves is the amount of 12.00; and total plant dry weight of 5.08 gr.

مستخلص البحث

عينية الفكرية، 2016م، تأثير وقت التمرغ وتركيز موتاكون EMS على انبات ونمو فول الصويا،نوع كروبوكان في ظروف الجفاف، البحث العلمي، قسم علم الحياة في كلية العلوم التكنولوجية، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرفة الاولى: الدكتورة افيكا سندي سفطري الماجستيرة، المشرف الثاني: الدكتور احمد بارزي الماجستير

الكلمات الأساسية :EMS ، انبات، نمو، فول الصويا، جفاف

ان فول الصويا هو سلعة هامة في اندونيسية لان هي مصدر للبروتين ارخص للمجتمع. وان بلاد اندونيسية لها اعتمادا كبيرا على واردات وخاصة فول الصويا. واما المحاولة لارتفاع المنتاجات من فول الصويا العالمي ومنها: من خلال توسع في مساحات المزرعة وجودة البذور. واما توافر اضاف فول الصويا الجديد مع توافر عالية من المواد الوارثية امرا لا غني عنه اليوم وفي النظر في انتاج فول الصويا في بلاد اندونيسيا غير مستقرة. واحد من طرائق لتوسع التنوع الوارثي وهي من خلال طفره باستخدام مركبات الكيميائية لحصول النوع فول الصويا بإمنتجات عالية ومقاومة الجفاف. واما الأهداف المرجوة في هذا البحث وهي لمعرفة2016م، تأثير وقت التمرغ وتركيز موتاكون EMS على انبات ونمو فول الصويا.

وجرت الباحثة في تدفئة البيوت ومختبر الفيسيولوجي النبات بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج في الشهر اغوسطوس حتى نوفمبير عام 2015. واما التصميم المستخدم في هذا البحث وهو التصميم كامل العشوائية بعاملين. واما العامل الاول وهو الوقت تمرغ EMS ويتكون من ثلاثة اسراب وهي اربع ساعات، ست ساعات وثماني ساعات. واما العامل الثاني وهو تركيز EMS ويتكون من اربعة اسراب وهي 0%، 0،03%، 0،05% و 0،07%. واما الاسلوب المستخدمة لتحصيل البيانات وهي بأسلوب تحليل التباين (ANAVA) بمسربين. وإذا آثارا بذي معنى من علاج، تحليل ثم اختبار مختلف وهي DMRT او UJD على درجة ذو معنى حوالي 5%.

واما النتائج المحصولة في هذا البحث وهي تدل على ان هناك أثارا في وقت التمرغ وتركيز EMS على انبات ونمو فول الصويا،نوع كروبوكان على معايير المراقبة. واما تم الحصول على أفضل مزيج المعاملة بتركيز حوالى 0،03% بوقت التمرغ حوالى اربع ساعات. واما على متغير انباته وهو بنسبة انبات حوالى 48،67%، براعم غير طبيعية حوالى 51،33%، طويل هيفوكوتيل حوالى 6،27 جنت مترا، طويل جذر الشتلات حوالى 5،38 جنت مترا، وزن جاف الشتلات حوالى 4،46 كرم وعلى نمو وهو مجموعة الورق حوالى 12،00 ووزن جاف بمجموعة النبات حوالى 5،08 كرم.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merill) adalah komoditas penting di Indonesia karena merupakan sumber protein yang termurah bagi masyarakat. Kedelai bernilai gizi tinggi, dengan kadar protein sekitar 35%. Kandungan asam amino esensial yang terdapat dalam biji kedelai, yaitu isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan, dan valin. Sebagaian besar asam amino yang terkandung dalam biji kedelai tinggi kecuali metionin. Biji kedelai juga mengandung kalsium, fosfor, besi, vitamin A dan B yang berguna bagi metabolisme dan kesehatan sistim saraf (Suprapto, 2001).

Tanaman dari biji-bijian seperti kedelai merupakan tanaman yang diciptakan oleh Allah SWT untuk keperluan makhluk hidup. Tanaman kedelai dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan, obat-obatan dan lain-lain. Seperti yang dijelaskan dalam firman Allah SWT dalam QS. Yasin (36): 33 yang berbunyi:

وَءَايَةٌ لَّهُمُ ٱلْأَرْضُ ٱلْمَيْتَةُ أَحْيَيْنَٰهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴿٣٣﴾

Artinya: "Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupkan bumi itu dan Kami keluarkan dari padanya biji-bijian, Maka daripadanya mereka makan."

Menurut tafsir Ibnu Katsir (2004), Allah berfirman وَأَيَةٌ لَّهُمْ "*Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka."* Yaitu tanda bagi mereka

tentang adanya Maha Pencipta, kekuasaan-Nya yang sempurna dan perbuatan-Nya menghidupkan yang mati. ٱللأَرْضُ الْمَيْتَةُ *"Adalah bumi yang mati,"* yaitu dahulunya bumi itu mati dan gersang, tidak ada tumbuhan satu pun. Lalu ketika Allah Ta'ala menurunkan air diatasnya, hiduplah bumi itu dan suburlah serta menumbuhkan berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang indah. Untuk itu Allah Ta'ala berfirman, أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُوْنَ *"Kami hidupkan bumi itu dan kami keluarkan daripadanya biji-bijian, maka daripadanya mereka makan."* Yaitu Kami jadikan hal itu sebagai rizki bagi mereka dan binatang-binatang ternak mereka.

Abu Ja'far (2009) menyatakan bahwa maksud dari ayat ini adalah, dan satu petunjuk bagi orang-orang musyrik itu tentang keutamaan Allah terhadap hal-hal yang dikehendaki-Nya dan menghidupkan makhluk-Nya yang telah mati serta mengembalikannya seperti sedia kala sesudah musnah adalah Allah menghidupkan bumi mati yang tidak ada tumbuhan dan tanaman didalamnya dengan air hujan yang diturunkannya dari langit hingga keluar tumbuhannya kemudian dari tumbuhan itu Allah mengeluarkan biji yang menjadi makanan pokok bagi mereka lalu darinya mereka memperoleh makanan.

Biji-bijian tersebut tentunya membutuhkan air dalam proses pertumbuhannya. Tanpa adanya air maka biji-bijian tersebut tidak akan bisa hidup. Seperti dalam QS. Az-Zumar (39): 21 yang berbunyi:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ ٱللَّهَ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَسَلَكَهُۥ يَنَٰبِيعَ فِى ٱلْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِۦ زَرْعًا مُّخْتَلِفًا أَلْوَٰنُهُۥ ثُمَّ يَهِيجُ فَتَرَىٰهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُۥ حُطَٰمًا ۚ إِنَّ فِى ذَٰلِكَ لَذِكْرَىٰ لِأُو۟لِى ٱلْأَلْبَٰبِ ﴿٢١﴾

Artinya: *"Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa Sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, Maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal."*

Tersirat dalam ayat tersebut bahwa Allah SWT menyiramkan air pada biji-biji yang dorman sehingga dengan izin-Nya biji-biji tersebut dapat berkecambah, ini menjelaskan pada kita tentang fase perkecambahan. Air mutlak dibutuhkan dalam proses perkecambahan. Dengan masuknya air ke dalam benih dengan segera metabolisme dalam benih akan dimulai. Tahap pertama perkecambahan dimulai dari proses penyerapan air oleh benih dan hidrasi protoplasma. Setelah biji menyerap air, maka biji akan menghasilkan hormon tumbuh yaitu *giberelin* (GA) yang berfungsi untuk menstimulir kegiatan enzim di dalam benih. Tahap kedua kegiatan sel-sel dan enzim serta meningkatnya respirasi benih. Tahap ketiga merupakan terjadinya peruraian bahan-bahan seperti karbohidrat, protein dan lemak menjadi bentuk-bentuk melarut yang kemudian akan ditranslokasikan ke titik tumbuh. Tahap keempat merupakan asimilasi dari bahan yang telah diuraikan ke daerah meristematik untuk kegiatan pembentukan komponen dan pertumbuhan sel baru. Tahap kelima merupakan pertumbuhan dari kecambah melalui proses pembelahan (Pranoto, 1990).

Indonesia memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap impor kacang-kacangan, terutama kacang kedelai. Padahal, Indonesia memiliki peluang yang sangat besar untuk meningkatkan produksi kacang-kacangan (Fachruddin, 2000). Berdasarkan Badan Pusat Statistik Nasional tahun 2015, produksi kedelai tahun

2012 sebesar 843.153 ton, menurun sebanyak 8.133 ton (0,95 %) dibandingkan tahun 2011. Produksi kedelai tahun 2013 sebesar 779.992 ton, menurun sebanyak 63.161 ton (7,49%) dibandingkan tahun 2012. Namun terjadi kenaikan produksi kedelai pada tahun 2014 sebanyak 141.344 ton (18,12%). Kenaikan produksi kedelai ini diperkirakan karena bertambahnya luas panen seluas 61.012 Ha (11,07%).

Upaya peningkatan produksi kedelai nasional salah satunya dapat ditempuh melalui peningkatan dan perluasan areal tanam. Di Indonesia lahan kering merupakan area yang sangat luas dan berpotensi dalam upaya peningkatan produksi pertanian. Menurut Subandi (2007), dewasa ini terdapat ±13 juta Ha lahan yang dimanfaatkan untuk pengembangan kedelai, baik lahan sawah maupun lahan kering. Di Sumatera, luas lahan kering sekitar 5 juta ha dan lahan terlantar sekitar 2,5 juta ha, dan di Sumatera Barat sendiri potensi lahan kering untuk pengembangan tanaman pangan (termasuk kedelai) cukup luas, sekitar 590.450 Ha yang didominasi oleh tanah masam (Atman dan Hosen, 2008).

Selain perluasan areal tanaman, upaya yang diperlukan dalam peningkatan produksi kedelai tentunya juga membutuhkan benih yang bermutu tinggi. Benih bermutu ialah benih yang telah dinyatakan sebagai benih yang berkualitas tinggi dari jenis tanaman unggul dan memiliki daya tumbuh lebih dari 90%. Memiliki viabilitas atau dapat mempertahankan kelangsungan pertumbuhannya menjadi tanaman yang baik atau mampu berkecambah juga tumbuh dengan normal (Kartasapoetra. 2003).

Kedelai memiliki beberapa varietas yang memiliki sifat tertentu. Terdapat beberapa varietas kedelai yang memiliki sifat tahan terhadap kondisi lahan yang kering, diantaranya adalah Tidar, Tanggamus, dan Dering 1. Kekurangan dari varietas tersebut adalah ukuran biji yang tergolong kecil dibandingkan dengan varietas kedelai produktivitas tinggi. Sedangkan varietas kedelai yang memiliki sifat produktivitas tinggi, seperti Burangrang dan Grobogan memiliki ukuran biji yang lebih besar dibandingkan dengan varietas kedelai yang tahan kering. Namun, varietas kedelai produktivitas tinggi tidak dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi lingkungan yang kering, sehingga hal tersebut berdampak pada berkurangnya hasil produksi yang diperoleh. Oleh sebab itu diperlukan juga upaya peningkatan adaptasi ekofisiologis varietas kedelai produktivitas tinggi terhadap kondisi lahan yang kering agar keterbatasan tersebut tidak menjadi masalah dan produksi dapat berjalan optimal.

Tersedianya varietas kedelai yang memiliki keragaman genetik yang tinggi merupakan hal yang sangat diperlukan saat ini, mengingat produksi kedelai yang tidak stabil. Untuk merakit varietas unggul tersebut, ketersediaan sumber genetik yang mempunyai keragaman tinggi sangat dibutuhkan. Semakin tinggi keragaman genetik plasma nutfah, maka semakin tinggi peluang untuk memperoleh varietas unggul baru yang mempunyai sifat yang diinginkan. Salah satu cara untuk memperluas keragaman genetik adalah melalui mutagenesis menggunakan senyawa kimia (Wiartana, 2014).

Saat ini banyak penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan variasi genetik yang dapat dikembangkan ke arah pemuliaan dan perbaikan sifat suatu

tanaman. Penelitian terdahulu biasanya menggunakan mutagen yang dapat menyebabkan mutasi pada tanaman (Soedjono, 2003). Mutasi genetik ini akan menimbulkan keragaman genetik. Apabila suatu karakter memiliki keragaman genetik cukup tinggi maka keragaman karakter tersebut antar individu dalam populasinya akan tinggi pula sehingga seleksi akan lebih mudah untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan (Heliyanto *et al*., 2000). Seleksi merupakan proses yang individu atau kelompok tanaman dipisahkan dari populasi dasar seleksi dapat terjadi secara alami atau buatan. Bentuk seleksi tanaman yang paling sederhana adalah memilih individu tanaman berdasarkan data fenotip karakter yang dipelajari.

Mutasi genetik bertujuan untuk melakukan perbaikan genetik yang merupakan salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk peningkatan produktivitas kedelai. Tahap awal dalam perbaikan genetika tanaman adalah perluasan keragaman genetik tanaman untuk memudahkan seleksi tanaman unggul (Hidayat, 1994).

Jenis mutagen yang banyak dipakai adalah mutagen kimia dan mutagen fisika. Mutagen kimia berasal dari senyawa kimia yang memiliki gugus alkil, seperti *ethyl methanesulfonate* (EMS), *diethyl sulfate* (DES), *methyl methanesulfonate* (MMS), *hydroxylamine,* dan *sodium azida*. Mutagen kimia EMS merupakan senyawa kimia yang paling sering digunakan dalam penelitian mutasi induksi (Soeranto, 2003).

Penerapan teknik mutasi pada kedelai akan dapat memberikan variasi genetik pada kedelai. Melalui induksi mutasi kedelai dengan menggunakan

senyawa kimia seperti EMS akan didapatkan suatu varietas kedelai yang nantinya diharapkan mampu memberikan solusi permasalahan-permasalahan dalam produksi kedelai di Indonesia. EMS paling banyak digunakan karena sering menghasilkan mutan yang bermanfaat dan tidak bersifat mutagenik setelah terhidrolisis. Selain itu, EMS juga terbukti efektif dapat menyebabkan mutasi titik pada berbagai tanaman serta harganya yang murah dan mudah diperoleh jika dibandingkan dengan senyawa kimia lainnya. Mutasi titik merupakan perubahan kimiawi pada satu atau beberapa pasangan basa dalam satu gen (Harten, 1998).

Menurut Girija dan Dhanavel (2009), mutagen kimia EMS telah terbukti lebih efektif dan efisien daripada mutagen fisika pada tanaman kacang tunggak (*Vigna unguiculata* L. Walp) yang menghasilkan lebih banyak mutan yang viabel daripada penggunaan sinar gamma. Sedangkan berdasarkan penelitian Lukmaningtias (2014), biji kedelai yang direndam 20 mM EMS selama 10 jam dihasilkan mutan kedelai dengan jumlah polong total, isi, berat polong sebelum jemur, berat polong setelah jemur, jumlah biji, berat biji pertanaman, serta berat 100 biji mengalami peningkatan hasil. Selain itu, mutagen EMS bisa digunakan dengan konsentrasi 0,05% sampai 2,5% dengan lama perendaman antara 3 sampai 24 jam (Alcantara *et al*., 1996; Jabeen dan Mirza, 2004; Khan *et al*., 2009; Priyono, 2002). Oleh karena itu, perlakuan mutagenesis EMS pada kedelai dilakukan pada variasi konsentrasi dan lama perendaman tersebut. Perlakuan EMS dengan variasi konsentrasi dan lama perendaman diharapkan dapat menghasilkan mutan varietas kedelai potensi hasil tinggi yang memiliki sifat tahan kekeringan.

Keberhasilan mutasi dengan mutagen kimia pada tiap tanaman tergantung pada konsentrasi dan lama perendaman yang digunakan (Yanti, 2007). Tinggi dan rendahnya konsentrasi mutagen yang digunakan akan berpengaruh pada banyaknya materi mutagen yang akan berinteraksi dengan organ tanaman. Sedangkan lama perendaman mutagen dapat berpengaruh pada banyaknya materi mutagen yang terserap organ tanaman. Sehingga diperlukan variasi dalam mengkombinasikan konsentrasi dan lama perendaman mutagen, dengan demikian diperoleh kombinasi yang efisien untuk mendapatkan mutan yang memiliki keragaman genetik tinggi dengan viabilitas tinggi serta rendah mortalitas.

Perubahan yang terjadi akibat pengaruh mutagen berbeda menurut ketahanan setiap benih, sehingga pada penelitian ini dilakukan uji perkecambahan. Pada uji daya kecambah, benih dikatakan berkecambah bila dapat menghasilkan kecambah dengan bagian-bagian yang normal atau mendekati normal (Justice dan Louis, 1994). Uji perkecambahan ini dilakukan untuk melakukan seleksi benih bermutu tinggi secara cepat, yang selanjutnya dilanjutkan dengan uji lapang untuk verifikasi hasil dari uji perkecambahan sebelumnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini penting dilakukan untuk memperoleh varietas kedelai yang dapat meningkatkan produksi kedelai di Indonesia sehingga pasar kedelai bisa menjadi lebih stabil. Penelitian ini menguji pengaruh lama perendaman dan konsentrasi EMS terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan kedelai.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi dan lama perendaman EMS pada perkecambahan benih kedelai varietas Grobogan?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi dan lama perendaman EMS pada pertumbuhan kedelai varietas Grobogan?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi dan lama perendaman EMS pada perkecambahan benih kedelai varietas grobogan.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi dan lama perendaman EMS pada pertumbuhan kedelai varietas grobogan.

1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Terdapat pengaruh konsentrasi dan lama perendaman EMS pada perkecambahan benih kedelai varietas grobogan.
2. Terdapat pengaruh konsentrasi dan lama perendaman EMS pada pertumbuhan kedelai varietas grobogan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mendapatkan mutan kedelai varietas unggul. Sehingga para petani kedelai dapat meningkatkan produksi kedelai di Indonesia. Di samping itu, penelitian ini menambah pengetahuan tentang keefektifan EMS dapat menimbulkan variasi yang menguntungkan untuk perbaikan genetik kedelai. Jika ditemukan varietas baru tanaman kedelai, maka dapat meningkatkan jumlah plasma nutfah yang telah ada dan memberikan hasil yang baik bagi pertanian kedelai.

1.6. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Varietas kedelai yang digunakan adalah varietas Grobogan.
2. Variasi konsentrasi EMS yang digunakan adalah 0,03% ; 0,05% dan 0,07%.
3. Variasi lama perendaman EMS yang digunakan adalah 4, 6, dan 8 jam.
4. Parameter yang diamati adalah persentase perkecambahan, kecambah abnormal, berat kering kecambah, panjang hipokotil dan akar, serta pertumbuhan tanaman kedelai, yang meliputi tinggi tanaman (cm), jumlah daun, jumlah percabangan, luas daun rata-rata (cm^2), jumlah bintil akar, panjang akar (cm), berat kering akar (gr) dan berat kering total tanaman (gr).
5. Penyiraman tanaman pada masa pertumbuhan dilakukan dengan menggunakan cekaman 25% Kapasitas Lapang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Keislaman

2.1.1. Tanaman Berkecambah dalam Al-Qur'an

Di dalam Al-Qur'an telah disebutkan tentang ayat-ayat yang menjelaskan betapa besar kekuasaan Allah SWT. Sehingga apa yang diciptakan-Nya patut disyukuri dan dipelajari. Allah SWT menumbuhkan beranekaragam tanaman sebagaimana disebutkan dalam Al-Qur'an QS. Thaa-haa (20): 53, yang berbunyi:

ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُمُ ٱلۡأَرۡضَ مَهۡدٗا وَسَلَكَ لَكُمۡ فِيهَا سُبُلٗا وَأَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءٗ فَأَخۡرَجۡنَا بِهِۦٓ أَزۡوَٰجٗا مِّن نَّبَاتٖ شَتَّىٰ ٥٣

Artinya: "*Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-ja]an, dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam*."

Menurut tafsir Ibnu Katsir (2004), الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا *Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan."* Menurut sebagian ahli qira'at, dibaca مِهَادًا yakni hamparan yang kalian tinggal, berdiri, dan tidur diatasnya serta melakukan perjalanan diatas permukaannya. وَسَلَكَ لَكُمْ فِيْهَا سُبُلاً *"Dan yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan,"* yakni Dia telah membuatkan jalan bagi kalian yang kalian dapat berjalan di permukaannya.

{ وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَآءِ مَآءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّى**}** *"Dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam."* Yakni berbagai macam tumbuh-

tumbuhan berupa tanam-tanaman dan buah-buahan, baik yang asam, manis, maupun pahit, dan berbagai macam lainnya.

Hanya Allah SWT semata yang telah menjadikan bumi terbentang dan terhampar agar bisa dimanfaatkan dan didiami. Dia juga menurunkan hujan dari langit dan dari air hujan tersebut dapat tumbuh berbagai macam tumbuh-tumbuhan sebagai rizki yang bisa dimanfaatkan bagi kepentingan manusia dan hewan (Aljazairi, 2008).

Ayat diatas menjelaskan hubungan antara air dan pertumbuhan tanaman. Allah menurunkan air hujan dari atas langit dan dari air hujan tersebut tumbuhlah berbagai macam tumbuhan. Air adalah syarat utama bagi terwujudnya proses pertumbuhan. Pertumbuhan tanaman dimulai dengan proses penyerapan air oleh benih, melunaknya kulit benih dan hidrasi dari protoplasma, kegiatan-kegiatan sel dan enzim-enzim serta naiknya tingkat respirasi benih, kemudian terjadi penguraian bahan-bahan seperti karbohidrat, lemak dan protein menjadi bentuk-bentuk yang melarut dan ditranslokasikan ke titik-titik tumbuh dan akhirnya terjadi pembelahan, pembesaran dan pembagian sel-sel pada titik tumbuh (Sutopo, 2004). Dengan adanya air makan tumbuhlah berbagai macam tumbuh-tumbuhan.

2.1.2. Struktur Tanah dalam Al-Qur'an

Kedelai merupakan salah satu komoditas kacang-kacangan yang menjadi andalan nasional karena merupakan sumber protein nabati penting untuk diversifikasi pangan dalam mendukung ketahanan pangan nasional (Atman, 2008). Pertambahan penduduk dan berkembangnya industri pengolahan makanan yang berasal dari kedelai menyebabkan permintaan terhadap kedelai terus

meningkat. Untuk menekan laju impor kedelai, dapat dilakukan dengan meningkatkan produk dalam negeri, salah satunya adalah dengan perluasan areal tanam. Namun tidak semua lahan memiliki tingkat kesuburan yang tinggi, adapula lahan yang memiliki tingkat ketersediaan air yang rendah atau yang biasa disebut lahan kering. Seperti dalam Firman Allah SWT dalam QS. Al-A'raaf (7): 58 yang berbunyi:

وَٱلۡبَلَدُ ٱلطَّيِّبُ يَخۡرُجُ نَبَاتُهُۥ بِإِذۡنِ رَبِّهِۦۖ وَٱلَّذِي خَبُثَ لَا يَخۡرُجُ إِلَّا نَكِدٗاۚ كَذَٰلِكَ نُصَرِّفُ ٱلۡأٓيَٰتِ لِقَوۡمٖ يَشۡكُرُونَ ٥٨

Artinya: *Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur.*

Menurut tafsir Ibnu Katsir (2004), ayat ini وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ *"Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizing Allah."* Maksudnya, tanah yang baik akan menumbuhkan tumbuh-tumbuhan dengan cepat dan baik. Seperti firman Allah SWT, وَأَنْبَتَهَا نَبَاتًا حَسَنًا *"Allah menumbuhkannnya dengan pertumbuhan yang baik."* (QS. Ali-'Imran: 37). Firman-Nya وَالَّذِي خَبُثَ لاَ يَخْرُجُ إِلاَّ نَكِدًا *"Dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh susah payah."* Mujahid dan ulama lainnya mengatakan, seperti misalnya tanah yang berair (lembab serta asin) dan lain sebagainya.

Sedangkan menurut Abu Ja'far (2009) Allah berfirman, negeri yang baik itu tanahnya subur dan airnya segar. Tumbuh-tumbuhannya keluar apabila Allah menurunkan hujan dan mengirimkan kehidupan kepadanya dengan izin-Nya.

Tumbuh-tumbuhan itu mengeluarkan buah-buahan yang baik pada saat itu. Sedangkan tanah yang tidak subur dan airnya asin, maka tumbuh-tumbuhannya tidak keluar, melainkan sangat sulit.

Tanaman akan tumbuh subur pada tanah yang subur dengan seizin Allah SWT. Kalau Allah tidak mengizinkan berbagai halangan bisa muncul yang menyebabkan tanaman itu tidak tumbuh subur, walaupun ditanam pada tanah yang subur. Demikian pula sebaliknya, tanaman akan tumbuh tidak subur pada tanah yang tidak subur, kalau Allah tidak menghendaki yang lain. Dari segi ilmu tanah, wahyu Ilahi ini mengidentifikasikan tingkat kesuburan yang berbeda-beda mulai dari yang subur sampai yang tidak subur. Dari firman Allah ini dapat menjadi pemikiran, perhatian dan tanda-tanda bagi orang yang berfikir (Wasiaturrahman, 2008).

Grumosol merupakan tanah liat yang berat dengan keadaan litany lebih dari 30% kerap kali berwarna gelap. Jenis liat tanah grumosol yang terbanyak adalah liat maontmorilonit yaitu liat silikat tipe 2:1 yang mempunyai sifat mengembang bila basah dan mengkerut bila kering, sehingga dimusim hujan tanah lekat sekali, sedangkan dimusim kemarau tanah sangat keras dengan retakan-retakan yang mencapai kedalaman hingga 1 meter (Buringh, 1983).

Regosol merupakan tanah dimana perkembangan tanahnya selalu tergantung dari bahan induk dan topografi sehingga akan berpengaruh terhadap kesuburan, draenase, tekstur, struktur dan konsistensi partikel tanah. apabila bahan induk belum mengalami pelapukan, untuk mempercepat pelapukan diperlukan pemupukan bahan organic, pupuk kandang atau pupuk hijau (Munir, 1996).

Tanah mediteran mempunyai perkembangan profil, solum sedang hingga dangkal, warna coklat hingga merah, mempunyai horizon B argilik, tekstur geluh hingga lempung, struktur gumpal bersudut, konsistensi teguh dan lekat bila basah, pH netral hingga agak basa, kejenuhan basa tinggi, daya absorpsi sedang, permeabilitas sedang dan peka erosi, berasal dari batuan kapur keras (*limestone*) dan *tuf vulkanis* bersifat basa (Suhartono,2008).

2.2. Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merill)

2.2.1. Klasifikasi

Kedelai telah dibudidayakan sejak abad ke-17 dan telah ditanam di berbagai daerah di Indonesia. Daerah utama penanaman kedelai adalah Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, Aceh, Lampung, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara Barat (Kasno, 2007). Menurut Acquaah (2008), sistematika tumbuhan tanaman kedelai adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Subkelas : Rosidae

Ordo : Fabales

Famili : Fabaceae

Genus : Glycine

Spesies : *Glycine max* (L.) Merrill

Varietas : Grobogan

2.2.2. Morfologi

Kedelai merupakan tanaman dikotil semusim dengan percabangan sedikit, sistem perakaran akar tunggang, dan batang berkambium. Kedelai dapat berubah penampilan menjadi tumbuhan setengah merambat dalam keadaan pencahayaan rendah (Rukmana dan Yuniarsih, 1996). Kacang kedelai termasuk famili Leguminosae (kacang-kacangan). Pada akar tanaman kedelai terdapat bintil-bintil akar berupa koloni bakteri *Rhizobium japonicum*. Bintil akar akan terbentuk sekitar 10—20 hari setelah tanam (Suprapto, 2001). Kecambah kedelai tergolong epigeous, yaitu keping biji muncul di atas tanah. Warna hipokotil, yaitu bagian batang kecambah di bawah keping, ungu atau hijau yang berhubungan dengan warna bunga. Kedelai yang berhipokotil ungu berbunga ungu, sedangkan yang berhipokotil hijau berbunga putih.

Kedelai termasuk kedalam famili leguminosae sub famili papilionadeae dan genus glycine. Sesuai dengan aturan botani internasional, nama yang benar kedelai adalah *Glycine max* (L). Merril. Secara morfologi, pertumbuhan tanaman kedelai mencakup organ – organ seperti, akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji (Adisarwanto, 2008):

1. Akar dan Bintil Akar

Sistem perakaran tanaman kedelai terdiri dari akar tunggang. Akar sekunder yang tumbuh dari akar tunggang, serta akar cabang yang tumbuh dari akar sekunder. Akar tunggang merupakan perkembangan dari akar radikal yang sudah mulai muncul sejak masa perkecambahan. Pada kondisi yang sangat optimal, akar tunggang kedelai dapat tumbuh hingga kedalaman 2 meter.

Perkembangan akar tanaman kedelai dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, penyiapan lahan, tekstur tanah, kondisi fisik, dan kimia tanah, serta kadar air tanah. Salah satu dari sistem perakaran tanaman kedelai adanya interaksi simbiosis antara bakteri nodul akar (*Rhizobium japonicum*) dengan akar tanaman kedelai yang menyebabkan terbentuknya bintil akar. Bintil akar sangat berperan dalam proses fiksasi N2 yang sangat dibutuhkan tanaman kedelai untuk kelanjutan pertumbuhannya.

2. Batang

Pada tanaman kedelai dikenal dua tipe pertumbuhan batang, yaitu determinit dan indeterminit. Jumlah buku pada batang akan bertambah sesuai pertumbuhan umur tanaman, tetapi pada kondisi normal jumlah buku berkisar antara 15 – 20 buku dengan jarak antarbuku berkisar antara 2 – 9 cm. Batang pada tanaman kedelai ada yang bercabang dan ada pula yang tidak bercabang, tergantung dari karakter varietas kedelai, tetapi umumnya cabang pada tanaman kedelai berjumlah antara 1 – 5 cabang.

3. Daun

Daun kedelai hampir seluruhnya trifioliat (menjari tiga) dan jarang sekali mempunyai empat atau lima jari daun. Bentuk daun kedelai bervariasi, yakni antara oval dan lanceolate, tetapi untuk praktisnya di istilakan dengan berdaun lebar (*broad leaf*) dan berdaun sempit (*narrow leaf*). Di Indonesia berdaun sempit lebih banyak di tanam oleh petani dibandingkan dengan kedelai berdaun lebar, walaupun dari aspek penyerapan sinar matahari, tanaman kedelai berukuran lebar menyerap sinar matahari daripada yang berdaun sempit. Namun, keunggulan

tanaman kedelai berdaun sempit adalah sinar matahari akan lebih mudah menerobos di antara kanopi daun sehingga memacu pembentukan bunga.

4. Bunga

Tanaman kedelai memiliki bunga sempurna (*hermaphrodite*), yakni pada tiap kuntum bunga terdapat alat kelamin betina (Putik) dan kelamin jantan (benang sari). Bunga pada tanaman kedelai muncul/tumbuh pada ketiak daun, yakni setelah buku kedua, tetapi terkadang bunga dapat pula terbentuk pada cabang tanaman yang mempunyai daun. Hal ini karena sifat morfologi cabang tanaman kedelai serupa atau sama dengan morfologi batang utama. Pada kondisi lingkungan tumbuh dan populasi tanaman optimal, bunga akan terbentuk mulai tangkai daun yang paling awal. Dalam satu kelompok bunga, pada ketiak daunnya akan berisi 1 – 7 bunga, tergantung karakter dari varietas kedelai yang di tanam.

Bunga kedelai termasuk sempurna karena pada setiap bunga memiliki alat reproduksi jantan dan betina. Penyerbukan bunga terjadi pada saat bunga masih tertutup sehingga kemungkinan penyerbukan silang sangat kecil, yaitu hanya 0,1%, warna bunga kedelai ada yang ungu dan putih. Potensi jumlah bunga yang terbentuk bervariasi, tergantung dari varietas kedelai, tetapi umumnya berkisar antara 40 – 200 bunga pertanaman. Hanya saja, umumnya di tengah masa pertumbuhannya, tanaman kedelai kerap kali mengalami kerontokan bunga hal ini masi di kategorikan wajar bila kerontokan yang terjadi berada pada kisaran 20 – 40 %.

5. Buah

Buah atau polong kedelai berbentuk pipih dan lebar yang panjangnya 5 cm, warna polong kedelai bervariasi, bergantung pada varietasnya. Ada yang berwarna cokelat muda, cokelat, putih dan kuning kecokelatan (warna jerami). Disamping itu permukaan polong mempunyai struktur bulu yang beragam, warna bulu polong juga bervariasi, bergantung pada varietasnya. Ada yang berwarna cokelat, abu – abu, cokelat tua, cokelat kuning, dan putih. Polong kedelai bersusun bersegmen – segmen yang berisi biji. Jumlah biji dalam polong bervariasi antara 1 – 4 buah, bergantung pada panjang polong. Pada polong yang berukuran panjang, jumlah bijinya lebih banyak jika dibandingkan dengan polong yang pendek (Cahyono, 2007).

6. Biji

Bentuk biji kedelai tidak sama tergantung kultivar, ada yang berbentuk bulat, agak gepeng, atau bulat telur. Namun sebagian, besar biji kedelai berbentuk bulat telur. Ukuran dan warna biji kedelai juga tidak sama, tetapi sebagian besar berwarna kuning dengan ukuran biji kedelai yang dapat digolongkan dalam tiga kelompok, yaitu biji kecil (< 10 g/100 biji), berbiji sedang (10 – 12 gram/100 biji, dan berbiji besar (13 – 18 gram/100 biji) (Adisarwanto, 2008).

2.2.3. Varietas Grobogan

Varietas kedelai yang ada di Indonesia diantaranya adalah varietas Grobogan. Varietas Grobogan berasal dari pemurnian populasi Lokal Malabar Grobogan yang dilepas pada tahun 2008. Varietas ini berumur sekitar 76 hari dengan potensi hasil 3,40 ton/ha dan berbunga pada umur 30-32 hari. Tinggi

tnaman 50-60 cm dan bobot biji ± 18 g/100 biji. Selain itu, varietas ini mempunyai sifat polong masak tidak mudah pecah dan pada saat panen daun luruh 95–100%. Varietas Grobogan beradaptasi baik di beberapa kondisi lingkungan tumbuh yang berbeda cukup besar, pada musim hujan dan daerah beririgasi baik. Kandungan protein dari varietas ini adalah sebesar 43,9%, sedangkan untuk kandungan lemak sebesar 18,4% (Balitkabi, 2015).

Gambar 2.2.3. Kedelai Varietas Grobogan (Balitkabi, 2015)

2.2.4. Kecambah Normal dan Abnormal

Untuk evaluasi kecambah menurut Sutopo (1985), dapat digunakan kriteria sebagai berikut:

a) Kecambah normal

1. Kecambah yang memiliki perkembangan sistem perakaran yang baik terutama akar primer.
2. Perkembangan hipokotil yang baik dan sempurna tanpa ada kerusakan pada jaringan-jaringannya.
3. Pertumbuhan plumula yang sempurna dengan daun hijau dan tumbuh dengan baik di dalam atau pertumbuhan epikotil yang sempurna dengan kuncup yang normal.

4. Memiliki satu kotiledon untuk kecambah dari monokotil dan dua kotiledon dari dikotil.

b) Kecambah abnormal

1. Kecambah yang rusak, tanpa kotiledon, embrio yang pecah dan akar primer yang pendek.
2. Kecambah yang bentuknya cacat, perkembangannya lemah atau kurang seimbang dari bagian-bagian yang penting. Plumula yang terputar, hipokotil, epikotil, kotiledon yang membengkok, akar yang pendek. Koleoptil yang pecah atau tidak mempunyai daun dan kecambah yang kerdil.
3. Kecambah yang tidak membentuk klorofil.
4. Kecambah yang lunak.

c) Mati

Kriteria ini ditunjukkan untuk benih-benih yang busuk sebelum berkecambah atau tidak tumbuh atau tidak tumbuh dalam jangka waktu pengujian yang ditentukan, tetapi bukan dalam keadaan dorman.

d) Benih keras

Benih yang pada akhir uji daya perkecambahan tetap keras karena tidak menyerap air yang disebabkan karena kulit yang impermeable, dianggap benih yang berkulit keras.

e) Benih yang belum busuk tetapi tidak berkecambah

Benih *Leguminose, Gossypium sp. dan Hibiscus sp.* yang telah membengkak karena menyerap air tetapi belum berkecambah pada akhir pengujian.

2.2.5. Pengaruh Cekaman Kekeringan pada Tanaman Kedelai

Reaksi yang ditimbulkan tanaman dalam mengatasi masalah kekurangan air berbeda-beda tergantung jenis dan fase pertumbuhannya (Hopkins, 2008) serta tingkat stress yang diterima (Mullet dan Witshit 1996). Berbagai jenis tanaman dalam menghadapi kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan dihadapkan pada dua kemungkinan yaitu menghindar dan mentoleransi cekaman kekeringan (Hopkins, 2008).

Cekaman kekeringan akan mempengaruhi semua proses metabolik dalam tanaman yang berakibat pertumbuhan tanaman menurun. Pertumbuhan sel merupakan fase yang paling sensitif terhadap kekurangan air. Cekaman kekeringan dapat menghambat proses perkecambahan benih, menurunkan produksi bobot kering tanaman dan efisiensi penggunaan air (Kramer dan Kozlowski, 1979).

Rendahnya ketersediaan air menyebabkan suplai air di daerah perakaran semakin berkurang sehingga menghambat proses penyerapan air oleh akar tanaman karena potensial air (φw) tanah lebih rendah daripada potensial air (φw) pada tubuh tanaman (Budianto dkk, 1984). Hal itu menyebabkan terjadinya kavitasi xylem sehingga dinding sel akan menebal oleh lignifikasi atau suberasi untuk mengurangi air yang hilang. Selain penebalan dinding sel, akan terbentuk

rongga antar sel di dalam jaringan korteks yang menunjukkan belum terpenuhinya kebutuhan akar tanaman terhadap oksigen. Cekaman kekeringan juga dapat menurunkan diameter xylem pada tanaman kedelai sehingga aliran air dari akar ke batang terhambat (Vasellati dkk, 2001).

Menurut Arifin (2002) pada tanaman kacang hijau cekaman kekeringan berpengaruh pada tiga fase perkembangan polong. Cekaman kekeringan pada ketiga fase tersebut mempunyai dampak yang nyata terhadap penurunan hasil polong, hasil biji dan total berat kering tanaman. Sedangkan cekaman yang terjadi pada fase pembungaan tidak berpengaruh nyata pada hasil polong dan hasil biji. Pada fase perkembangan polong cekaman dapat menurunkan perkembangan polong. Respon yang lain adalah masa pembungaan tanaman berlangsung lebih awal.

Tinggi tanaman, luas daun dan bobot tanaman merupakan ukuran pertumbuhan tanaman yang dapat dilihat dari pertambahan ukuran tanaman. Hal ini diawali dari perbanyakan atau pembelahan sel. Pembesaran dan pembelahan sel hanya dapat terjadi pada tingkat turgiditas sel yang tinggi (Kremer, 1983). Pada sel yang sedang tumbuh, air menciptakan penggelembungan (*turgidity*) sel, sehingga menampakkan bentuk dan strukturnya (Noggle, 1986).

Menurut Mackill (1996), mekanisme sifat perakaran dalam hubungannya dengan ketahanan kekeringan dapat dijelaskan sebagai berikut: 1) Perakaran yang dalam dan padat berpengaruh terhadap penyerapan air dengan besarnya tempat penampungan air tanah, 2) Besarnya daya tembus (penetrasi) akar pada lapisan tanah keras meningkatkan penyerapan air pada kondisi dimana penampungan air

tanah dalam, 3) Penyesuaian tegangan osmosis akar meningkatkan ketersediaan air tanah bagi tanaman dalam kondisi kekurangan air.

Pengaruh cekaman kekeringan pada tanaman kedelai tergantung pada varietas, besar dan lamanya cekaman dan masa pertumbuhan tanaman. Tingkat toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan dapat diketahui dengan mengamati perkembangan akar untuk membedakan tanaman yang tahan atau peka terhadap kekeringan (Vallejo dan Kelly, 1998 dalam Hanum, 2007).

2.3. Induksi Mutasi

Mutasi merupakan perubahan materi genetik suatu makhluk yang terjadi secara tiba-tiba, acak, dan merupakan dasar bagi sumber variasi organisme hidup yang bersifat terwariskan (Girija dan Dhanavel, 2009). Peristiwa terjadinya mutasi disebut mutagenesis. Makhluk hidup yang mengalami mutasi disebut mutan dan faktor penyebab mutasi disebut mutagen (Shah *et al*., 2008). Pada tanaman, induksi mutasi dapat diterapkan untuk memperoleh variasi baru yang bertujuan untuk perbaikan sifat genetik tanaman. Perbaikan sifat genetik suatu tanaman dapat dilakukan dengan cara konvensional maupun buatan. Mutasi secara buatan biasanya memakai suatu mutagen. Terdapat dua jenis mutagen yang digunakan, yaitu mutagen kimia dan fisika. Pada tumbuhan, mutagen kimia yang biasa digunakan adalah *ethyl methanesulfonate* (EMS), *diethyl sulfate* (DES), *methyl methanesulfonate* (MMS), *hydroxylamine*, *sodium azida* dan sebagainya. Senyawa-senyawa tersebut menyebabkan mutasi titik (Soeranto, 2003). Senyawa lainnya seperti kolkisin, orizalin (Wan *et al*., 1991) dan kafein (Samuels dan Staehelin, 1996) menyebabkan mutasi kromosom yaitu bertambahnya set

kromosom. Mutagen fisika yang biasa digunakan adalah sinar gamma (Soedjono, 2003).

Penggunaan mutagen kimia dan fisika dalam perbaikan sifat genetik suatu tanaman seperti kolkisin, EMS, MMS serta sinar gamma juga telah banyak dilaporkan. Pemberian kolkisin 1% menyebabkan variasi bentuk, ukuran, dan jumlah pada kromosom ujung akar bawang merah (Suminah *et al*., 2002). Penggunaan EMS sebagai mutagen pada tanaman cabai juga telah banyak dilakukan, misalnya pada sweet pepper dengan EMS 1% selama 3-9 jam merangsang ketahanan terhadap penyakit *powdery mildew*. Setelah dilakukan skrining pada populasi besar generasi M2 ditemukan tiga tanaman resisten.

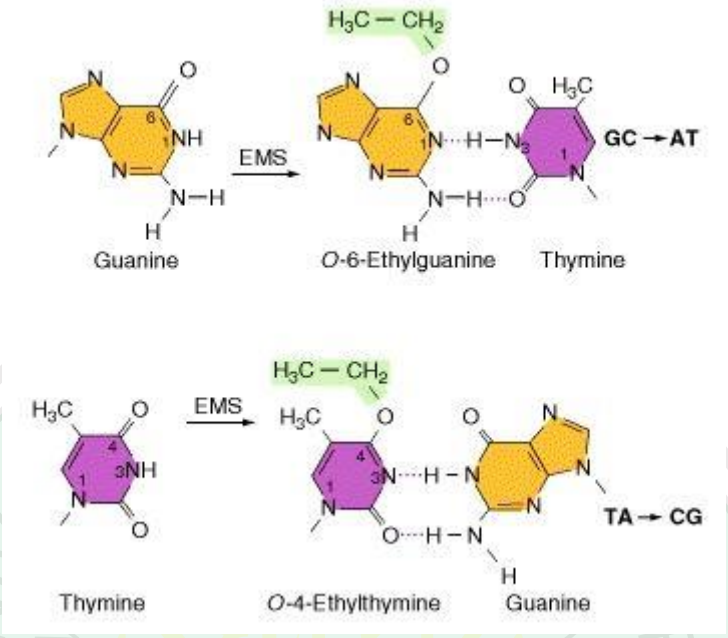
Progeni tanaman ini terdiri dari tanaman yang mengekspresikan derajat resistensi yang berbeda. Pemilihan berikutnya dilakukan hingga generasi M8 pada tanaman resisten yang terus dikembangkan (Todorova dan Daskalov, 1979). Selain pada cabai, EMS sebagai mutagen juga digunakan pada tanaman lain seperti pada *Arabidopsis* yang menghasilkan mutan dengan daun variegata (Chen *et al*., 2000). Mutagen fisika seperti sinar gamma juga telah banyak digunakan dalam pemuliaan tanaman. Salah satunya iradiasi dosis 700-800 Gy dan 140 Gy sinar gamma terhadap biji *Brassica oleracea* L. var. acephala (kubis) yang meningkatkan produksi, serta tahan patogen dan genjah (Itoh *et al*., 1991; Abraham dan Bhatia, 1994). Dibandingkan dengan mutagen lain, EMS merupakan senyawa kimia yang paling banyak digunakan sebagai mutagen kimia dan terbukti efektif dapat menyebabkan mutasi titik pada berbagai tanaman selain murah dan mudah diperoleh jika dibandingkan dengan senyawa kimia lainnya.

Mutasi titik merupakan perubahan kimiawi pada satu atau beberapa pasangan basa dalam satu gen (Van Harten, 1998).

2.4. Ethyl Methanesulfonate (EMS)

Mutasi dapat terjadi secara spontan di alam (*spontaneous mutation*) dan dapat terjadi melalui induksi (*induced mutation*). Secara mendasar tidak terdapat perbedaan antara mutasi yang terjadi secara alami dan mutasi hasil induksi. Keduanya dapat menimbulkan variasi genetik untuk dijadikan dasar seleksi tanaman. Mutasi induksi dapat dilakukan pada tanaman dengan perlakuan bahan mutagen tertentu terhadap organ reproduksi tanaman seperti biji, stek batang, serbuk sari, akar rizome, kalus dan sebagainya (Soeranto, 2003). Aplikasi mutagen secara *in vitro* telah lazim digunakan dalam metode mutasi buatan seiring dengan keberhasilan aplikasi teknik perbanyakan *in vitro* pada berbagai jenis tanaman. Prinsip dasar mutasi *in vitro* adalah meningkatkan frekuensi variasi somaklonal dan meningkatkan efektifitas variasi somaklonal sehingga keragaman genetik tanaman diharapkan akan meningkat (Priyono *et al*., 2002).

Mutagen yang sering digunakan dalam pemuliaan tanaman yaitu mutagen kimia dan mutagen fisik. Mutagen kimia pada umumnya berasal dari senyawa alkyl seperti *ethyl methana sulphonate* (EMS), *diethyl sulphonate* (DES), *methyl methana sulphonate* (MMS), *hydroxylamine, nitrous acid* dan sebagainya. Salah satu mutagen kimia yang secara bersama-sama dapat digunakan dalam kultur *in vitro* adalah *ethyl methanasulphonate* (Soeranto, 2003).



Gambar 2.4. Alkilasi oleh EMS pada posisi O-6 guanin dan posisi O-4 timin, sehingga terjadi kesalahan pasangan basa (*mispairing*) (AJF, 1999)

Ethyl methanesulfonate merupakan senyawa kimia yang dapat menyebabkan mutasi pada tingkat DNA dengan mengubah basa-basa DNA. EMS memiliki rumus kimia $C_3H_8SO_3$ (Russell, 1992). Mutagen kimia EMS merupakan salah satu zat kimia yang termasuk dalam golongan agen alkilasi yang dapat menyebabkan mutasi titik. Mutasi titik terjadi pada sebuah basa yang dapat berupa insersi, delesi, transversi, atau transisi basa. Insersi dan delesi pada satu atau lebih basa dapat menyebabkan perubahan urutan pembacaan sehingga mengubah susunan asam amino. Transisi dan transversi menyebabkan perubahan ekspresi asam amino. EMS akan mengikatkan gugus etilnya pada DNA guanin (G) pada posisi 7-N dan 6-O yang akan membentuk gugus O6-etilguanin. Terjadinya etilasi ini menyebabkan kesalahan pemasangan basa ketika replikasi, sehingga menyebabkan mutasi acak pada rantai DNA (Sambrook dan Russell, 2001).

Ethyl Methana Sulphonate (EMS) merupakan sejenis mutagen kimiawi yang dapat menyebabkan proses alkilasi yang efektif dalam menginduksi permutasian berbagai jenis organisme (Priyono *et al*., 2002). Mutasi dengan menggunakan mutagen kimia EMS telah banyak dilakukan pada berbagai spesies tanaman. EMS merupakan kelompok alkil yang dapat mengubah basa-basa DNA (guanine dan timin) menjadi basa lain dan akan berpasangan dengan basa yang berbeda sehingga terjadi transisi (Purwati *et al*., 2008).

Dibandingkan dengan mutagen kimia lainnya, EMS paling banyak digunakan karena mudah dibeli, murah harganya dan tidak bersifat mutagenik setelah terhidrolisis (Van Harten, 1998). Peningkatan keragaman genetika tanaman dengan induksi EMS telah berhasil dilakukan pada berbagai spesies tanaman, seperti, tembakau, Arabidopsis (Chen *et al.*, 2000), dan kubis bunga (Purwati *et al.*, 2008).

2.5. Mutasi dengan Ethyl Methanesulfonate (EMS)

Beberapa peneliti melaporkan telah dihasilkan mutan dengan menggunakan EMS, seperti peningkatan keragaman dan resistensi pisang terhadap virus (Imelda *et al*., 2000), keragaman varian abaka (Purwati *et al*., 2008), pembentukan maksimal embrio pada loquat (Hong *et al*., 2011). Beberapa kultivar tanaman hasil mutasi dengan EMS telah dirilis di beberapa negara. Kultivar-kultivar tersebut diantaranya *Allium sativum* (bawang putih) yang telah dirilis sebagai varietas di Cina. Mutan dihasilkan dengan perlakuan 0,03-0,06% EMS terhadap subang dari bawang, mutan ini dilaporkan meningkatkan produksi dan jumlah umbi (Novax *et al*., 1984; Selvaraj *et al*., 2001). Mutan lain yang telah

dirilis sebagai varietas adalah *Solanum melongena* L. (terung), yang telah dirilis satu di India dan tiga di Italia. Mutan didapatkan dari perlakuan EMS terhadap biji, mutan ini dapat meningkatkan produksi, dan tanaman agak kerdil (Zeerak, 1991).

Mutagen kimia EMS telah terbukti lebih efektif dan efisien daripada mutagen fisika pada tanaman kacang tunggak (*Vigna unguiculata* L. Walp) yang menghasilkan lebih banyak mutan yang viabel daripada penggunaan sinar gamma (Girija dan Dhanavel, 2009). Penelitian dengan menggunakan EMS telah banyak dilakukan umumnya memiliki perbedaan pada rentang waktu dan konsentrasi EMS yang digunakan. Purwati *et al*. (2008) merendam kalus embriogen abaka dalam EMS konsentrasi 0%, 0,3%, 0,4%, 0,5% dan 0,6% yang digoyang selama 2 jam dengan kecepatan 60 rpm yang menghasilkan daun variegate dan berbagai kelainan morfologi daun. Penelitian lain pada biji *Sonchus arvensis* L. menggunakan konsentrasi 0,3%, 0,6%, 0,9%, 1,2%, 1,5% dan 1,8% EMS selama 4 jam melaporkan dosis EMS 0,9%-1,2% dapat menimbulkan mutasi tanpa mengurangi jumlah tanaman yang mampu berbunga 50%, serta menghasilkan mutasi warna daun (kimera) (Poerba, 2000).

Ethyl methanesulfonate sebagai mutagen juga dilaporkan pada beberapa penelitian seperti pada tanaman krisan ditemukan sebanyak 48 mutan (5,2%) dari 910 tanaman dengan warna petal yang menyimpang yaitu pink-salmon, warna pink bercahaya, perunggu, putih, kuning dan salmon pada EMS konsentrasi 0,77% selama 1 jam (Latado *et al*., 2004). Penelitian pada kedelai yang menggunakan 1-30 mM EMS menunjukkan polimorfisme dalam jaringan kedelai,

hasil ini nantinya berguna dalam mendeteksi mutasi dalam kultur embriogenik kedelai melalui penanda RAPD (Hofmann *et al*., 2004).

2.6. Keragaman Genetik

Dalam menyeleksi karakter tanaman, pengamatan utama adalah pada keragaman genetik, heritabilitas, dan kemajuan genetik. Seleksi akan efektif jika nilai kemajuan genetik tinggi yang ditunjang oleh nilai keragaman genetik dan haritabilitas yang tinggi (Heliyanto *et al*., 1998). Karakter yang mempunyai nilai heritabilitas tinggi menunjukkan bahwa faktor genetik lebih dominan terhadap karakter yang ditampilkan tanaman karena faktor genetiknya memberi sumbangan yang lebih besar daripada faktor lingkungan dan seleksi terhadap karakter ini dapat dimulai pada generasi awal (Wicaksana 2001; Rachmadi *et al*., 1990).

Apabila suatu karakter memiliki keragaman genetik cukup tinggi maka keragaman karakter tersebut antarindividu dalam populasinya akan tinggi pula sehingga seleksi akan lebih mudah untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan (Heliyanto *et al*., 2000). Keragaman genetik luas diartikan bahwa seleksi yang tepat terhadap karakter tersebut berlangsung efektif dan mampu meningkatkan potensi genetik karakter pada generasi selanjutnya (Zen, 1995).

Keragaman genetik merupakan basis untuk melakukan seleksi agar bisa memperoleh alel unggul pada tanaman dengan sifat seperti toleran kekeringan, umur genjah, dan tahan terhadap penyakit. Respon genotipe yang tidak konsisten terhadap lingkungan seperti temperatur, jenis tanah, dan lokasi merupakan fungsi interaksi genotipe x lingkungan (G x E). Interaksi G x E dapat didefinisikan sebagai respon genotipe yang berbeda terhadap lingkungan (Roy, 2000).

Perkembangan suatu varietas modern tergantung pada ketersediaan keragaman genetik yang bersumber dari varietas tradisional yang tumbuh dan terseleksi selama beberapa generasi oleh petani dan sejumlah spesies liar.

Fenotip adalah penampilan organisme (individu) tersebut atau dapat disimpulkan sebagai jumlah total seluruh karakter atau sifat, misalnya warna, bentuk, tabiat, kerangka dan lain sebagainya (Pane, 1993).

Pada dasarnya keragaman fenotip (VP) yang merupakan keragaman yang dapat diamati disebabkan oleh adanya keragaman genetik (VG) dan keragaman lingkungan (VE). Secara matematika keragaman fenotip dapat dituliskan dengan rumus VP = VG + VE. Sumber keragaman lainnya adalah keragaman yang timbul akibat interaksi antara faktor genetik dengan faktor lingkungan V= G X E. Keragaman genetik dapat disebabkan gen-gen aditif (VA) dan juga oleh yang tidak aditif (Vn). Aksi gen yang tidak aditif bisa disebabkan oleh aksi gen dominan (VD) dan aksi gen epistasis (VI).

$$VP = VA + VD + VG+E + VE + VI$$

Keragaman lingkungan (VE) dapat disebabkan oleh faktor iklim, cuaca, makanan, penyakit dan sistem manajemen (Noor, 2000).

2.7. Seleksi.

Seleksi merupakan suatu proses proses pemuliaan tanaman dan merupakan dasar dari seluruh perbaikan tanaman untuk mendapatkan kultivar unggul baru. Tiga fase penting dalam kegiatan pemuliaan tanaman, yaitu: (1) menciptakan keragaman genotip dalam suatu populasi tanaman, (2) menyeleksi genotip yang mempunyai gen-gen pengendali karakter yang diinginkan, dan (3) melepas

genotipe / kultivar terbaik untuk produksi tanaman. Seleksi yang artinya memilih dilakukan pada setiap tahap program pemuliaan, seperti: memilih plasma nutfah yang akan dijadikan tetua, memilih metode pemuliaan yang tepat, memilih genotype yang akan diuji, memilih metode pengujian yang tepat, dan memilih galur yang akan dilepas sebagai varietas. Seleksi dapat dilakukan secara efektif pada populasi tergantung pada tempat dan waktu. Perbaikan tanaman pada dasarnya tergantung dari penyusun suatu populasi yang terdiri dari individu-individu dengan genetik berbeda. Seleksi pada umumnya dilakukan untuk memilih tanaman sebagai tetua / parental, dan mencegah tanaman lain yang berpenampilan kurang baik sebagi tetua. Strategi perbaikan populasi ini terdiri dari dua pekerjaan yang berlawanan, yaitu: a) pengumpulan atau mempertahankan keragaman di dalam populasi, dan b) seleksi yang mengarah pada pengurangan keragaman (Sudarka, 2009).

Menurut Phoespodarsono (1988), seleksi merupakan proses yang individu atau kelompok tanaman dipisahkan dari populasi dasar; seleksi dapat terjadi secara alami atau buatan. Seleksi akan efektif apabila keragaman dalam suatu populasi sebagaian besar dipengaruhi oleh faktor genetik, yang diekspresikan sebagai keragaman fenotip, sementara penampilan suatu sifat tidak dapat dikatakan secara mutlak akibat faktor lingkungan atau faktor genetik. Dengan demikian harus dapat dibedakan apakah keragaman yang diamati pada suatu sifat itu terutama disebabkan oleh faktor genetik atau faktor lingkungan. Karena itu, tanpa berpedoman pada parameter genetik, seleksi secara visual belum tentu memberikan hasil yang memuaskan (Bahar, 1993).

Menurut Allard (1992) bahwa dalam seleksi, ada dua hal yang sangat penting, yaitu: (1) seleksi dapat bekerja secara efektif hanya dalam perbedaan karakter yang dapat diwariskan, (2) seleksi tidak dapat menciptakan variabilitas tetapi hanya bekerja pada sifat yang telah ada.

Dalam program pemuliaan tanaman, kegiatan seleksi dimaksudkan untuk memperbesar peluang mendapatkan kultivar / klon unggul sehingga perlu dilakukan uji sebanyak mungkin terhadap genotip-genotip baru. Perbaikan genotip tanaman pada dasarnya tergantung pada tersedianya suatu populasi yang individunya mempunyai susunan genetis yang berbeda dan keefektifan seleksi terhadap populasi tersebut. Seleksi merupakan kegiatan utama dalam setiap program pemuliaan tanaman, seperti memilih plasma nutfah yang digunakan sebagai tetua, memilih metode pemuliaan yang tepat, memilih genotip yang akan diuji, memilih cara pengujian yang akan dipakai, dan memilih klon yang akan dilepas (Makmur, 1992).

Agar seleksi dapat memberikan hasil yang diharapkan, maka populasi yang akan diseleksi, harus mempunyai keragaman genetik yang cukup besar dan terdapat anggota-anggota populasi yang mempunyai sifat tertentu yang lebih baik daripada varietas yang sudah diusahakan atau ukuran populasi cukup besar sehingga memberikan keleluasaan untuk memilih atau menyeleksi. Agar populasi seleksi dapat berjalan dengan baik kea rah sasaran yang diharapkan, diperlukan pengetahuan tentang sifat-sifat daripada varietas yang akan dijadikan tetua persilangan (Lamadji, 1980).

Seleksi terbagi menjadi dua bagian, yaitu (Soepomo, 1968):

a) Seleksi massa

Seleksi massa merupakan metode tertua. Metode ini tetap digunakan sampai saat ini dalam usaha meningkatkan sifat yang ada atau untuk memperoleh varietas baru. Walaupun ini disebut seleksi massa, namun pemilihan tetap dilakukan terhadap individu tanaman pada sifat yang diinginkan untuk generasi berikutnya. Seleksi ini dapat dilakukan satu generasi atau dilakukan pada generasi berurutan, sehingga diperoleh suatu populasi yang sifatnya sesuai dengan tingkat yang diinginkan. Seleksi tanaman didasarkan atas fenotipnya. Agar seleksi efektif, dibutuhkan pengalaman atau kemampuan pendugaan hingga dapat menilai fenotip yang tidak menyimpang jauh dari nilai genotip. Metode ini juga digunakan untuk memurnikan varietas dengan menghilangkan tipe-tipe yang menyimpang.

b) Seleksi galur murni

Seleksi galur murni ialah menyeleksi tanaman yang tumbuh bercampur untuk memperoleh tanaman murni yang lebih baik daripada rata-rata populasi campuran tadi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan menggunakan 2 faktor, yaitu sebagai berikut:

a. Faktor pertama adalah konsentrasi EMS yang terdiri dari 4 taraf, yaitu:

   K_0 = 0%

   K_1 = 0,03%

   K_2 = 0,05%

   K_3 = 0,07%

b. Faktor kedua adalah lama perendaman dalam EMS yang terdiri dari 3 taraf, yaitu:

   L_1 = 4 jam

   L_2 = 6 jam

   L_3 = 8 jam

Dengan demikian dalam penelitian ini terdapat 12 kombinasi perlakuan, yaitu 4 x 3 unit perlakuan dengan kombinasi sebagai berikut:

Tabel 3.1. Kombinasi perlakuan antara konsentrasi dan lama perendaman EMS

Lama Perendaman (L)	Konsentrasi (K)			
	K_0	K_1	K_2	K_3
L_1	L_1K_0	L_1K_1	L_1K_2	L_1K_3
L_2	L_2K_0	L_2K_1	L_2K_2	L_2K_3
L_3	L_3K_0	L_3K_1	L_3K_2	L_3K_3

Perlakuan dalam penelitian ini dilakukan dengan 3 kali ulangan, maka secara keseluruhan terdapat 36 kombinasi perlakuan per-unit percobaan.

3.2. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai dengan November 2015 yang bertempat di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan dan *Greenhouse* Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas: Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi konsentrasi EMS yang terdiri atas 0% ; 0,03% ; 0,05% dan 0,07% serta lama perendaman dalam EMS yang terdiri dari 4 jam, 6 jam dan 8 jam.
2. Variabel terikat: Variabel terikat dalam penelitian ini adalah daya berkecambah, kecambah abnormal, panjang hipokotil, panjang akar kecambah, berat kering kecambah, tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah percabangan, luas daun rata-rata, panjang akar, jumlah bintil akar, berat kering akar, dan berat kering total tanaman.

3.4. Alat dan Bahan

3.4.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas ukur, labu ukur, gelas beaker, pinset, tabung reaksi, spatula, penggaris, alat tulis, pipet tetes, mikropipet, pipet tip, pH meter, nampan, tali rafia, polybag dan kamera.

3.4.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah biji kedelai varietas Burangrang, Grobogan dan Dering 1 yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI), Ethyl methanesulfonate (EMS), aquades, kertas merang, plastik, media tanam, pupuk, dan kertas label.

3.5. Prosedur Penelitian

3.5.1. Pembuatan larutan EMS

Pembuatan EMS dilakukan dengan menggunakan larutan buffer posfat pH 7 sebagai pelarut. Terdapat beberapa konsentrasi yang akan digunakan, yaitu EMS 0,03% ; 0,05% dan 0,07% dengan cara mengambil 0,03 ml, 0,05 ml dan 0,07 ml EMS dan masing-masing konsentrasi dijadikan 100 ml dengan menambahkan buffer posfat pH 7. Sedangkan untuk kontrol menggunakan larutan buffer pH 7 100 ml tanpa penambahan EMS.

3.5.2. Perlakuan biji kedelai dengan EMS

Biji kedelai diseleksi dengan cara direndam dalam air bersih selama 1 jam, kemudian dipilih biji kedelai yang tenggelam. Biji kedelai yang telah diseleksi direndam dengan EMS 0,03% ; 0,05% dan 0,07% masing-masing 100 biji selama 4 jam, 6 jam dan 8 jam. Perlakuan dilakukan pada temperatur ruang. Sebagai kontrol (0% EMS) adalah 100 biji yang direndam dalam buffer fosfat pH 7. Biji kedelai selanjutnya dibilas dengan aquades untuk menghilangkan sisa-sisa mutagen (Narayanan and Konzak, 1969). Setiap kombinasi perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.

3.5.3. Uji perkecambahan

Pengujian daya kecambah dilakukan dengan metode UKDdp (Uji Kertas Digulung dalam plastik) (Sadjad, 1975) sebanyak 3 kali ulangan setiap kombinasi perlakuan biji kedelai, yakni dengan menggunakan substrat kertas merang:

a) Disiapkan 5 lembar kertas merang dengan ukuran persegi panjang dan diletakkan diatas nampan, kemudian dibasahi dengan air, tujuannya adalah agar kertas merang lembab sehingga biji kedelai akan mampu menyerap air dan tidak mengalami kekeringan pada saat berkecambah.
b) Diletakkan 3 lembar kertas merang sebagai alas substrat pada tempat yang datar.
c) Diambil 50 biji kedelai yang sudah direndam dalam larutan EMS sesuai dengan kombinasi perlakuan. Disusun sedemikian rupa sehingga memberi kesempatan setiap benih untuk tumbuh bebas dengan akar primer kebawah.
d) Diambil 2 lembar kertas merang sebagai penutup substrat.
e) Digulung substrat sesuai dengan metode UKDdp.
f) Dimasukkan substrat kedalam plastik dan diikat dengan karet.
g) Diletakkan diatas nampan dengan posisi berdiri untuk proses perkecambahan.

Pengamatan terhadap uji daya kecambah meliputi persentase viabilitas perkecambahan dan waktu perkecambahan:

1. Persentase daya berkecambah

   Pengamatan perkecambahan dilakukan pada waktu kecambah berumur 7 hari setelah tanam (HST), setiap ulangan dihitung sebagai berikut:

$$\% \text{ DK} = \frac{\sum \text{KN}}{\sum \text{TB}} \times 100\%$$

Keterangan:

% DK : Persentase daya kecambah

∑ KN : Jumlah kecambah normal sampai pada hari ke-7

∑ TB : Jumlah total benih yang dikecambahkan

2. Panjang hipokotil

Panjang hipokotil diukur dari pangkal kotiledon tempat pertama munculnya hipokotil hingga pangkal akar tumbuh dengan menggunakan penggaris.

3. Panjang akar

Panjang akar diukur dari pangkal akar hingga ujung akar dengan menggunakan penggaris.

4. Berat basah kecambah

Berat basah kecambah dilakukan dengan menimbang berat kecambah pada saat kondisi kecambah masih segar dengan menggunakan timbangan analitik.

5. Berat kering kecambah

Berat kering kecambah dilakukan dengan menimbang berat kecambah setelah kecambah dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 80^{o}C selama 48 jam.

3.5.4. Penanaman

Media tanam yang digunakan adalah media tanah yang telah dicampur pupuk NPK dengan perbandingan 1:1:1. Sebelum dimasukkan di polybag, tanah dikeringkan dan dihaluskan, kemudian tanah dimasukkan ke dalam polybag dengan berat 7 kg per polybag. Berat tanah 7 kg ini ditetapkan berdasarkan asumsi bahwa berat tanah lapisan olah dalam satu hektar adalah 2 juta kg (Harsono, 2005) dan populasi optimal kedelai per hektar 255 ribu tanaman (Irwan, 2006).

Sebelum dilakukan penanaman, media tanam disiram dengan air pada kondisi kapasitas lapang 100% KL. Penanaman biji kedelai dilakukan dengan menanam 4 biji kedelai dalam setiap polybag dengan kedalaman ±3 cm. Penanaman dilakukan pada sore hari secara serentak dalam 1 hari. Setelah biji kedelai mencapai fase kecambah akhir, jumlah air untuk penyiraman disesuaikan dengan perlakuan cekaman kekeringan.

3.5.5. Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, pengendalian gulma, hama dan penyakit dilakukan secara intensif. Penyiraman dilakukan dua hari sekali dengan jumlah air sesuai dengan ketentuan perlakuan cekaman kekeringan. Menurut Somaatmadja (1985), kebutuhan air tanaman kedelai umur sedang (85 hari) pada setiap periode tumbuh adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2. Kebutuhan air tanaman kedelai pada setiap periode tumbuh

Stadia tumbuh	**Periode (Hari)**	**Kebutuhan air (mm / periode)**
Pertumbuhan awal	15	53 - 62
Vegetatif aktif	15	53 – 62
Pembuahan – pengisian polong	35	124 - 143
Kematangan biji	20	70 - 83

Penjarangan dilakukan dengan menyisakan 3 tanaman yang pertumbuhannya baik. Pengendalian gulma dilakukan jika terdapat tanaman lain yang hidup dan tumbuh di sekitar tanaman langsung dicabuti. Hama yang biasa menyerang tanaman kedelai adalah kutu kebul (*Bemisia tabaci* Genn.), kutu kebul disemprot dengan insektisida kimia dua kali dalam seminggu. Mengikat batang tanaman pada ajir atau tongkat dengan menggunakan tali rafia agar tanaman dapat berdiri tegak.

Kebutuhan air pada kedelai berkisar 300-350 ml per musim tanam. Pengairan diberikan sesuai dengan penetapan jumlah pemberian air pada kondisi kapasitas lapang, yaitu 100% KL dan 25% KL. Cara mempertahankan dan menghitung kadar air kapasitas lapang menggunakan metode gravimetri.

3.5.6. Pengamatan

Dalam kegiatan ini, pengamatan yang akan diteliti meliputi tinggi tanaman, jumlah percabangan, jumlah daun, dan luas daun rata-rata, panjang akar, jumlah bintil akar, berat kering akar dan berat kering total tanaman.

1. Tinggi tanaman

   Diukur menggunakan penggaris, diukur mulai dari permukaan media pada pangkal batang pertama sampai ujung tanaman (titik tumbuh) dan dilakukan pada hari ke-75 HST.

2. Jumlah daun (helai)

   Dihitung jumlah seluruh daun yang telah membuka sempurna pada tiap tanaman.

3. Jumlah percabangan

   Dihitung semua cabang yang telah terbentuk pada tanaman yang ditandai dengan telah terbentuknya dua daun sempurna dan dilakukan pada hari ke-75 HST.

4. Luas daun rata-rata

   Diukur panjang dan lebar masing-masing daun dengan menggunakan penggaris, kemudian dirata-rata luas daun pada tiap tanaman.

5. Panjang akar

   Diukur panjang akar mulai dari pangkal akar hingga ujung akar dengan menggunakan penggaris.

6. Jumlah bintil akar

   Dihitung jumlah bintil pada setiap akar tanaman.

7. Berat kering akar

   Berat kering akar dilakukan dengan menimbang berat akar setelah akar dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 80^{o}C selama 48 jam.

8. Berat kering total tanaman

Berat kering total tanaman dilakukan dengan menimbang berat akar dan tajuk setelah dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 80^{o}C selama 48 jam.

3.6. Teknik Analisis Data

Data yang telah diperoleh dari hasil perlakuan dianalisis dengan teknik analisis variansi (ANAVA) dua jalur untuk mengetahui pengaruh konsentrasi EMS dan lama perendaman dalam EMS terhadap viabilitas dan perubahan morfologi kedelai. Apabila terdapat pengaruh yang signifikan antar perlakuan, maka perlu dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji perbandingan UJD (DMRT) pada taraf 5% untuk mengetahui perlakuan yang paling baik.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman EMS Terhadap Perkecambahan Benih Kedelai Varietas Grobogan

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) menunjukkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ 5% yang berarti terdapat pengaruh konsentrasi dan lama perendaman EMS terhadap semua variabel yang meliputi persentase daya berkecambah, kecambah abnormal, panjang hipokotil, panjang akar kecambah, dan berat kering kecambah. Selanjutnya uji lanjut *Duncan Multiple Range Tests* (DMRT) 5% yang disajikan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman EMS Terhadap Perkecambahan Benih Kedelai Varietas Grobogan

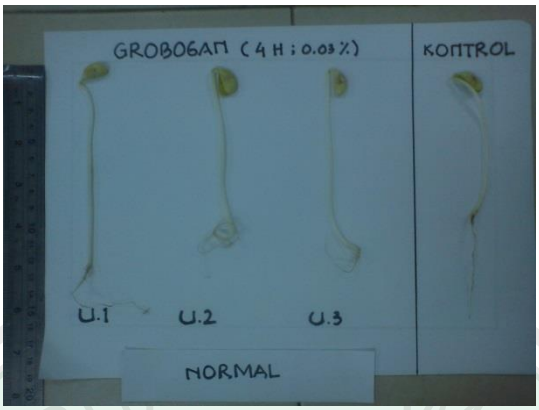
Perlakuan	Daya Kecambah (%)	Kecambah Abnormal (%)	Panjang Hipokotil (cm)	Panjang Akar Kecambah (%)	Berat Kering Kecambah (gr)
Kontrol	46.00 g	12.00 a	2.04 a	1.05 a	0.68 abc
0,03% + 4 Jam	48.67 g	51.33 b	6.28 d	5.38 e	4.64 f
0,05% + 4 Jam	11.33 cde	88.67 def	2.21 a	0.73 a	1.25 c
0,07% + 4 Jam	34.67 f	65.33 c	6.20 d	2.96 bc	2.81 de
0,03% + 6 Jam	18.67 e	81.33 d	3.38 ab	2.05 b	2.14 d
0,05% + 6 Jam	13.33 de	86.67 de	5.80 d	3.48 cd	1.17 bc
0,07% + 6 Jam	2.67 abc	97.33 fg	2.06 a	0.86 a	0.17 a
0,03% + 8 Jam	7.33 abcd	92.67 efg	2.53 a	2.06 b	0.48 ab
0,05% + 8 Jam	1.33 ab	98.67 g	2.83 ab	0.65 a	0.12 a
0,07% + 8 Jam	4.00 abc	96.00 fg	3.86 abc	2.00 b	0.30 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf notasi DMRT (5%) yang sama tidak berbeda nyata

Berdasarkan data uji lanjut DMRT 5%, secara keseluruhan parameter perkecambahan menunjukkan hasil terbaik pada perlakuan EMS konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam. Kombinasi perlakuan tersebut merupakan konsentrasi dan lama perendaman terendah yang digunakan dalam penelitian ini. Pada perlakuan konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam diperoleh hasil tertinggi dikarenakan pada konsentrasi dan lama perendaman tersebut jumlah akumulasi kandungan EMS dalam jaringan belum menyebabkan toksik sehingga EMS tersebut dapat memacu sel-sel pada benih untuk melakukan proses perkecambahan. Sedangkan bila konsentrasi dan lama perendaman EMS ditingkatkan, maka akumulasi EMS dalam benih menjadi lebih banyak, sehingga menghambat benih untuk melakukan proses perkecambahan secara maksimal, bahkan bisa bersifat toksik bagi benih.

EMS merupakan senyawa kimia yang bersifat toksik, seperti pada literatur Jayakumar dan Selvaraj (2003) yang menyatakan bahwa tingginya konsentrasi EMS dapat menghancurkan promotor pertumbuhan, meningkatkan penghambat pertumbuhan dan metabolisme benih, dan menyebabkan berbagai penyimpangan kromosom. EMS merupakan senyawa yang beracun, sehingga menghambat pertumbuhan, tetapi akhirnya benih dapat beradaptasi dan mampu muncul ke permukaan tanah.

Berikut adalah gambar perkecambahan pada perlakuan kontrol dan konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam:



Gambar 4.1. Perkecambahan kedelai varietas Grobogan pada perlakuan EMS konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam

4.1.1. Daya Berkecambah (%)

Pada parameter persentase daya berkecambah, hasil terbaik diperoleh dari kontrol dan EMS konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam. Konsentrasi dan lama perendaman EMS yang lebih tinggi dari konsentrasi 0,03% selama 4 jam mengalami penurunan daya berkecambah, seperti pada literatur Raut *et al*., (1982) dan Patil *et al*. (1985) yang menyatakan bahwa perlakuan mutagen menyebabkan berkurangnya persentase perkecambahan secara signifikan kecuali pada perlakuan EMS 0,05%.

Efek EMS dalam proses perkecambahan memberikan dampak pada terhambatnya pembentukan kecambah karena sifat EMS sebagai agen alkilasi yang menyebabkan mutasi titik pada sebuah basa yang dapat berupa insersi, delesi, transversi, atau transisi basa yang menyebabkan perubahan susunan asam amino. Fungsi hormon dan enzim terganggu oleh EMS yang masuk ke dalam sistem fisiologis perkecambahan benih sehingga sintesis asam amino dan enzim yang kacau menyebabkan terhambatnya metabolisme pada benih dan perkecambahan berjalan lebih lambat (Sambrook dan Russell, 2001)

Persentase perkecambahan berkurang dibandingkan dengan kontrol mulai dari 6,51% pada EMS konsentrasi 0,05% hingga 21,44% pada 25Kr + 0,10% EMS. Mutagen berpengaruh pada jaringan meristematik benih. Perlakuan mutagen juga menyebabkan penurunan persentase hidup. Penurunan yang signifikan pada persentase hidup diperoleh pada dosis sinar gamma tertinggi (20 dan 25 Kr) dan EMS (0,15%) serta kombinasi keduanya. Selain itu, Dhanavel (2004) dan Singh *et al*. (2005) juga mengemukakan bahwa pada kedua kultivar kedelai (Pusa-16 dan PK-1042), memiliki persentase perkecambahan yang rendah jika dibandingkan dengan kontrol pada semua perlakuan. Sebagian besar, penurunan persentase perkecambahan dan persentase hidup berhubungan dengan kenaikan dosis atau konsentrasi mutagen.

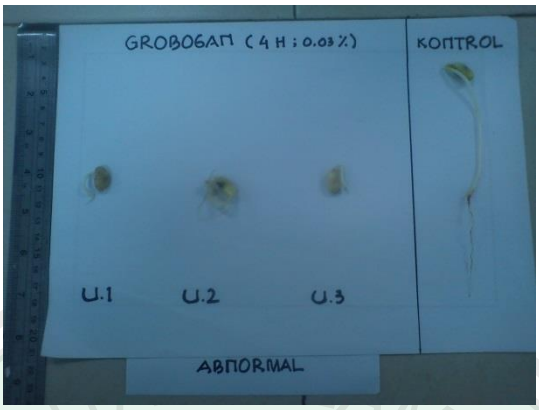
4.1.2. Kecambah Abnormal (%)

Pada parameter kecambah abnormal, diperoleh hasil terbaik pada kontrol, namun kombinasi perlakuan EMS konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam memiliki rerata jumlah kecambah abnormal paling sedikit dibandingkan dengan hasil dari perlakuan yang lain. Sedangkan rerata kecambah abnormal tertinggi diperoleh dari perlakuan konsentrasi 0,05% dengan lama perendaman 8 jam. Banyaknya benih yang tidak berkecambah tersebut dimungkinkan akibat pengaruh lama perendaman EMS. Besarnya jumlah mutagen yang masuk ke dalam benih dalam perlakuan induksi mutasi dengan menggunakan mutagen EMS diduga tergantung dari jumlah banyaknya materi mutagen EMS yang diserap oleh benih selama perlakuan. Semakin lama perendaman benih dalam EMS maka semakin banyak materi EMS yang terserap oleh benih. Lama perendaman

menunjukkan pengaruh yang berbeda signifikan pada beberapa perlakuan. Hal ini diduga karena pengaruh materi EMS yang dapat mengurangi daya kecambah pada benih, sehingga proses perkecambahan menjadi kurang optimal.

Banyaknya jumlah kecambah abnormal dapat dihubungkan dengan terhambatnya imbibisi biji terhadap air melalui dinding sel. Efek EMS dalam menurunkan perkecambahan bisa dihubungkan dengan beda potensial air. Perbedaan potensial air di dalam sel dan di luar sel dapat menghambat perkecambahan benih karena adanya hambatan penyerapan air. Loveless (1991) menegaskan bahwa semakin besar konsentrasi partikel atau zat, makin rendah nilai potensial air. Meningkatnya potensial osmotik, EMS akan menurunkan potensial air sehingga akan menyulitkan benih mendapatkan air. Konsentrasi EMS yang lebih tinggi dapat menurunkan potensial air di luar benih dan oleh karena itu benih tidak dapat melakukan imbibisi air yang cukup untuk perkecambahan (Singh dan Kole, 2005)

Menurut literatur Harten (1998) yang menyatakan bahwa penggunaan EMS dapat menyebabkan terjadinya transisi pasangan basa guanin-citosin (GC) menjadi adenin-timin (AT). Menurut Fisben *et al*. (1970) dalam Qosim (2015), EMS ialah sejenis mutagen kimiawi penyebab alkilasi yang efektif menginduksi mutasi berbagai jenis organisme. Mutagen kimia dapat menyebabkan metilasi pada basa-basa nitrogen dalam rantai nukleotida DNA tanaman. Hal ini membuktikan bahwa pengaruh EMS dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan letalitas atau kematian. Berikut adalah gambar perkecambahan pada perlakuan kontrol dan konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam:



Gambar 4.1.2 Kecambah abnormal kedelai varietas Grobogan pada perlakuan EMS konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam

4.1.3. Panjang Hipokotil (cm)

Berdasarkan hasil uji DMRT 5% pada variabel panjang hipokotil diperoleh hasil terbaik pada konsentrasi 0,03% dan 0,07% dengan lama perendaman 4 jam dan konsentrasi 0,05% dengan lama perendaman 6 jam. Pada perlakuan tersebut panjang hipokotil memiliki rerata lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Menurut Priyono dan Agung (2002) bahwa penggunaan mutagen dengan konsentrasi tertentu dapat memacu fitohormon dalam tumbuhan misalnya auksin yang dapat mendorong pembelahan sel pada tanaman. Sehingga dimungkinkan pada EMS konsentrasi 0,03% dapat memacu fitohormon dalam benih.

Panjang hipokotil mengalami peningkatan melebihi kontrol pada konsentrasi dan lama perendaman EMS terendah, kemudian mengalami penurunan seiring dengan kenaikan dosis mutagen. Seperti pada literatur Kharade *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa panjang hipokotil mengalami penurunan dengan meningkatnya konsentrasi atau dosis dari sinar gamma dan EMS.

4.1.4. Panjang Akar Kecambah (cm)

Pada parameter panjang akar kecambah juga mengalami peningkatan pada konsentrasi EMS 0,03% selama 4 jam. Akar kecambah yang mengalami peningkatan ini dimungkinkan nantinya dapat tumbuh dengan baik pada lingkungan yang memiliki kadar air rendah. Menurut Efendi (2009), berbagai karakter fisiologi, anatomi dan morfologi, telah dievaluasi sebagai respons tanaman terhadap kekurangan air. Salah satu karakter penting untuk dievaluasi adalah morfologi akar, karena kemampuan akar mengabsorbsi air dengan memaksimalkan sistem perakaran merupakan salah satu pendekatan utama untuk mengkaji kemampuan adaptasi tanaman terhadap kekurangan air.

4.1.5. Berat Kering Kecambah (gr)

Parameter selanjutnya adalah berat kering kecambah. Berat kering kecambah merupakan akumulasi hasil pertumbuhan selama proses perkecambahan. Pada parameter ini, hasil yang diperoleh juga mengalami kenaikan pada konsentrasi EMS 0,03% selama 4 jam.

Salah satu ukuran yang sering digunakan untuk menetapkan vigor benih adalah berat kering kecambah. Berat kering kecambah mencerminkan kondisi fisiologis dari benih tersebut, sebab benih dengan mutu fisiologis tinggi maka akan menghasilkan vigor yang tinggi pula. Menurut Justice dan Bass (2002), berat kering kecambah mencerminkan vigor kecambah dan vigor benih. Dalam hal ini dihubungkan dengan kekuatan kecambah, yakni kemampuan benih menghasilkan perakaran dan pucuk yang kuat pada kondisi yang tidak menguntungkan. Sewaktu benih ditanam, bila benih menurun maka kecepatan berkecambah menjadi rendah

dan berat kering benih saat dikecambahkan menjadi rendah, yang nantinya akan menghasilkan biji yang rendah.

Berat kering kecambah yang mengalami peningkatan akibat perlakuan EMS, dimungkinkan nantinya dapat menjadi indikasi bahwa benih kedelai hasil dari mutasi (mutan) memiliki mutu fisologis yang tinggi, sehingga dihasilkan benih yang memiliki vigor yang tinggi pula. Menurut Perdana (2012), Vigor suatu benih akan tinggi apabila memiliki berat kering kecambah yang maksimum dan bila vigor tinggi maka kualitas mutu benih akan tinggi. Berat kering kecambah dapat menentukan mutu dari benih tersebut, apabila benih memiliki berat kering kecambah yang besar, itu menandakan bahwa benih tersebut memiliki mutu yang baik.

4.2. Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman EMS Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai Varietas Grobogan

Parameter yang diamati dalam tahap pertumbuhan ini adalah tinggi tanaman, jumlah percabangan, jumlah daun, luas daun rata-rata, panjang akar, jumlah bintil akar, berat kering akar dan berat kering total tanaman. Berdasarkan hasil analisis variansi (ANAVA) menunjukkan bahwa terdapat beberapa parameter pertumbuhan yang memperoleh hasil tidak berbeda nyata ($F_{hitung} < F_{tabel}$ (0,05)), baik dengan kontrol maupun perlakuan yang lain, yaitu tinggi tanaman, luas daun rata-rata, jumlah bintil akar, dan berat kering akar tanaman. Dikarenakan tidak memiliki pengaruh yang berbeda nyata, maka tidak dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Tests* (DMRT) 5%.

Namun, pada beberapa parameter lainnya memiliki hasil $F_{hitung} > F_{tabel}$ 5% yang berarti terdapat pengaruh konsentrasi dan lama perendaman EMS terhadap pertumbuhan, yang meliputi variabel jumlah percabangan, jumlah daun, panjang akar, dan berat kering total tanaman. hasil yang berbeda nyata tersebut selanjutnya dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Tests* (DMRT) 5% yang disajikan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman EMS Terhadap Pertumbuhan Kedelai Varietas Grobogan

Perlakuan	**Panjang Akar (cm)**	**Jumlah Percabangan**	**Jumlah Daun**	**Berat Kering Total Tanaman (gr)**
Kontrol	5.67 a	6,00 ab	5,67 a	1.32 a
0,03% + 4 Jam	9.80 abc	7,00 abc	12,00 c	5.08 c
0,05% + 4 Jam	12.90 cd	5,33 a	7,00 ab	2.60 ab
0,07% + 4 Jam	6.40 a	8,33 bc	9,33 bc	1.98a
0,03% + 6 Jam	9.33 abc	8,33 bc	9,67 bc	2.90 ab
0,05% + 6 Jam	9.13 abc	7,00 abc	9,00 abc	2.09 a
0,07% + 6 Jam	12.13 bcd	8,33 bc	9,67 bc	2.83 ab
0,03% + 8 Jam	15.30 d	8,00 abc	7,67 ab	2.56 ab
0,05% + 8 Jam	12.40 bcd	9,33 c	10,00 bc	4.38 bc
0,07% + 8 Jam	6.83 a	6,67 abc	6,67 ab	1.21 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf notasi DMRT (5%) yang sama tidak berbeda nyata

Gambar 4.2. Tanaman Kedelai 80 HST (a) perlakuan 4 jam (b) perlakuan 6 jam (c) perlakuan 8 jam

Berdasarkan hasil dari uji DMRT 5% pada parameter pertumbuhan menunjukkan hasil pertumbuhan terbaik diperoleh dari perlakuan lama perendaman 4 jam dengan konsentrasi 0,03% dan pada lama perendaman 8 jam dengan konsentrasi 0,03% dan 0,05%.

4.2.1. Jumlah Percabangan

Pada parameter jumlah percabangan diperoleh hasil terbaik pada perlakuan konsentrasi 0,05% dengan lama perendaman 8 jam. Banyaknya jumlah percabangan dimungkinkan dapat meningkatkan jumlah bunga yang terbentuk ketika masa pembungaan, sehingga jumlah polong pun akan turut meningkat. Seperti pada penelitian *Lathyrus odoratus* menunjukkan bahwa hasil biji per

tanaman berkorelasi positif dengan jumlah cabang per tanaman, jumlah polong per tanaman dan jumlah biji per polong (Sharma *et al.*, 2000).

Jumlah tanaman yang mengalami perubahan fenotip berupa munculnya cabang dipengaruhi secara nyata oleh besarnya konsentrasi EMS yang diberikan. Menurut Arumingtyas (2006), persentase tanaman bercabang tertinggi dicapai pada pemberian EMS 0,06%. Peningkatan lebih lanjut menurunkan jumlah tanaman bercabang tetapi sekaligus meningkatkan tanaman yang mati. Konsentrasi EMS 0,06% tampaknya merupakan batas tertinggi yang efektif menghasilkan tanaman bercabang. Peningkatan konsentrasi diatas 0,06% tidak efektif menghasilkan tanaman bercabang. Hal ini mungkin terjadi karena konsentrasi diatas 0,06% lebih efektif untuk menghasilkan perubahan lain (fenotip yang lain) yang tidak diamati dalam percobaan ini. Kemungkinan yang lain adalah terjadinya perubahan yang terlalu besar sehingga menyebabkan kematian atau penghambatan/gangguan.

Menurut Wiartana (2014), perlakuan EMS 1% dengan lama perendaman yang berbeda berpengaruh terhadap jumlah cabang tanaman cabai rawit. Perlakuan perendaman selama 6 jam memiliki jumlah cabang paling banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya dan kontrol. Hal ini menunjukkan pengaruh sensitivitas mutagen EMS terjadi pada tahap perkembangan tanaman. Sensitivitas mutagenik sangat dipengaruhi oleh tahap perkembangan tanaman (Deshpande *et al*., 2010). Hasil karakter vegetatif yang bervariasi diduga akibat dari pengaruh mutagen kimia yang bersifat acak. Ethyl methane sulphonate menyebabkan mutasi titik melalui transisi pada DNA, melalui perubahan

pasangan basa GC-AT yang mengakibatkan perubahan asam amino (Chopra, 2005).

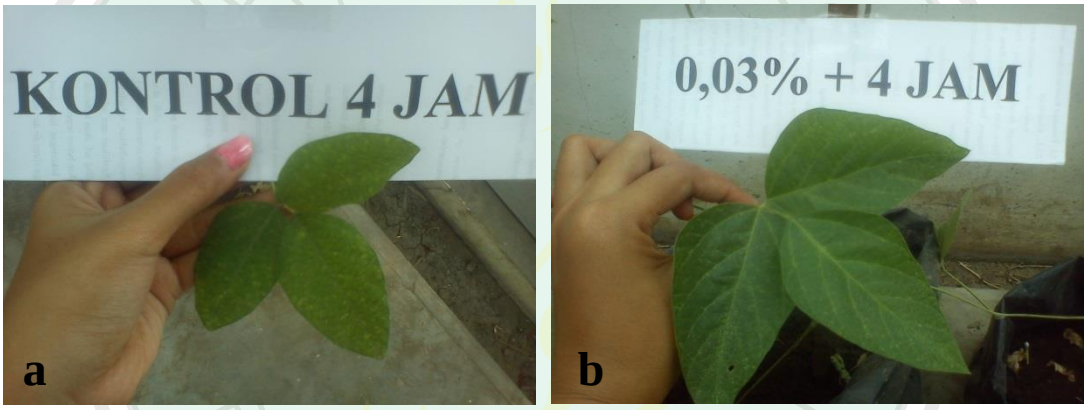
4.2.2. Jumlah Daun

Pada penelitian ini, jumlah daun mengalami peningkatan pada konsentrasi dan lama perendaman EMS terendah, yaitu konsentrasi 0,03% selama 4 jam. Kemudian pada perlakuan dengan konsentrasi dan lama perendaman yang lebih tinggi juga mengalami peningkatan bila dibandingkan dengan kontrol. Pada umumnya kenaikan dosis mutagen menyebabkan penurunan jumlah daun. Menurut literatur Priyono dan Susilo (2002) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi EMS menyebabkan semakin banyak EMS yang terserap ke dalam tanaman termasuk bertambahnya toksisitas EMS. Hal tersebut dapat mengakibatkan menurunnya tinggi tanaman, ukuran daun, jumlah daun dan berat tanaman.

Begitu pula menurut Qosim (2015), terhambatnya pertumbuhan daun akibat perlakuan mutagen EMS merupakan pengaruh fisiologis dan genetis M1. Pengaruh fisiologis pada generasi pertama dapat dijelaskan dengan sifat mutagen EMS. Hal ini disebabkan karena pada perlakuan lainnya sampai pada masa pengamatan lebih banyak menghasilkan tunas dan perkembangan tunas menjadi daun pada setiap planlet membutuhkan waktu yang berbeda. Serta menurut Lage dan Esquibel (1997), pemberian mutagen kimia menyebabkan terjadinya stimulasi biosintesis beberapa asam amino sehingga meningkatkan aktivitas berbagai enzim seperti *polyphenol oxidase, catalase dan pyroxidase* sehingga menghambat pertumbuhan daun.

4.2.3. Luas Daun Rata-rata (cm^2)

Berdasarkan hasil analisis varian menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi dan lama perendaman EMS tidak berbeda signifikan terhadap luas daun rata-rata. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi 0,03% ; 0,05% dan 0,07% serta lama perendaman 4 jam, 6 jam dan 8 jam belum berpengaruh pada luas daun rata-rata. Berikut adalah beberapa gambar luas daun pada perlakuan kontrol dan konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam:



Gambar 4.2.3. Luas daun rata-rata (a) kontrol (b) konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam

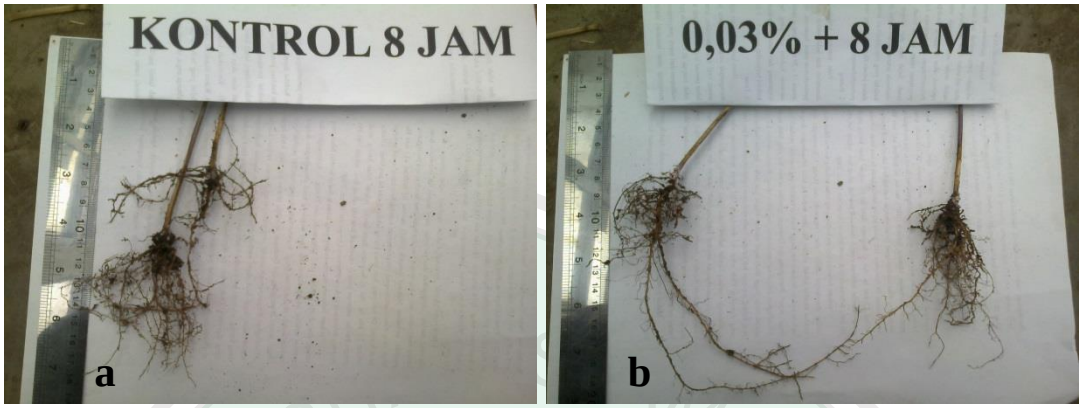
4.2.4. Panjang Akar (cm)

Pada parameter panjang akar, hasil terbaik diperoleh dari lama perendaman 8 jam dengan konsentrasi 0,03%. Konsentrasi 0,03% merupakan konsentrasi terendah yang digunakan dalam penelitian ini, sehingga dimungkinkan pada konsentrasi tersebut kandungan EMS dapat mendorong pembelahan sel akar tanaman kedelai. Menurut pendapat Resti *et al.* (2009) dalam (Qosim 2012), perlakuan EMS dapat mendorong pembelahan sel tanaman, namun semakin tinggi konsentrasi EMS yang digunakan, maka dapat menyebabkan

kematian pada sel tanaman. Hal tersebut menyebabkan akar tanaman pada perlakuan ini memiliki rerata lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol.

Panjang akar yang mengalami peningkatan dapat dimungkinkan tanaman tersebut dapat tumbuh pada kondisi kekeringan. Seperti pada literatur Budiasih (2009) yang menyatakan bahwa peningkatan panjang dan volume akar merupakan respons morfologi yang penting dalam proses adaptasi tanaman terhadap kekurangan air. Selain itu, Efendi (2009) mengemukakan bahwa berbagai karakter fisiologi, anatomi dan morfologi, telah dievaluasi sebagai respons tanaman terhadap kekurangan air. Salah satu karakter penting untuk dievaluasi adalah morfologi akar, karena kemampuan akar mengabsorbsi air dengan memaksimalkan sistem perakaran merupakan salah satu pendekatan utama untuk mengkaji kemampuan adaptasi tanaman terhadap kekurangan air.

Sebagai salah satu organ tanaman, akar berperan penting pada saat tanaman merespons kekurangan air dengan cara mengurangi laju transpirasi untuk menghemat air. Pada umumnya tanah mengering dari permukaan tanah hingga ke lapisan tanah bawah selama musim kemarau. Keadaan ini menghambat pertumbuhan akar di lapisan tanah yang dangkal, karena sel-selnya tidak dapat mempertahankan turgor yang diperlukan untuk pemanjangan. Akar yang terdapat di lapisan tanah lebih dalam masih dikelilingi oleh tanah yang lembab, sehingga akar tersebut akan terus tumbuh. Dengan demikian sistem akar akan memperbanyak diri dengan cara memaksimumkan pemaparan air tanah (Campbell *et al.* 2003). Berikut adalah beberapa gambar akar pada perlakuan kontrol dan konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 8 jam:



Gambar 4.2.4. Panjang akar (a) kontrol (b) konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 8 jam

4.2.5. Berat Kering Total Tanaman (gr)

Berat kering total tanaman terbaik diperoleh dari perlakuan EMS konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam dan konsentrasi 0,05% dengan lama perendaman 8 jam. Meningkatnya berat kering total tanaman bila dibandingkan dengan kontrol ini dimungkinkan karena adanya kemampuan pembentukan biomassa melalui fotosintesis pada tanaman, selain itu pada parameter jumlah daun juga mengalami peningkatan sehingga hal tersebut turut mempengaruhi berat kering total tanaman. Hal tersebut sesuai dengan literatur Sinaga (2014) yang menyatakan bahwa daun merupakan organ fotosintesis utama sehingga menentukan asimilat yang dihasilkan yang diperlukan selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Daun yang lebih banyak akan tumbuh lebih cepat karena mampu menghasilkan bahan kering yang lebih banyak. Menurut Loveless (1991) jumlah klorofil yang banyak sebagai pigmen utama dalam proses fotosintesis sehingga bahan kering dapat ditimbun tanaman lebih banyak.

4.3. Perkecambahan Tanaman Kedelai dalam Perspektif Islam

Sebagaimana kita ketahui bahwa perbanyakan tanaman itu ada dua cara yaitu vegetatif dan generatif. Perbanyakan dengan cara generatif adalah melalui pembentukan biji pada buah sebagai hasil perkawinan antara bunga jantan dan betina. Dalam penelitian ini menggunakan perbanyakan tanaman secara generatif yaitu dengan biji.

Dalam Al Quran banyak sekali ayat-ayat yang menyinggung masalah tentang perkecambahan tumbuh-tumbuhan diantaranya adalah menyinggung proses perkecambahan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya seperti air dan lain sebagainya. Mengenai air, sebagaimana Kamil (1979) menyatakan bahwa air memegang peranan terpenting yang mempengaruhi proses perkecambahan biji. Air merupakan faktor yang menentukan di dalam kehidupan tumbuhan. Tanpa adanya air, tumbuhan tidak bisa melakukan berbagai macam proses kehidupan apapun. Pentingnya air bagi tumbuhan dalam Al Quran banyak disebutkan salah satunya adalah dalam QS. Luqman (31): 10, Allah berfirman:

خَلَقَ ٱلسَّمَٰوَٰتِ بِغَيۡرِ عَمَدٖ تَرَوۡنَهَاۖ وَأَلۡقَىٰ فِي ٱلۡأَرۡضِ رَوَٰسِيَ أَن تَمِيدَ بِكُمۡ وَبَثَّ فِيهَا مِن كُلِّ دَآبَّةٖۚ وَأَنزَلۡنَا مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءٗ فَأَنۢبَتۡنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوۡجٖ كَرِيمٍ ١٠

Artinya: *"Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik."*

Menurut Shihab (2002), kalimat وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَآءِ مَآء menegaskan betapa pentingnya air sebagai sumber hidup manusia dan seluruh makhluk hidup di muka

bumi ini. Darwis (2004), surat Luqman ayat 10 menjelaskan tentang betapa pentingnya air untuk perkecambahan atau pertumbuhan tumbuh-tumbuhan dan kehidupan manusia, dengan adanya air maka biji-biji tumbuhan yang mungkin sudah ada pada tanah yang tadinya kering bisa berkecambah. Demikian pula kalau ada biji-bijian yang datang dibawa oleh angin, burung, dan sebagainya. Air pada tumbuh-tumbuhan digunakan sejak biji berkecambah, jadi tanpa adanya air di muka bumi ini bisa dipastikan kehidupan tidak akan pernah ada.

Berdasarkan penelitian ini, air merupakan syarat utama dalam proses perkecambahan. Biji kedelai yang kering akan berkecambah bila memperoleh air yang cukup. Biji kedelai ditanam di dalam tanah, air dalam kapasitas lapang selama 5 hari setelah tanam merupakan keadaan yang baik untuk perkecambahan biji. Suhu optimumnya sekitar 27^0-30^0C. Biji kedelai yang disimpan pada gudang tanpa pendingin hanya tahan sekitar 3-5 bulan. Lebih dari 6 bulan sebagian besar biji tidak dapat tumbuh lagi bila ditanam. Kedelai yang bijinya kecil lebih tahan dalam penyimpanan daripada yang bijinya besar. Dalam penelitian ini, varietas benih kedelai yang digunakan adalah grobogan, yang tergolong dalam kedelai berbiji besar.

Kedelai merupakan komoditas strategis di Indonesia karena kedelai merupakan salah satu tanaman pangan penting di Indonesia setelah beras dan jagung. Kandungan gizi dari kedelai terhitung tinggi, dalam tiap 100 gram bahan kedelai mengandung protein 34,90 gram, lemak 18,10 gram, karbohidrat 34,80 gram dengan nilai 331 kalori (Rukmana, 1996).

Pemanfaatan tanaman tersebut sesuai dengan firman Allah dalam QS. ‘Abasa (80): 27-32 bahwasanya dari tumbuh-tumbuhan tersebut yang telah diciptakan, dikeluarkanlah biji-biji yang merupakan cikal bakal dari perkembangbiakan tumbuhan. Dengan adanya biji-biji tumbuhan, berbagai macam tumbuhan dapat hidup untuk dapat dimanfaatkan oleh hidup manusia dan makhluk Allah yang lain.

فَأَنۢبَتۡنَا فِيهَا حَبّٗا ٢٧ وَعِنَبٗا وَقَضۡبٗا ٢٨ وَزَيۡتُونٗا وَنَخۡلٗا ٢٩ وَحَدَآئِقَ غُلۡبٗا ٣٠ وَفَٰكِهَةٗ وَأَبّٗا ٣١
مَّتَٰعٗا لَّكُمۡ وَلِأَنۡعَٰمِكُمۡ ٣٢

Artinya: *“Lalu Kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu, anggur dan sayur-sayuran, zaitun dan kurma, kebun-kebun (yang) lebat, dan buah-buahan serta rumput-rumputan, untuk kesenanganmu dan untuk binatang-binatang ternakmu.”* (QS. ‘Abasa (80): 27-32)

Ayat diatas telah dijelaskan makna firman-Nya (مَّتَٰعٗا لَّكُمۡ وَلِأَنۡعَٰمِكُمۡ) menjelaskan bahwa semua ciptaan Allah memiliki manfaat dan harus dimanfaatkan tidak hanya untuk manusia, tetapi juga untuk makhluk lain. Manusia sebagai makhluk yang sempurna karena memiliki akal dan pikiran untuk mempelajari dan mengkaji segala sesuatu ciptaan Allah baik yang ada di langit dan di bumi. Sebagai makhluk yang berakal, manusia harus bisa mengolah ciptaan Allah, dalam hal ini segala sesuatu yang dihasilkan dari tanaman kedelai menjadi sesuatu yang bermanfaat baik untuk manusia, hewan, dan tumbuhan. Salah satu contoh ialah pemanfaatan kedelai sebagai bahan baku dalam proses pembuatan tahu. Ampas tahu atau sisa-sisa dari proses pembuatan tahu, dapat dimanfaatkan oleh hewan sebagai pakan ternak, sedangkan limbah cair tahu dapat digunakan sebagai pupuk organik oleh tumbuhan.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Konsentrasi dan lama perendaman EMS berpengaruh pada perkecambahan benih kedelai varietas grobogan yang telah diuji. Hasil terbaik diperoleh dari konsentrasi 0,03% dan lama perendaman 4 jam pada semua variabel, yaitu daya berkecambah, kecambah abnormal, panjang hipokotil, panjang akar kecambah dan berat kering kecambah.
2. Konsentrasi dan lama perendaman EMS berpengaruh pada pertumbuhan kedelai varietas Grobogan yang telah diuji. Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi 0,03% dan lama perendaman 4 jam pada variabel jumlah daun dan berat kering total tanaman.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan adalah:

1. Induksi mutasi untuk sifat keragaman genetik digunakan konsentrasi 0,03% dengan lama perendaman 4 jam, sedangkan untuk sifat percabangan digunakan konsentrasi 0,05% dengan lama perendaman 8 jam.
2. Penelitian ini juga masih perlu disempurnakan lagi dengan melakukan penelitian terhadap karakter tanaman kedelai secara anatomi dan molekuler.

DAFTAR PUSTAKA

Abraham, V. and C.R. Bhatia. 1994. Testing for tolerance to aphids in Indian mustard, *Brassica juncea* (L.). *Plant Breeding 112:260-263*

Abu Ja'far. 2009. *Tafsir Ath-Thabari Jilid 21*. Jakarta: Pustaka Azam

Acquaah, G. 2008. *Principles of Plant Genetics and Breeding*. Blackwell Publishing. United Kingdom.

Adisarwanto, T. 2008. *Budidaya Kedelai Tropika*. Jakarta: Penebar Swadaya

AJF , Griffiths, Gelbart WM, Miller JH, et al. 1999. *Modern Genetic Analysis*. New York: W. H. Freeman.

Alcantara, T.P., P.W. Bosland and D.W. Smith, 1996. Ethyl methane sulfonate induced mutagenesis of *Capsicum annuum*. *J. Hered, : 239–241*

Aljazairi. 2008. *Tafsir Al-Aisar Jilid 4*. Jakarta: Darus Sunah Press

Allard, R. W. 1992. *Pemuliaan Tanaman*. Jakarta: Bina Aksara.

Arifin. 2002. *Cekaman Air dan Kehidupan Tanaman*. Malang: Universitas Brawijaya Press.

Arumingtyas, Esti L. 2006. *Induksi Mutasi dengan Mutagen Ethyl Methanesulfonate (EMS) untuk Menghasilkan Percabangan pada Kenaf (Hibiscus cannabinus* L.). Disertasi. Program Studi Ilmu Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Atman dan N. Hosen. 2008. Dukungan Teknologi dan Kebijakan dalam Pengembangan Kedelai di Sumatera Barat. *Jurnal Ilmiah Tambua. Universitas Mahaputra Muhammad Yamin. Volume VII. Nomor 3. Halaman 347-359.*

Bahar, M., dan A. Zein, 1993. Parameter Genetik Pertumbuhan Tanaman, Hasil dan Komponen Hasil Jagung. *Zuriat 4(1):4-7*. dalam Sudarmadji, R. Mardjono dan H. Sudarmo., 2007. Variasi Genetik, Heritabilitas, dan Korelasi Genotipik Sifat-Sifat Penting Tanaman Wijen (*Sesamum indicum* L.).*Jurnal Littri Vol. 13 No. 3, September 2007: hal.88–92*.

Balitakabi. 2015. *Deskripsi Varietas Unggul Kedelai 1918-2012*. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang. 80 Halaman.

BPS Nasional. 2015. *Survei Pertanian. Produksi Kedelai Seluruh Provinsi*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.

Budianto, Sholahuddin, S, Biharsjah JS and Rumawas. 1984. Pengaruh Tekanan Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Beberapa Varietas Kedelai pada Grumusol Lombok Tengah. *Buletin Agronomi, XIV: 17-30*.

Budiasih. 2009. Respon tanaman padi gogo terhadap cekaman kekeringan. *Ganec Swara Edisi Khusus 3(3): 22-27*

Buringh, P. 1983. *Pengantar Pengkajian Tanah*. tanah wilayah tropis dan subtropika. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Cahyono, B. 2007. *Kedelai CV*. Semarang: Aneka Ilmu.

Campbell NA, Reece JB, Mitchell LG. 2003. *Biologi. Jilid ke-dua. Edisi ke-lima*. Erlangga, Jakarta

Chen, M., Y. Choi, D.F. Voytas, and Rodermel. 2000. Mutation in the Arabidosis VAR2 Locus Leaf Variegations due to the loss of chloroplast FtsH protease. *Plant Journal, 22:303- 313*.

Chopra, V.L. 2005. Mutagenesis: Investigating the Process and Processing the Outcome for Crop Improvement. *Current Science. 89 (2):353-359.*

Darwis. 2004. *Dasar-dasar Ilmu Pertanian dalam Al-Quran*. Bandung: IPB Press

Deshpande, K.N., Mehetre, S.S., and Pingle, S.D. 2010. Effect of Different Mutagens for Induction of Mutations in Mulberry. *Asian Journal Biology Science. 10 (1):104-108.*

Dhanavel, D., Girija M. and Gnanamurthy S. 2013. Gamma Rays and EMS Induced Flower Color and Seed Mutants in Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Adv. Appl. Sci. Res., 2013, 4(2):134-139*

Efendi R. 2009. *Metode dan karakter seleksi toleransi genotipe jagung terhadap cekaman kekeringan.* Tesis. FMIPA, Bogor

E.M, Ghoffar. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir*. Bogor: Pustaka Imam Syafi'i

Fachruddin. 2000. *Budidaya Kacang-kacangan*. Yogyakarta: Kanisius

Fisben L, Flamm, WG & Falk HL 1970, *Chemical mutagent: Environmental effect on biological system*, Academic Press, New York

Girija, M. and D. Dhanavel. 2009. Mutagenic Effectiveness and Efficiency of Gamma Rays Ethyl methanesulfonate and Their Combined Treatments in Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Global Journal of Molecular Sciences. 4 (2):68-75.*

Hanum, C. 2007. Pertumbuhan Akar Kedelai pada Cekaman Alumunium, Kekeringan dan Cekaman Ganda Alumunium. *Agritop. 28 (1): 13-18.*

Harsono, A. 2005. Gatra Fisiologi dan Agronomi Kacang Tanah Akibat Kekeringan. *Disertasi* Tidak Diterbitkan. Yogyakarta: Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada

Harten, V. 1998. *Mutation Breeding: Theory and Practical Application*. London: Cambridge University Press. Pp 127-140

Heliyanto, B., R. D. Purwati, Marjani dan U. S. Budi. 1998. Parameter Genetik Komponen Hasil dan Hasil Serat pada Aksesi Kenaf Potensial. *Zuriat 9(1): 6-12.*

Heliyanto, B., U. Setyo-Budi, A. Kartamidjaja, dan D. Sunardi. 2000. Studi parameter genetik hasil serat dan komponennya pada plasma nutfah rosela. *Jurnal Pertanian Tropika 8(1):82–87*.

Hidayat EB, Sonchus L. 1994. *Dalam*: Siernonsma JS, PiluekK (eds) *Plant Resources of South East Asia No 8, Vegetables*. PROSEA, Bogor Indonesia 13:260-262.

Hofmann, N.E., R. Raja, R.L. Nelson, and S.S. Korban. 2004. Mutagenesis of embryogenic cultures of Soybean and detecting polymorphisms using RAPD markers. *Plant Biology. 48:173-177*.

Hong, M.Q., Y.Q. Wang, and C.X. Hou. 2011. Effect of ethyl methanesulfonate (EMS) in in vitro mutation on anther-derived embryos in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *African Journal of Agricultural Research. 6 (11):2450-2455.*

Hopkins, W.G., and N.P.A. Huner. 2008. *Introduction to Plan Physiology*. 4th Ed. John Willey & Sons. 528 P

Imelda, M., P. Deswina, S. Hartati, A. Estiati, and S. Atmowijoyo. 2000. Chemical mutation by Ethyl methanesulfonate (EMS) for bunchy top virus resistence in Banana. *Annales Bogorienses 7:19-25.*

Irwan, A. W. 2006. *Budidaya Tanaman Kedelai* (*Glycine max* (L.) Merill). Bandung: Universitas Padjajaran.

Itoh, K., M. Iwabuchi, and K. Shimamoto. 1991. In situ hybridization with spesies DNA probes gives evidence for asymmetric nature of *Brassica hybrids* obtained by X-ray fusion. *Theoretical and Applied Genetics. 81:356-362*

Jabeen, N dan Mirza, B. 2004. Ethyl methanesulphonate induces morphological mutations in *Capsicum annuum. Int. J. Agri. Biol. Vol 6. No 2. Pp 340-345.*

Jayakumar S., and Selvaraj R. 2003. Mutagenic Effectiveness and Efficiency of Gamma Rays and Ethyl Methane Sulphonate in Sunflower (*Helianthus annus* L.). *Madras Jurnal Agriculture. 90 (1):574-576.*

Justice, O. L. dan L. N. Bass. 2002. Prinsip dan Praktek Penyimpanan Benih. Roesli, R. (Terjemahan). Cetakan Ketiga. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 446 hal.

Kamil, J. 1979. *Teknologi Benih 1*. Bandung: Angkasa

Kasno, A. 2007. *Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Ubi-ubian Mendukung Kemandirian Pangan*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.

Khan. Z., H. Gupta, M.Y.K. Ansari, and S. Chaudhary. 2009. Methyl methanesulphonate induced chromosomal variations in a medicinal plant *Cichorium intybus* L. during microsporogenesis. Cytogenetics and Mutation Breeding. Lab. Deptt. Of Botany, Aligarh Muslim University, Aligarh 202 002 (UP), India. Toxeminar-1. *Biology and Medicine. 1 (2):66- 69*.

Kharade, M.R., S.V. Yamgar, A.R. Phadtare. 2015. Studied on Effect of Mutagenesis in Groundnut to Induce Variability in Seed Quality Parameters (*Arachis Hypogea* L.). *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS). Volume 8. Issue 7. PP 01-07.*

Koethoff, M., E.B. Sandel, and E.J. Merhan. 1989. *Quantitative Chemical Analysis. Fourth Edition*. New York: Macmillan Publishing. Co. Inc.

Kramer, P. J. dan T. T. Kozlowski. 1979. *Physiology of Woody Plants*. New York: Academic Press.

Lage, L.S.C. & M.A. Esquibel. 1997. Growth stimulation produced by methylene blue treatment in sweet potato. *Plant Cell Tiss. Org. Cult 48:77-81.*

Lamadji, S. 1980. Peningkatan Kualitas dan Kuantitas Hasil Kedelai (Glycine max (L.) Merr) dengan Pemuliaan Tanaman: Pengujian Varietas dan Pengujian Dialel Cross. *Laporan Penelitian*. Fakultas Pertanian Universitas Negeri Jember.

Latado, R.R., A.H. Adames, and A.T. Neto. 2004. In Vitro mutation of Chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* Tzveler) with ethylmethanesulphonate (EMS) in immature floral pedicels. *Plant Cell Tissue Organ Culture. 77:103-106.*

Loveless, A.R.,1991. *Prinsip-Prinsip Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropik*, Jilid 1. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Lukmaningtias, S. A. 2014. Pengaruh Mutasi dengan Ethyl Methane Sulfonate (EMS) terhadap Pertumbuhan, Hasil dan Kandungan Karbohidrat Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merrill). *Skripsi*. Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Mackill D. J., W. R. Coffman, D. P. Garrity. 1996. *Rainfed Lowland Rice Improvement*. IRRI. Los Banos, Philippines. 242p.

Makmur. 1992. *Pengantar Pemuliaan Tanaman*. Jakarta: Bina Aksara.

Mullet, J. E. dan M. S. Witshit. 1996. Plant Cellular Responses to Water Defisit. *Plant Growth Regulation. 20: 124-199*

Munir, M. 1996. *Tanah-tanah Utama Indonesia*. Jakarta: Pustaka Jaya.

Narayanan, K.R., and C.F. Konzak. 1969. *Influence of chemical post-treatments on the mutagenic efficiency of alkylatlng agents. In: Induced mutation In plants*. Vienna: IAEA; 281-301.

Noggle, G.R. and G.J. Fritz. 1986. *Introductory Plant Physiology. 2nd ed.* Prentice Hall of India, New Delhi. 627p.

Noor, R. R. 2000. *Genetika Ternak*. Jakarta: Penebar Swadaya,

Novax, F.J., L. Havel, and J. Dolezel. 1984. In vitro breeding system of Allium. *Proc. 5th Int. Conf. Japan 1982. P. 767-768.*

Pane. 1993. *Pemuliabiakan Ternak Sapi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Patil V P, V M Raut and G B Halvnkar, 1985; Induced variation in soybean variety Kalitur, *Biovigyanam 11: 149-155*

Perdana, Jansen L., Aslim R. dan Elza Z. 2012. *Pengaruh beberapa dosis pupuk fosfor (P) terhadap mutu benih berbagai kultivar kedelai (Glycine max L. Merril) selama pengisian dan pemasakan biji.* Fakultas Pertanian Universitas Riau.

Phoespodarsono, S., 1988. Dasar-Dasar Ilmu Pemuliaan Tanaman. PAU-IPB Bekerjasama dengan Lembaga Sumber Daya Informasi IPB, Bogor. 163p. dalam Sudarmadji, R. Mardjono dan H. Sudarmo., 2007. Variasi Genetik, Heritabilitas, dan Korelasi Genotipik Sifat-Sifat Penting Tanaman Wijen (*Sesamum indicum* L.). *Jurnal Littri Vol. 13 No. 3, September 2007: hal. 88–92.*

Poerba, Y.S. 2000. *Pengaruh mutagen Etil-Methan-Sulfonat (EMS) terhadap pertumbuhan Sonchus arvensis* (L.) *pada generasi M1*. Puslitbang Biologi- LIPI.

Pranoto, Mugnisjah dan Murniati. 1990. *Biologi Benih.* IPB: Bogor.

Priyono dan A.W. Susilo. 2002. Respons regenerasi in vitro eksplant sisik mikro kerk Lily (*Lilium longiflorum*) terhadap Ethyl methanesulfonate (EMS). *Jurnal Ilmu Dasar. 3:74-79.*

Purwati, R.D., Sudjindro, E. Kartini, dan Sudarsono. 2008. Keragaman genetika varian abaka yang diinduksi dengan ethyl methanesulphonate (EMS). *Jurnal Littri. 14 (1):16-24.*

Qosim, WA, Yuwariah, Y, Hamdani, JS, Rachmadi, M, dan Perdani, SM. 2015. Pengaruh Mutagen Etil Metan Sulfonat Terhadap Regenerasi Tunas Pada Dua Genotip Manggis Asal Purwakarta dan Pandeglang. *J. Hort. Vol. 25 No. 1: 9-14*

Rachmadi, M., N. Hermiati, Baihaki dan R. Setiamihardja, 1990. Variasi Genetik dan Heritabilitas Komponen Hasil Galur Harapan Kedelai. *Zurriat Vol. 1. No. 1 hal 19.*

Raut V M, G B Halvankar and V P Patil, 1982; Induced variation for seed coat colour in the black seeded soybean variety Kalitur, *Indian J. Genet 42: 250-256*

Resti, Z., Yanti Y, dan Sutoyo. 2009. Strategi mendapatkan mutan bawang merah yang tahan terhadap penyakit hawar daun Xanthomonas melalui induksi mutasi secara in vitro dengan Ethyl Methane sulfonate *dalam* Qosim, WA. 2012. Pengaruh Mutagen Etil Metan Sulfonat terhadap kapasitas regenerasi tunas hibrida *Phalaenopsis in vitro. J. Hort, 22(4): 360-365*

Roy, D. 2000. *Plant Breeding: Analysis and Exploitation of Variation*. Alpha Science International Ltd., Oxford.

Rukmana, R. dan Yuniarsih. 1996. *Kedelai Budidaya dan Pasca Panen*. Yogyakarta: Kanisius.

Russell, P.J. 1992. *Genetics. Third edition*. New York: Harper Collins Pub. 758 P.

Sadjad, S. 1975. Proses pembentukan benih tanaman angiospermae., hal. 12-34. dalam S. Sadjad (ed) Dasar-dasar Ilmu dan Teknologi Benih. IPB. Bogor.

Sambrook, J. and D.W. Russell. 2001. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual. Eds. 3.* New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Samuels, A.L. and L.A. Staehelin. 1996. *Caffeine inhibits cell plate formation by disrupting membrane reorganization just after the vesicle fusion step.* Department of Biology, University of Colorado, Boulder, Colorado. Protoplasma. Austria: Springer-Verlag.

Selvaraj, N.S., Natarajan, and B. Ramaraj. 2001. Studies on induced mutation in garlic. *Mutation Breeding Newsletter. 45: 40-41.*

Shah, T.M., J.I. Mirza, M.A. Haq, and B.M. Atta. 2008. Induced genetic variability in chickpea *(Cicer arietinum* L.). II. Comparative mutagenic effectiveness and efficincy of physical and chemical mutagens. *Pakistan Journal of Botany. 40 (2): 605-613.*

Sharma, R.N., M.W. Chitale, G.B. Ganvir, A.K. Geda & R.L. Pandey. 2000. Observations on the development of selection criterion for high yield and low neurotoxin in grass pea based on genetic resources. Lathyrus Lathyrism Newsletter 1: 15-16.

Shihab, M.Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah; Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an Volume 7.* Jakarta: Lentera Hati.

Sinaga, Eka J., Eva Sartini B. dan Hasmawi H. 2014. Pengaruh konsentrasi kolkhisin terhadap pertumbuhan dan produksi kacang hijau (*Vigna radiate* L.). *Jurnal Online Agroekoteknologi. Vol.2, No.3 : 1238- 1244*

Singh R and Kole C 2005. Effect of mutagenic treatment with EMS on germination and some seedling parameters in mungbean. *Crop Res. 30: 236-240*.

Soedjono, S. 2003. Aplikasi Mutasi Induksi dan Variasi Somaklonal dalam Pemuliaan Tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian. 22 (2):70-78*.

Soepomo, R. 1968. Ilmu Seleksi dan Teknik Kebun Percobaan. Jakarta : Soeroengan.

Soeranto, H. 2003. *Peran Iptek nuklir dalam pemuliaan tanaman untuk mendukung industri pertanian.* Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.

Somaatmadja, S. 1985. *Peningkatan Produksi Kedelai Melalui Perakitan Varietas*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian tanaman Pangan Bogor.

Subandi, A. Harsono, dan H. Kuntyastuti. 2007. *Areal pertanaman dan sistem produksi kedelai di Indonesia*. Hlm.104-129. Dalam Sumarno (penyunting). Kedelai: Teknik Produksi dan pengembangan. Puslitbangtan, Bogor.

Sudarka, W. 2009. Pemuliaan Tanaman Edisi Revisi. Program Studi Agronomi Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Udayana.

Suhartono. 2008. Pengaruh Interval Pemberian Air Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) pada Berbagai Jenis tanah. *Embryo. Volume 5. Nomor 1*

Suminah, Sutarno, dan A.D. Setyawan. 2002. Induksi poliploidi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) dengan pemberian kolkisin. *Biodiversitas. 3 (1):174-180.*

Suprapto, H. S. 2001. *Bertanam Kedelai*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Sutopo. 1985. *Teknologi Benih*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.

Sutopo. 2004. *Teknologi Benih*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.

Todorova. J. and S. Daskalov. 1979. Possibilities for the utilization of some mutagenic factors in changing sweet pepper susceptibility to powdery mildew (*Leveillula solanacearum* Gol. f. capsici Berg.). *Journal of Genetics and Breeding. 12:174.*

Vallejo, P.R dan J.D. Kelly. 1998. Traits related to Droyght resistence in Common Been. *Euphytica. 99*

Vasellat, V. Oestreheld, M. Medan, D dan Lorehi, J. 2001. Effects of Flooding and Drought on The Anatomy of *Paspalum dilatum*. *Anals of Botany. 88: 355-360.*

Wan, Y., D.R. Duncan, A.L. Rayburn, J.F. Petolino, and J.M. Widholm. 1991. The use of antimicrotubule herbicides for the production of doubled haploid plants from anther-derived maize callus. *Theoretical and Applied Genetics. 81:205- 211.*

Wasiaturrahman. 2008. Respon Plasma Nutfah Kedelai (*Glycine max* (L.) Merill) terhadap Keracunan Fe. Skripsi. Malang: UIN Maliki Malang

Wiartana, I Made A. 2014. INDUKSI VARIASI CABAI MERAH (*Capsicum annuum* L.) DENGAN ETHYL METHANESULFONATE PADA BERBAGAI TINGKAT WAKTU PERENDAMAN. *Tesis*. PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS UDAYANA DENPASAR.

Wicaksana, N. 2001. Penampilan Fenotipik dan Beberapa Parameter Genetik 16 Genotipe Kentang pada Lahan Sawah. *Zuriat 12(1): 15-20.*

Yanti, Y. 2007. Morphologycal variation planlet "Raja Sereh" Banana Treatments of Ethyl Methane Sulphonate Muthagen Throuhg *in vitro*. The Third Asian Conference on Plant Pathology. Yogyakarta.

Zeerak, N.A. 1991. Cytogenetical effect of gamma rays and ethyl methanesulfonate in brinjal (*Solanum melongena* L.). *Cytologia. 56:639-643*.

Zen, S. 1995. Heritabilitas, korelasi genotipik dan fenotipik karakter padi gogo. *Zuriat 6 (1) : 25-31*. dalam Sudarmadji, R. Mardjono dan H. Sudarmo., 2007. Variasi Genetik, Heritabilitas, dan Korelasi Genotipik Sifat-Sifat Penting Tanaman Wijen (*Sesamum indicum* L.). *Jurnal Littri Vol. 13 No. 3, September 2007: hal.88–92.*

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Analisis Variansi (ANAVA) Perkecambahan Kedelai Varietas Grobogan

A. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap daya berkecambah (%)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Hasil

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9757.667[a]	11	887.061	36.622	.000
Intercept	9801.000	1	9801.000	404.628	.000
KONSENTRASI	1294.556	3	431.519	17.815	.000
WAKTU	6326.000	2	3163.000	130.583	.000
KONSENTRASI * WAKTU	2137.111	6	356.185	14.705	.000
Error	581.333	24	24.222		
Total	20140.000	36			
Corrected Total	10339.000	35			

a. R Squared = .944 (Adjusted R Squared =.918)

PUSAT PERPUSTAKAAN

Post Hoc

DMRT 5% (Interaksi Konsentrasi dan Lama Perendaman)

HASIL

Duncan

INTERAKSI	N	Subset 1	2	3	4	5	6	7
konsentrasi 0,05% 8 jam	3	1.3333	1.3333					
konsentrasi 0,07% 6 jam	3	2.6667	2.6667	2.6667				
konsentrasi 0,07% 8 jam	3	4.0000	4.0000	4.0000				
konsentrasi 0,03% 8 jam	3	7.3333	7.3333	7.3333	7.3333			
konsentrasi 0,05% 4 jam	3			11.3333	11.3333	11.3333		
konsentrasi 0,05% 6 jam	3				13.3333	13.3333		
konsentrasi 0,03% 6 jam	3					18.6667		
konsentrasi 0,07% 4 jam	3						34.6667	
kontrol	3							46.0000
konsentrasi 0,03% 4 jam	3							48.6667
Sig.		.114	.063	.063	.184	.058	1.000	.513

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 24.222.

B. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap kecambah abnormal (%)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	23446.667[a]	11	2131.515	87.998	.000
Intercept	213444.000	1	213444.000	8.812E3	.000
KONSENTRASI	6871.556	3	2290.519	94.563	.000
WAKTU	4298.000	2	2149.000	88.720	.000
KONSENTRASI * WAKTU	12277.111	6	2046.185	84.476	.000
Error	581.333	24	24.222		
Total	237472.000	36			
Corrected Total	24028.000	35			

a. R Squared = .976 (Adjusted R Squared =.965)

Post Hoc

DMRT 5% (Interaksi Konsentrasi dan Lama Perendaman)

HASIL

Duncan

INTERAKSI	N	Subset 1	2	3	4	5	6	7
kontrol	3	12.0000						
0.03% 4 J	3		51.3333					
0.07% 4 J	3			65.3333				
0.03% 6 J	3				81.3333			
0.05% 6 J	3				86.6667	86.6667		
0.05% 4 J	3				88.6667	88.6667	88.6667	
0.03% 8 J	3					92.6667	92.6667	92.6667
0.07% 8 J	3						96.0000	96.0000
0.07% 6 J	3						97.3333	97.3333
0.05% 8 J	3							98.6667
Sig.		1.000	.513	1.000	.096	.170	.058	.114

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 24.222.

C. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap panjang hipokotil

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	89.992[a]	11	8.181	8.716	.000
Intercept	552.642	1	552.642	588.743	.000
KONSENTRASI	1.188	3	.396	.422	.739
WAKTU	21.340	2	10.670	11.367	.000
KONSENTRASI * WAKTU	67.464	6	11.244	11.979	.000
Error	22.528	24	.939		
Total	665.162	36			
Corrected Total	112.521	35			

a. R Squared = .800 (Adjusted R Squared =.708)

Post Hoc

DMRT 5% (Interaksi Konsentrasi dan Lama Perendaman)

HASIL

Duncan

INTERAKSI	N	Subset 1	2	3	4
kontrol	3	2.0400			
konsentrasi 0.07% 6 jam	3	2.0567			
konsentrasi 0.05% 4 jam	3	2.2067			
konsentrasi 0.03% 8 jam	3	2.5333			
konsentrasi 0.05% 8 jam	3	2.8267	2.8267		
konsentrasi 0.03% 6 jam	3	3.3800	3.3800		
konsentrasi 0.07% 8 jam	3	3.8600	3.8600	3.8600	
konsentrasi 0.05% 6 jam	3				5.8000
konsentrasi 0.07% 4 jam	3				6.2033
konsentrasi 0.03% 4 jam	3				6.2800
Sig.		.054	.063	.090	.053

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .939.

D. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap panjang akar kecambah

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	73.187[a]	11	6.653	23.413	.000
Intercept	191.638	1	191.638	674.372	.000
KONSENTRASI	12.401	3	4.134	14.547	.000
WAKTU	19.438	2	9.719	34.202	.000
KONSENTRASI * WAKTU	41.348	6	6.891	24.250	.000
Error	6.820	24	.284		
Total	271.645	36			
Corrected Total	80.007	35			

a. R Squared = .915 (Adjusted R Squared =.876)

Post Hoc

DMRT 5% (Interaksi Konsentrasi dan Lama Perendaman)

HASIL

Duncan

INTERAKSI	N	Subset 1	2	3	4	5
konsentrasi 0.05% 8 jam	3	.6500				
konsentrasi 0.05% 4 jam	3	.7300				
konsentrasi 0.07% 6 jam	3	.8567				
kontrol	3	1.0500				
konsentrasi 0.07% 8 jam	3		2.0033			
konsentrasi 0.03% 6 jam	3		2.0467			
konsentrasi 0.03% 8 jam	3		2.0567			
konsentrasi 0.07% 4 jam	3		2.9600	2.9600		
konsentrasi 0.05% 6 jam	3			3.4800	3.4800	
konsentrasi 0.03% 4 jam	3					5.3833
Sig.		.410	.059	.244	.072	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .284.

E. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap berat kering kecambah

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	74.323[a]	11	6.757	40.595	.000
Intercept	73.674	1	73.674	442.647	.000
KONSENTRASI	12.924	3	4.308	25.883	.000
WAKTU	47.148	2	23.574	141.637	.000
KONSENTRASI * WAKTU	14.251	6	2.375	14.271	.000
Error	3.995	24	.166		
Total	151.991	36			
Corrected Total	78.318	35			

a. R Squared = .949 (Adjusted R Squared =.926)

Post Hoc

DMRT 5% (Interaksi Konsentrasi dan Lama Perendaman)

HASIL

Duncan

INTERAKSI	N	Subset 1	2	3	4	5	6
konsentrasi 0.05% 8 jam	3	.1200					
konsentrasi 0.07% 6 jam	3	.1700					
konsentrasi 0.07% 8 jam	3	.3033					
konsentrasi 0.03% 8 jam	3	.4833	.4833				
kontrol	3	.6800	.6800	.6800			
konsentrasi 0.05% 6 jam	3		1.1700	1.1700			
konsentrasi 0.05% 4 jam	3			1.2500			
konsentrasi 0.03% 6 jam	3				2.1367		
konsentrasi 0.07% 4 jam	3				2.8067	2.8067	
konsentrasi 0.03% 4 jam	3						4.6367
Sig.		.082	.062	.118	.056	.083	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .166.

Lampiran 2. Hasil Analisis Variansi (ANAVA) Pertumbuhan Kedelai Varietas Grobogan

A. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap tinggi tanaman

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5837.472[a]	11	530.679	1.450	.215
Intercept	571788.028	1	571788.028	1.562E3	.000
KONSENTRASI	3879.806	3	1293.269	3.533	.030
WAKTU	128.764	2	64.382	.176	.840
KONSENTRASI * WAKTU	1828.903	6	304.817	.833	.557
Error	8786.000	24	366.083		
Total	586411.500	36			
Corrected Total	14623.472	35			

a. R Squared = .399 (Adjusted R Squared =.124)

B. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap jumlah percabangan

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	42.889[a]	11	3.899	1.949	.083
Intercept	1995.111	1	1995.111	997.556	.000
KONSENTRASI	4.222	3	1.407	.704	.559
WAKTU	2.056	2	1.028	.514	.605
KONSENTRASI * WAKTU	36.611	6	6.102	3.051	.023
Error	48.000	24	2.000		
Total	2086.000	36			
Corrected Total	90.889	35			

a. R Squared = .472 (Adjusted R Squared =.230)

Post Hoc

DMRT 5% (Interaksi Konsentrasi dan Lama Perendaman)

HASIL

Duncan

INTERAKSI	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
konsentrasi 0.05% 4 jam	3	5.33		
kontrol	3	6.00	6.00	
konsentrasi 0.07% 8 jam	3	6.67	6.67	6.67
konsentrasi 0.03% 4 jam	3	7.00	7.00	7.00
konsentrasi 0.05% 6 jam	3	7.00	7.00	7.00
konsentrasi 0.03% 8 jam	3	8.00	8.00	8.00
konsentrasi 0.07% 4 jam	3		8.33	8.33
konsentrasi 0.03% 6 jam	3		8.33	8.33
konsentrasi 0.07% 6 jam	3		8.33	8.33
konsentrasi 0.05% 8 jam	3			9.33
Sig.		.055	.095	.058

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 2.000.

C. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap jumlah daun

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	99.417[a]	11	9.038	2.667	.022
Intercept	2652.250	1	2652.250	782.631	.000
KONSENTRASI	26.972	3	8.991	2.653	.072
WAKTU	9.500	2	4.750	1.402	.266
KONSENTRASI * WAKTU	62.944	6	10.491	3.096	.022
Error	81.333	24	3.389		
Total	2833.000	36			
Corrected Total	180.750	35			

a. R Squared = .550 (Adjusted R Squared =.344)

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
PUSAT PERPUSTAKAAN

Post Hoc

DMRT 5% (Interaksi Konsentrasi dan Lama Perendaman)

HASIL

Duncan

INTERAKSI	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
kontrol	3	5.67		
konsentrasi 0.07% 8 jam	3	6.67	6.67	
konsentrasi 0.05% 4 jam	3	7.00	7.00	
konsentrasi 0.03% 8 jam	3	7.67	7.67	
konsentrasi 0.05% 6 jam	3	9.00	9.00	9.00
konsentrasi 0.07% 4 jam	3		9.33	9.33
konsentrasi 0.03% 6 jam	3		9.67	9.67
konsentrasi 0.07% 6 jam	3		9.67	9.67
konsentrasi 0.05% 8 jam	3		10.00	10.00
konsentrasi 0.03% 4 jam	3			12.00
Sig.		.063	.069	.063

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 3.389.

D. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap luas daun rata-rata

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6073.808[a]	11	552.164	2.301	.043
Intercept	294467.214	1	294467.214	1.227E3	.000
KONSENTRASI	2091.611	3	697.204	2.906	.055
WAKTU	1021.170	2	510.585	2.128	.141
KONSENTRASI * WAKTU	2961.027	6	493.505	2.057	.097
Error	5758.886	24	239.954		
Total	306299.908	36			
Corrected Total	11832.694	35			

a. R Squared = .513 (Adjusted R Squared =.290)

E. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap panjang akar

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	285.410[a]	11	25.946	4.393	.001
Intercept	3389.180	1	3389.180	573.789	.000
KONSENTRASI	118.436	3	39.479	6.684	.002
WAKTU	22.167	2	11.084	1.876	.175
KONSENTRASI * WAKTU	144.806	6	24.134	4.086	.006
Error	141.760	24	5.907		
Total	3816.350	36			
Corrected Total	427.170	35			

a. R Squared = .668 (Adjusted R Squared =.516)

Post Hoc

DMRT 5% (Interaksi Konsentrasi dan Lama Perendaman)

HASIL

Duncan

INTERAKSI	N	Subset 1	2	3	4
kontrol	3	5.6667			
konsentrasi 0.07% 4 jam	3	6.4000			
konsentrasi 0.07% 8 jam	3	6.8333			
konsentrasi 0.05% 6 jam	3	9.1333	9.1333	9.1333	
konsentrasi 0.03% 6 jam	3	9.3333	9.3333	9.3333	
konsentrasi 0.03% 4 jam	3	9.8000	9.8000	9.8000	
konsentrasi 0.07% 6 jam	3		12.1333	12.1333	12.1333
konsentrasi 0.05% 8 jam	3		12.4000	12.4000	12.4000
konsentrasi 0.05% 4 jam	3			12.9000	12.9000
konsentrasi 0.03% 8 jam	3				15.3000
Sig.		.082	.054	.075	.156

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 5.907.

F. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap jumlah bintil akar

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	23.222[a]	11	2.111	1.767	.118
Intercept	336.111	1	336.111	281.395	.000
KONSENTRASI	6.556	3	2.185	1.829	.169
WAKTU	6.722	2	3.361	2.814	.080
KONSENTRASI * WAKTU	9.944	6	1.657	1.388	.260
Error	28.667	24	1.194		
Total	388.000	36			
Corrected Total	51.889	35			

a. R Squared = .448 (Adjusted R Squared =.194)

G. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap berat kering akar

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.573[a]	11	.143	2.129	.059
Intercept	6.803	1	6.803	101.296	.000
KONSENTRASI	1.057	3	.352	5.245	.006
WAKTU	.176	2	.088	1.308	.289
KONSENTRASI * WAKTU	.341	6	.057	.846	.548
Error	1.612	24	.067		
Total	9.989	36			
Corrected Total	3.185	35			

a. R Squared = .494 (Adjusted R Squared =.262)

H. Uji analisis variansi pengaruh konsentrasi dan lama perendaman terhadap berat kering total tanaman

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	42.042[a]	11	3.822	3.553	.005
Intercept	246.752	1	246.752	229.356	.000
KONSENTRASI	16.371	3	5.457	5.072	.007
WAKTU	3.247	2	1.624	1.509	.241
KONSENTRASI * WAKTU	22.424	6	3.737	3.474	.013
Error	25.820	24	1.076		
Total	314.614	36			
Corrected Total	67.862	35			

a. R Squared = .620 (Adjusted R Squared =.445)

PUSAT PERPUSTAKAAN

Post Hoc

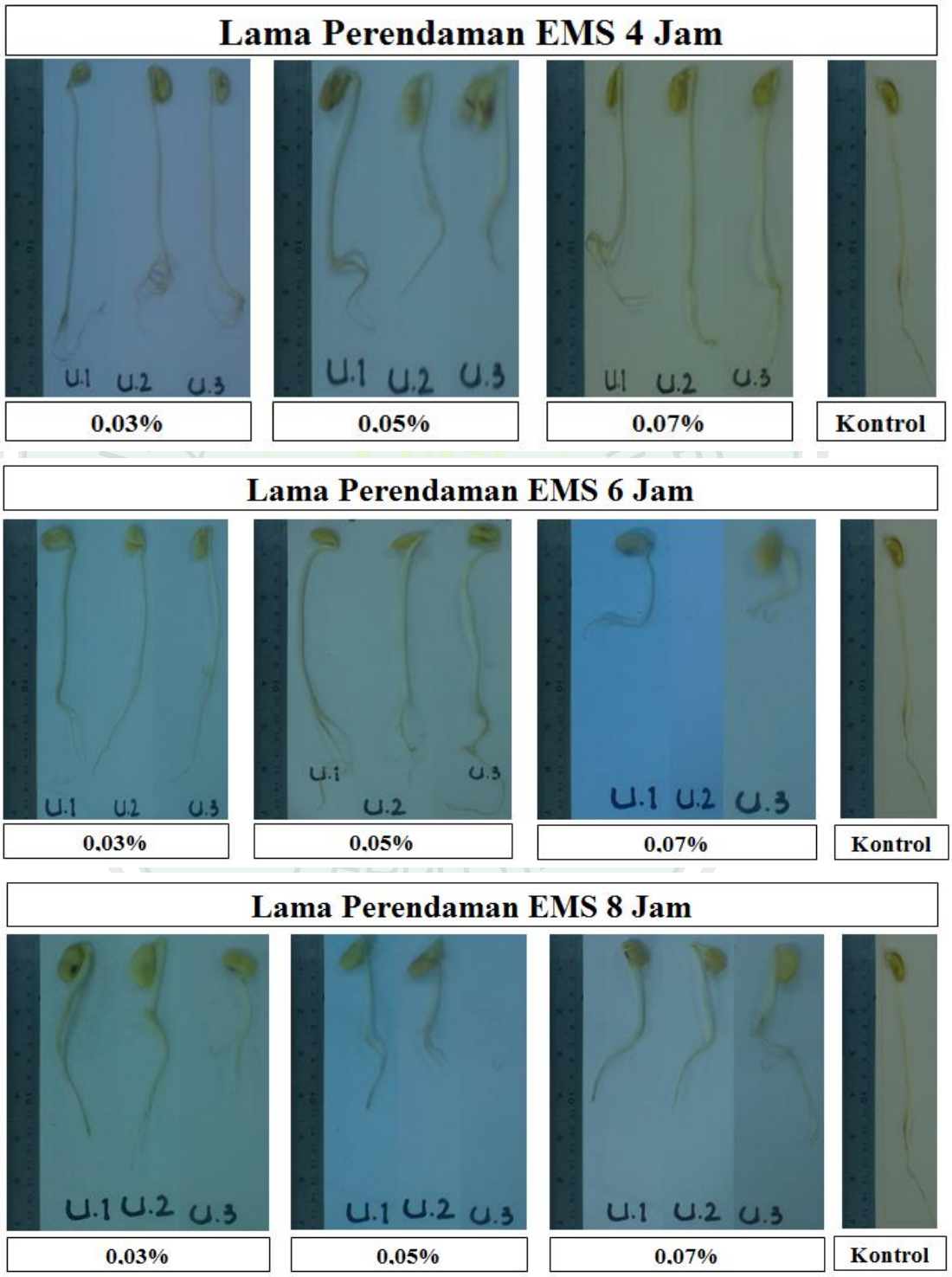
DMRT 5% (Interaksi Konsentrasi dan Lama Perendaman)

Duncan

INTERAKSI	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
konsentrasi 0.07% 8 jam	3	1.2067		
kontrol	3	1.3200		
konsentrasi 0.07% 4 jam	3	1.9767		
konsentrasi 0.05% 6 jam	3	2.0900		
konsentrasi 0.03% 8 jam	3	2.5633	2.5633	
konsentrasi 0.05% 4 jam	3	2.6000	2.6000	
konsentrasi 0.07% 6 jam	3	2.8333	2.8333	
konsentrasi 0.03% 6 jam	3	2.9000	2.9000	
konsentrasi 0.05% 8 jam	3		4.3767	4.3767
konsentrasi 0.03% 4 jam	3			5.0833
Sig.		.099	.065	.412

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 1.076.

Lampiran 3. Hasil Perkecambahan Kedelai Varietas Grobogan



Lampiran 4. Hasil Pertumbuhan Kedelai Varietas Grobogan

A. Tanaman Kedelai 7 HST

0,03% 4 jam	**0,05% 4 jam**
0,07% 4 jam	**0,03% 6 jam**
0,05% 6 jam	**0,03% 8 jam**

0,05% 8 jam	**0,07% 8 jam**
kontrol	

B. Tanaman Kedelai 80 HST

<table>
<tr>
<td>

perlakuan 4 jam</td>
<td>

perlakuan 6 jam</td>
</tr>
<tr>
<td>

perlakuan 8 jam</td>
<td></td>
</tr>
</table>

Lampiran 5. Alat dan Bahan Penelitian

buffer fosfat pH 7	**mutagen EMS (ethyl methanesulfonate)**
kedelai varietas Grobogan	**mikropipet dan tip**
alat-alat gelas	

Lampiran 6. Kegiatan Penelitian

Pembuatan larutan EMS	Perendaman benih kedelai
Perkecambahan benih kedelai	Pengamatan tanaman kedelai