

**ANALISIS EKSPRESI GEN *BADH1* PADA TANAMAN
KEDELAI (*Glycine max* [L.] MERILL) VARIETAS
ANJASMORO DALAM PENINGKATAN CEKAMAN
SALINITAS (NaCl)**



Disusun oleh :

Faisal

16640071

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2020



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1947/Un.02/DST/PP.00.9/08/2020

Tugas Akhir dengan judul : Analisis Ekspresi Gen BADH1 pada Tanaman Kedelai (Glycine max [L] Merrill) Varietas Anjasmoro dalam Peningkatan Cekaman Salintas (NaCl)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : FAISAL
Nomor Induk Mahasiswa : 16640071
Telah diujikan pada : Jumat, 24 Juli 2020
Nilai ujian Tugas Akhir : A

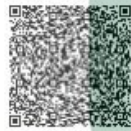
dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Jumailatus Solihah, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 5C139aeb8bca



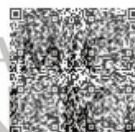
Penguji I
Erny Qurotul Ainy, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 5143470194392



Penguji II
Siti Aisah, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 51432c80eefa0



Yogyakarta, 24 Juli 2020
UIN Sunan Kalijaga
P/I. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Muriono, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 51431ab8f6c11

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Faisal

NIM : 16640071

Program Studi : Biologi

Menyatakan dengan sesungguhnya skripsi saya ini adalah asli hasil karya atau penelitian penulis sendiri dan bukan plagiasi dari hasil karya orang lain kecuali pada bagian yang dirujuk sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya agar dapat diketahui oleh anggota dewan penguji.

Yogyakarta, 19 Juni 2020

Yang menyatakan



Faisal

NIM. 16640071

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Alhamdulillahirobbil 'alamien wabihi nasta'in wa'ala umurid dunya waddin
wa'ala alihi washohbihi ajma'in amma ba'du.*

Segala Puji bagi Allah SWT dan shalawat serta salam telah dicurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW atas Rahmat dan Syafaat, sehingga Tugas Akhir (Skripsi) yang sederhana ini telah terselesaikan dengan baik.

Karya ini saya persembahkan kepada:

Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman kepada saya.

Kedua Orang tua saya (Mama dan Mimi), yang telah memberikan dukungan moral dan moril serta pendidikan karakter.

Semoga karya ini dapat diterima dan memberikan manfaat bagi khalayak umum, terutama bagi Instansi yang bersangkutan.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

إنَّ الطريق إلى الحقيقة يمرّ من القلب لا من الرّأس، فاجعل قلبك لا عقلك دليلك الرّئيسي.
واجه، تحدّ وتغلب في نهاية المطاف على النفس بقلبك. إنَّ معرفتك بنفسك ستقودك الى

معرفة الله

Jalan menuju kebenaran itu melalui hati, bukan melalui kepala. Maka jadikan hatimu, bukan kepalamu, pembimbingmu yang utama. Hadapkan hatimu, kau akan sampai. Hatimu itu ada dalam jiwamu. Pengetahuanmu tentang jiwamu akan mengantarkanmu mengetahui Tuhan, sang kebenaran itu.

#Syamsuddin_AITabrizi

كلّ علمٍ يحصل عليه في هذه الدّنيا بالدراسة والإكتساب هو علم ابدان. أمّا ذلك العلم الذي يحصل عليه بعد الموت فعلم أديان

Semua ilmu pengetahuan yang diperoleh di dunia melalui belajar dan usaha disebut ilmu “tubuh” (sekuler). Sedangkan ilmu pengetahuan yang dihasilkan untuk kehidupan sesudah mati adalah ilmu agama

#Maulana_Jalaluddin_Rumi

Ketika hati gusar dan lelah pasrahkanlah semua pada-Nya. Hanya Dia yang dapat memberikan pertolongan. Terkadang dewasa ini terlalu angkuh sekedar mengangkat kedua tangan

#@Ishong_Rohudkhan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah atas rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan untuk Tugas Akhir atau Skripsi ini dengan baik. Kekuatan dan kesehatan yang diberikan dalam penyelesaian tugas ini merupakan sebagian nikmat-Nya yang tiada tara sebagai tanda kasih sayang pada hamba-Nya. Shalawat serta salam tidak lupa dipanjatkan kepada baginda Nabi Agung Muhammad SAW, nabi dan rasul terakhir umat Muslim, serta keluarga dan sahabat beliau yang selalu disisinya.

Penelitian dengan judul *Analisis Ekspresi Gen BADH1 pada Tanaman Kedelai (Glycine Max [L.] Merrill) Varietas Anjasmoro dalam Peningkatan Cekaman Salinitas (NaCl)* ini telah terlaksana dengan lancar atas bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Hj. Khurul Wardati, M. Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.
2. Ibu Erny Qurotul Ainy, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga.
3. Ibu Jumailatus Solihah, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penasehat Akademik.
4. Ibu Jumailatus Solihah, S.Si., M.Si., Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan bimbingan sejak awal perencanaan penelitian hingga selesai penulisan laporan penelitian.

5. Ibu Erny Qurotul Ainy, S.Si., M.Si. dan Ibu Siti Aisah, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Sidang Skripsi.
6. Seluruh Dosen Biologi UIN Sunan Kalijaga atas ilmu yang sangat bermanfaat untuk penelitian.
7. Jajaran Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) selaku pendamping dan konsultan penelitian.
8. Rekan-rekan peneliti atas waktu yang diluangkan untuk diskusi dan berbagi ilmu.

Semoga tulisan ini bersama ilmu yang telah dipelajari dapat memberikan manfaat pada para akademisi, masyarakat, maupun negara kedepannya. Penulis berharap saran dan kritik yang membangun dapat disampaikan untuk tulisan yang belum cukup sempurna ini. Akhir kata, semoga kita semua senantiasa diberi kemudahan dan keberkahan dalam menuntut ilmu yang bermanfaat.

Yogyakarta, Juli 2020

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Penulis

ANALISIS EKSPRESI GEN *BADHI* PADA TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* [L.] MERILL) VARIETAS ANJASMORO DALAM PENINGKATAN CEKAMAN SALINITAS (NaCl)

Faisal
16640071

Abstrak

Kedelai merupakan salah satu komoditas pangan di Indonesia. Seiring berjalannya waktu terjadi penurunan produksi karena faktor biotik dan abiotik. Salah satu faktor abiotik adalah salinitas (NaCl) sebagai cekaman lingkungan. Salinitas (NaCl) mampu menurunkan produktifitas kedelai hingga mencapai 50%. Diketahui terdapat beberapa varietas tanaman kedelai (*Glycine max*) yang toleran terhadap salinitas tinggi, salah satunya varietas Anjasmoro. Tanaman kedelai varietas Anjasmoro memiliki senyawa *Glycine betaine* yang termasuk metabolit primer dalam tanaman kedelai, namun dapat diproduksi lebih banyak dalam kondisi tercekam salinitas. *Glycine betaine* disintesis oleh gen *BADHI* (*Betaine Aldehyde Dehydrogenase 1*). Respon tanaman terhadap cekaman salinitas dapat dilihat dari morfologi dan pertumbuhan tanaman seperti warna daun, jumlah daun, tinggi tanaman, panjang akar, berat basah, serta berat keringnya. Analisis ekspresi gen dapat membuktikan peran gen *BADHI* pada tanaman kedelai yang tercekam salinitas. Penelitian ini dilakukan isolasi RNA total dari sampel akar tanaman kedelai kontrol dan yang dicekam salinitas, kemudian dilakukan cDNA dan dilakukan *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Metode PCR sendiri menggunakan primer yang didesain menggunakan *consensus sequence* dari spesies *Glycine max* dan *Glycine soja*. Hasil visualisasi PCR menunjukkan amplicon dari gen *BADHI* berukuran 160 bp dengan tingkat ekspresi yang berbeda antara kontrol dan yang tercekam. Diketahui bahwa konsentrasi salinitas mempengaruhi tingkat ekspresi gen *BADHI*.

Kata Kunci: *Glycine max*, Ekspresi gen, *Betaine Aldehyde Dehydrogenase* (*BADHI*), Osmoprotektan, *Polymerase Chain Reaction* (PCR).

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan	5
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Tanaman Kedelai	7
B. Cekaman Lingkungan Kedelai.....	12
C. Respon Tanaman Kedelai	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
A. Waktu dan Tempat	21
B. Alat dan Bahan.....	21
C. Prosedur Kerja.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. Penanaman Kedelai dan Perlakuan	30
B. Pengamatan Morfologi dan Pertumbuhan Tanaman.....	31
C. Isolasi RNA Total dan Sintesis cDNA.....	41
D. Desain Primer.....	43
E. Ekspresi Gen Penyandi Glisin Betain (<i>BADHI</i>).....	44
BAB V PENUTUP.....	48
A. Kesimpulan	48
B. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel.1 Kriteria tanaman kedelai varietas Anjasmoro (Balitkabi, 2006).....	11
Tabel 2. Konversi Konsentrasi NaCl dalam ppm dan mg/L	22
Tabel 3. Volume reagen sintesis cDNA	26
Tabel 4. Volume reagen PCR.....	27
Tabel 5. Tahapan dan kondisi reaksi RT-PCR.....	27
Tabel 6. Efek cekaman salinitas (NaCl) pada tanaman kedelai setelah 7 hari perlakuan.....	33
Tabel 7..Efek cekaman salinitas pada daun tanaman kedelai	33
Tabel 8. Hasil pengukuran pH tanah pada hari ketujuh setelah pemberian perlakuan larutan NaCl dengan variasi konsentrasi	40
Tabel 9. Hasil spektrofotometri RNA Total.....	41
Tabel 10. Sekuens dan keterangan primer	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Hasil rerata panjang akar pada tiap perlakuan NaCl	34
Gambar 2. Hasil rerata pertambahan tinggi tanaman tiap perlakuan NaCl..	35
Gambar 3. Hasil rerata pertambahan jumlah daun tiap perlakuan NaCl.....	36
Gambar 4. Hasil rerata berat basah tanaman tiap perlakuan NaCl	38
Gambar 5. Hasil rerata berat kering tanaman tiap perlakuan NaCl	39
Gambar 6. Hasil elektroforesis amplifikasi gen BADH1.....	45
Gambar 7. Komposisi media yang digunakan pada tiap perlakuan tanaman kedelai.....	56
Gambar 8. Jenis benih Anjasmoro yang digunakan dalam penelitian ini, dari Balitkabi Malang	56



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Persiapan media tanam	56
Lampiran 2. Hasil pengamatan morfologi dan pertumbuhan tanaman kedelai	57
Lampiran 3. Perhitungan data pengamatan morfologi dan pertumbuhan tanaman kedelai	58
Lampiran 4. Dokumentasi penelitian tanaman kedelai dengan perlakuan NaCl.....	59
Lampiran 5. Visualisasi elektroforesis hasil isolasi RNA total.....	63
Lampiran 6. Sekuens templat gen <i>BADH1</i> (mRNA) dan sekuens templat <i>consensus sequence</i> gen <i>BADH1</i> dari spesies <i>Glycine max</i> dan <i>Glycine soja</i>	64
Lampiran 7. Hasil desain primer dan situs penempelan primer reverse dan forward.....	65
Lampiran 8. Hasil pemesanan primer	66
Lampiran 9. Hasil perhitungan ulang T_m primer di https://www.thermofisher.com	70
Lampiran 10. Perhitungan hitungan amplikon.....	71

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) adalah salah satu tanaman yang berasal dari China dan sampai saat ini menjadi salah satu komoditas bahan pangan masyarakat di Indonesia (Kusuma, 2016). Peningkatan jumlah permintaan kedelai di Indonesia terus melonjak sehingga pemerintah Indonesia bekerjasama dengan negara lain untuk mencukupi permintaan masyarakat di Indonesia. Impor kedelai selama ini banyak dipasok dari Amerika Serikat (AS). Namun kedelai produksi negeri Paman Sam itu berasal dari benih GMO (*Genetically Modified Organisms*) atau hasil transgenik (Balitkabi M. , 2018). Kebutuhan industri pangan dalam komoditas kedelai di Indonesia rata-rata sebanyak 2,3 juta ton biji kering/tahun. Sementara, produksi dalam negeri rata-rata lima tahun terakhir sebesar 982,47 ribu ton biji kering atau 43% dari kebutuhan (Balitkabi M. , 2018).

Produksi kedelai yang rendah dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kekurangan lahan, minat kerja pertanian rendah, alokasi lahan pertanian, dan gagal panen. Gagal panen bagi para petani kedelai disebabkan oleh faktor biotik dan abiotik di lahan. Faktor biotik yang sering terjadi di lahan adalah berupa serangan hama. Faktor abiotik pada tanaman

kedelai yaitu seperti cuaca dan kondisi lahan. Kondisi lahan sangat mempengaruhi pertumbuhan kedelai, salah satu contoh yaitu cekaman lingkungan berupa cekaman salinitas (Dyah & Taufiq, 2017).

Menurut Herawati, *et al* (2018), salinitas adalah salah satu cekaman abiotik yang sangat berpengaruh terhadap hasil produksi dan kualitas tanaman. Potensial osmotik tanah mengalami penurunan sehingga ketersediaan air bagi tanaman menjadi turun. Menurut Kuswantoro (2011), konsentrasi ion yang meningkat menjadi bersifat racun bagi tanaman sehingga memacu ketidaksetimbangan dalam struktur kimia dan fisika pada tanah. Berdasarkan sumber Zhang & Becker (2015) menyatakan bahwa tingkat adaptasi kedelai terhadap Na berdasarkan Na yang dapat dipertukarkan di lapangan memiliki tingkat kepekaan dengan ambang batas salinitas bagi kedelai mencapai 5,0 ds/m (3200 ppm) dan penurunan hasil 20,0 %/dsm⁻¹. Salinitas di lahan dapat disebabkan oleh faktor cuaca seperti kekeringan dan letak geografis lahan tersebut tidak jauh dari pesisir pantai.

Salinitas menyebabkan efek bagi tanaman kedelai baik secara morfologi, fisiologi, maupun molekular. Efek tersebut berupa peningkatan tekanan osmotik atau penurunan potensial osmotik. Hal itu dapat menurunkan daya serap tanaman terhadap air sehingga produktivitas tanaman juga mengalami penurunan. Pada kondisi tersebut tanaman membutuhkan energi sangat besar untuk penyerapan air dan mempertahankan tekanan turgor sel. Apabila tanaman tidak memiliki energi cukup besar untuk penyerapan air dan nutrisi sekaligus menjaga tekanan

turgor sel maka penyerapan dan proses transpirasi tanaman terhambat perlahan dan tanaman kedelai akan mengalami kematian. Peningkatan konsentrasi Na^+ dalam tanah dapat menurunkan konsentrasi Ca^{2+} dan K^+ dalam jaringan tanaman kedelai. Penurunan konsentrasi Ca^{2+} pada tanaman dapat mengganggu aktivitas dan integritas membran sel sekaligus mengakumulasi Na^+ dalam jaringan tanaman. Tingginya ion Na^+ dapat menghambat pertumbuhan dan terjadi perubahan morfologi dan anatomi tanaman kedelai menurut Kristiyono, *et al.*, (2013).

Adaptasi tanaman kedelai dalam cekaman salinitas dengan memproduksi senyawa Glisin Betain sebagai senyawa osmoprotektan. Osmoprotektan adalah senyawa yang diproduksi secara alami oleh organisme atau sintetik yang bertujuan melindungi sel dari keadaan aktivitas air yang rendah. Contoh dari osmoprotektan diantaranya adalah prolin, glisin betain, glutamat, ektoin dan lainnya (Krisnawati & Muchlish, 2009). Salah satu senyawa penting untuk adaptasi tumbuhan yaitu glisin betain. Glisin betain adalah hasil dari metabolit primer sebagai pertahanan tekanan osmosis di dalam sel tanaman dan ekspresi meningkat pada saat kondisi tercekam salinitas. Glisin betain disintesis melalui dua jalur yang berbeda dari dua substrat seperti kolin dan glisin, hal ini bergantung pada mode oksidasi kolin yang diaktifkan (Kishor, *et al.*, 2015).

Sintesis glisin betain dibantu oleh keberadaan enzim Choline Monooxygenase (CMO). Pada tanaman, enzim Choline Monooxygenase (CMO) pertama-tama mengubah kolin menjadi betaine aldehyde dan

kemudian enzim Betaine Aldehyde Dehydrogenase (BADH) menghasilkan glisin betain dengan keberadaan NAD^+ . Aktivitas enzim CMO dipengaruhi oleh salinitas lingkungan. Kadar garam tinggi di lingkungan meningkatkan kinerja enzim CMO. Aktivitas enzim yang meningkat merupakan indikator adanya respons stres terhadap garam tinggi (Giri, 2011).

Setiap tanaman mempunyai respon salinitas yang berbeda-beda, salah satunya adalah kedelai. Menurut Ali Jamil, *et al.*, (2016) diantara varietas kedelai yang dianggap toleran terhadap salinitas tinggi yaitu varietas Anjasmoro. Kedelai Anjasmoro juga sering digunakan dalam pembuatan banyak olahan makanan. Tanaman ini memiliki respon salinitas dengan ambang batas 5 dS/m (3200 ppm). Diatas nilai tersebut pertumbuhan tanaman kedelai akan menurun (Dyah, 2016). Diduga terjadi peningkatan kemampuan adaptasi kedelai di lapangan sehingga varietas kedelai pada umumnya dapat bertahan sampai ambang batas salinitas kedelai dicapai DHL (Daya Hantar Listrik) tanah/Ece 7,5 dS/m (4800 ppm) (Dyah & Taufiq, 2017).

Respon terhadap salinitas tersebut tidak terlepas dari keberadaan gen *BADH1* yang mengekspresikan glisin betain. Gen tersebut berperan dalam mengkode glisin betain yang berperan dalam pertahanan terhadap cekaman lingkungan salah satunya salinitas (Elwany, *et al.*, 2010). Pentingnya gen tersebut dalam mekanisme adaptasi tumbuhan kedelai memerlukan adanya analisis lebih lanjut terhadap ekspresi dari gen *BADH1* tiap bagian tanaman (akar), serta respon morfologi tanaman (Elwany, *et al.*,

2010). Penelitian ini dilakukan guna menganalisis ekspresi gen *BADHI* pada tanaman yang beradaptasi dalam kondisi salinitas tinggi, yang berperan dalam biosintesis dari senyawa glisin betain sekaligus pengamatan respon morfologi tanaman kedelai anjasmoro terhadap cekaman salinitas.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana tingkat ekspresi gen *BADHI* pada tanaman kedelai pada kondisi tercekam salinitas ?
2. Bagaimana respon morfologi dan pertumbuhan tanaman berdasarkan jumlah daun, warna daun, tinggi tanaman, panjang akar, berat basah dan berat kering tanaman kedelai dalam kondisi tercekam salinitas ?

C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis hasil ekspresi gen *BADHI* pada tanaman kedelai pada kondisi tercekam salinitas.
2. Mengetahui respon morfologi dan pertumbuhan tanaman kedelai dalam kondisi tercekam.

D. Manfaat penelitian

1. Sebagai acuan informasi molekular perihal ekspresi gen *BADHI* pada tanaman kedelai yang tercekam namun memiliki gejala positif.
2. Sebagai langkah awal pemuliaan tanaman kedelai guna menghasilkan kualitas unggul baru dalam hal ini bisa dilakukan hibridasi.

3. Sebagai acuan bagi para petani kedelai perihal gejala yang ditimbulkan pada kondisi tercekam salinitas.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Tingkat ekspresi gen *BADHI* dapat dilihat berdasarkan kemunculan pita amplikon dengan berukuran kisaran 160 bp dari hasil amplifikasi menggunakan primer gen *BADHI*. Sampel akar yang diisolasi dari perlakuan 0 ds/m dan 5 ds/m menunjukkan tingkat ekspresi gen yang berbeda. Peningkatan ekspresi gen lebih banyak pada perlakuan salinitas 5 dS/m. Pada sampel akar kontrol memunculkan pita DNA lebih tipis dibanding dengan pita DNA akar perlakuan. Perlakuan 6 dS/m dan 7,5 dS/m belum dapat disimpulkan karena belum dilakukan visualisasi. Respon morfologi dan pertumbuhan tanaman kedelai berupa gejala abnormalitas pada tinggi tanaman, panjang akar, warna daun, jumlah daun, berat basah dan berat kering tanaman kedelai.

B. Saran

Optimasi PCR perlu dilakukan secara penuh dan lebih detail pada primer *non-consensus sequence* dan *consensus sequence* agar dapat mengetahui hasil yang lebih baik. Basis data gen *BADH1* yang digunakan untuk desain primer perlu diperluas kembali terutama pada spesies *Glycine max* dan *Glycine soja*. Transfer dan *sequencing database* tersebut dapat membantu menambah informasi terkait panjang basa gen dan urutan gen sehingga membantu dalam desain primer yang

lebih spesifik dan ekspresi gen dapat diketahui. Pada beberapa tanaman pangan juga dapat mengekspresikan gen *BADHI* sehingga dapat dikaji lebih luas kembali. Hal ini karena senyawa glisin betain bersifat metabolit primer pada sebagian tanaman, termasuk tanaman kedelai. Selain itu, terdapat beberapa gen yang diekspresikan selain glisin betain dalam proses mempertahankan diri tanaman terhadap cekaman salinitas, sehingga dapat dikaji lebih jauh menggunakan metode yang sama.



DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto, T. (2005). *Kedelai*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Adisarwanto, T. (2006). *Budidaya Dengan Pemupukan Yang Efektif dan Pengoptimalan Peran Bintil Akar Kedelai*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Adisarwanto, T., & Wudianto, R. (2008). *Meningkatkan Hasil Panen Kedelai*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Amirjani, M. R. (2010). Effect of Salinity Stress on Growth, Mineral Composition, Proline Content, Antioxidant Enzymes of Soybean. *Am. J. of Plant Physiol*(5), 350-360.
- Anitha, T., & Usha, R. (2012). Effect of salinity stress on physiological biochemical and antioxidant defense systems of high yielding cultivars of soyabean. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 3(4), 851-864.
- Aranda, R., Dineen, S., Craig, R., Guerrieri, R., & Robertson, J. (2009). Comparison and evaluation of RNA quantification methods using viral, prokaryotic, and eukaryotic RNA over a 10⁴ concentration range. *Anal Biochem*, III(87), 122-127. doi:10.1016/j.ab.2009.01.003
- Ashraf, M. (2004). Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*, 19(9), 361-376.
- Ashraf, M., & Harris, P. J. (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, 16(6), 3-16.
- Balitkabi. (2006). *Deskripsi varietas unggul kacang-kacangan dan umbi-umbian*. Malang: balitkabi.
- Balitkabi, M. (2018, January 09). *BALITKABI*. Dipetik January 03-09, 2018, dari Liputan media [Sinar Tani]: <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/liputan-media/sinar-tani-tahun-2018-tahun-kedelai/>
- Bartlett, J. M., & Stirling, D. (2003). *PCR Protocols (2nd ed.)*. England: Humana Press.
- BIO-RAD. (2000, Januari 01). *SmartSpec™ 3000 Spectrophotometer Instruction Manual Catalog Number 170-2501*. Diambil kembali dari bio-rad.com: <https://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/lsr/literature/4006168D.pdf>

- Bonar, I. S., Rosanty, R. L., & Sofia, D. H. (2015). Morphological Response of soybean plant (*Glycine max* (L.) Merrill) Anjasmoro variety to dosages the gamma irradiation. *Journal Online Agrotechnology*, 3(2), 515-526.
- Cham-um, S., Takabe, T., & Kirdmanee, C. (2010). Ion content, relative electrolyte leakage, proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of oil palm seedlings in response to salt stress. *Pakistan Journal of Botany*, 42(3), 2191-2200.
- Chen, B. Y., & Janes, H. W. (2002). *PCR Cloning Protocols (2nd ed)*. New Jersey: Humana Press.
- Chinnusamy, V., Jagendorf, A., & Zhu, J. K. (2005). Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci*, IV(5), 437-448.
- Darbre, P. D. (2001). *Basic molecular Biology Essential Techniques*. United Kingdom: John Wiley & Sons.
- Dhairyasheel, B., Patil, & Sharad, B. (2015). Influence of NaCl mediated salinity stress on lipid peroxidation in germinating seeds of soybean. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 6(1), 549-552.
- Dogar, U. F., Naila, N., Maira, A., Iqra, A., Maryam, I., Khalid, H., . . . Khaizar, H. B. (2012). Noxious effects of NaCl salinity on plants. *Botany Res. Inter*, V(1), 20-23.
- Dyah, R. P. (2016). Morpho-physiological and Agronomical Characters of Soybean. *Journal Iptek Tanaman Pangan*, 11(1), 35-48.
- Dyah, R. P., & Taufiq, A. (2017). Respon Morfologi Empat Genotip Kedelai Terhadap Cekaman Salinitas. *Journal Biologi Indonesia*, 13(2), 175-188.
- El-Hendawy, S. E. (2004). Salinity tolerance in Egyptian spring wheat genotypes. *Desertasi*, 116.
- Elwany, R. A., Tanaka, N., Sanaeoka, H., Ahmed, H. H., Samy, S. Y., Abu, M. F., . . . Fujita, K. (2010). Expression of Betaine Aldehyde Dehydrogenase Gene in Transgenic Tomato Hairy Roots Leads to the Accumulation of Glycine Betaine and Contributes to the Maintenance of the Osmotic Potential Under Salt Stress. *Soil Science Plant Nutrition*, 46(4), 873-883.
- Fachruddin, L. (2000). *Budidaya Kacang Kacangan*. Yogyakarta: Kanisius.

- Fehr, W., & Caviness. (1977). *Stages of Soybean Development*. Ames, Iowa: Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economics Experiment Station, Iowa State University.
- Gaxiola, R., Li, J., Undurraga, S., Dang, V., Allen, G. J., Alpen, S. L., & Fink, G. R. (2001). Drought- and salt-tolerant plant result from overexpressing of AVP1 H-Pump. *Proc. Natl. Acad. Sci*(98), 11444-11449.
- Ghafoor, A., Qadir, M., & Murtaza, G. (2004). *Salt-Affected Soils: Principles of Management* (1 ed.). Lahore: Allied Book Centre.
- Ghoulam, C., Foursy, A., & Kares, K. (2002). Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 47(1), 39-50.
- Ginting, E., & J, I. T. (2010). Standar Mutu Biji Kedelai. *Journal teknik Produksi dan Pengembangan*, 2(3), 444-463.
- Giri, J. (2011). Glycinebetaine and abiotic stress tolerance in plants. *Journal plant Signaling & Behavior*, 6(11), 1746-1751.
- Halimursyadah, Imran, S., & Rahmat, A. (2016). Model Simulasi Pengujian Vigor Dua Varietas Kedelai Pada Kondisi Media Tumbuh Bersalinitas Tinggi. *Jurnal Agrotek Lestari*, 2(1), 1-10.
- Hamayun, M., Khan, S. A., Khan, A. L., Shinwari, Z. K., Hussain, J., Sohn, E., . . . Lee, I. (2010). Effect of salt stress on growth attributes and endogenous growth hormones of soybean cultivar Hwangkeumkong. *Pak. J. Bot*, 42(5), 3103-3112.
- Hindarta, A. (2008). Ekspresi Gen SOD Dan GPX Pada Kedelai Yang Mendapat Cekaman Kekeringan Dan Perlakuan Herbisida Paraquat. *Tesis Sekolah PascaSarjana IPB*, 1-60.
- Hirschi, D. (2004). The calcium canudrum, both versatile nutrient and spesific signal. *Plant Physiol*, 13(6), 2438-2442.
- Jamil, A., Jana, M. M., Heru, R. P., Argo, N. S., Aqil, M., Musaddad, A., & Putri, F. (2016). *Deskripsi varietas tanaman pangan 2010-2016*. jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian) Kementerian Pertanian.

- Jones, J. J. (2002). *Agronomic Handbook, Management of Crops, Soils and Their Fertility*. New York Washington DC: CRC, Press Boca raton London.
- Kadam, P., & Pravin, C. (2010). Effect of NaCl salinity on stomatal density and stomatal behaviour of *Crotalaria* Species. *Bianano Frontier*, 3(2), 300-303.
- Kirby, L. T. (1992). *DNA Fingerprinting An Introduction*. United State of America: W.H Freeman and Company.
- Krisnawati, A., & Muchlish, M. A. (2009). Kendali Genetik dan Karakter Penentu Toleransi Kedelai terhadap Salinitas. *Journal Iptek Pangan*, 4(2), 222-237.
- Kristiyono, A., Dyah, R. P., & Taufiq, A. (2013). Respons Tanaman Kedelai, Kacang Tanah, Dan Kacang Hijau Terhadap Cekaman Salinitas. *Buletin Palawija*, 2(6), 45-60.
- Kusuma, R. (2016). Keragaman Fenotipe Dan Heritabilitas Kedelai (*Glycine Max* [L.] Merril) Generasi F6 Hasil Persilangan Wilis Xmlg2521. *Skripsi, Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung; bandar Lampung*, 1-89.
- Lamina. (1989). *Kedelai dan pengolahannya*. Jakarta: Simpleks.
- Mariyatul, Q. (2014). Penggunaan Triokontanol dan Jarak Tanam Pada Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus*). *Saintis*, 6(2), 15-24.
- Mega, E. S. (2017). Analisis Morfologi Dan Struktur Anatomi Tanaman Kedelai (*Glycine Max L.*) Pada Kondisi Tergenang. *Tugas Akhir SB-141510*, 1-109.
- Melita, W. N. (2011). Analisis Pertumbuhan Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr.*) Di Bawah Cekaman Naungan. *Skripsi, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor*, 1-53.
- Mindari, W., Maroeto, & Syekhfani. (2009). Ameliorasi Air Salin Menggunakan Pupuk Organik Untuk Meningkatkan Produksi Tanaman Kedelai Dan Jagung Dalam Rotasi. *Penelitian Hibah Bersaing DP2M Dikti TA*, 1-37.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ*, 25, 239-250.
- Munns, R., Hussain, S., Rivelli, A. R., James, R. A., Condon, A. G., Lindsay, M. P., . . . Hare, R. A. (2002). Avenues For Increasing Salt Tolerance Of Crops, And The Role Of Physiologically Based Selection Traits. *Plant Soil*, 24(7), 93-105.

- Najiyati, S., & Danarti. (1999). *Palawija Budidaya dan Analisa Usaha Tani*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Nur, C. I., Hayati, M., & Putri, S. M. (2010). Respon Kedelai Kultivar Kipas Putih Dan Wilis Pada Kadar Airtanah Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil. *Agrista*, 14(1), 25-29.
- O'Connell, J. (2002). *RT-PCR protocols*. New Jersey: Humana Press.
- Parida, A. K., Das, A. B., & Mitra, B. (2004). Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguiera parviflora*. *Trees-Struct. Funct*(18), 167-174.
- Rakhman, A. M., & Tambas, D. (1986). *Pengaruh Inokulasi Rhizobium japonicum Frank., Pemupukan Molibdenum dan Kobalt terhadap Produksi dan Jumlah Bintil Akar Tanaman Kedelai pada Tanah Podsolik Plintik*. Palembang: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
- Rengasamy, P. (2006). World salinization with emphasis on Australia. *J. Expt*, 2(57), 1017-1023.
- Riyandi, N. E., Sampurno, J., & Ishak, M. J. (2016). Identifikasi Nilai Salinitas Pada Lahan Pertanian di Daerah Jungkat Berdasarkan Metode Daya Hantar Listrik (DHL). *Prisma Fisika*, IV(2), 69-72.
- Rukmana, R., & Yuniarsih, Y. (2010). *Kedelai, Budidaya, Dan Pasca Panen*. Yogyakarta: kanisius.
- Sakamoto, A., & Murata, N. (2002). The role of glycine betaine in the protection of plants from stress: clues from transgenic plants. *Plant, Cell and Environment*(25), 163-171.
- Sirappa, M. P., & Susanto, A. N. (2008). Pengembangan tanaman kacang-kacangan pada lahan sawah irigasi di pulau buru, maluku. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 4(1), 64-72.
- Stepien, P., & Klobus, G. (2006). Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. *Biologia Plantarum*, 50(4), 610-616.
- Subagyono, K. (2008). *Kerusakan Lahan Pertanian Akibat Tsunami*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.

- Subekti, B. Y., Kendarini, N., & Saptadi, D. (2015). Peningkatan Viabilitas Benih Kedelai Hitam (*Glycine Max L. Merr*) Melalui Invigorasi Osmoconditioning. *Jurnal Produksi Tanaman*, III(6), 518-527.
- Tester, M., & Davenport, R. (2003). Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann. Bot*(91), 503-527.
- Tolib, R., Kusmiyati, F., & Lukiwati, D. R. (2017). Effect of cropping system and organic fertilizer on agronomic characteristic of *Sesbania grandiflora* and *Panicum maximum* at saline soil. *J. Agro Complex*, 1(2), 57=64.
- Turan, M., H.A.E. Abdelkarim, N., Taban, & S, T. (2009). Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentration on maize plant. *Afr. J. Agric. Res*, 4(9), 893-897.
- Wanga, D., Shannon, M. C., & Grieve, C. M. (2001). Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean. *Field Crops Res*, VI(9), 267-277.
- Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, Y., Siosemardeh, A., & Ghassemi, K. (2011). Physiological responses of soybean (*Glycine max L.*) to zinc application under salinity stress. *Australian Journal of Crop Science*, 5, 1441-1447.
- Werker, E. (2000). *Trichome diversity and development*. In: Hallahan, D.I. and J.C. Gray (Eds.). *Advances in Botanical Research. Plant Trichomes*. New York: Academic Press.
- White, P. J., & Broadley, M. R. (2001). Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review. *Annals of Botany*(88), 967-988.
- Widyawati, W. (2008). Kajian perkembangan varietas unggul dan perbenihan kedelai (*Glicine max (L) Merr.*). *Tesis Sekolah Pascasarjana, IPB*, 1-62.
- Wu, G., Zhou, Z., Chen, P., Tang, X., Shao, H., & Wang, H. (2014). Comparative ecophysiological study of salt stress for wild and cultivated soybean species from the yellow river delta, China. *The Scientific World Journal*, 1-13.
- Xiong, L. Z. (2002). Salt tolerance. *The Arabidopsis Book*, 24(1), 1-22.