

TESIS

**RESPON FISIOLOGIS DAN KANDUNGAN NUTRISI
TANAMAN *Indigofera zollingeriana* MUTAN KEDUA
YANG DITANAM DI DAERAH PESISIR**

**PHYSIOLOGY RESPONSE AND NUTRITION CONTENT OF
SECOND MUTANT *Indigofera zollingeriana* PLANTED
IN THE COASTAL AREAS**

**AURELYA YULYANTI SUDARMANTO
I012211003**



**ILMU DAN TEKNOLOGI PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

TESIS

RESPON FISIOLOGIS DAN KANDUNGAN NUTRISI TANAMAN *Indigofera zollingeriana* MUTAN KEDUA YANG DITANAM DI DAERAH PESISIR

Disusun dan diajukan oleh

**AURELYA YULYANTI SUDARMANTO
I012211003**



**ILMU DAN TEKNOLOGI PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

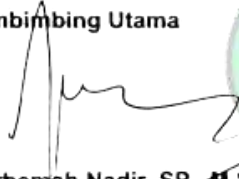
TESIS**RESPON FISIOLOGIS DAN KANDUNGAN NUTRISI TANAMAN
Indigofera zollingeriana MUTAN KEDUA YANG DITANAM
DI DAERAH PESISIR**

Disusun dan diajukan oleh

AURELYA YULYANTI SUDARMANTO
NIM. 1012211003

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam
rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu dan
Teknologi Peternakan Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 27 November 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pembimbing Utama



Marhamah Nadir, SP., M.Si., Ph.D.
NIP. 19730209 200812 2 002

Pembimbing Anggota



Prof. Dr. Ir. Asmuddin Natsir, M.Sc
NIP. 19590917 198503 1 003

Ketua Program Studi
Ilmu dan Teknologi Peternakan



Prof. Dr. Ir. Ambo Ako, M. Sc., IPU.
NIP. 19641231 198903 1 026

Dekan Fakultas Peternakan
Universitas Hasanuddin



Dr. Syahda Baba, S.Pt., M.Si
NIP. 19731217 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aurelya Yulyanti Sudarmanto
Nomor Induk Mahasiswa : I012211003
Program studi : Ilmu dan Teknologi Peternakan
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

**RESPON FISIOLOGIS DAN KANDUNGAN NUTRISI TANAMAN
Indigofera zollingeriana MUTAN KEDUA YANG DITANAM
DI DAERAH PESISIR**

Adalah karya tulisan ini saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain. Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 27 November 2023
Yang Menyatakan


AURELYA YULYANTI SUDARMANTO

ABSTRAK

Aurelya Yulyanti Sudarmanto. I012211003. Respon Fisiologis dan Kandungan Nutrisi Tanaman *Indigofera zollingeriana* Mutan Kedua yang Ditanam di Daerah Pesisir. Dibimbing oleh : **Marhamah Nadir dan Asmuddin Natsir**

Pengembangan tanaman pakan di lahan pesisir membutuhkan varietas tanaman yang adaptif. *Indigofera zollingeriana* mutan kedua merupakan tanaman hasil iradiasi yang diduga mampu beradaptasi di lahan pesisir dengan produktivitas yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adaptasi tanaman *Indigofera* M2 yang ditanam di daerah pesisir yang dapat dilihat dari respon fisiologis dan kandungan nutrisi daun. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 10 perlakuan dan 3 ulangan. Perbedaan antar perlakuan diuji dengan kontras ortogonal. Adapun perlakuan adalah P0: Kontrol; P1: *Indigofera* M2 50 Gy; P2: *Indigofera* M2 100 Gy; P3: *Indigofera* M2 150 Gy; P4: *Indigofera* M2 200 Gy; P5: *Indigofera* dengan cekaman salinitas; P6: *Indigofera* M2 50 Gy dengan cekaman salinitas; P7: *Indigofera* M2 100 Gy dengan cekaman salinitas; P8: *Indigofera* M2 150 Gy dengan cekaman salinitas; dan P9: *Indigofera* M2 200 Gy dengan cekaman salinitas. Parameter yang diamati adalah (1) kemampuan adaptasi melalui uji fisiologi meliputi klorofil, luas stomata, luas daun, indeks luas daun dan kadar prolin dan (2) kadar nutrisi yaitu protein kasar, serat kasar, lemak kasar, produksi PK, produksi SK dan produksi LK. Hasil analisis ragam menunjukkan *Indigofera* M2 yang diberi cekaman memiliki prolin yang tinggi, besarnya luas stomata, luas daun dan indeks luas daun serta kandungan nutrisi dan produksi yang tinggi dibanding *Indigofera* M2 yang tidak diberi cekaman salinitas pada fase pembibitan. Dapat disimpulkan bahwa respon fisiologis unggul dan kandungan nutrisi lebih tinggi *Indigofera* M2 dengan dosis iradiasi 100 Gy yang diberi cekaman salinitas mendukung toleransi di daerah pesisir.

Kata kunci : *Indigofera zollingeriana* M2, Respon fisiologis, Nutrisi, Pesisir

ABSTRACT

Aurelya Yulyanti Sudarmanto. I012211003. Physiology Response and Nutrient Content of Second Mutant *Indigofera zollingeriana* Planted in Coastal Areas. Supervised by **Marhamah Nadir and Asmuddin Natsir**

The development of feed crops on coastal land requires adaptive plant varieties. *Indigofera zollingeriana* second mutant is an irradiated plant that is thought to be able to adapt to coastal land with high productivity. This study aims to determine the adaptability of *Indigofera* M2 plants grown in coastal areas which can be seen from the physiological response and leaf nutrient content. The experimental design used was a completely randomised design (CRD) with 10 treatments and 3 replications. Differences between treatments were tested with orthogonal contrasts. The treatments were P0: Control; P1: *Indigofera* M2 50 Gy; P2: *Indigofera* M2 100 Gy; P3: *Indigofera* M2 150 Gy; P4: *Indigofera* M2 200 Gy; P5: *Indigofera* with salinity stress; P6: *Indigofera* M2 50 Gy with salinity stress; P7: *Indigofera* M2 100 Gy with salinity stress; P8: *Indigofera* M2 150 Gy with salinity stress; and P9: *Indigofera* M2 200 Gy with salinity stress. Parameters observed were (1) adaptability through physiological tests including chlorophyll, stomatal area, leaf area, leaf area index and proline content and (2) nutrient content namely crude protein, crude fibre, crude fat, production CP, CF and CFat. The results of analysis of variance showed that *Indigofera* M2 treated with salinity stress had high proline, large stomatal area, leaf area and leaf area index as well as high nutrient content and production compared to *Indigofera* M2 not treated with salinity stress in the seedling phase. It can be concluded that the superior physiological response and higher nutrient content of *Indigofera* M2 with 100 Gy irradiation dose treated with salinity stress support tolerance in coastal areas.

Keyword : *Indigofera zollingeriana* M2, Physiology response, Nutrient, Coastal

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur kepada Allah ta'ala yang masih melimpahkan rahmat sehingga penulis tetap menjalankan aktivitas sebagaimana mestinya, dan tak lupa pula penulis haturkan salawat serta salam kepada junjungan baginda Nabi Muhammad sallallahu'alaihi wasallam, keluarga dan para sahabat, tabi'in dan tabiuttabi'in yang terdahulu, yang telah memimpin umat islam dari jalan addinul yang penuh dengan cahaya kesempurnaan. Penyusunan tesis dengan judul **Respon Fisiologis dan Kandungan Nutrisi Tanaman *Indigofera zollingeriana* Mutan Kedua yang Ditanam Di Daerah Pesisir** melibatkan banyak pihak yang memberikan bantuan baik berupa moral dan materi kepada penulis. Ucapan terimakasih yang sebesar-besanya penulis haturkan dengan segala keikhlasan dan kerendahan hati kepada :

1. Bapak **Eko Sudarwanto** dan Ibu **Emmy Duli** selaku orang tua yang senantiasa mendidik dan mendoakan penulis sampai saat ini
2. Ibu **Marhamah Nadir, S.P., M.Si., Ph.D** selaku pembimbing utama dan Bapak **Prof. Dr. Ir. Asmuddin Natsir, M.Sc** selaku pembimbing anggota yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan banyak bimbingan dan arahan serta motivasi sehingga dapat memperlancar penyusunan makalah ini
3. Bapak **Prof. Dr. Ir. Budiman, MP**, Ibu **Dr. Ir. Syahrani Syahrir, M.Si** dan Ibu **Dr. Rinduwati, S.Pt., MP** selaku tim penilai yang

memberikan dukungan serta saran membangun untuk penyempurnaan makalah ini

4. Bapak **Prof. Dr. Ir. Ambo Ako** selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu dan Teknologi Peternakan Universitas Hasanuddin
5. Bapak **Dr. Syahdar Baba, S.Pt., M.Si** selaku Dekan Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin dan **Seluruh Staf** dalam lingkungan Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin.
6. Teman-teman dari **Mahasiswa Program Magister, Mortal Kombat**, dan rekan kerja **Laboratorium Bioternak Unhas** yang telah meluangkan waktunya untuk membantu dan memberi semangat serta seluruh pihak yang tidak bisa disebut satu per satu

Dengan sangat rendah hati, kritik serta saran dari pembaca sangat diharapkan demi perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan nantinya. Semoga makalah ini dapat memberi manfaat kepada kita semua, Aamiin Ya Robbal Aalamin.

Makassar, November 2023

Aurelya Yulyanti Sudarmanto

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Kegunaan Penelitian	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Kondisi Umum Kelurahan Untia	4
B. Tanaman <i>Indigofera zollingeriana</i> M2	6
C. Iradiasi Sinar Gamma.....	8
D. Pertumbuhan Tanaman di Daerah Pesisir	10
E. Prolin	11
F. Stomata.....	13
G. Kandungan Nutrisi <i>Indigofera zollingeriana</i>	14
H. Kerangka Pikir	16
BAB III.....	17
MATERI DAN METODE	17

A. Waktu dan Tempat Penelitian	17
B. Materi Penelitian	17
C. Metode Penelitian	17
Asal Bibit <i>Indigofera zollingeriana</i> M2	17
Penanaman Bibit <i>Indigofera zollingeriana</i> M2	18
Analisis Sampel di Laboratorium	18
Rancangan Percobaan.....	18
D. Parameter Penelitian.....	19
Prolin	19
Klorofil	20
Stomata.....	21
Kadar Protein Kasar	21
Kadar Serat Kasar	22
Kadar Lemak Kasar	23
Produksi Protein Kasar.....	23
Produksi Serat Kasar	23
Produksi Lemak Kasar	23
E. Analisis Data	24
BAB IV	25
HASIL DAN PEMBAHASAN	25
A. Kadar Prolin Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2	25
B. Klorofil Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2.....	27
C. Luas Stomata Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2.....	30
D. Luas Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2.....	33
E. Indeks Luas Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2	35
F. Protein Kasar Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2	37
G. Serat Kasar Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2	40
H. Lemak Kasar Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2.....	43
I. Produksi PK, SK dan LK Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2.....	45
BAB V	49
KESIMPULAN DAN SARAN	49

A. Kesimpulan	49
B. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Perbandingan Kontras Ortogonal Antar Perlakuan	24
Tabel 2.	Kadar Prolin Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam di Daerah Pesisir	25
Tabel 3.	Kadar Klorofil Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam di Daerah Pesisir	27
Tabel 4.	Luas Stomata Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam di Daerah Pesisir	30
Tabel 5.	Luas Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 Hasil Iradiasi Sinar Gamma yang Ditanam di Daerah Pesisir	34
Tabel 6.	Indeks Luas Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam pada Daerah Pesisir	36
Tabel 7.	Kandungan Protein Kasar <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam di Daerah Pesisir	38
Tabel 8.	Kandungan Serat Kasar Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam di Daerah Pesisir.....	41
Tabel 9.	Kandungan Lemak Kasar Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 dan Cekaman Salinitas yang Ditanam di Daerah Pesisir....	43
Tabel 10.	Produksi Protein Kasar, Serat Kasar dan Lemak Kasar Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 dan Cekaman Salinitas yang Ditanam di Daerah Pesisir.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Peta Kelurahan Untia.....	4
Gambar 2.	Kerangka Pikir Penelitian.....	16
Gambar 3.	<i>Layout / Tata Letak Penanaman Indigofera zollingeriana</i> Gambar.....	19
Gambar 4.	Stomata Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Analisis Statistik Kadar Prolin <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam di Daerah Pesisir	60
Lampiran 2.	Analisis Statistik Kadar Klorofil Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam di Daerah Pesisir	61
Lampiran 3.	Analisis Statistik Luas Stomata <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam di Daerah Pesisir	62
Lampiran 4.	Analisis Statistik Luas Daun dan Indeks Luas Daun <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam di Daerah Pesisir.....	63
Lampiran 5.	Analisis Statistik Kandungan Nutrisi <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam di Daerah Pesisir	65
Lampiran 6.	Analisis Statistik Produksi Protein Kasar, Serat Kasar dan Lemak Kasar <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam di Daerah Pesisir	67
Lampiran 7.	Dokumentasi Penelitian Respon Fisiologis dan Kandungan Nutrisi Tanaman <i>Indigofera zollingeriana</i> M2 yang Ditanam di Daerah Pesisir	71

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertumbuhan tanaman rentan terhadap kondisi lingkungan tumbuhnya sehingga produksinya setiap tahun fluktuatif. Saat ini pengembangan tanaman pakan menghadapi kendala ketersediaan lahan sehingga lahan yang potensial untuk dimanfaatkan adalah lahan marginal. Lahan marginal adalah lahan yang memiliki keterbatasan unsur hara dan kering seperti kawasan pesisir (Gunadi, 2002). Pemanfaatan wilayah pesisir di sektor peternakan sangat potensial untuk diberdayakan mengingat luasnya lahan pesisir bagi usaha budidaya tanaman pakan. Pembangunan sektor peternakan di wilayah pesisir yang dilakukan pemerintah melalui peningkatan kepemilikan ternak bagi masyarakat pesisir masih mengalami kendala budidaya (Elly dkk., 2014). Kawasan pesisir yang mengandung kadar garam yang tinggi menyebabkan keracunan tanaman pada bagian daun lebih awal dan menurunkan kemampuan tanaman menyerap air (Hutasoit dkk., 2023).

Cekaman salinitas di daerah pesisir dapat menimbulkan gangguan terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman sehingga upaya pengembangan varietas yang toleran perlu dilakukan. Pengembangan varietas tanaman dapat dilakukan dengan melalui perlakuan mutasi (iradiasi). Perlakuan iradiasi sinar gamma terhadap benih mampu menstimulasi pertumbuhan bibit disebabkan terjadinya percepatan pembelahan sel sehingga hormon auksin dapat lebih cepat bekerja.

Teknologi iradiasi sinar gamma sangat dibutuhkan dalam peningkatan produktivitas tanaman pakan. Selain produksi tanaman, penerapan iradiasi sinar gamma mampu meningkatkan kualitas nutrisi tanaman untuk pemenuhan kebutuhan nutrisi ternak. Menurut Hutasoit *et al.*, (2022) penerapan iradiasi sinar gamma pada tanaman *Indigofera* menunjukkan adanya peningkatan kualitas berdasarkan morfologi dan fisiologi tanaman.

Benih *Indigofera zollingeriana* yang diiradiasi sinar gamma menunjukkan adanya peningkatan kualitas dan toleransi terhadap kekeringan. Karakteristik tanaman *Indigofera zollingeriana* hasil iradiasi memiliki daya toleransi terhadap lahan salin. Penelitian yang dilakukan oleh Nadir dkk., (2018) menunjukkan bahwa *Indigofera* mampu bertahan dalam kondisi konsentrasi NaCl sebanyak 50 mM/2,925 g/liter air dan konsentrasi NaCl sebanyak 100 mM/5,85 g/liter air meskipun memberikan efek cekaman garam yang menghambat pertumbuhan bibit tanaman *Indigofera*. Menurut Hutasoit dkk., (2023) terdapat karakter morfologi unggul pada tanaman *Indigofera zollingeriana* mutan kedua (M2) saat diuji adaptasi cekaman salinitas. Keberhasilan pertumbuhan *Indigofera zollingeriana* hasil iradiasi diharapkan mampu mempertahankan keunggulan sifat genetiknya dalam kondisi lingkungan tumbuh yang berbeda. Hal inilah yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian mengenai interaksi tanaman *Indigofera* hasil iradiasi pada lahan salin terhadap respon fisiologis dan kandungan nutrisi tanaman.

B. Rumusan Masalah

Besarnya potensi pemanfaatan wilayah pesisir sebagai pengembangan lahan budidaya tanaman pakan membutuhkan varietas tanaman yang mampu beradaptasi dengan cekaman lingkungan salah satunya cekaman salinitas. *Indigofera zollingeriana* M2 hasil iradiasi sinar gamma dan pemberian cekaman salinitas pada fase pembibitan diharapkan menunjukkan toleransi melalui respon fisiologis dan memiliki kualitas tinggi sehingga diperoleh varietas *Indigofera zollingeriana* M2 yang dapat dibudidayakan di daerah pesisir.

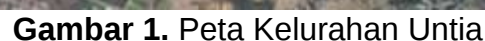
C. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui toleransi *Indigofera zollingeriana* M2 dengan adanya pemberian cekaman salinitas pada fase pembibitan sehingga diperoleh *Indigofera zollingeriana* Mutan Kedua yang memiliki adaptasi dan kualitas yang tinggi.

D. Kegunaan

Kegunaan penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pemulia tanaman, para petani dan peternak mengenai tanaman *Indigofera zollingeriana* Mutan Kedua sebagai tanaman pakan yang dapat dibudidayakan pada daerah pesisir.

Kelurahan Untia merupakan salah satu kelurahan yang terletak di Kecamatan Biringkanaya dengan luas wilayah 2,89 km². Kawasan ini termasuk dalam kawasan pengembangan pemukiman penduduk, industri dan pariwisata. Mengingat pentingnya kegiatan pariwisata untuk mendukung konservasi lingkungan maka Pelabuhan Perikanan Untia memiliki potensi untuk dikembangkan (Ardiansyah dkk., 2020). Kelurahan Untia terletak di daerah pesisir pantai. Tinggi tempat dari permukaan laut yaitu 2 m dpl. Kelurahan Untia berbatasan dengan beberapa wilayah yaitu sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Marusu, sebelah selatan berbatasan dengan Kelurahan Bira, sebelah timur berbatasan dengan Kelurahan Bulurokeng dan sebelah barat berbatasan dengan Selat Makassar (Rahman dkk., 2022).



Mata pencaharian penduduk di Kampung Nelayan Kelurahan Untia selain sebagai nelayan murni, beberapa komunitas tidak menjadikan laut sebagai mata pencaharian utama. Aktivitas nelayan sangat tergantung pada musim, jika musim hujan dan musim barat nelayan tidak melaut dan memilih memanfaatkan waktu di darat. Secara umum aktivitas ekonomi masyarakat Kelurahan Untia bekerja di sektor pertanian, jasa angkutan umum, industri kecil, peternakan dan pegawai pemerintah. Nelayan dan buruh tani adalah jenis mata pencaharian yang banyak diminati masyarakat. Lahan pemukiman merupakan daerah rawa dan lahan pertanian (Masgaba, 2016).

Pemanfaatan lahan marginal daerah pesisir salah satunya di Kelurahan Untia menjadi areal pertanian/peternakan mampu memberikan bantuan keberhasilan budidaya usaha tani. Lahan-lahan marginal seperti tanah salin adalah tanah yang mengandung garam mudah larut yang jumlahnya cukup besar bagi pertumbuhan tanaman. Salinitas juga menggambarkan daerah tersebut memiliki curah hujan rendah pada musim kemarau (Masganti dkk., 2022). Kondisi lahan pesisir di Kelurahan Untia telah mengalami penurunan produktivitas sehingga perlu dilakukan konservasi lahan secara vegetative berupa penanaman tanaman leguminosa yang mampu meningkatkan kualitas tanah. Tanaman legume merupakan tanaman polong-polongan yang mempunyai sistem perakaran tunggang dengan cabang akar berbintik. Bintil akar mengandung *rhizobium* berperan menyuplai kandungan nitrogen dari hasil fiksasi nitrogen molekuler.

B. Tanaman *Indigofera zollingeriana* M2

Produksi hijauan dipengaruhi oleh musim sehingga produksi hijauan pada musim hujan akan melimpah sedangkan pada musim kemarau berkurang. Ketersediaan hijauan pakan pada musim kemarau akan menyebabkan menurunnya produktivitas ternak seperti penambahan bobot badan yang lambat atau terjadinya gangguan reproduksi. Tanaman *Indigofera* sp. masih dapat bertahan hidup dan memproduksi pada taraf cekaman kekeringan berat (25% kapasitas lapang). *Indigofera* sp. dapat dikembangkan di wilayah dengan iklim kering untuk mengatasi keterbatasan pakan ternak terutama dalam menghadapi musim kemarau (Solikah dan Abdullah, 2020).

Indigofera zollingeriana M2 adalah salah satu tanaman jenis leguminosa yang telah dimutasi melalui iradiasi sinar gamma dan dapat digunakan sebagai pakan alternatif sumber protein. Menurut Hutasoit dkk., (2023) keragaman morfologi tanaman *Indigofera zollingeriana* M2 diperoleh karakter yang unggul pada karakteristik daun, bunga dan jumlah klorofil. Leguminosa ini telah banyak dikembangkan karena memiliki produksi biomassa yang cukup tinggi, memiliki tingkat toleransi tinggi terhadap kekeringan dan mempunyai kandungan nutrisi berupa protein kasar 28,98% dan kandungan serat yang rendah yaitu 8,49%. Nilai nutrisi protein yang cukup tinggi pada *Indigofera* sp. akan mampu meningkatkan produktivitas ternak. *Indigofera* sp. memiliki kandungan asam amino yang lengkap seperti histidin (0,67%); treonin (1,14%); arginin (1,67%); tirosin (1,05%);

metionin (0,43%); valin (1,56%); phenilalanin (1,60%); isoleusin (1,35%); leusin (2,26%); lisin (1,57%) (Tirajoh dkk., 2022).

Tanah yang subur untuk lahan pertanian semakin berkurang dari tahun ke tahun. Hal ini menyebabkan pengembangan lahan untuk tanaman pakan beralih ke lahan marginal seperti lahan di daerah pesisir. Hal ini mendorong untuk dikembangkannya varietas tanaman yang mampu beradaptasi dengan kondisi lahan pesisir. Tanaman *Indigofera* memiliki sifat tahan kering, tahan genangan air dan tahan terhadap salinitas serta mudah diperoleh karena ketersediaannya sepanjang tahun (Sukarini dkk, 2023).

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Nasyeh dkk, (2023) menyatakan bahwa penambahan tepung daun *Indigofera* pada ransum entog menunjukkan dapat meningkatkan konsumsi ransum. Perkembangbiakan *Indigofera zollingeriana* M2 yang toleran terhadap cekaman abiotik seperti salinitas dan kekeringan dilakukan dengan mutasi radiasi menggunakan sinar gamma berbagai dosis. Berbagai dosis iradiasi sinar gamma terhadap *Indigofera* sp berpengaruh terhadap peningkatan persentase perkecambahan dan pertumbuhan benih. Hal ini kemungkinan besar dipicu oleh kerusakan pada komponen dasar sel atau perubahan aktivitas enzim tanaman (Musa *et al.*, 2021). Jika sel yang termutasi dapat bertahan maka sel normal akan menghilang dan sel mutan akan terus berkembang menghasilkan penampilan baru pada tanaman, namun apabila sel mutan tidak mampu bertahan maka penampilan tanaman akan normal kembali karena sel normal mampu bertahan dan bisa berkembang dengan baik (Datta, 2012).

C. Iradiasi Sinar Gamma

Kualitas tanaman dapat ditingkatkan dengan perlakuan iradiasi gamma. Iradiasi gamma memiliki daya penetrasi yang tinggi untuk merubah komposisi nutrisi maupun anti nutrisi pada objek materi. Iradiasi gamma adalah perlakuan fisik yang aman dan efektif digunakan sebagai agen dekontaminasi mikroba, desinfektan serta meningkatkan kualitas nutrisi komoditas pertanian. Dosis iradiasi gamma yang bervariasi dapat menciptakan varietas tanaman yang berbeda. Iradiasi gamma akan lebih spesifik mengubah komposisi asam amino bahan pakan sehingga dapat meningkatkan pencernaan pakan (Wahyono dkk., 2020).

Pengembangan varietas tanaman melalui iradiasi dapat menggunakan bagian stek batang, benih, serbuk sari dan akar *rhizome*. Semakin besar dosis iradiasi maka semakin besar pengaruh perubahan genetik dan fisiologis yang akan terjadi. Dosis iradiasi yang diberikan untuk mendapatkan mutan tergantung pada jenis tanaman, fase tumbuh, ukuran, kekerasan dan bahan yang akan dimutasi. Peningkatan variabilitas genetik suatu tanaman merupakan aspek yang sangat penting dalam pemuliaan sehingga proses seleksi tanaman dilakukan untuk memberikan peluang yang lebih besar dalam memperoleh karakter yang diinginkan. Keragaman tanaman yang diakibatkan oleh faktor genetik lebih dominan dibanding faktor lingkungan (Meliala dkk., 2016). Iradiasi benih dengan sinar gamma telah diketahui berpengaruh pada pertumbuhan tanaman melalui perubahan sitologi, genetik, biokimia, fisiologi dan perubahan morfogenetik pada sel dan jaringan (Zanzibar dan Witjaksono, 2011).

Pemuliaan tanaman melalui iradiasi sinar gamma didukung oleh Fanindi, et al (2019) yang menunjukkan tinggi tanaman, panjang daun dan diameter batang rumput Benggala pada dosis iradiasi mengalami penurunan yang cukup signifikan. Berbeda dengan daun rumput Benggala iradiasi yang memiliki lebar daun lebih besar dibanding kontrol. Hal ini juga didukung oleh Hutasoit *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa radiasi sinar gamma mempengaruhi tanaman *Indigofera* sp. di mana adanya pengaruh positif terhadap produktivitas tanaman. Penerimaan sinar gamma pada tanaman *Indigofera* meningkatkan produksi biomassa, panjang daun dan lebar daun.

Pertumbuhan daun yang banyak akibat iradiasi gamma akan membantu mempercepat proses fotosintesis dan terjadi peningkatan klorofil daun sebagai bahan penyusun protein dan lemak serta karbohidrat. Karbohidrat dan protein merupakan komponen penyusun berat kering tanaman, di mana semakin banyak kandungan karbohidrat dan protein dalam tanaman, maka berat kering tanaman semakin tinggi. Tingginya berat kering tanaman akan berpengaruh terhadap perbandingan berat kering daun dengan batang. Nilai perbandingan daun dengan batang semakin tinggi menunjukkan rumput tersebut memiliki kualitas lebih baik karena kandungan karbohidrat dan protein akan lebih banyak seiring dengan meningkatnya pertumbuhan daun (Watriadi dan Kusumawati, 2019).

D. Pertumbuhan Tanaman di Daerah Pesisir

Tanah yang subur untuk lahan pertanian semakin berkurang dari tahun ke tahun. Hal ini menyebabkan pengembangan lahan untuk tanaman pakan beralih ke lahan marginal seperti yang ada di kawasan pesisir. Lahan di daerah pesisir umumnya merupakan tanah salin yang mengandung garam mudah larut yang jumlahnya cukup besar bagi pertumbuhan tanaman sehingga dalam pemanfaatannya bagi lahan pertanian seringkali mengalami hambatan. Penyebab tanah menjadi salin adalah intrusi air laut, air irigasi yang mengandung garam atau tingginya penguapan dengan curah hujan yang rendah sehingga garam-garam akan naik ke daerah perakaran. Salinitas mempengaruhi pertumbuhan tanaman umumnya melalui keracunan yang diakibatkan penyerapan unsur penyusun garam secara berlebihan, seperti natrium, penurunan penyerapan air, dikenal sebagai cekaman air dan penurunan dalam penyerapan unsur-unsur penting bagi tanaman khususnya potassium (Prasetyani dkk., 2021).

Salah satu cara untuk mengetahui tanaman toleran terhadap cekaman salin dapat diukur dari persentase daya kecambah. Daya kecambah merupakan pengamatan yang digunakan untuk mengetahui mutu fisiologis benih dan tingkat kemampuan berkecambah benih pada kondisi tanah salin. Pengaruh garam berlebihan berpengaruh terhadap tanaman seperti hasil penelitian yang ditunjukkan oleh Syahputra (2021) bahwa pertumbuhan tanaman padi mengalami hambatan seperti persentase daya tumbuh dan tinggi tanaman yang rendah. Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

Cekaman garam berpengaruh terhadap pertumbuhan akar, batang dan luas daun. Hal ini terjadi karena ketidakseimbangan metabolik yang disebabkan oleh keracunan ion, cekaman osmotik dan kekurangan hara. Meskipun suatu tanaman dinyatakan toleran terhadap cekaman salinitas namun tanaman dapat dipengaruhi saat pindah tanam, bibit masih muda dan pembungaan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rustiati, dkk (2020) tanaman padi yang ditanam di lahan salin dengan penambahan gypsum dan bahan organik sebagai upaya pengendalian tanah salin tidak memberikan hasil yang signifikan terutama pada jumlah anakan padi. Berbeda dengan tanaman *Indigofera* sp yang memiliki tingkat toleran terhadap musim kering, genangan air dan tahan terhadap salinitas tinggi (Arniaty dkk., 2015).

E. Prolin

Tumbuhan yang berada pada kondisi tercekam akan menunjukkan adaptasi fisiologi melalui produksi beberapa senyawa terlarut sebagai osmoregulator seperti membentuk metabolit sekunder yaitu prolin (Meriem, 2020). Akumulasi prolin pada tanaman berperan sebagai agen pelindung bagi enzim-enzim sitoplasma dan enzim-enzim membran atau sebagai bahan simpanan untuk pertumbuhan setelah tanaman mengalami stres (Budiman, 2013). Respon fisiologis tanaman terhadap cekaman kekeringan salah satunya dengan membentuk senyawa prolin. Prolin merupakan salah satu asam amino yang dihasilkan oleh tanaman saat mengalami stress abiotik berupa kekeringan (stress air).

Prolin yang dihasilkan oleh masing-masing tanaman berbeda tergantung jenisnya. Cekaman kekeringan yang sedikit akan cukup menyebabkan lambat atau berhentinya pembelahan dan pembesaran sel. Tanaman aktif memproduksi berbagai macam metabolit dan system pertahanan untuk tetap bertahan hidup, contohnya osmopektan seperti prolin, glycine betaine, mannitol dan gula sebagai senyawa toleransi terhadap cekaman kekeringan dan salinitas (Larasani dan Violita, 2021). Tanaman hasil mutan mempunyai kemampuan untuk menghasilkan prolin lebih tinggi untuk mencegah pengaruh negatif akibat stres lingkungan dan mempertahankan turgor dengan cara menurunkan potensial air (Hemon dkk, 2012).

Katabolisme dan biosintesis prolin dikatalis oleh enzim prolin dehidrogenase (ProDh) dan P5C dehidrogenase di dalam mitokondria sehingga prolin memiliki peran metabolisme dalam sel. Aplikasi prolin dapat mengurangi kerusakan membran akibat stres lingkungan dan meningkatkan antioksidan enzim, kadar air daun dan fotosintesis di bawah tekanan (Raza *et al.*, 2023). Di bawah tekanan abiotik, transportasi prolin bergantung pada sinyal lingkungan. Selama pertumbuhan dan perkembangan serta paparan terhadap tekanan biotik dan abiotik maka prolin akan berperan sesuai kebutuhan tanaman untuk meningkatkan produksi, kualitas dan kuantitas tanaman (Arteaga *et al.*, 2020).

F. Stomata

Peningkatan konsentrasi garam pada media tanam memicu terjadinya perubahan pada tanaman akibat cekaman osmotik, ketidakseimbangan hara, toksisitas ion dan cekaman oksidatif. Kemampuan tanaman dalam penyerapan air akan menurun serta proses fotosintesis akan terhambat sehingga mempengaruhi proses metabolisme. Proses fotosintesis menurun akibat munculnya hormon asam absisat (ABA) untuk menutup stomata agar mencegah tanaman kekurangan air dan menekan hormone auksin, sitokinin dan giberelin. Kerusakan akibat cekaman salinitas tidak terjadi secara langsung namun tanaman yang sulit menyerap air dan pengaruh ion Na dan Cl yang berlebihan akibat pemberian NaCl (Junadi dkk 2019)

Transpirasi dikontrol oleh pembukaan stomata, di bawah kondisi kekurangan air stomata menutup, dan pertukaran gas menurun seperti transpirasi. Stomata merupakan pusat jalur kehilangan air dan absorpsi CO₂ pada proses fotosintesis. Pada kondisi kekurangan air absorpsi CO₂ menurun dan merangsang penurunan aktivitas metabolik sehingga mengakibatkan menurunnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Laju transpirasi menurun seiring dengan menurunnya konduktansi stomata. Dehidrasi pada tanaman dapat dihindari baik dengan meminimalkan air yang keluar dengan penutupan stomata, pengguguran daun, pengguguran daun, mengurangi pertumbuhan dan mempersingkat ontogenesis, atau dengan mempertahankan suplai air dengan penyesuaian osmotik dan peningkatan nisbah akar (Setiawan dkk., 2012).

Kerapatan stomata pada suatu tanaman berhubungan erat dengan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan, sedangkan ukuran stomata dan kerapatan stomata berkaitan dengan ketahanan terhadap cekaman air. Menurut Rofiah kerapatan stomata diklasifikasikan menjadi kerapatan rendah ($500/\text{mm}^2$). Radiasi menggunakan sinar gamma terbukti dapat menimbulkan variasi genetik, yang terlihat dari perubahan baik pada tingkat jaringan maupun pada tingkat sel. Tanaman yang tahan kekeringan mengembangkan sejumlah strategi yang berhubungan dengan proses fisiologi. Mekanisme ketahanan kekeringan tersebut dibagi menjadi tiga kategori yaitu *escape*, *avoidan* dan *toleran*. *Escape* meliputi perkembangan daun menjadi lebih sempit dan mempunyai lapisan kutikula tebal termasuk jumlah stomata pada epidermis bagian bawah, dan kemampuan stomata menutup dengan cepat (Dama dkk., 2020).

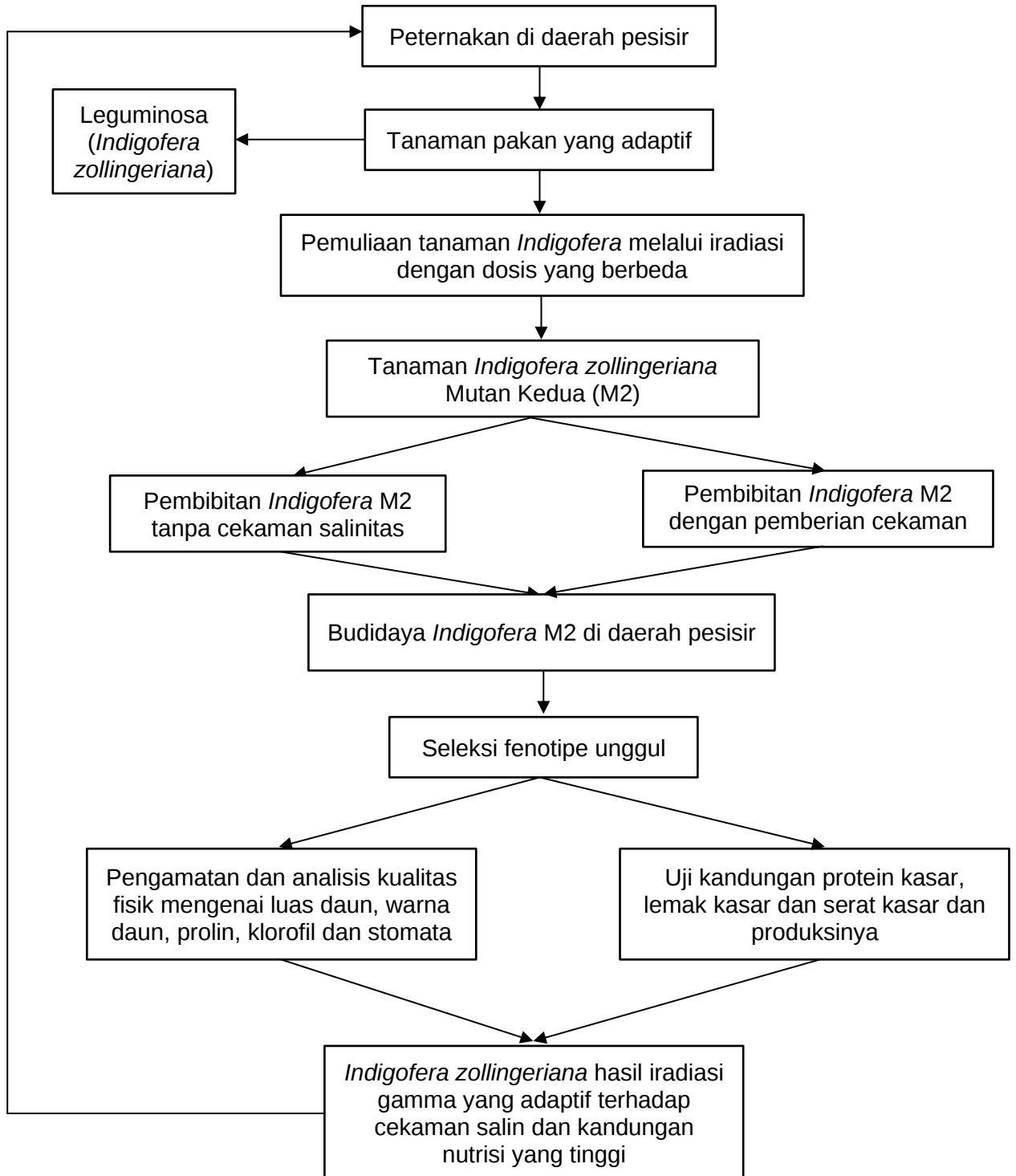
G. Kandungan Nutrisi Tanaman *Indigofera zollingeriana*

Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan yang akan menurunkan nisbah daun/batang yang akan berpengaruh terhadap kadar serat tanaman akibatnya serat kasar meningkat. Semakin seringnya tanaman mengalami cekaman kekeringan, maka akan terjadi penumpukan bahan kering sebesar 23,30%, akibatnya akan berpengaruh terhadap kadar serat kasar tanaman itu, artinya berpengaruh besar terhadap proporsi selulosa dan hemiselulosa yang terdapat pada daun dan batang (Lisu dkk., 2022). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Wahyono dkk., (2019) pada tanaman sorgum diperoleh hasil bahwa tanaman sorgum yang telah diberi perlakuan iradiasi gamma memiliki persentase fraksi serat yang

lebih sedikit dibanding sorgum konvensional. Hal ini dikarenakan adanya perubahan genetik pada tanaman sorgum dan penentuan umur panen. Kandungan ADF merepresentasikan fraksi serat yang sulit untuk didegradasi. Fraksi ADF mengandung ikatan lignoselulosa sehingga berpengaruh terhadap nilai pencernaan suatu bahan pakan. Kandungan lignin tertinggi terdapat pada bagian batang karena lignin berfungsi sebagai penahan tegaknya tanaman.

Adanya dosis iradiasi gamma pada tanaman dapat mempengaruhi komposisi nutrisi pada tanaman. Hal ini dilaporkan oleh Wahyono dkk., (2020) yang menyatakan bahwa kandungan NDF pada daun nangka yang diberi dosis iradiasi berbeda mengalami penurunan seiring dengan peningkatan dosis yang diberi namun tidak diikuti dengan perubahan proporsi ADF dan hemiselulosa. Penurunan fraksi serat juga berpengaruh terhadap peningkatan fraksi *non fibre carbohydrate* (NFC) secara relatif. Penurunan fraksi serat setelah proses iradiasi juga dilaporkan oleh Tresina et al (8) yang menjelaskan bahwa dosis 2-25 kGY mampu menurunkan *Total Dietary Fibre* pada legum *Vigna aconitifolia*.

H. Kerangka Pikir



Gambar 2. Kerangka Pikir Penelitian