

**PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI BEBERAPA MUTAN GANDUM
(*Triticum aestivum* L.) GENERASI M8 YANG ADAPTIF DATARAN
RENDAH BERDASARKAN *IMAGE-BASED PHENOTYPING***

ST RIFDAH GUSRIANTY R

G011 19 1232



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

SKRIPSI
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI BEBERAPA MUTAN GANDUM
(*Triticum aestivum* L.) GENERASI M8 YANG ADAPTIF DATARAN
RENDAH BERDASARKAN *IMAGE-BASED PHENOTYPING*

Disusun dan diajukan oleh

ST RIFDAH GUSRIANTY R

G011 19 1232



PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2023

**PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI BEBERAPA MUTAN GANDUM
(*Triticum aestivum* L.) GENERASI M8 YANG ADAPTIF DATARAN
RENDAH BERDASARKAN IMAGE-BASED PHENOTYPING**

ST RIFDAH GUSRIANTY R

G011 19 1232

**Program Studi Agroteknologi
Departemen Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar**

2023

Makassar, Januari 2023

Menyetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

**Prof. Dr. Ir. Muh. Farid BDR, MP.
NIP. 19670520 199202 1 001**

**Dr. Ir. Amir Yassi, M.Si
NIP. 19591103 199103 1 002**

Mengetahui,

Ketua Departemen Budidaya Pertanian



**Dr. Inwari Iswoyo, S.P., M.A
NIP. 19760508 200501 1 003**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI BEBERAPA MUTAN GANDUM
(*Triticum aestivum* L.) GENERASI M8 YANG ADAPTIF DATARAN
RENDAH BERDASARKAN *IMAGE-BASED PHENOTYPING***

Disusun dan Diajukan oleh

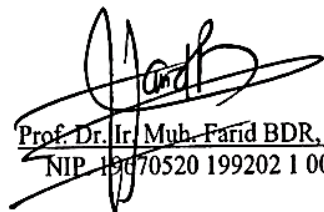
**ST RIFDAH GUSRIANTY R
G011 19 1232**

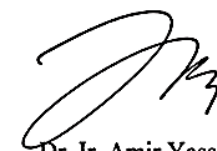
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Masa Studi Program Sarjana, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin pada Januari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

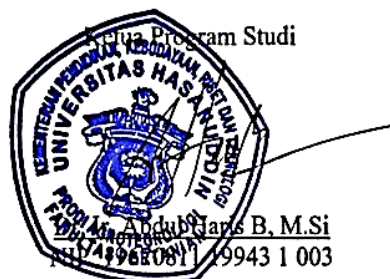
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ir. Muh. Farid BDR, MP.
NIP. 19670520 199202 1 001


Dr. Ir. Amir Yassi, M.Si
NIP. 19591103 199103 1 002



LEMBAR PENGESAHAN

**PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI BEBERAPA MUTAN GANDUM
(*Triticum aestivum* L.) GENERASI M8 YANG ADAPTIF DATARAN
RENDAH BERDASARKAN *IMAGE-BASED PHENOTYPING***

Disusun dan Diajukan oleh

ST RIFDAH GUSRIANTY R

G011 19 1232

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Masa Studi Program Sarjana, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin pada Januari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Prof. Dr. Ir. Muh. Farid BDR, MP.
NIP. 19670520 199202 1 001

Dr. Ir. Amir Yassi, M.Si
NIP. 19591103 199103 1 002

Ketua Program Studi

Dr. Ir. Abdul Haris B, M.Si
NIP. 19670811 19943 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : St Rifdah Gusrianty R

NIM : G011191232

Program Studi : Agroteknologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa tulisan saya berjudul:

**“Pertumbuhan Dan Produksi Beberapa Mutan Gandum (*Triticum aestivum* L.)
Generasi M8 Yang Adaptif Dataran Rendah Berdasarkan
Image-Based Phenotyping”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan benar bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain. Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya dari orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Januari 2023



St Rifdah Gusrianty R

RINGKASAN

ST. RIFDAH GUSRIANTY R (G011 19 1232). PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI BEBERAPA MUTAN GANDUM (*Triticum aestivum* L.) GENERASI M8 YANG ADAPTIF DATARAN RENDAH BERDASARKAN *IMAGE-BASED PHENOTYPING*. Dibimbing oleh Muh. Farid BDR dan Amir Yassi.

Gandum (*Triticum aestivum* L.) merupakan komoditas pangan penting di dunia dan merupakan bahan makanan pokok terpenting kedua setelah beras. Kebutuhan gandum di Indonesia masih dipenuhi melalui impor dan nilainya cenderung meningkat setiap tahun. Salah satu upaya dalam mengurangi ketergantungan impor adalah dengan pemuliaan mutasi tanaman gandum adaptif dataran rendah. Penelitian bertujuan untuk melakukan karakterisasi beberapa genotipe gandum generasi M8 yang adaptif pada dataran rendah berdasarkan *image-based phenotyping*, mengetahui korelasi positif antara parameter pertumbuhan dengan komponen produksi terhadap hasil, dan untuk mengetahui karakter yang memiliki nilai heritabilitas tinggi. Penelitian dilaksanakan pada Juli - Oktober 2022 di Kebun Percobaan, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, Makassar. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok, dengan 16 genotipe gandum sebagai perlakuan, 12 genotipe mutan gandum dan 4 varietas pembanding (Guri-3, Selayar, Nias, dan Dewata). Setiap perlakuan terdiri dari 3 ulangan sehingga terdapat 48 unit plot percobaan dan setiap plot diwakili 5 rumpun sampel tanaman sehingga untuk semua plot terdapat 240 rumpun sampel pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mutan gandum adaptif dataran rendah dan memiliki produksi yang tinggi adalah N 200 2.4.B.6 (2,75 t.ha⁻¹), N 200 2.3.3 (2,69 t.ha⁻¹), dan D 350 3.6.2 (2,35 t.ha⁻¹). Parameter pertumbuhan dan komponen produksi yang memiliki korelasi positif nyata hingga sangat nyata terhadap hasil adalah tinggi tanaman, jumlah anakan, anakan produktif, indeks klorofil, jumlah spikelet per malai, produksi per rumpun, jumlah biji per malai, bobot biji per malai, jumlah daun bendera, panjang rambut malai, dan *green*. Karakter yang dapat dijadikan tolak ukur mutan adaptif dataran rendah yaitu jumlah anakan, anakan produktif, produksi per rumpun, jumlah biji per malai, produksi, *area*, *width*, *height*, *red*, *green*, dan *blue*.

Kata kunci: *Gandum*, *dataran rendah*, *karakterisasi*, *image-based phenotyping*

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “**Pertumbuhan dan Produksi Beberapa Mutan Gandum (*Triticum Aestivum* L.) Generasi M8 Yang Adaptif Dataran Rendah Berdasarkan *Image-Based Phenotyping*”.**

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari beberapa pihak, penulisan skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik, karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Ibunda **Dr. Juhriati** dan Ayahanda **Rukman Rasjid, S.E** yang telah membesarkan serta mendidik dengan penuh kasih sayang yang tulus dan atas segala kesabaran, nasehat dan jerih payah serta doanya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. **Prof. Dr. Ir. Muh. Farid BDR, M.P** dan **Dr. Ir. Amir Yassi, M.Si** selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya demi membimbing penulis sejak awal penelitian hingga selesainya skripsi ini.
3. **Dr. Ir. Muh. Riadi, M.P, Dr. Ir. Rafiuddin, M.P** dan juga **Dr. Ir. Nurlina Kasim, M.Si** selaku penguji yang memberikan banyak saran dan masukan kepada penulis sejak awal penelitian sampai selesainya skripsi ini.
4. Para Dosen dan Staf Pengajar Mata Kuliah yang telah memberi ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama perkuliahan.

5. Kakanda penulis **St. Rifka Meyrianty R**, dan Adinda **St. Rifa Meitrianty R** serta keluarga yang selalu memberi semangat selama kuliah hingga penyelesaian skripsi ini.
6. **A. Dwie Mochammad Abduh, S.P., M.P** yang telah memberi semangat dan banyak membantu selama proses penelitian berlangsung hingga selesai.
7. Teman seperjuangan **Pemuliaan 19, ELIT, CCKS, APAWE, OKSIGEN 2019, MKU D**, dan **KKN 107 Posko Ujung Pandang** yang telah memberikan semangat dan banyak membantu selama proses penelitian berlangsung hingga selesai.
8. **Pak Awi, Juliaty**, dan seluruh staff *External Farm* yang telah membantu selama penelitian berlangsung.
9. Kakak-kakak serta Adik-adik *Plant Breeding* **Annastya Nur Fadhillah, S.P, Azmi Nur Karimah, S.P, Adinda Nurul Jannati, S.P, Andi Isti Sakinah, S.P, Nirwansyah Amier, S.P, Annur Khainun S.P., Ana Fardiah, A. Chamsita, Muh. Fikri, Nadilla A**, dan juga yang tidak dapat penulis sebutkan yang telah membantu dan nasehat yang diberikan hingga skripsi ini selesai.
10. Kepada seluruh pihak yang telah memberikan semangat dan dukungan dari awal penelitian sampai penyusunan skripsi.

Penulis berharap semoga apa yang terdapat dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan. Hasbunallah wa ni'mal wakil,

Makassar, Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Hipotesis	4
1.3. Tujuan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Taksonomi dan Morfologi Tanaman Gandum.....	5
2.2. Pengaruh Suhu Terhadap Pertumbuhan Gandum	13
2.3. Adaptasi Tanaman Terhadap Perubahan Lingkungan	14
2.4. Pemuliaan Gandum.....	15
2.5. Mutasi Gandum.....	17
2.6. <i>Image-Based Phenotyping</i>	17
2.7. Heritabilitas.....	18
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu.....	20
3.2. Bahan dan Alat.....	20
3.3. Metode Penelitian	20
3.4. Pelaksanaan Penelitian.....	21
3.5. Parameter Pengamatan.....	22
3.6. Analisis Data.....	26
3.7. Analisis Heritabilitas.....	26
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil	27
4.2. Pembahasan.....	38
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
1.	Rata-Rata Tinggi Tanaman (cm), Jumlah Anakan (anakan) dan Jumlah Anakan Produktif (anakan)	27
2.	Rata-Rata Kerapatan Stomata ($n.cm^{-2}$) dan Indeks Klorofil	28
3.	Rata-Rata Umur Berbunga (HST), Umur Panen (HST) dan Laju Pengisian Biji (hari)	30
4.	Rata-Rata Panjang Malai (cm), Jumlah Spikelet Per Malai (spikelet), Persentase Floret Hampa Per Malai (%), dan Produksi Rumpun (g).....	31
5.	Rata-Rata Jumlah Biji Per Malai (biji), Bobot Biji Per Malai (g), Bobot 1000 Biji (g) Dan Produksi Per Hektar ($ton.ha^{-1}$)	32
6.	Rata-Rata Jumlah Daun Bendera (daun), Panjang Bulu Malai (cm)	33
7.	Pengamatan Kualitatif Warna Biji, Warna Malai Muda, Warna Malai Tua, Rambut (<i>awn</i>), dan Kebiasaan Tumbuh.....	34
8.	Rata-Rata Nilai HSB (<i>Hue, Saturation & Brightness</i>)	35
9.	Rata-Rata Nilai RGB (<i>Red, Green & Blue</i>)	36
10.	Nilai Heritabilitas Pada Beberapa Karakter Galur Mutan M8	37
11.	Koefisien Korelasi Antar Parameter Pengamatan	49

Lampiran

1 a.	Rata-Rata Tinggi Tanaman (cm)	58
b.	Sidik Ragam Tinggi Tanaman	58
2 a.	Rata-Rata Jumlah Anakan (anakan)	59
b.	Sidik Ragam Jumlah Anakan	59
3 a.	Rata-Rata Jumlah Anakan Produktif (anakan)	60
b.	Sidik Ragam Jumlah Anakan Produktif	60
4 a.	Rata-Rata Kerapatan Stomata ($n.cm^{-2}$)	61
b.	Sidik Ragam Kerapatan Stomata	61
5 a.	Rata-Rata Indeks Klorofil	62
b.	Sidik Ragam Indeks Klorofil	62
6 a.	Sidik Ragam Kecepatan Umur Berbunga (HST)	63
b.	Rata-Rata Kecepatan Umur Berbunga	63
7 a.	Rata-Rata Kecepatan Umur Panen (HST)	64
b.	Sidik Ragam Kecepatan Umur Panen	64
8 a.	Rata-Rata Laju Pengisian Biji (hari)	65
b.	Sidik Ragam Laju Pengisian Biji	65
9 a.	Rata-Rata Panjang Malai (cm)	66
b.	Sidik Ragam Panjang Malai	66
10 a.	Rata-Rata Jumlah Spikelet Per Malai (Spikelet)	67
b.	Sidik Ragam Jumlah Spikelet Per Malai	67
11 a.	Rata-Rata Persentase Floret Hampa (%)	68
b.	Sidik Ragam Persentase Floret Hampa	68
12 a.	Rata-Rata Produksi Per Rumpun (g)	69
b.	Sidik Ragam Produksi Per Rumpun	69
13 a.	Rata-Rata Jumlah Biji Per Malai (g)	70
b.	Sidik Ragam Jumlah Biji Per Malai	70
14 a.	Rata-Rata Bobot Biji Per Malai (g)	71
b.	Sidik Ragam Bobot Biji Per Malai	71
15 a.	Rata-Rata Bobot 1000 biji (g)	72
b.	Sidik Ragam Bobot 1000 biji	72

16 a. Rata-Rata Produksi (ton ha ⁻¹)	73
b. Sidik Ragam Produksi.....	73
17 a. Rata-Rata Jumlah Daun Bendera (daun).....	74
b. Sidik Ragam Jumlah Daun Bendera	74
18 a. Rata-Rata Panjang Bulu Malai (cm)	75
b. Sidik Ragam Panjang Bulu Malai	75
19 a. Rata-Rata <i>Area</i>	76
b. Sidik Ragam <i>Area</i>	76
20 a. Rata-Rata <i>Width</i>	77
b. Sidik Ragam <i>Width</i>	77
21 a. Rata-Rata <i>Height</i>	78
b. Sidik Ragam <i>Height</i>	78
22 a. Rata-Rata <i>Red</i>	79
b. Sidik Ragam <i>Red</i>	79
23 a. Rata-Rata <i>Green</i>	80
b. Sidik Ragam <i>Green</i>	80
24 a. Rata-Rata <i>Blue</i>	81
b. Sidik Ragam <i>Blue</i>	81
25. Deskripsi Gandum Kultivar Guri-3	83
26. Deskripsi Gandum Kultivar Selayar.....	84
27. Deskripsi Gandum Kultivar Nias	85
28. Deskripsi Gandum Kultivar Dewata.....	86
29. Data Iklim Daerah Penelitian	87

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
1.	Tanaman Gandum Dan Bagian-Bagiannya.....	5
2.	Akar Primer Gandum Pada 4 HST.....	6
3.	Akar Sekunder Gandum	7
4.	Batang Gandum	8
5.	Daun Gandum	9
6.	Malai Gandum	10
7.	Spikelet Bunga Gandum	10
8.	Biji Gandum	12
9.	Anakan Gandum	13
10.	Analisis <i>Image-Based Phenotyping</i>	25
Lampiran		
1.	Denah Tata Letak Percobaan Di Lapangan	82
2.	Kegiatan Penyortiran Benih Gandum	88
3.	Kegiatan Pembuatan Larikan Dan Penaburan Benih Gandum	88
4.	Kegiatan Pemeliharaan Setelah Tanam Dan Pemupukan Tanaman	88
5.	Kegiatan Pengamatan Klorofil Dan Pengambilan Sampel	89
6.	Kegiatan Perhitungan Jumlah Stomata	89
7.	Kegiatan Pengambilan Gambar <i>Image-Based Phenotyping</i>	89
8.	Penampilan Malai 16 Genotipe Gandum	90
9.	Penampilan Biji 16 Genotipe Gandum	91
10.	Hasil Olah <i>Image-based Phenotyping</i> 16 Genotipe Gandum	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gandum (*Triticum aestivum* L.) merupakan salah satu bahan pangan penting di dunia, dengan kandungan gizi yang penting seperti karbohidrat 60-80%, protein 6-17%, lemak 1,5-2%, mineral dan sejumlah vitamin (Bowden *et al.*, 2007). Perubahan pola gaya hidup masyarakat Indonesia telah mendorong terjadinya penambahan pilihan pola makan, terutama yang berbahan dasar terigu, seperti mie, roti dan berbagai pangan yang berbahan baku tepung terigu lainnya (Irianti, 2018). Kebutuhan gandum sebagai bahan baku utama terigu di Indonesia semakin meningkat seiring meningkatnya kebutuhan terigu (Silahturrohman *et al.*, 2019).

Impor gandum cenderung mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun karena meningkatnya permintaan akibat jumlah penduduk semakin banyak. Kebutuhan gandum di Indonesia lebih banyak dipenuhi dari impor, pada tahun 2017 impor gandum sebesar 11.43 juta ton, tahun 2018 sebesar 10.09 juta ton, tahun 2019 sebesar 10.69 juta ton dan tahun 2020 sebesar 10.29 ton (Badan Pusat Statistik, 2021). Untuk mengurangi ketergantungan impor, Indonesia perlu meningkatkan produksi gandum dalam negeri.

Produksi gandum dalam negeri perlu didukung oleh ketersediaan varietas gandum yang sesuai dengan agroklimat di Indonesia. Ketinggian tempat yang berbeda akan menghasilkan perbedaan komponen iklim secara keseluruhan pada tempat tersebut (Mardi dan Wahyu, 2022). Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan gandum yang sesuai dengan agroklimat di Indonesia.

Pengembangan gandum juga dilakukan oleh Badan Litbang Pertanian melalui uji multilokasi gandum dari India dan CIMMYT (*International Maize and Wheat Improvement Center*) pada tahun 2003. Hasil uji adaptasi kemudian menghasilkan dua varietas gandum yang sesuai untuk wilayah dataran tinggi atau suhu rendah di Indonesia, yaitu varietas Selayar dan Dewata yang dilepas pada akhir tahun 2003 (Talanca dan Andayani, 2015). Namun perlu diketahui bahwa budidaya tanaman gandum di dataran tinggi tergolong tidak ekonomis karena persaingan dengan komoditi hortikultura yang harganya tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan percobaan budidaya tanaman gandum di dataran rendah (Wicaksono *et al.*, 2016). Hal tersebut dapat didukung dengan seleksi genotipe gandum hasil mutasi agar diperoleh gandum yang adaptif terhadap suhu tinggi.

Karakterisasi morfologi terhadap sejumlah karakter dapat digunakan sebagai alat untuk memvalidasi identitas suatu genotipe dalam suatu program pemuliaan tanaman (DeLacy *et al.*, 2000). Keragaman genetik dalam koleksi plasma nutfah telah dikaji menggunakan karakterisasi karakter morfologi pada sejumlah tanaman. Menurut Witjaksono (2003) bahwa gandum di Indonesia termasuk tanaman yang memiliki sumber keragaman genetik sangat rendah sehingga untuk mendapatkan karakter baru unggul dengan teknik hibridisasi menjadi sulit dilakukan. Peningkatan keragaman genetik dan perbaikan varietas dapat dilakukan melalui persilangan dan induksi mutasi genetik. Salah satu mutagen fisik yang sering digunakan adalah sinar gamma.

Penelitian mutasi fisik sinar gamma pada gandum telah dilakukan sebelumnya dimulai dari M1 dengan melakukan radiasi sinar gamma 300 Gy,

kemudian M2 dilakukan dengan studi keragaman populasi, M3 seleksi pada cekaman suhu tinggi, M4 seleksi pada lingkungan optimal, M5 seleksi pada cekaman suhu tinggi (Nur, 2013). Hasil kegiatan sebelumnya galur mutan gandum yang berpotensi dengan produksi yang lebih tinggi berdasarkan pengujian lapangan adalah mutan gandum N.350 3.8.9 (2,31 t/ha) dan N.200 2.4.B.6 (2,66 t/ha) (Nasaruddin *et al.*, 2018). Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan pada generasi mutan gandum M8 untuk perakitan varietas gandum unggul.

Hasil perakitan varietas perlu selalu dijaga kemurnian genetiknya untuk mendapatkan hasil yang maksimal (Widiastuti dan Wahyuni, 2013). Identifikasi varietas pada saat perakitan diperlukan untuk membedakan galur yang dihasilkan dengan varietas yang telah ada. Namun, metode identifikasi varietas yang dilakukan secara konvensional, cenderung lebih tidak efisien, memerlukan banyak waktu, pengamatan yang tidak sederhana hingga relatif mahal untuk diterapkan dalam pengujian rutin. Oleh sebab itu, teknik identifikasi varietas yang murah, cepat dan tidak menggunakan peralatan spesifik perlu dikembangkan untuk membantu identifikasi kemurnian benih dengan tingkat akurasi yang dapat diandalkan.

Saat ini terdapat perkembangan baru dari pencitraan dan perhitungan yang berteknologi tinggi pada *image-based phenotyping* memungkinkan proses seleksi menjadi lebih cepat (Siddiqui *et al.*, 2014). Tujuan pengolahan citra dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu: visualisasi untuk mengamati objek yang tidak terlihat, penajaman gambar untuk membuat gambar yang lebih baik, pengukuran pola untuk mengukur berbagai objek dalam sebuah gambar, dan pengenalan gambar untuk membedakan objek dalam gambar (Prakash *et al.*, 2017).

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dilakukanlah penelitian yang berjudul karakterisasi beberapa mutan gandum generasi M8 yang adaptif dataran rendah berdasarkan *image-based phenotyping*.

1.2. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat satu atau lebih mutan gandum generasi M8 yang berpotensi adaptif dataran rendah dan memiliki produksi tinggi.
2. Terdapat korelasi positif antara parameter pertumbuhan dengan komponen produksi terhadap hasil.
3. Terdapat satu atau lebih karakter yang dapat dijadikan tolak ukur mutan adaptif dataran rendah pada tanaman gandum.

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengetahui mutan gandum generasi M8 yang berpotensi adaptif dataran rendah dan memiliki produksi tinggi.
2. Untuk mengetahui korelasi positif antara parameter pertumbuhan dengan komponen produksi terhadap hasil.
3. Untuk mengetahui karakter yang dapat dijadikan tolak ukur mutan adaptif dataran rendah pada tanaman gandum.

BAB II

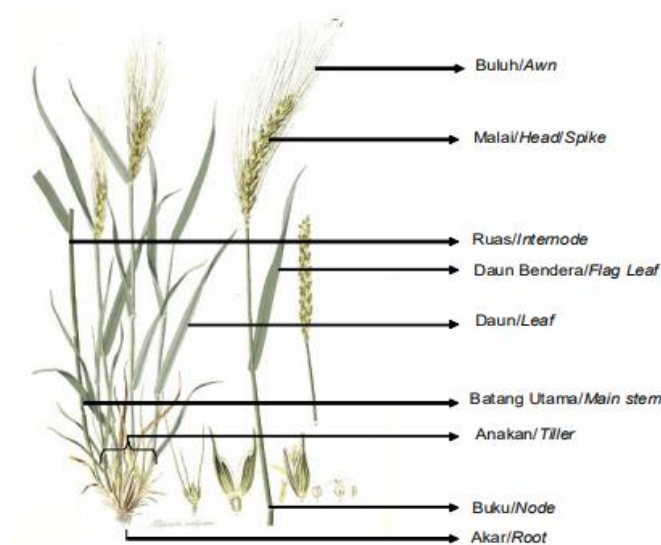
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Taksonomi dan Morfologi Tanaman Gandum

Gandum (*Triticum aestivum* L.) adalah serealia dari famili Poaceae yang merupakan salah satu bahan makanan pokok manusia selain beras. Ada tiga jenis gandum yang dibudidayakan dan secara umum ditanam oleh petani yaitu *Triticum aestivum* (gandum roti), *Triticum durum* (gandum durum), dan *Triticum compactum* (gandum club) (Rahmah, 2011). Hierarki taksonomi tanaman gandum secara umum adalah :

Kingdom : Plantae
Class : Monocotyledonae
Ordo : Poales
Family : Poaceae
Tribe : Triticeae
Genus : *Triticum*
Species : *Triticum aestivum* L.

Berikut merupakan gambar tanaman gandum dan bagian-bagiannya :

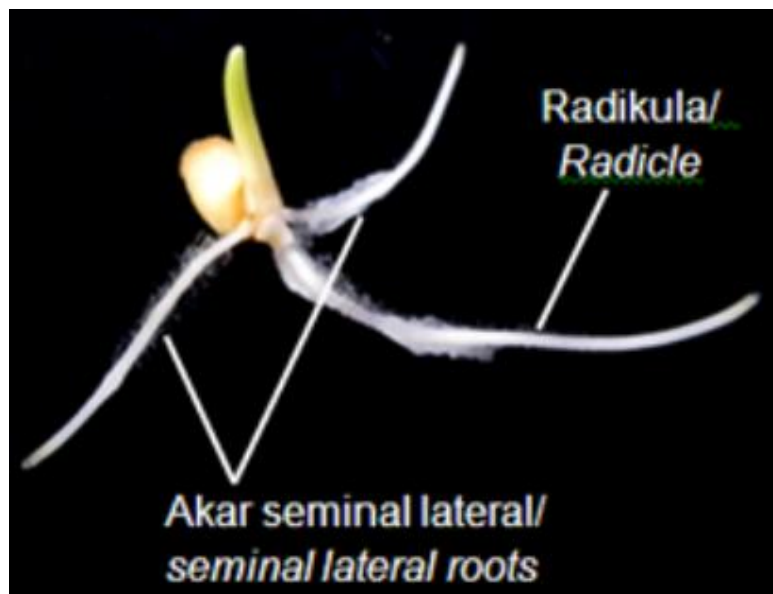


Gambar 1. Tanaman gandum dan bagian-bagiannya (Andriani dan Isnaini, 2011).

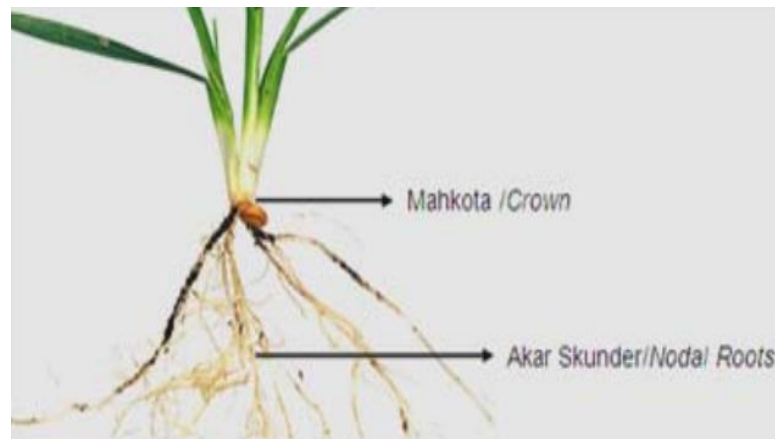
2.1.1. Akar

Sistem perakaran gandum adalah perakaran serabut. Terdapat dua tipe perakaran gandum, yaitu akar primer (*seminal root*) dan akar sekunder (*nodal root*). Akar primer terdiri atas radikula (*radicle*) dan akar seminal lateral (*lateral seminal roots*). Akar primer berkembang dari primordial akar yang tumbuh pada saat biji gandum berkecambah, pada saat masih embrio (Praptana dan Hermanto, 2016).

Akar sekunder berkembang pada saat tanaman mulai membentuk anakan atau telah memiliki empat daun. Akar sekunder tumbuh pada buku mahkota (*crown nodes*) yang terletak pada buku ke-3 dari tunas utama dan anakan. Jaringan meristem pada akar gandum terletak pada 2-10 mm di setiap ujung akar. Jumlah akar sekunder akan terus bertambah seiring dengan pertambahan jumlah anakan (Kirby, 2002). Di bawah ini merupakan gambar akar primer dan akar sekunder tanaman gandum.



Gambar 2. Akar primer gandum pada 4 HST (Andriani dan Isnaini, 2011).

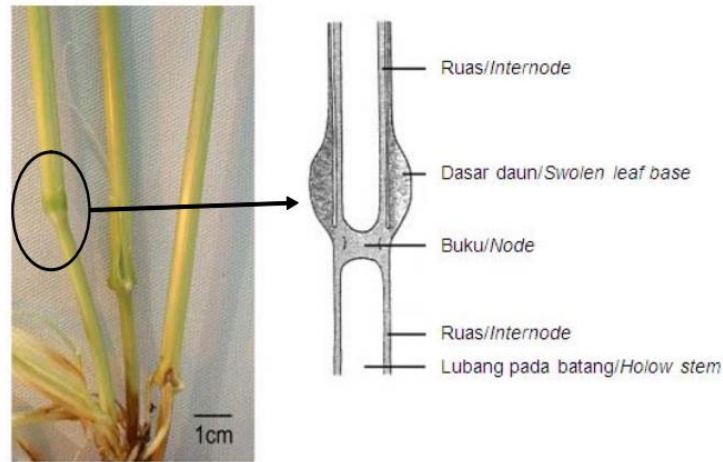


Gambar 3. Akar sekunder gandum (Andriani dan Isnaini, 2011).

2.1.2. Batang

Batang gandum berupa jerami yang tegak, berbentuk silinder dan memiliki permukaan yang halus, tersusun atas beberapa buku dan ruas. Ruas dan buku pada tanaman gandum berkisar antara 8-16. Buku batang gandum umumnya keras, berfungsi sebagai tempat tumbuhnya daun, akar, anakan dan malai, juga sebagai perantara keluar masuknya hara tanaman dan fotosintat. Jarak antara dua buku disebut ruas (Andriani dan Isnaini, 2011).

Sebagaimana ruas-ruas jerami pada batang padi, ruas pada batang gandum juga berlubang di tengahnya, namun pada beberapa varietas ada yang berisi empulur yang lembut. Batang gandum terbungkus oleh pelepah daun guna menunjang batang agar tetap tegak sehingga tidak mudah rebah. Ruas pada batang bawah umumnya lebih pendek dari ruas yang ada di ujung tanaman, bahkan berhimpitan satu sama lain, membentuk mahkota (Andriani dan Isnaini, 2011). Berikut merupakan gambar batang pada tanaman gandum.



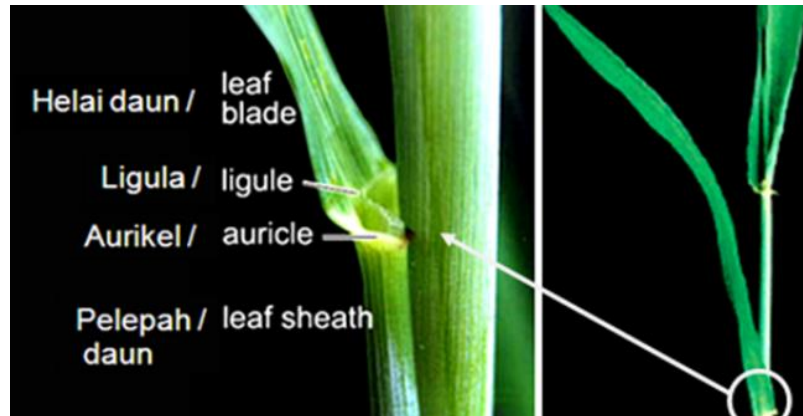
Gambar 4. Batang gandum (Andriani dan Isnaini, 2011).

2.1.3. Daun

Daun gandum berbentuk pita sejajar tulang daun, tersusun atas helai daun (*leaf blade*), pelepah daun (*leaf sheath*), ligula (*ligule*) dan aurikel (*auricle*). Bagian dasar pelepah daun melekat pada buku dan menyelimuti batang. Pelepah daun berfungsi melindungi batang dari cuaca ekstrim dan menopang batang agar tidak mudah rebah. Batang gandum bagian bawah tertutup oleh pelepah yang saling tumpang tindih, sehingga batang tidak terlihat. Namun pada ruas terakhir, pelepah daun akan menutupi bakal malai sebelum malai pecah. Setelah malai pecah/muncul dan ruas terakhir memanjang, hanya sebagian batang yang akan tertutup oleh pelepah (Anderson dan Garlinge 2000).

Pada ujung pelepah daun terdapat helai daun. Helai daun gandum memiliki permukaan yang licin, kadang terdapat sedikit bulu tipis. Pada beberapa varietas, tepi daun juga berambut. Bagian bawah daun umumnya lebih halus dari sisi bagian atas. Ukuran daun beragam, semakin ke atas semakin lebar, namun akan memendek pada lima daun terakhir. Rata-rata daun gandum berukuran 5-10 cm. Daun yang

terakhir muncul adalah daun bendera. Berikut merupakan gambar daun pada gandum.



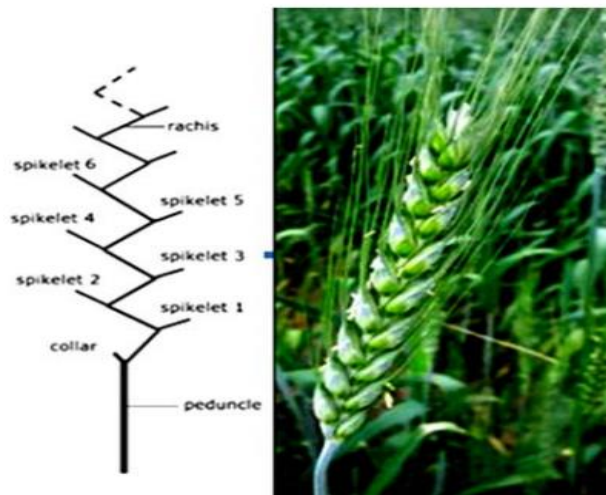
Gambar 5. Daun gandum (Andriani dan Isnaini, 2011).

2.1.4. Bunga

Tanaman gandum adalah tanaman semusim yang bersifat *determinate* yaitu pertumbuhan vegetatif berhenti pada saat pembungaan (fase reproduktif). Ketika fase reproduktif berlangsung terjadilah translokasi asimilat dari daun ke organ generatif yang sedang bertumbuh. Setiap kuntum bunga gandum disebut floret, memiliki gamet jantan dan betina (Widyawati *et al.*, 2021).

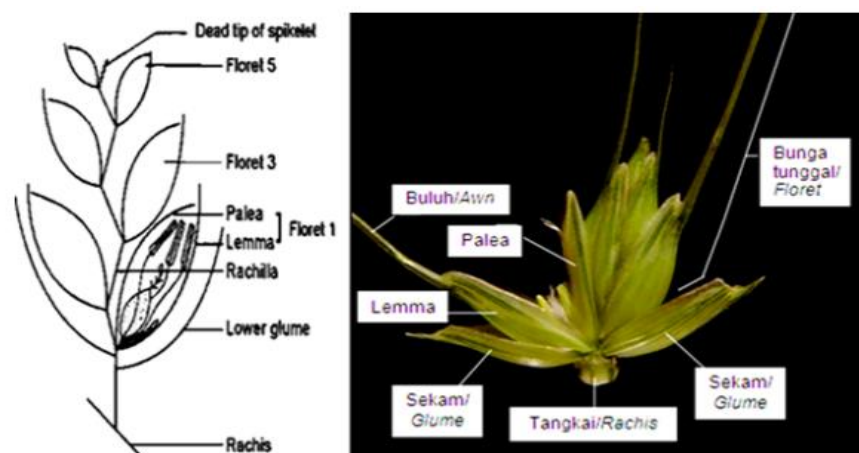
Bunga gandum tersusun dalam malai. Pada setiap malai terdapat beberapa spikelet (*spikelet*) dan setiap spikelet terdiri atas beberapa bunga tunggal (*floret*). Malai gandum tersusun atas spikelet dan malai gandum (*rachis*). Pada tangkai malai utama terdapat beberapa ruas yang pendek sebagai tempat tumbuhnya spikelet. Setiap spikelet memiliki 2-9 *floret* yang susunannya mirip dengan spikelet, namun lebih padat. Bagian paling bawah spikelet adalah dua buah sekam. Sekam pada bagian paling bawah disebut *lower glume*, sedangkan sekam yang berada di atasnya disebut *upper glume*, keduanya tersusun berhadapan, sehingga menutup sejumlah

bunga tunggal yang ada pada spikelet (Anderson dan Garlinge, 2000). Berikut merupakan gambar malai gandum.



Gambar 6. Malai gandum (Andriani dan Isnaini, 2011).

Bunga tunggal (*floret*) gandum terbungkus oleh dua buah sekam yang disebut *lemma* dan *palea*. *Lemma* adalah sekam paling luar dari bunga tunggal, ujung dari lemma umumnya memiliki rambut (*awn*). *Palea* merupakan sekam yang terletak di atas lemma, keduanya menyelimuti bagian reproduksi bunga. Umumnya *palea* memiliki tekstur yang lebih lembut dari lemma (Anderson dan Garlinge, 2000). Di bawah ini merupakan gambar spikelet bunga pada tanaman gandum.



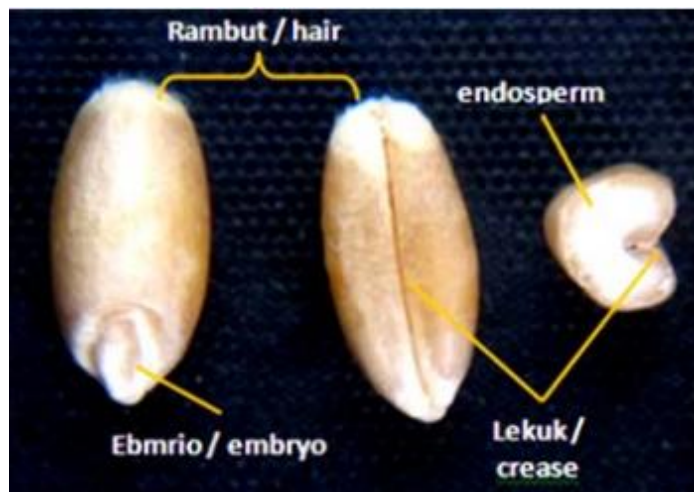
Gambar 7. Spikelet bunga gandum (Andriani dan Isnaini, 2011)

2.1.5. Biji

Pembentukan biji gandum diawali dari munculnya malai gandum (*heading*) yang tidak lain adalah bunga tanaman gandum yang tersusun membentuk malai. Stadia ini menunjukkan bahwa tanaman sudah memasuki fase reproduktif. Biji gandum terjadi melalui proses penyerbukan saat bunga mengalami antesis, diikuti dengan pembentukan zigot dan pertumbuhan bagian bagian biji. Ketika embrio sudah dewasa (mencapai masak fisiologis) maka biji tersebut bisa berkecambah dan dapat digunakan sebagai benih (Widyawati *et al.*, 2021).

Biji gandum berbentuk oval dengan lipatan di bagian tengahnya, sehingga terlihat seperti biji dikotil. Bagian dorsal biji berbentuk bundar dan licin, sedangkan pada bagian ventralnya terdapat lipatan ke dalam. Biji gandum tersusun atas bagian-bagian tertentu yang meliputi bagian endospermanya. Pada bagian luar biji terdapat *lemma* dan *pelea* yang melingkupi dan melindungi biji. Biji-biji gandum terdapat di dalam spikelet (Nur *et al.*, 2012).

Saat panen biji gandum untuk tujuan perbenihan, merupakan faktor penentu kualitas dan kuantitas benih yang dihasilkan. Jika panen dilakukan terlalu awal, menyebabkan daya berkecambahnya relatif rendah, karena masih banyak biji yang belum masak fisiologis. Tetapi jika panen dilakukan terlambat, dapat menyebabkan banyak benih yang sudah rontok sehingga kuantitasnya rendah mulai dari banyak benih yang terserang hama maupun penyakit serta secara fisiologis sudah mengalami kemunduran (Widyawati *et al.*, 2021). Berikut merupakan gambar biji gandum.



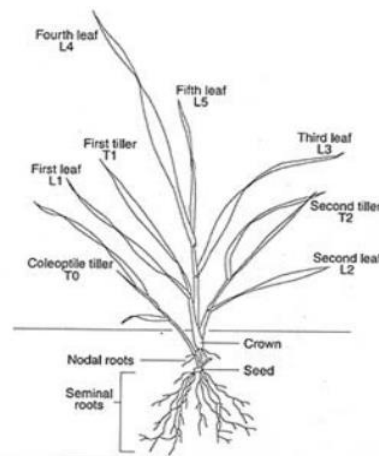
Gambar 8. Biji gandum (Andriani dan Isnaini, 2011).

2.1.6. Anakan

Anakan tanaman gandum merupakan cabang lateral yang tumbuh dari pangkal daun pada batang utama. Anakan memiliki struktur yang sama dengan batang utama dan membentuk malai, meski tidak semua anakan mampu menghasilkan malai. Anakan yang terbentuk umumnya sejumlah pangkal daun yang terdapat pada buku mahkota. Anakan yang terbentuk dari batang utama disebut anakan primer (*primary tiller*), yang menghasilkan anakan sekunder (*secondary tiller*). Pada bagian koleoptil juga kadang tumbuh anakan, yang disebut anakan koleoptil (*coleoptile tiller*) (Andriani dan Isnaini, 2011).

Anakan umumnya mulai tumbuh pada saat daun ke-3 telah berkembang sempurna dan daun ke-4 muncul dari batang utama. Anakan pertama (T1) tumbuh di bawah ligula daun pertama, begitu seterusnya. Anakan primer mampu membentuk anakan sendiri yang disebut dengan anakan sekunder. Pertumbuhan anakan ini terhenti setelah terjadi perpanjangan ruas. Jumlah anakan bergantung pada varietas dan kondisi lingkungan. Jumlah anakan produktif gandum musim dingin pada kondisi optimal adalah 2-3 batang per tanaman. Pada kondisi suhu

hangat, jumlah anakan yang muncul akan lebih banyak daripada suhu dingin. Di Indonesia dengan suhu yang lebih hangat, jumlah anakan produktifnya rata-rata 4 batang. Anakan juga memberikan kontribusi bagi batang utama dalam menghasilkan karbohidrat dan hasil biji (Wahyu *et al.*, 2013). Berikut merupakan gambar anakan gandum.



Gambar 9. Anakan Gandum (Andriani dan Isnaini, 2011).

2.2 Pengaruh Suhu Terhadap Pertumbuhan Gandum

Peningkatan suhu merupakan salah satu masalah penting yang dapat mempengaruhi perkecambahan, pertumbuhan dan hasil tanaman gandum. Suhu tinggi menyebabkan terhambatnya penyerapan air dan zat-zat yang diperlukan saat perkecambahan. Selain itu, suhu tinggi dapat merusak membran tilakoid yang berperan dalam proses fotosintesis, menurunkan laju fotosintesis daun, meningkatkan aborsi embrio, menurunkan jumlah biji, menurunkan durasi dan laju pengisian biji, terjadi kerusakan protein, penghambatan sintesis protein, inaktivasi enzim yang terdapat pada klorofil dan mitokondria (Setiawan *et al.*, 2015).

Tanaman gandum memiliki adaptasi yang baik di daerah tropis yang memiliki suhu rendah sehingga produksinya terbatas di dataran tinggi. Walaupun

tanaman gandum dapat tumbuh dengan baik di dataran tinggi, namun lahan yang tersedia sangat terbatas dan umumnya sudah ditanam dengan sayuran dan tanaman perkebunan yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi (Wicaksono *et al.*, 2016).

Perluasan area pengembangan gandum di wilayah dataran tinggi kurang prospektif karena gandum hanya digunakan sebagai tanaman sela dari tanaman hortikultura yang nilai ekonominya lebih tinggi, selain luas lahan pada ketinggian >800 mdpl sangat terbatas. Oleh karena itu, program jangka panjang pengembangan gandum tropis diarahkan pada daerah dengan ketinggian menengah-rendah (Nur *et al.*, 2015).

Lamanya waktu yang dibutuhkan tanaman gandum untuk berbunga tergantung dari letak geografisnya. Hal ini dikarenakan kondisi suhu di dataran rendah tergolong tinggi sehingga mempercepat proses pembungaan. Suhu udara yang terlalu tinggi mengakibatkan meningkatnya aktivitas respirasi dan pemasakan bulir yang terlalu cepat (Rachmadhani *et al.*, 2018).

Penelitian mengenai gandum pada dataran tinggi di Indonesia sudah banyak dilakukan. Contohnya hasil penelitian dari Nur *et al* (2015) menunjukkan bahwa produksi gandum menurun secara nyata pada lingkungan dengan cekaman kekeringan, lebih dari 7 juta ha gandum ditanam pada lingkungan dengan cekaman suhu tinggi, dengan suhu harian rata-rata lebih dari 17,5°C pada bulan terdingin.

2.3 Adaptasi Tanaman Terhadap Perubahan Lingkungan

Adaptasi tanaman adalah kemampuan tanaman untuk menyesuaikan diri terhadap kondisi lingkungan yang spesifik seperti kondisi suhu, cahaya, dan ketersediaan mineral dan hara. Memahami mekanisme genetik dan fisiologis

tanaman dengan perubahan-perubahan kondisi lingkungan sangat penting untuk menciptakan strategi yang efisien untuk mengembangkan kultivar tahan cekaman untuk sistem produksi yang berkelanjutan (Nur, 2013).

Perbaikan adaptasi tanaman terhadap lingkungan dapat dicapai dengan dua pendekatan, yaitu perubahan lingkungan pertumbuhan dan pengembangan genotipe tanaman berdaya hasil tinggi dan toleran terhadap cekaman. Gabungan pendekatan tersebut paling efektif. Peningkatan hasil panen yang dicapai pemulia tanaman umumnya disebabkan oleh perubahan berikut: 1) perubahan agronomi melalui perbaikan adaptasi genetik tanaman untuk mengatasi kendala biotik dalam produksi (misalnya hama dan penyakit) dan abiotik (suhu, kekeringan, kahat dan keracunan hara, dan salinitas) serta 2) meningkatkan potensi hasil genetik di atas kultivar pembanding pada lingkungan yang sama (Nur *et al.*, 2015).

Pendekatan yang paling berhasil untuk meningkatkan adaptasi tanaman pangan dan pakan terhadap cekaman abiotik secara historis menggunakan penilaian berbasis lapangan untuk mengidentifikasi kultivar toleran, diikuti dengan program pemuliaan dan menyeleksi genotipe pada lingkungan bercekaman penuh untuk mendapatkan galur-galur yang toleran serta diperoleh karakter tanaman yang diinginkan sebagai kriteria seleksi sesuai dengan target cekaman (Nurazika, 2014).

2.4 Pemuliaan Gandum

Pemuliaan tanaman adalah seni dan ilmu dalam merekayasa genetik tanaman untuk menghasilkan varietas baru yang lebih baik dari sebelumnya. Keunggulan tersebut meliputi peningkatan produktivitas, kualitas, toleransi terhadap cekaman abiotik, resistensi terhadap cekaman biotik dan perbaikan estetika tanaman (Syukur

et al., 2015). Upaya mendapatkan varietas unggul baru melalui pemuliaan tanaman perlu didukung adanya keragaman genetik tanaman yang tinggi. Peningkatan keragaman genetik tanaman dapat dilakukan melalui introduksi, hibridisasi, induksi mutasi dan rekayasa genetika (Sari *et al.*, 2015).

Keragaman genetik tanaman gandum sebagai bahan pemuliaan sangat penting untuk meningkatkan kualitas nutrisi dan stabilitas hasil. Mengevaluasi tingkat keragaman genetik di antara plasma nutfah elit yang diadaptasi berguna untuk memperkirakan variabilitas genetik di antara keturunan yang terpisah. Dengan demikian, keragaman genetik dapat menurun, yang dapat menghambat upaya untuk meningkatkan potensi hasil varietas gandum (Tyrka, 2021).

Pembentukan dan perbaikan genetik gandum melalui program pemuliaan di Indonesia diawali dengan mengintroduksi galur-galur elit dari berbagai negara yang dianggap cocok dengan agroekosistem tropis melalui lembaga internasional seperti CIMMYT (*International Maize and Wheat Improvement Center*). Indonesia tidak memiliki plasma nutfah lokal sehingga untuk menjalankan program pemuliaan gandum perlu keragaman genetik yang luas dari luar negeri untuk mendapatkan varietas gandum yang adaptif pada agroekosistem tropis Indonesia, khususnya dataran menengah-rendah. Hasil evaluasi terhadap beberapa galur introduksi menunjukkan bahwa untuk mendapatkan varietas gandum dataran rendah perlu tipe ideal tanaman dengan jumlah anakan produktif tinggi, jumlah spikelet banyak dan daun bendera lebar (Nur *et al.*, 2012).

2.5 Mutasi Gandum

Pemuliaan tanaman bertujuan memperbaiki karakter tanaman sehingga lebih unggul dalam beberapa sifat dibandingkan dengan tanaman asalnya, misalnya tanaman menjadi lebih tahan terhadap cekaman lingkungan dan berproduksi lebih tinggi. Metode yang umum digunakan dalam upaya peningkatan keragaman genetik tanaman yaitu melalui introduksi, hibridisasi, bioteknologi, induksi mutasi, dan rekayasa genetika (Shu *et al.*, 2012).

Pemuliaan gandum tropis dengan teknik mutasi berpeluang meningkatkan keragaman genetik dan diharapkan mampu meningkatkan potensi genetik gandum. Faktor yang mendukung keberhasilan perakitan gandum tropis toleran suhu tinggi dan berdaya hasil tinggi adalah adanya keragaman genetik yang luas, respon dan mekanisme toleran gandum terhadap lingkungan berelevasi rendah diketahui dengan jelas, metode rekombinasi genetik yang tepat, populasi bersegregasi dan metode seleksi yang tepat (Nur *et al.*, 2017).

Penelitian mutasi gandum tropis sejak tahun 2009 diarahkan untuk mendapatkan mutan yang beradaptasi dataran yang lebih rendah dan toleran suhu tinggi. Penelitian pemuliaan mutasi dengan mutagen iradiasi sinar gamma diawali dengan mempelajari respons atau sensitivitas tanaman gandum terhadap iradiasi sinar gamma untuk pemuliaan tanaman lebih lanjut (Nur *et al.*, 2017).

2.6 Image-based Phenotyping

Phenotyping adalah teknik seleksi menggunakan karakteristik tanaman yang terlihat (fenotip) atau analisis sifat. Dalam kondisi lapangan, *phenotyping* konvensional memerlukan ketelitian tinggi, sulit, destruktif, lama, dan dapat

melemahkan ketepatan hasil dari jaringan bergantung besar eksperimental terkonsolidasi (Beauchêne *et al.*, 2019). Terpilihnya metode dan kualitas pengambilan sampel telah membuka jalan untuk pengamatan lebih dalam fenotipe tanaman dan pengambilan keputusan hasil seleksi. Salah satunya ialah *image-based phenotyping*.

Perkembangan baru dari sistem pencitraan dan perhitungan yang berteknologi tinggi pada *image-based phenotyping* memungkinkan proses seleksi menjadi lebih cepat karena dapat mengurangi waktu dari seminggu menjadi hanya beberapa menit, atau bahkan detik sehingga menjadi lebih efisien (Siddiqui *et al.*, 2014). *Image-based phenotyping* memudahkan perhitungan fenotipe dengan menganalisis tanaman dalam jumlah yang banyak dalam waktu yang singkat dengan teliti (Das Choudhury *et al.*, 2018).

Metode *image-based phenotyping* menawarkan berbagai keuntungan. Metode ini tidak merusak, artinya data fenotipik dapat dikumpulkan dari tanaman yang telah diteliti dalam waktu yang lama. Selain itu, metode ini juga dapat digunakan secara otomatis, sehingga memungkinkan untuk meneliti dalam ukuran sampel yang banyak (Mutka dan Bart, 2015). Menurut Ge *et al* (2016), kemajuan dalam *phenomics* tanaman akan memungkinkan lebih banyak pemanfaatan data genetik yang efektif, dan akhirnya mengarah ke penemuan gen dan peningkatan hasil panen dan kualitas di lapangan.

2.7 Heritabilitas

Heritabilitas adalah parameter genetik yang digunakan untuk mengukur tingkat keterwarisan suatu karakter dalam populasi tanaman atau suatu pendugaan

yang mengukur sejauh mana variabilitas penampilan suatu karakter dalam populasi yang disebabkan oleh peranan faktor genetik. Perlu diketahui nilai heritabilitas karakter-karakter yang akan dijadikan target seleksi (Hermanto dan Syukur, 2017).

Nilai heritabilitas tergantung pada ragam genotipe dan ragam lingkungan. Heritabilitas adalah proporsi ragam yang disebabkan oleh faktor genetik terhadap fenotipe (Wardani *et al.*, 2014). Heritabilitas suatu karakter penting diketahui, terutama untuk menduga besarnya pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta pemilihan lingkungan yang sesuai untuk proses seleksi (Syukur, 2011).