

**EVALUASI GENOTIPE GANDUM  
(*Triticum aestivum* L.) HASIL *CONVERGENT BREEDING*  
PADA BERBAGAI WAKTU CEKAMAN AIR**

**DHIRGA ERLANGGA  
G111 15 318**



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

**2019**



**EVALUASI GENOTIPE GANDUM  
(*Triticum aestivum* L.) HASIL *CONVERGENT BREEDING* PADA  
BERBAGAI WAKTU CEKAMAN AIR**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Menempuh Ujian Sarjana  
Pada Program Studi Agroteknologi Departemen Budidaya Pertanian**

**Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin**

**DHIRGA ERLANGGA  
G111 15 318**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSTAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2019**



EVALUASI GENOTIPE GANDUM  
(*Triticum aestivum* L.) HASIL *CONVERGENT BREEDING* PADA  
BERBAGAI WAKTU CEKAMAN AIR

DHIRGA ERLANGGA

G 111 15 318

DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN  
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR

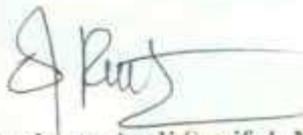
2019

Makassar, Maret 2019

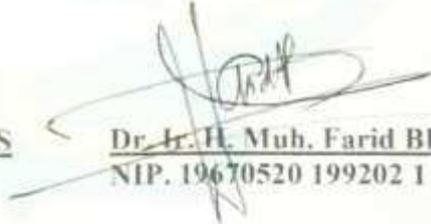
Menyetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

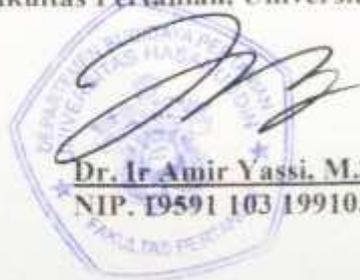


Dr. Ir. Syatrianty Andi Syaiful, MS  
NIP. 19620324 198702 2 001



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

Mengetahui,  
Ketua Departemen Budidaya Pertanian  
Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. Amir Yassi, M.Si.  
NIP. 19591 103 199103 1 002



## PENGESAHAN

JUDUL : EVALUASI GENOTIPE GANDUM (*Triticum aestivum* L.) HASIL  
*CONVERGENT BREEDING* PADA BERBAGAI WAKTU  
CEKAMAN AIR

NAMA : DHIRGA ERLANGGA

NIM : G111 15 318

Skripsi ini telah diterima dan dipertahankan pada Hari Jumat Tanggal 17 Bulan Mei Tahun 2019 dihadapan pembimbing/penguji berdasarkan Surat Keputusan No. 890/UN4.10.7.1/PP.28/2019 Dengan susunan sebagai berikut :

Dr. Ir. Syatrianty A. Syaiful, M.S.	(Ketua)
Dr. Ir. H. Muh. Farid BDR, MP.	(Sekretaris)
Ir. Hj. A. Rusdayani Amin, MS.	(Anggota)
Dr. Ir. Fachirah Ulfa, MP.	(Anggota)
Dr. Ir. Abd. Haris B., M.Si.	(Anggota)
Nuniek Widiyani, SP. MP.	(Anggota)

Mengetahui,

Ketua Departemen Budidaya Pertanian  
Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. Amir Yassi, M.Si.  
NIP. 19591 103 199103 1 002



## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “**Evaluasi Genotipe Gandum (*Triticum aestivum* L.) Hasil *Convergent Breeding* Pada Berbagai Waktu Cekaman Air**”. Tulisan ini dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang pertumbuhan dan produksi beberapa genotipe gandum di dataran rendah sehingga dapat dijadikan acuan untuk penelitian lanjut.

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. Ayahanda **Andi Gazali Ganna** dan ibunda **Hawita Radjuni** yang telah membesarkan dan mendidik penulis dengan penuh kasih sayang, memberi nasehat dengan segala kesabaran, atas jerih payah serta doanya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Kakak Kandung **Athirah Pratiwi** dan **Jauri Rakasiwi**. Untuk adikku tersayang **Nabila Ramadhani** yang menjadi motivasi dan membuat penulis lebih semangat.
2. Bapak **Dr.Ir. Syatrianty Andi Syaiful, MS** dan **Dr. Ir. H. Muh. Farid BDR, MP.** selaku pembimbing yang memberikan banyak saran, masukan, serta ilmu kepada penulis sejak awal penelitian hingga selesainya skripsi ini.
3. Ibu **Ir. Hj. A. Rusdayani Amin, MS.**, dan Bapak **Dr. Ir. Abd. Haris Bahrnun, M.Si** dan Ibu **Dr. Ir. Fachirah Ulfa, MP.**, selaku penguji yang memberikan banyak saran dan masukan kepada penulis sejak awal penelitian sampai selesainya skripsi ini.
4. Sahabat kerabat *Penerbitan Kampus identitas Unhas, Mbredets Squad, Sobat Bumi Indonesia, Humas Unhas, Sahabat Asrama Unhas, LDF Surau Firdaus* dan KKN Dikti Kopi Mamampang atas semua bantuan moral, semangat, dan kebersamaan yang diberikan kepada penulis mulai dari awal perkuliahan hingga skripsi ini selesai.



penelitian Kakanda **Dr. Muh. Kadir, SP., MP.**, Kakanda **Syamsul dkk** (Pegawai  
al Maros) dan Bapak **Muh.Ridwan** (Teknisi Kebun Percobaan BPTP Kelara  
to).

6. Adik - adik *Plant Breeding* 2016, 2017 dan teman - teman Ketua Dasar-Dasar Ekologi 2018 : **Affandi .A, Aswad, Husnul Inayah, Muh. Idil dan Aditya** yang telah banyak membantu pengamatan stomata selama proses teknis penelitian di lapangan.
7. Teman - teman *Plant Breeding* 2015 : **Andi Dwie Moch Aduh, Achmad Kurnia Nur, Muhammad Abidin, Muh. Arifuddin, Heri Kurniawan, Fira Novianti, Patmi Sadriana, Andi Isti Sakinah, Ardian Reski Handayani, Kharisma Robbi, Nurul Sufia Nissa dan Adinda Asri Laraswati** yang telah banyak bersesama di Laboratorium Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.
8. Kepada **Firdaus,. SP, dan Sulaiman,. SP MP** dan semua yang tidak dapat penulis sebutkan yang membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga apa yang terdapat dalam tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya. Amin.

Makassar, Maret 2019

Penulis



## RINGKASAN

**DHIRGA ERLANGGA (G111 15 318). EVALUASI GENOTIPE GANDUM (*TRITICUM AESTIVUM* L.) HASIL *CONVERGENT BREEDING* PADA BERBAGAI WAKTU CEKAMAN AIR. Dibimbing oleh SYATRIANTY ANDI SYAIFUL dan MUH. FARID BDR**

Cekaman air berpengaruh negatif terhadap hasil biji gandum, terutama terjadi pada periode kritis pertumbuhan vegetatif hingga saat pembentukan biji, atau dari pematangan pollen hingga pembentukan biji. Penelitian ini bertujuan mengetahui daya adaptasi beberapa galur *convergent breeding* gandum pada berbagai waktu cekaman air dan untuk mengetahui pertumbuhan dan produksi beberapa galur *convergent breeding* gandum. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan BPTP Jenepono, Desa Kelara, Kecamatan Tolo Selatan, Kabupaten Jenepono. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Agustus hingga November 2018. Penelitian ini menggunakan rancangan petak terpisah. Petak utama adalah pengairan normal dengan pemberian air dilakukan mulai saat tanam sampai panen dengan interval 8 hari (P1). Cekaman air saat tanaman berumur 30 hari sampai berumur 54 HST (P2), dan cekaman air saat tanaman berumur 54 sampai 78 HST (P3). Anak petak adalah genotipe (G) gandum yang terdiri dari 10 genotipe dan 2 varietas pembanding. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan normal, yaitu FUNDACEP 30 (1.88 ton ha<sup>-1</sup>), O/HP-12-A1-1-9 (1.95 ton ha<sup>-1</sup>), Guri 3 (1.85 ton ha<sup>-1</sup>) dan Guri 5 (1.85 ton ha<sup>-1</sup>) sedangkan pelakuan cekaman air pada umur 30-54 hst, yaitu Guri 4 (1.54 ton ha<sup>-1</sup>), serta pelakuan cekaman air pada umur 54-78 hst, yaitu FUNDACEP 30 (1.77 ton ha<sup>-1</sup>) dan O/HP-12-A1-1-9 (1.74 ton ha<sup>-1</sup>). Interaksi menunjukkan bahwa semua faktor berpengaruh nyata hingga sangat nyata pada tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah sepikulet, jumlah biji permalai, dan bobot biji per malai.

Kata kunci: *Cekaman Air, Convergent Breeding, Gandum*



## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Hipotesis .....	4
1.3. Tujuan dan Kegunaan .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Fase Pertumbuhan Tanaman Gandum .....	5
2.2. Lingkungan Tumbuh Tanaman Gandum .....	9
2.3. Mekanisme dan Toleransi Terhadap Cekaman Kekeringan ...	10
2.4. Kebutuhan Air Tanaman Gandum .....	11
2.5. Persilangan Convergent Breeding .....	13
2.6. Heritabilitas dan Koefisien Keragaman Genetik .....	13
2.7. Adaptasi Tanaman Gandum .....	14
<b>BAB III. METODOLOGI</b>	
3.1. Tempat dan Waktu .....	16
3.2. Bahan dan Alat .....	16
3.3. Metode Penelitian .....	16
3.4. Pelaksanaan Penelitian .....	17
3.5. Parameter Pengamatan .....	19
3.6. Analisis Heritabilitas .....	20
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil .....	21



4.2. Pembahasan .....	41
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	48
5.2. Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>51</b>



## DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Rata-rata Tinggi Tanaman 12 genotipe gandum .....	21
2.	Rata-rata Jumlah Anakan 12 genotipe gandum .....	23
3.	Rata-rata Jumlah Anakan Produktif 12 genotipe gandum .....	24
4.	Rata-rata Umur Berbunga 12 genotipe gandum .....	25
5.	Rata-rata Umur Panen 12 genotipe gandum .....	26
6.	Rata-rata Jumlah Stomata 12 genotipe gandum .....	27
7.	Rata-rata Kerapatan Stomata 12 genotipe gandum .....	28
8.	Rata-rata Panjang Bulu Atas 12 genotipe gandum .....	29
9.	Rata-rata Panjang Malai 12 genotipe gandum .....	30
10.	Rata-rata Jumlah Spikelet 12 genotipe gandum .....	31
11.	Rata-rata Jumlah Biji Per malai 12 genotipe gandum .....	32
12.	Rata-rata Persentase Floret Hampa .....	33
13.	Bobot 1000 Biji 12 genotipe gandum .....	34
14.	Rata-rata Produksi 12 genotipe gandum .....	35
15.	Data Indeks Toleran Cekaman (ITC) .....	36
16.	Nilai Heritabilitas .....	37
17.	Nilai Koefisien Korelasi Antar Parameter .....	38
18.	Analisis Kadar Air .....	39

## Lampiran

1.	Rata-Rata dan Sidik Ragam Tinggi Tanaman .....	54
2.	Rata-Rata dan Sidik Ragam Jumlah Anakan .....	55
3.	Rata-Rata dan Sidik Jumlah Anakan Produktif .....	54



4. Rata-Rata dan Sidik Ragam Umur Berbunga .....	54
5. Rata-Rata dan Sidik Ragam Umur Panen .....	58
6. Rata-Rata dan Sidik Ragam Jumlah Stomata .....	59
7. Rata-Rata dan Sidik Ragam Kerapatan Stomata .....	60
8. Rata-Rata dan Sidik Ragam Panjang Bulu Atas .....	61
9. Rata-Rata dan Sidik Ragam Panjang Malai .....	62
10. Rata-Rata dan Sidik Ragam Jumlah Sepikelet .....	63
11. Rata-Rata dan Sidik Ragam Jumlah Biji Permalai .....	64
12. Rata-Rata dan Sidik Ragam Persentase Floret Hampa .....	65
13. Rata-Rata dan Sidik Ragam Bobot 1000 Biji .....	66
14. Rata-Rata dan Sidik Ragam Produksi.....	67
15. Data Kadar Air Lokasi Penelitian Desa Kelara, Kecamatan Tolo Selatan, Kabupaten Jeneponto .....	68
16. Pola Iklim pada Lokasi KP-BPTP Desa Kelara, kecamatan Tolo Selatan, Kabupaten Jeneponto (Juli – November 2018).....	69
17. Deskripsi Gandum Kultivar Dewata .....	70
18. Deskripsi Gandum Kultivar Selayar .....	71



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Lampiran	Halaman
1.	Denah Percobaan di Lapangan .....	52
2.	Penampilan Gandum di Lapangan .....	73
3.	Penampilan Malai Gandum .....	76
4.	Penampilan Morfologi Biji Gandum Berdasarkan perlakuan .....	77



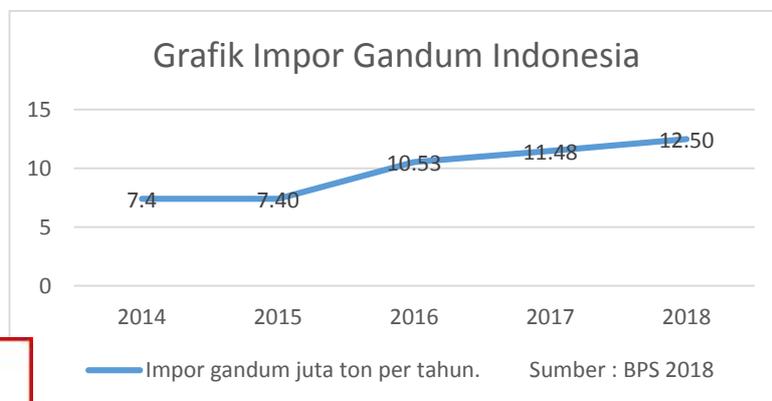
# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gandum (*Triticum aestivum* L.) adalah salah satu sereal dari famili *Gramineae* (*Poaceae*) yang memiliki bahan makanan pokok manusia selain beras. Pada dasarnya gandum dibagi menjadi dua tipe yaitu *Bread Wheat* dan *Durum Wheat*. Adapun *Bread Wheat* yaitu gandum yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan roti dan kue. *Durum Wheat* yaitu gandum yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan mie dan pasta. Gandum memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi diantaranya karbohidrat 60% - 80%, protein 6% - 17%, lemak 1,5% - 2,0%, mineral 1,5% - 2,0% (Haryanto *et al.*, 2007).

Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2018 menyatakan impor gandum mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Tahun 2014 dan 2015 impor gandum mencapai 7,4 ton per tahun dibandingkan realisasi impor sepanjang tahun 2016 yang mencapai 10,53 juta ton. Lebih lanjut tahun 2017 naik 9% menjadi 11,48 juta ton per tahun. Tahun 2018 Indonesia impor gandum dengan jumlah impor sebesar 12,50 juta ton gandum per tahun



Oleh karena itu, Indonesia perlu ada upaya untuk mengantisipasi impor tersebut dengan memproduksi gandum dalam negeri.

Impor gandum yang meningkat. Perlu dilakukan evaluasi dan seleksi gandum terhadap kondisi lingkungan tumbuh Indonesia yang adaptif dari cekaman air. Menurut Wijoyo (1980) dalam Setiawan *et al.* (2015), pada umumnya tanaman gandum merupakan tanaman yang tahan terhadap kondisi kekurangan air, namun pada stadia tertentu seperti *emergence*, *tillering*, *flowering* dan *filling grain* sangat sensitif terhadap kekurangan air. Ini selaras pendapat Passioura (2002) dalam Riyati R. (2012) menyatakan cekaman kekeringan berpengaruh negatif terhadap hasil biji, terutama apabila terjadi pada periode kritis pertumbuhan vegetatif hingga saat pembentukan biji, atau dari pematangan pollen hingga pembentukan biji. Masa kritis pertumbuhan tanaman gandum terhadap kekurangan air adalah pada stadia pembentukan pollen, penyerbukan, dan pengisian biji, Namun pengaruh kekurangan air terbesar terhadap penurunan hasil biji adalah pada pembungaan.

Berdasarkan skala pertumbuhan stadia tanaman serealia, yakni stadia pollen, penyerbukan dan pengisian biji berkisar antara 30-58 hst. Sedangkan Menurut Percival (1921) dalam Puspita (2013), fase pemasakan gandum terjadi saat biji berumur 30-40 hari setelah penyerbukan, bergantung pada varietas dan kondisi lingkungan. Umur masak fisiologis gandum yang ditanam di dataran tinggi  $\geq 1000$  m dpl berkisar antara 94-105 hst, sedangkan yang ditanam pada ketinggian  $\leq 500$  m dpl lebih cepat, 73-93 hst. Kandungan air biji akan terus turun, hingga saat masak fisiologis kandungan air biji 13-12%, dan tanaman siap dipanen.



...e pertumbuhan vegetatif membutuhkan air yang cukup untuk pembentukan  
...nakan begitu pula fase generatif yang cukup. Menurut Rebetzke *et al.*,

(2009) menyatakan waktu tanam dan fase pertumbuhan vegetatif, tanaman gandum menghendaki suhu udara sekitar 20°C dan meningkat menjadi sekitar 30°C pada fase pertumbuhan generatif dan fase pematangan biji, disertai kelembaban udara yang rendah dan kelembaban tanah yang cukup. Total curah hujan wilayah penghasil gandum di dunia pada umumnya kurang dari 1.500 mm per tahun, yang mengindikasikan wilayah produksi gandum tergolong beriklim kering.

Munculnya malai pada batang utama umumnya lebih awal dibanding anak-anak. Fase ini rentan terhadap kekurangan air. Umur berbunga gandum yang ditanam pada ketinggian di atas 1.000 mdpl antara berkisar 43-65 HST, sedangkan di dataran rendah  $\leq 500$  mdpl berkisar antara 43-65 HST. Fase pemasakan gandum terjadi saat biji berumur 30-40 hari setelah penyerbukan, bergantung pada varietas dan kondisi lingkungan. Pada fase ini tanaman mulai mengering, warna biji berubah semakin kuning tua/cokelat/merah, bergantung pada varietas. Biji pada fase ini terasa keras saat ditekan dengan kuku, dan sulit pecah. Kandungan air biji akan terus turun, hingga saat masak fisiologis kandungan air biji 13-12%, dan tanaman siap dipanen (Paulsen,1997). Oleh karena itu, perlu adanya pengujian waktu cekaman air, yakni fase setelah masa vegetatif masuk fase pembungaan dan fase pemasakan. Oleh karena itu, diperlukan kebutuhan air tanaman gandum yang tepat sesuai stadia pertumbuhannya. Sasaran dari pengelolaan air adalah tercapainya empat tujuan pokok, yaitu: efisiensi penggunaan air dan produksi tanaman yang tinggi, efisiensi biaya penggunaan air, pemerataan penggunaan air yang terbatas, baik dari segi waktu maupun jumlah dan keberlanjutan sistem penggunaan sumber



Berdasarkan uraian tersebut maka salah satu langkah awal untuk memperoleh gandum berdasarkan waktu cekaman air sesuai periode tertentu terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman gandum

## **1.2 Hipotesis**

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat pertumbuhan dan produksi terbaik tanaman gandum genotipe dengan berbagai waktu cekaman air.
2. Terdapat satu taraf perlakuan waktu cekaman air yang dapat digunakan untuk seleksi genotipe gandum toleran cekaman air.
3. Terdapat satu atau lebih genotipe gandum toleran cekaman air yang memberikan pertumbuhan dan produksi tanaman gandum yang optimal.
4. Terdapat parameter memiliki nilai heritabilitas tinggi.

## **1.3 Tujuan dan Kegunaan**

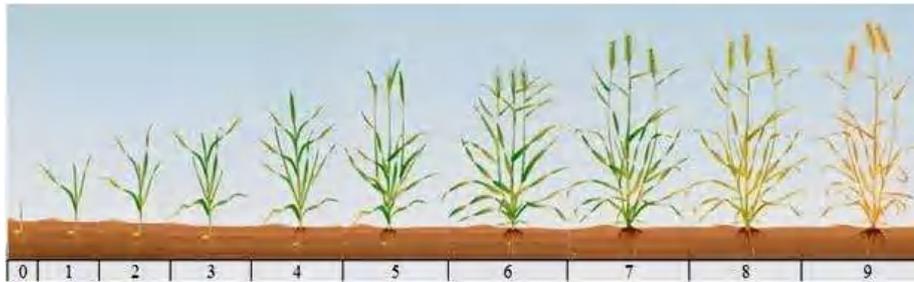
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pertumbuhan dan produksi beberapa genotipe gandum dengan berbagai waktu cekaman air, untuk mengetahui taraf perlakuan waktu cekaman air yang dapat digunakan untuk seleksi genotipe gandum toleran cekaman air, untuk mengetahui genotipe gandum toleran cekaman air yang memberikan pertumbuhan dan produksi tanaman gandum terbaik dan mengetahui parameter yang memiliki nilai heritabilitas tinggi. Kegunaan penelitian ini adalah sebagai bahan referensi dan informasi bagi para pemulia tanaman dalam mengembangkan varietas gandum yang adaptif dengan perlakuan waktu cekaman



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Fase Pertumbuhan Tanaman Gandum

Fase pertumbuhan gandum dikembangkan oleh Feekes (1941) dalam Theresa, *et al.*, (2016) menyatakan membagi skala pertumbuhan gandum dalam 10 fase. Berdasarkan dari ketiga teori tersebut maka secara umum fase pertumbuhan gandum terbagi dalam 10 fase utama, yaitu fase 0= perkecambahan, fase 1= pertumbuhan kecambah, fase 2= pertumbuhan anakan, fase 3= perpanjangan batang, fase 4= bunting, fase 5= pembungaan, fase 6= antesis, fase 7= masak susu, fase 8= masak adonan, fase 9= pemasakan biji (Gambar 1).



Gambar 1. Tahap-tahap pertumbuhan dan perkembangan gandum.

Keterangan: 0 = fase perkecambahan	= 0 HST
1 = fase pertumbuhan kecambah	= 1-3 HST
2 = pertumbuhan anakan	= 20-30 HST
3 = perpanjangan batang	= 30-39 HST
4 = bunting	= 41-49 HST
5 = pembungaan	= 60-65 HST
6 = antesis	= 66-68 HST
7 = masak susu	= 71-77 HST
8 = masak adonan	= 78-87 HST
9 = pemasakan biji	= 91- Panen

Sumber: dimodifikasi dari Poole (2005).



ir dan oksigen dibutuhkan untuk memecah karbohidrat menjadi gula, yang  
an oleh primordial akar dan tunas untuk tumbuh sebelum mampu

mendapatkan nutrisi dari lingkungan tumbuhnya (Anderson and Garlinge 2000). Menurut Paulsen (1997), umumnya koleoptil akan muncul ke permukaan tanah dalam waktu 1-2 hari, bergantung pada kedalaman penanaman biji dan kondisi lingkungan. Munculnya koleoptil ke permukaan tanah disebut *seed emergence*. Kecambah muncul pada permukaan tanah 5-7 hari bila kondisi lingkungan kurang mendukung dan ditanam terlalu dalam. Kecambah yang tumbuh 4-5 hari umumnya kurang toleran cekaman kekeringan.

Pertumbuhan anakan erat kaitannya dengan laju pertumbuhan daun. Anakan pertama tumbuh pada filokron pertama, yaitu di antara koleoptil dan daun pertama, pada saat tanaman berumur kurang lebih 30 HST (hari setelah tanam). Filokron (*phyllochronus*) merupakan jarak antara daun dan daun berikutnya. Jumlah anakan bergantung pada varietas dan kondisi lingkungan tumbuh. Pertumbuhan daun pada anakan memiliki pola yang sama (Paulsen 1997).

Anakan yang tumbuh mendekati fase pembungaan akan mati (*scenescence*) terlebih dahulu. Anakan sangat penting bagi tanaman gandum sebagai kompensasi bila jarak tanam terlalu lebar atau bila batang utama gagal berkembang akibat cekaman lingkungan, baik biotik maupun abiotik. Namun cekaman kekeringan atau suhu yang rendah pada fase ini akan menurunkan jumlah anakan (Paulsen, 1997).

Fase perpanjangan batang merupakan proses memanjangnya ruas-ruas pada batang gandum. Fase ini berkaitan dengan laju pertumbuhan daun, anakan, akar dan pembungaan. Fase ini dimulai pada saat jumlah anakan sudah cukup dan primordial bunga sudah berkembang sempurna, dimana benang sari sudah tumbuh dan spikelet

(*terminal spikelet*) juga sudah terbentuk, meski dalam ukuran yang masih kecil tersimpan pada titik tumbuh. 12 daun. Pada fase ini umumnya batang



utama telah memiliki setidaknya lima daun. Fase pemanjangan batang akan berakhir pada saat daun bendera benar-benar terbuka, yang ditandai oleh terlihatnya ligule daun bendera namun pertambahan tinggi tanaman masih terus berlangsung hingga tanaman memasuki fase antesis (*anthesis*) Bakal malai tumbuh sebelum daun bendera muncul, hingga 10 hari setelah antesis (Simmons, et al., . 1995).

Fase pemanjangan batang ditandai oleh pemanjangan pelepah daun bendera dan diakhiri oleh munculnya buluh. Pada fase ini cekaman kekeringan, suhu udara yang rendah, dan penyinaran yang terlalu tinggi atau terlalu rendah berpengaruh terhadap jumlah malai pada saat panen, karena pertumbuhan bunga fertile dimulai pada fase ini. Suhu udara yang terlalu rendah atau terlalu tinggi mengakibatkan banyak bunga tunggal (*floret*) yang steril (Simmons, et al., 1995).

Fase pembungaan tanaman gandum diawali oleh munculnya malai dari dalam pelepah daun bendera. . Pada gandum, sorgum, padi, oat barley dan rye, umur berbunga adalah jika malai telah 50% keluar dari dalam pelepah daun bendera. Pada fase ini pertumbuhan malai dalam pelepah daun bendera masih terus berlangsung dan semakin cepat, hingga mendekati antesis. Proses perpanjangan ruas terakhir (*peduncle*) juga masih terus berlangsung. Di dalam malai, bunga tunggal juga terus berkembang, beberapa bunga tunggal akan degenerasi/luruh/aborsi akibat persaingan nutrisi antarbunga tunggal. ). Munculnya malai pada batang utama umumnya lebih awal dibanding anakan. Fase ini rentan terhadap kekurangan air. Umur berbunga gandum yang ditanam pada ketinggian di atas 1.000 mdpl antara berkisar 43-65 hst, sedangkan di dataran rendah  $\leq 500$  mdpl berkisar antara 43-65

an gandum (Paulsen, 1997).



Fase antesis merupakan fase pecahnya kotak sari (*anther*) dan tersebarnya serbuk sari keluar kotak sari. Bunga gandum termasuk klestogami, yaitu tanaman menyerbuk sendiri (*self pollination*). Fase antesis diawali dengan pecahnya serbuk sari dan diakhiri munculnya kotak sari di seluruh bagian malai. Kotak sari yang pertama pecah adalah kotak sari pada bunga tunggal (*floret*) yang terletak pada 1/2 bagian tengah malai, kemudian bagian atas malai dan terakhir adalah bunga tunggal yang terletak pada bagian paling bawah malai. Proses antesis dari awal hingga malai 100% antesis memerlukan waktu 3-5 hari. Bunga akan mekar setiap waktu pada siang hari, namun kebanyakan terjadi pada pagi hari dan hanya sedikit yang mekar pada siang hari, bergantung pada varietas dan kondisi lingkungan. Bunga tunggal gandum akan mekar waktu 8-60 menit (Percival, 1921).

Peluang gandum untuk menyerbuk silang adalah  $\pm 10\%$ , bergantung pada kepadatan populasi dan kondisi lingkungan. Pada kondisi cuaca yang kering dan hangat, peluang menyerbuk silang 3,7-9,7%. Pada kondisi kelembaban udara yang tinggi, peluang menyerbuk silangnya 0,1% dan pada musim dingin 0,1-5,6%. Lebih dari 90% serbuk sari gandum jatuh pada radius 3 m dari tanaman. Cekaman kekurangan air 7 hari menjelang dan saat antesis dapat menurunkan hasil biji per malai tanaman gandum (Wardlaw 1971).

Fase pemasakan gandum terjadi saat biji berumur 30-40 hari setelah penyerbukan, bergantung pada varietas dan kondisi lingkungan. Umur masak fisiologis gandum yang ditanam di dataran tinggi  $\geq 1000$  mdpl berkisar antara 94-105 hst, sedangkan yang ditanam pada ketinggian  $\leq 500$  mdpl lebih cepat, 73-93

fase ini tanaman mulai mengering, warna biji berubah semakin kuning keputihan/merah, bergantung pada varietas. Biji pada fase ini terasa keras saat



ditekan dengan kuku, dan sulit pecah. Kandungan air biji akan terus turun, hingga saat masak fisiologis kandungan air biji 13-12%, dan tanaman siap dipanen. Memasuki umur panen, biji gandum yang kering adakalanya tampak keluar dari sekam, bahkan pada varietas yang mudah rontok, biji akan rontok di lapang bila kondisi sangat kering. Namun bila kondisi udara lembab, biji yang sudah masuk masa panen akan tumbuh di malai. Biji gandum sebaiknya dipanen pada kadar air biji kurang dari 20%, untuk mencegah kerusakan biji (Percival, 1921).

## 2.2 Lingkungan Tumbuh Tanaman Gandum

Gandum dapat tumbuh pada ketinggian 250- 800 m dpl, kisaran suhu berkisar antara 2-24°C baik suhu minimum adalah 2 - 4°C maupun suhu optimum sekitar 20 - 25°C . Gandum toleransi pada suhu maksimum 37°C. Tanaman gandum banyak ditanam pada daerah-daerah dengan kisar curah hujan 350 - 1.250 milimeter. Curah hujan efektif untuk pertanaman gandum adalah 825 milimeter per tahun memberikan produksi yang tinggi, dengan pelaksanaan pergiliran tanaman dan pembuatan saluran irigasi. Intensitas matahari juga berpengaruh terhadap produksi tinggi sangat berpengaruh terhadap pembentukan karbohidrat melalui fotosintesis. Intensitas penyinaran kurang dari 60 persen akan menyebabkan turunnya hasil gandum (Budiarti, 2005).

Tanaman gandum dapat beradaptasi pada kelembaban udara yang relatif rendah. Di daerah pegunungan Indonesia kelembaban udara rata-rata adalah 90 persen dalam musim hujan dan 80 persen dalam musim kemarau. Waktu yang tepat menanam gandum di Indonesia adalah menjelang musim kemarau sehingga pada

atangan jatuh pada musim kemarau. Ini dikarenakan pada bulan pertama a diperlukan air yang merata dan cukup jumlahnya dalam pembentukan



tunas dan primordial. Sedangkan pada bulan ketiga mulai fase pematangan tidak memerlukan banyak air (Setyowati , Hanarida dan Sutoro, 2009).

Berkisar 80-90 persen dengan curah hujan 600 - 825 mm/tahun kelembaban rata-rata adaptif untuk pertumbuhan gandum. Tingginya kelembaban sangat berhubungan dengan curah hujan. Semakin tinggi curah hujan maka semakin tinggi pula kelembabannya. Curah hujan yang terlalu tinggi akan mengganggu proses pembungaan, karena dapat menurunkan aktivitas serangga penyerbuk dan tepung sari menjadi busuk (Setyowati , Hanarida dan Sutoro, 2009).

### **2.3 Mekanisme dan Toleransi Gandum Terhadap Cekaman Kekeringan**

Perkembangan reproduksi tanaman dimulai dengan perubahan suatu meristem vegetatif menjadi meristem bunga, termasuk perkembangan struktur bunga dan reproduksinya, pembentukan gametofit jantan dan betina, pembuahan dan akhirnya perkembangan benih. Waktu peralihan dari perkembangan vegetatif ke reproduktif dikendalikan oleh isyarat lingkungan seperti photoperiod (panjang hari) dan suhu (vernalisation). Penyesuaian waktu berbunga merupakan mekanisme adaptasi yang penting terhadap kondisi lingkungan agar terhindar dari cekaman abiotik seperti : es, panas, dan kekeringan dalam lingkungan tertentu (Amasino, 2010). Menurut Wahid *et al.*, (2007) selama perkecambahan benih, suhu tinggi dapat memperlambat atau bahkan menghambat perkecambahan, tergantung spesies tanaman atau besarnya stress yang dialami, sehingga masing-masing genotipe menunjukkan respon yang berbeda terhadap cekaman suhu yang dialami.

Proline merupakan salah satu asam amino yang dihasilkan oleh tanaman saat

ni stress abiotik sehingga analisis kandungan proline dapat digunakan  
enanda ketahanan tanaman terhadap cekaman abiotik seperti suhu tinggi



atau kekeringan pada tanaman gandum ataupun tanaman lain. Seperti penelitian Kurniawati *et al.*, (2014) yang melakukan analisis akumulasi proline untuk melihat ketahanan tanaman terung terhadap kekeringan. Respon tanaman terhadap cekaman yang diterima akan berbeda untuk masing-masing genotipe sesuai dengan sifat toleransi yang dimiliki. Tanaman akan melakukan transpirasi dengan tujuan untuk pendinginan tetapi respon tersebut juga akan menyebabkan tanaman semakin kehilangan banyak air sehingga terjadi kekeringan. Perubahan lingkungan tumbuh dari dataran tinggi ke dataran rendah pada lingkungan tropika basah menyebabkan terjadinya penurunan daya berkecambah benih, penurunan tinggi tanaman dan penurunan jumlah anakan produktif dari genotipe gandum (Nur *et al.*,2012). Penelitian yang dilakukan Ahmed *et al.*,(2012) mengenai adaptasi dan seleksi beberapa genotipe gandum pada kondisi kekurangan air dan suhu tinggi juga berhasil menemukan satu genotipe yang berpeluang menjadi calon varietas tahan terhadap cekaman abiotik dan ditunjukkan dengan kemampuannya untuk menghasilkan karakter pertumbuhan dan hasil biji yang lebih baik dibandingkan genotipe lain.

#### **2.4 Kebutuhan Air Tanaman Gandum**

Kebutuhan air pada tanaman gandum dipengaruhi oleh volume air yang tersedia. Hal terbesar diduga terjadi karena pada suhu tinggi akibatnya kekurangan air akan menyebabkan serbuk sari menjadi steril sehingga pembuahan tidak dapat berlangsung. Seperti yang disampaikan Porter, 2005 (*dalam* Balla, 2012) bahwa stress suhu tinggi pada masa pembungaan akan menyebabkan kegagalan dalam

an dan pembentukan biji yang akhirnya mengarah pada hasil yang lebih  
Penelitian Wahyu *et al.*, (2013); Shefazadeh *et al.*, (2012) juga



menunjukkan bahwa gandum di dataran rendah menyebabkan tingginya floret yang hampa dan menyebabkan jumlah biji per malai yang dihasilkan semakin rendah.

Respon tanaman terhadap cekaman yang diterima akan berbeda untuk masing-masing genotipe sesuai dengan sifat toleransi yang dimiliki. Pada umumnya tanaman akan melakukan transpirasi dengan tujuan untuk pendinginan tetapi respon tersebut juga akan menyebabkan tanaman semakin kehilangan banyak air sehingga terjadi kekeringan. perubahan lingkungan tumbuh dari dataran tinggi ke dataran rendah pada lingkungan tropika basah menyebabkan terjadinya penurunan daya berkecambah benih, penurunan tinggi tanaman dan penurunan jumlah anakan produktif dari genotipe gandum (Nur *et al.*, 2012).

Periode pertumbuhan tanaman sesuai gandum harus dengan tingkat kebutuhan airnya, dibagi menjadi lima fase, yaitu : fase pertumbuhan awal, fase vegetatif, fase pembungaan, fase pengisian malai, dan fase pematangan. Setelah melalui fase pertumbuhan awal (mulai saat tanam sampai menjelang fase vegetatif), anakan gandum mulai tumbuh dari axils tunas daun utama. Gandum musim dingin (spring wheat) memiliki jumlah anakan yang lebih besar. Longnecker *et al.* (1993) menyatakan bahwa anakan terbentuk pada masa vegetatif awal dan vegetatif akhir, faktor genetik dan lingkungan sangat berperan dalam proses tersebut. Jumlah anakan produktif juga dipengaruhi oleh populasi/keapatan tanaman. Fase vegetatif sampai menjelang pembungaan dan fase pengisian bulir sampai menjelang pemasakan membutuhkan waktu yang paling lama, berkisar antara 60 -70 hari.

Hasil biji juga dipengaruhi oleh lama waktu dan intensitas defisit air serta fase

han dimana defisit air terjadi.



## 2.5 Persilangan *Convergent Breeding*

Perbaikan genetik gandum tropis melalui program pemuliaan memperlihatkan hasil yang cukup baik, baik persilangan konvensional maupun mutasi (mutasi dan biji somaklonal). Terdapat dua metode persilangan gandum di dataran rendah, yaitu metode dialel dan *convergent breeding*. Persilangan *convergent breeding* adalah metode rekombinasi genetik yang bertujuan untuk menghimpun dan memfiksasi gen-gen yang mengendalikan sifat-sifat yang dikehendaki. Daya hasil, toleran suhu tinggi, dan tepung berkualitas tinggi sebagai kriteria merupakan karakter kuantitatif yang ekspresinya sangat dipengaruhi oleh lingkungan. Kemungkinan karakter gen-gen yang mengendalikan karakter yang akan diperbaiki tersebar diantara galur-galur introduksi yang diuji, sehingga perbaikan genetik karakter-karakter tersebut harus menggunakan pendekatan persilangan *single cross* dan *convergent breeding* (Nur, 2013).

## 2.6 Heritabilitas dan Koefisien Keragaman Genetik

Heritabilitas merupakan parameter genetik yang digunakan untuk mengukur kemampuan suatu genotipe dalam mewariskan karakter yang dimiliki atau suatu pendugaan yang mengukur sampai sejauh mana variabilitas penampilan suatu genotipe dalam populasi terutama disebabkan oleh faktor genetik. Heritabilitas adalah perbandingan atau proporsi ragam genetik terhadap ragam fenotipik yang dinyatakan dalam persen. Nilai heritabilitas dinyatakan dalam bilangan pecahan atau persentase yang berkisar antara 0 sampai 1. Semakin mendekati nilai 1, maka nilai heritabilitasnya semakin tinggi, sebaliknya semakin mendekati nilai 0 berarti

abilitasnya semakin rendah. Nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan karakter tersebut lebih banyak dipengaruhi faktor genetik dibandingkan



faktor lingkungan sehingga seleksi dapat dilakukan lebih ketat untuk memperoleh kemajuan genetik yang tinggi (Allard and Bradshaw, 1960).

Nilai heritabilitas yang rendah menunjukkan bahwa karakter tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan sehingga seleksi harus dilakukan secara longgar. Keragaman genetik dari suatu karakter dapat diperluas dengan cara metode persilangan, introduksi dan mutasi untuk mendapatkan galur-galur harapan sebagai bahan seleksi dalam pengembangan kultivar baru. Pendugaan besarnya ragam genetik dan lingkungan dari suatu fenotipe dapat dilakukan dengan cara menduga suatu nilai heritabilitas (Poespodarsono, 1988).

## 2.7 Adaptasi Tanaman Gandum

Gandum merupakan tanaman subtropik maka dari itu kendala utama yang dihadapi dalam pengembangan di dataran rendah adalah cekaman terhadap lingkungan yang sangat tinggi khususnya cekaman pada suhu tinggi, sehingga perlu dilakukan usaha perbaikan varietas yang adaptif melalui kegiatan pemuliaan tanaman seperti seleksi galur (Suriani *et al.*, 2014). Menurut Rao (2001) perbaikan adaptasi tanaman terhadap lingkungan dapat dicapai dengan dua pendekatan umum yaitu perubahan lingkungan pertumbuhan atau dengan pengembangan genotipe tanaman. Seringkali gabungan pendekatan tersebut yang paling efektif.

Peningkatan hasil panen yang dicapai oleh pemulia tanaman umumnya terutama disebabkan pada perubahan-perubahan yang terbagi dalam dua kategori perubahan agronomi melalui perbaikan adaptasi genetik untuk mengatasi kendala abiotik (misalnya : suhu, kekeringan, kekurangan dan keracunan mineral, dan

serta meningkatkan potensial hasil genetik di atas kultivar standar dalam an yang sama (Evans, 1993). Salah satu faktor penghambat tumbuh



tanaman adalah air, dimana keterbatasan air pada saat penanaman akan sangat mempengaruhi kondisi fisiologis tanaman, seperti terhambatnya proses penyerapan unsur hara dan translokasi hasil fotosintesis ke seluruh tubuh tanaman termasuk proses pengisian biji (Wahyuet *al.*, 2013). Begitu juga dengan suhu tinggi yang dapat berakibat pada rendahnya nilai produksi tanaman gandum (Ashari *et al.*, 2012; Assenget *et al.*, 2010).

Cekaman suhu tinggi dan kekeringan adalah faktor lingkungan yang sangat penting yang berdampak pada laju pertumbuhan dan perkembangan tanaman gandum.

Dalam kondisi cekaman lingkungan seperti ini siklus hidup tanaman gandum lebih pendek dibandingkan siklus di lingkungan yang normal, akibatnya akumulasi asimilat akan berlangsung dalam jumlah hari yang lebih sedikit sehingga hasil gandum lebih rendah (Ghazi, 2012 dalam Puspita *et al.*, 2013). Selain itu juga, mempengaruhi sistem fisiologi tanaman gandum, kekeringan menyebabkan penurunan vigor perkecambahan benih, laju fotosintesis bersih dan memacu kebocoran sel pada daun, bahkan pada beberapa varietas menunjukkan kehilangan air yang sangat tinggi melalui transpirasi (Biesaga *et al.*, 2014).

