

**KERAGAAN AGRONOMI, STABILITAS HASIL, DAN
KARAKTERISASI MOLEKULER BEBERAPA GALUR F4 PADI
TIPE BARU PRODUKSI TINGGI DAN UMUR GENJAH
TOLERAN SUHU RENDAH**

*AGRONOMIC PERFORMANCE, YIELD STABILITY, AND
MOLECULAR CHARACTERIZATION OF SEVERAL F4 RICE LINES
NEW TYPE RICE HIGH PRODUCTION AND EARLY MATURING
LOW TEMPERATURE TOLERANT*

TRISDAY YIIN PARARI



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
PROGRAM MAGISTER FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**KERAGAAN AGRONOMI, STABILITAS HASIL, DAN
KARAKTERISASI MOLEKULER BEBERAPA GALUR F4 PADI
TIPE BARU PRODUKSI TINGGI DAN UMUR GENJAH
TOLERAN SUHU RENDAH**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Agroteknologi

Disusun dan diajukan oleh

**TRISDAY YIIN PARARI
G012192003**

Kepada

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
PROGRAM MAGISTER FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

TESIS

KERAGAAN AGRONOMI, STABILITAS HASIL, DAN KARAKTERISASI
MOLEKULER BEBERAPA GALUR F4 PADI TIPE BARU PRODUKSI
TINGGI DAN UMUR GENJAH TOLERAN SUHU RENDAH

TRISDAY YIIN PARARI

NIM: G012192003

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Program Agroteknologi Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin pada tanggal 23 September 2022 dan dinyatakan telah
memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing utama

Dr. Ir. Muh. Riadi, M.P.
NIP. 196409051989031003

Pembimbing pendamping

Ir. Rinaldi Sjahril, M.Agr., Ph.D.
NIP. 196609251994121001

Ketua Program Studi Magister
Agroteknologi S2

Ir. Rinaldi Sjahril, M.Agr., Ph.D.
NIP. 196609251994121001

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc.
NIP. 196312311988111005



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN KELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "**Keragaan Agronomi, Stabilitas Hasil, dan Karakterisasi Molekuler Beberapa Galur F4 Padi Tipe Baru Produksi Tinggi dan Umur genjah Toleran Suhu Rendah**" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Dr. Ir. Muh. Riadi, MP sebagai pembimbing utama dan Ir. Rinaldi Sjahril, M.Agr., Ph.D. sebagai pembimbing pendamping. Karya ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya ilmiah yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal Agro Volume 9 (1), Halaman 116-130 dengan Doi:<https://doi.org/10.15575/14987> sebagai artikel dengan judul "Uji Keberhasilan Persilangan, Heterosis dan Penampilan F1 Padi Lokal Pare Bau x Inpari 4".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, Oktober 2022



Trisday Yiin Parari
Trisday Yiin Parari
G012192003

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur Ke-hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas Kuasa-Nya sehingga tesis ini akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan tesis ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan Dr. Ir. Muh. Riadi, M.P sebagai pembimbing utama dan Rinaldi Sjahril, M.Agr., Ph.D sebagai Pembimbing Pendamping. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada mereka. Terima kasih juga saya ucapkan kepada bapak penguji Prof. Dr. Ir. Kaimuddin, M.S., Prof. Dr. Ir. Muh. Farid BDR, M.P., dan Dr. Amin Nur, S.P., M.Si atas saran dan perbaikan yang diberikan. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Dr. Ir. Yusuf L. Limbongan, M.P yang telah mengizinkan dan membantu saya untuk melaksanakan penelitian di lapangan, dan kepada Dr. Drs. Edy Listanto, M.P dan Ahmad Dadang, S.P atas kesempatan untuk menggunakan fasilitas dan peralatan di Laboratorium Molekuler BB Biogen. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Dr. Muhammad Miftahur Rifqi, S.P., M.Si dan Dr. Muhammad Fuad Anzhori, SP., M.Si atas bantuan dalam pengujian statistik. Ucapan terima kasih kepada pimpinan dan staf dosen Fakultas Pertanian Universitas Kristen Indonesia Toraja atas dukungan dan motivasi yang diberikan kepada penulis.

Kepada kedua orang tua tercinta bapak Yohanis Padu, S.Pd dan ibu Nurhayati, S.Pd saya mengucapkan limpah terima kasih atas doa, pengorbanan dan memotivasi saya selama menempuh pendidikan. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada adik tercinta Agung Parari, S.T, Bartho M. Balloko, Novita Balloko, dan Tiara L. Parari, serta yang terkasih Siska T. Paliling, S.E dan seluruh rumpun keluarga besar Tongkonan Pennu' dan Tongkonan Baladatu atas motivasi dan dukungan yang tak ternilai. Ucapan terima kasih pula saya ucapkan kepada kakak Kasmiati Sande, S.P., M.,Si serta adik-adik mahasiswa Universitas Kristen Indonsia Toraja terutama kelompok peneliti padi yakni Putra Bone, S.P., Reza Marewa, S.P., Yusuf Rindi, S.P., Markus kendek, S.P., Jefrianus Kombong, S.P., Topan Massora, S.P., Matius Samboan, S.P., Marthen To Allo, S.P, serta teman-teman Tim Pondok Pakea' dan keluarga besar Bapak Yusuf Limbongan atas dukungan dan kerjasamanya selama pendidikan.

Penulis,

Trisday Yiin Parari

ABSTRAK

TRISDAY YIIN PARARI. Keragaan Agronomi, Stabilitas Hasil, dan Karakterisasi Molekuler Beberapa Galur F4 Padi Tipe Baru Produksi Tinggi dan Umur Genjah Toleran Suhu Rendah (dibimbing oleh **Muh. Riadi** dan **Rinaldi Sjahril**).

Padi varietas unggul telah banyak dilepas, tetapi umumnya ditujukan untuk kondisi optimal dan belum cocok agroekologi spesifik. Penelitian ini bertujuan menguji keragaan agronomi, stabilitas hasil dan analisis molekuler galur F4 PTB toleran suhu rendah. Penelitian dilaksanakan pada empat lahan sawah di Kabupaten Toraja Utara dan Tana Toraja yaitu Kecamatan Bittuang, Rantebua, Sesean, dan Tallunglipu pada ketinggian 650, 850, 1400 dan 1600 meter di atas permukaan laut. Penelitian ini berlangsung pada bulan Mei 2021 hingga Januari 2022. Penelitian ini disusun pola rancangan acak kelompok faktor tunggal pada setiap lokasi. Materi genetik diuji terdiri atas 30 galur F4 dan enam varietas pembanding yang diulang 3 kali pada setiap lokasi. Data pengamatan dianalisis ragam gabungan dan uji Beda Nyata Terkecil 5%. Nilai keeratan antar karakter dan pengaruh genetik diuji korelasi dan analisis heritabilitas, uji stabilitas untuk mengetahui galur stabil, dan analisis molekuler untuk mengetahui galur toleran. Hasil penelitian menunjukkan galur dengan rata-rata produktivitas di atas 7 ton ha⁻¹ dan berumur genjah pada lokasi Rantebua yaitu G10 (7.53 ton ha⁻¹ dan 117.1 HSS), G27 (7.40 ton ha⁻¹ dan 123.3 HSS), G13 (7.30 ton ha⁻¹ dan 124.3 HSS), dan G16 (7.14 ton ha⁻¹ dan 115.3 HSS). Galur dengan produktivitas di atas 7 ton⁻¹ dan berumur genjah pada lokasi Tallunglipu yaitu G10 (8.02 ton ha⁻¹ dan 118.0 HSS), G13 8.00 (ton ha⁻¹ dan 125.6 HSS), G6 (7.86 ton ha⁻¹ dan 121.8 HSS), G27 (7.71 ton ha⁻¹ dan 126.7 HSS), G16 (7.40 ton ha⁻¹ dan 117.8 HSS), dan G8 (7.14 ton ha⁻¹ dan 115.8 HSS). Lokasi Bittuang dan Sesean produksi rata-rata di bawah 5 ton⁻¹ akibat cekaman suhu rendah dan logam berat karena berada pada lokasi yang lebih tinggi dibandingkan dua lokasi lainnya. Galur-galur paling stabil yaitu G28 (3.36 ton ha⁻¹ dan 135.9 HSS), G13 (5.17 ton ha⁻¹ dan 133.1 HSS), G17 (3.21 ton ha⁻¹ dan 124.8 HSS) dan G26 (4.22 ton ha⁻¹ dan 123.7 HSS). Galur-galur toleran suhu rendah adalah G13 (5.17 ton ha⁻¹ dan 133.1 HSS), G14 (4.47 ton ha⁻¹ dan 126.2 HSS), G15 (4.65 ton ha⁻¹ dan 125.1 HSS) dan G7 (4.91 ton ha⁻¹ dan 127.5 HSS).

Kata kunci: Galur Toleran Suhu Rendah, Padi Tipe Baru, Karakter Agronomi, Molekuler, Stabilitas

ABSTRACT

TRISDAY YIIN PARARI. Agronomic Performance, Yield Stability, and Molecular Characterization of Several F4 Rice Lines New Type Rice High Production and Early Maturing Low Temperature Tolerant (supervised by **Muh. Riadi** and **Rinaldi Sjahril**).

Many high-yielding rice varieties have been released, but generally intended for optimal conditions and not suitable for specific agroecology. This study was aimed to examine agronomic performance, yield stability and molecular analysis of new type low temperature tolerant F4 rice lines. The research was conducted on four paddy fields in North Toraja and Tana Toraja regencies, namely Rantebua, Tallunglipu, Bittuang and Sesean Districts at the altitude of 650, 850, 1400 and 1600 meters above sea level, appropriately. This study took place from May 2021 to January 2022, and was arranged in a single factor randomized block design pattern at each location. The genetic material tested consisted of 30 F4 lines and six comparison varieties which were repeated 3 times at each location. Observational data were analyzed by combined variance and 5% Least Significance Different test. The value of closeness between characters and genetic influence were tested for correlation and heritability analysis. Stability test used to determine stable strains and molecular analysis used to determine tolerant strains. The results showed that the average productivity was approximately 7 ton ha⁻¹ such as at the Rantebua location with line G10 (7.53 ton ha⁻¹ and 117.1 DAS), G27 (7.40 ton ha⁻¹ and 123.3 DAS), G13 (7.30 ton ha⁻¹ and 124.3 DAS), and G16 (7.14 ton ha⁻¹ and 115.3 HSS). Lines with productivity above 7 ton ha⁻¹ were obtained at the Tallunglipu location with line G10 (8.02 ton ha⁻¹ and 118.0 DAS), G13 8.00 (ton ha⁻¹ and 125.6 DAS), G6 (7.86 ton ha⁻¹ and 121.8 DAS), G27 (7.71 ton ha⁻¹ and 126.7 DAS), G16 (7.40 ton ha⁻¹ and 117.8 DAS), and G8 (7.14 ton ha⁻¹ and 115.8 DAS). The Bittuang and Sesean locations average production were below 5 ton ha⁻¹ due to lower temperature stress and heavy metals since they are located at higher altitude compared the other two location. Stable lines were G28 (3.36 ton ha⁻¹ dan 135.9 DAS), G13 (5.17 ton ha⁻¹ dan 133.1 DAS), G17 (3.21 ton ha⁻¹ dan 124.8 DAS) dan G26 (4.22 ton ha⁻¹ dan 123.7 DAS). The low temperature tolerant lines were G13 (5.17 ton ha⁻¹ dan 133.1 DAS), G14 (4.47 ton ha⁻¹ dan 126.2 DAS), G15 (4.65 ton ha⁻¹ dan 125.1 DAS) dan G7 (4.91 ton ha⁻¹ dan 127.5 DAS).

Keywords: Low Temperature Tolerant Lines, New Type Rice, Agronomic Character, Molecular, Stability

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Taksonomi Tanaman Padi dan Sub-spesiesnya	7
2.2 Padi Lokal Toraja	8
2.3 Padi Tipe Baru	9
2.4 Pemuliaan Padi Toleran Cekaman Suhu Rendah	10
2.5 Stabilitas Hasil.....	13
2.6 Analisis Molekuler Padi Toleran Suhu Rendah.....	14

2.7 Kerangka Pikir	16
2.8 Hipotesis	17
BAB III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Percobaan Lapangan	18
3.1.1. Tempat dan Waktu	18
3.1.2. Bahan dan Alat	18
3.1.3. Rancangan Penelitian	20
3.1.4. Pelaksanaan Penelitian	22
3.1.5. Variabel Pengamatan	24
3.2 Analisis Molekuler	25
3.2.1. Tempat dan Waktu	25
3.2.2. Bahan dan Alat	25
3.2.3. Rancangan Penelitian	26
3.2.4. Pelaksanaan Penelitian	26
3.2.5. Parameter Pengamatan	30
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil	31
4.1.1. Keragaan Agronomi	31
4.1.2. Heritabilitas	48
4.1.3. Korelasi	49
4.1.4. Sidik Lintas	51
4.1.5. Stabilitas Hasil	54
4.1.6. Analisis Molekuler	60
4.2 Pembahasan	62
4.2.1. Keragaan Karakter Agronomi	62
4.2.2. Stabilitas Hasil	71
4.2.3. Analisis Molekuler	74

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN.....	88

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Karakter agronomi dan kualitas lima padi varetas lokal Toraja	9
2. Karakteristik empat lokasi penelitian	18
3. Karakteristik materi genetik	19
4. Model Analisis AMMI	22
5. Keterangan lima marka molekuler yang digunakan	25
6. Rata-rata tinggi tanaman (cm) 30 genotipe padi tipe baru harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	32
7. Rata-rata jumlah anakan maksimum (batang) 30 genotipe padi tipe baru harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	33
8. Rata-rata jumlah anakan produktif (batang) 30 genotipe padi harapan padi tipe baru dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	34
9. Rata-rata umur panen (HSS) 30 genotipe padi harapan padi tipe baru dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	35
10. Rata-rata panjang malai (cm) 30 genotipe padi harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	36
11. Rata-rata panjang daun bendera (cm) 30 genotipe padi tipe baru harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	38
12. Rata-rata jumlah gabah total (gabah) 30 genotipe padi harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	39
13. Rata-rata persentase gabah isi per malai (%) 30 genotipe padi tipe baru harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	40
14. Rata-rata panjang gabah (mm) 30 genotipe padi tipe baru harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	41
15. Rata-rata bobot 1000 biji bernas (g) 30 genotipe padi tipe baru harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	43
16. Rata-rata bobot gabah bernas per malai (g) 30 genotipe padi tipe baru harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	44
17. Rata-rata bobot gabah bernas per rumpun (g) 30 galur padi tipe baru harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	45

18. Rata-rata produksi per hektar (ton) 30 galur padi tipe baru harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	48
19. Nilai heritabilitas karakter agronomi yang diamati	49
20. Analisis korelasi karakter agronomi 30 galur padi tipe baru harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	50
21. Analisis lintas karakter agronomi terhadap produktivitas (BGB/R).....	52
22. Indeks stabilitas (Y_{si}), Koefisien regresi (b_i), dan simpangan regresi (S^2_{di}) 30 galur padi tipe baru harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 (Y_{si}) lingkungan.....	55
23. Analisis ragam AMMI 30 galur padi tipe baru harapan dan 6 varietas pembanding pada 4 lingkungan	56
24. Skor PC1 dan PC2 biplot beberapa genotipe padi dan lokasi pengujian.....	57
25. Rekapitulasi metode stabilitas hasil galur-galur padi tipe baru harapan	59
26. Data keragaman hasil analisis SSR 15 galur PTB harapan dengan karakter agronomi terbaik dan 5 tetua lokal dan inpari 4 menggunakan 5 marka SSR.....	60

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Skema Kerangka pikir penelitian	16
2. Grafik rata-rata produktivitas 36 genotipe pada 4 lokasi percobaan	48
3. Grafik pengaruh langsung dan tidak langsung karakter terhadap produksi	53
4. AMMI 2 biplot untuk PC1 vs PC2 dari 30 galur harapan PTB dan 6 varietas pembanding toleran suhu rendah di 4 lokasi pengujian	57
5. AMMI 1 biplot untuk PC1 vs Y (produktivitas) dari 30 galur harapan PTB dan 6 varietas pembanding toleran suhu rendah di 4 lokasi pengujian	58
6. Visualisasi hasil analisis 21 genotipe padi menggunakan marka SSR <i>RM5806</i>	61
7. Visualisasi hasil analisis 21 genotipe padi menggunakan marka SSR <i>CT220</i>	62
8. Hasil analisis kluster 21 genotipe berdasarkan 5 marka SSR menggunakan program NTSYS pc 2.1	61

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut		Halaman
	Tabel	
1.	Data suhu rata-rata dan kelembapan rata-rata pada 4 lokasi percobaan selama penelitian	90
2.	Hasil analisis logam berat pada lokasi Bittuang dan Sesean.....	90
3.	Hasil analisis tanah pada empat lokasi penelitian	91
4.	Deskripsi varietas Inpari 4	92
5.	Deskripsi varietas lokal hitam Pare Ambo	93
6.	Deskripsi varietas padi lokal aromatik Pare Bau.....	94
7.	Deskripsi varietas padi lokal aromatik Para Kombong.....	95
8.	Deskripsi varietas padi lokal hitam Pare Lallodo	96
9.	Deskripsi varietas padi lokal merah Pere Lea.....	97
10.	Sidik Ragam Gabungan Tinggi Tanaman 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi	98
11.	Sidik Ragam Gabungan Jumlah Anakan Malsimum 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi.....	98
12.	Sidik Ragam Gabungan Jumlah Anakan Produktif 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi.....	98
13.	Sidik Ragam Gabungan Umur Panen 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi	99
14.	Sidik Ragam Gabungan Panjang Malai 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi	99
15.	Sidik Ragam Gabungan Panjang Daun Bendera 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi.....	99

16. Sidik Ragam Gabungan Jumlah Gabah Per Malai 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi.....	100
17. Sidik Ragam Gabungan Persentase Gabah Isi Per Malai 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi.....	100
18. Sidik Ragam Gabungan Panjang Gabah 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi	100
19. Sidik Ragam Gabungan Bobot 1000 Biji 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi	101
20. Sidik Ragam Gabungan Bobot Gabah Bernas Per Malai 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi.....	101
21. Sidik Ragam Gabungan Bobot Gabah Bernas Per Rumpun 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi	101
22. Sidik Ragam Gabungan Produktivitas 30 Galur Harapan F4 PTB dan Varietas Pembanding pada 4 Lokasi Dataran Menengah dan Dataran Tinggi	102

Gambar

1. Denah percobaan di lapangan	89
2. Kondisi tanaman siap panen (a) lokasi Bittuang, (b) lokasi Rantebua, (c) lokasi Sesean, dan (d) lokasi Tallunglipu	103
3. Penampilan galur dengan produktivitas terbaik pada setiap lokasi.....	103
4. Penampilan rumpun galur terbaik.....	103
5. Galur dengan produksi di atas enam ton per hektar pada lokasi optimal (Tallunglipu dan Rantebua)	104
6. Kondisi tanaman yang mengalami cekaman suhu rendah dan logam berat....	104
7. Galur G17 paling stabil pada semua lokasi: (a) Rantebua, (b) Tallunglipu, (c) Sesean, dan (d) Bittuang.....	105
8. Penampilan galur yang toleran suhu rendah: (a) Bittuang, (b) Sesean.....	105

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi (*Oriza Sativa* L.) adalah salah satu tanaman pangan utama yang berasal dari daerah tropis dan sub tropis sehingga keberadaannya selalu diutamakan oleh setiap negara. Upaya peningkatan produktivitas padi terus diupayakan oleh setiap negara dari tahun ke tahun untuk menyeimbangkan kebutuhan pangan, mengingat peningkatan populasi penduduk dunia akan diproyeksikan mencapai sepuluh miliar pada tahun 2050 (USDA, 2022). Hal yang serupa diupayakan oleh pemerintah Indonesia dalam rangka tercapainya swasembada pangan nasional serta dapat memenuhi target menjadi lumbung pangan dunia pada tahun 2045 mendatang sehingga upaya-upaya perbaikan genetik padi yang terus dilakukan yakni perakitan varietas berproduksi tinggi, bermutu tinggi, serta memiliki ketahanan terhadap cekaman lingkungan. Kegiatan perakitan varietas baru tidak terlepas dari dukungan internal dan eksternal galur-galur calon varietas dengan adanya kecocokan genetik dengan lingkungan adaptasinya (Silitonga, 2017).

Kondisi lingkungan merupakan kunci utama dalam adaptabilitas dan produksi hasil tanaman padi. Indonesia memiliki kondisi wilayah yang berbeda-beda karena topografi yang beragam seperti dataran rendah, pegunungan, hingga pesisir pantai, hal ini akan berpengaruh terhadap kondisi lingkungan setempat seperti kondisi tanah, suhu, curah hujan, kelembapan, dan kecepatan angin sehingga secara langsung mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman yang tumbuh di daerah tersebut. Salah satu kondisi lahan pertanian padi yang banyak tersebar di Indonesia yaitu lahan sawah tadah hujan non irigasi rata-rata tersebar pada daerah pegunungan dan topografi wilayah yang berada elevasi kemiringan (Sujariya *et al.*, 2019).

Di Indonesia, lahan sawah tadah hujan seluas 4 juta hektar yang terdiri atas 3.2 juta lahan sawah tadah hujan dan 0.8 juta hektar lahan kering yang potensial mendukung ketahanan pangan nasional yang sebagian besar merupakan lahan pertanian produktif, namun pemanfaatannya belum optimal. Lahan potensial yang mendukung ketahanan pangan diantaranya yaitu berada

pada kondisi yang beragam salah satunya dapat ditinjau dari aspek lereng dan elevasi. Sebagian besar (1.54 dari 3.2 juta ha) lahan sawah tadah hujan berada pada kelerengan 3–15% yang berada pada dataran menengah sampai dataran tinggi, dimana sekitar 1,13 juta hektar berada pada lereng 3-10%, dan sisanya 0,50 juta hektar pada kelerengan >15% atau sebagian berada di dataran tinggi (Sulaiman *et al.*, 2018). Berdasarkan hal ini lahan sawah tadah hujan dataran tinggi dan menengah dapat memberi sumbangsih terhadap ketahanan pangan nasional, akan tetapi pada kenyataannya lahan seluas 0,50 juta hektar tersebut diantaranya dimanfaatkan sebagai lahan sawah dengan produksi padi rata-rata hasil masih relatif masih sangat rendah dibandingkan dataran rendah yaitu berkisar 2,5 – 5,0 ton/ha (Hararap *et al.*, 1993; Zhen, 2013).

Beberapa dekade terakhir, upaya perakitan varietas padi sebagian besar hanya terfokus pada perakitan padi sawah yang sesuai dengan kondisi lingkungan optimal saja dan masih kurang memperhatikan perakitan varietas padi yang spesifik wilayah yang mengalami cekaman seperti kekeringan, logam berat, salinitas, banjir, serangan OPT, suhu tinggi dan suhu rendah sehingga belum mampu memecahkan masalah terkait kondisi iklim, perubahan iklim, dan kondisi tanah di daerah setempat. Oleh sebab itu faktor lingkungan sangat penting dipertimbangkan dalam kegiatan perakitan varietas padi unggul tipe baru selain upaya peningkatan produksi dan umur yang genjah.

Dataran tinggi merupakan salah satu potensi bagi pengembangan areal penanaman padi, tetapi kenyataannya budidaya padi di dataran tinggi menghadapi berbagai hambatan. Salah satu faktor pembatas produksi padi sawah dataran tinggi adalah kondisi agroklimat spesifik meliputi suhu rendah, curah hujan relatif tinggi, ketersediaan air tanah yang rendah, fotoperiodisasi panjang dan kelembapan udara yang tinggi sehingga umur panen menjadi lama dan terjadi kemandulan bunga (Basuchaudhuri, 2016). Cekaman suhu rendah sangat mempengaruhi fase vegetatif tanaman padi karena akan menurunkan daya kecambah, melambatnya proses pertumbuhan, menguningnya daun setelah pindah tanam, berkurangnya jumlah anakan dan tanaman tumbuh kerdil (Hsu and Hsu, 2019). Jika terjadi pada fase generatif menyebabkan degenerasi gabah, perpanjangan malai tidak lengkap dan terjadi peningkatan sterilitas gabah sehingga dapat mengurangi produksi hasil hingga 30-40% (Mildaerizanti *et al.*, 2016). Hal inilah yang mendorong perakitan padi sawah di dataran tinggi diarahkan pada terbentuknya tanaman padi toleran yang suhu rendah, efisien

dalam pemanfaatan air dan cahaya matahari, tahan kelembaban tinggi serta tahan hama-penyakit sehingga mampu menghasilkan produksi dalam waktu singkat (umur genjah) dan memiliki potensi produksi hasil tinggi (Susanti, 2018).

Perakitan varietas unggul baru spesifik agroekologi merupakan salah satu terobosan untuk mendukung program intensifikasi padi dalam rangka mempertahankan kuantitas dan mutu hasil padi di wilayah tersebut (Sengxua *et al.*, 2017). Perakitan varietas unggul bermutu tinggi dan spesifik lokasi akan terwujud apabila tersedia galur-galur harapan hasil persilangan ataupun galur harapan hasil introduksi (Suhardi, 2014). Sumber genetik yang baik dalam perakitan galur spesifik adalah berasal dari plasma nutfah lokal yang telah beradaptasi spesifik di wilayah setempat sehingga dapat dimanfaatkan pada perakitan varietas unggul spesifik wilayah (Sitaresmi *et al.*, 2015).

Di dataran tinggi Toraja terdapat dua Kabupaten yakni Kabupaten Tana Toraja dan Kabupaten Toraja Utara dengan ketinggian tempat rata-rata 600-1600 m dari permukaan laut dengan beragam padi lokal yang telah beradaptasi baik sehingga dibudidayakan secara turun temurun oleh petani setempat karena rasa dan aroma padi tersebut yang disukai masyarakat, selain itu harga jual yang relatif mahal dibandingkan beras biasa dari varietas unggul. Padi lokal Toraja memiliki keunggulan pada segi mutu, tetapi memiliki kelemahan pada segi karakter agronomi yakni umur tanaman di atas 150 hari dengan rata-rata produksi (3-5 ton/ha) sehingga kurang unggul apabila dibandingkan varietas unggul nasional (Limbongan and Djufry, 2015). Berdasarkan permasalahan tersebut maka telah dilakukan penelitian persilangan (*Single crossing*) antara lima padi lokal Toraja dengan varietas unggul Inpari 4 yaitu diantaranya dua padi hitam (Pare Ambo x Inpari 4 dan Pare Lallodo x Inpari 4), dua padi Aromatik (Pare Bau x Inpari 4 dan Pare Kombong x Inpari 4), dan satu padi merah (Pare Lea x Inpari 4). Semua hasil persilangan menampilkan keragaman karakter yang tinggi pada keturunan F2 (Parari, 2019).

Zuriat hasil persilangan telah menghasilkan beragam galur yang berbeda-beda akibat segregasi genetik sehingga mulai pada generasi ke-2 (F2) diseleksi dengan metode seleksi berulang berdasarkan karakter agronomis terbaik. Galur pada generasi ditanam F2 dengan metode seleksi SSD (*Single Seed Descent*) yaitu sistem seleksi dengan tanam satu biji per lubang tanam, sehingga panen galur dilakukan pada generasi F2 ke F3, selanjutnya hasil seleksi F3 ditanam ke generasi berikutnya yaitu F3 ke F4 dengan metode seleksi

yang sama, dan pada produksi hasil generasi F4 sampai saat ini dengan ditandai dengan karakter yang mulai menampilkan keseragaman pada setiap galur yakni karakter agronomisnya seperti umur panen, tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, jumlah dan bobot gabah bernas, rasa, aroma beras dan warna beras (Limbongan, 2020), sehingga sangat penting dilakukan uji hasil serta tingkat stabilitas galur terhadap berbagai kondisi lingkungan yang ditunjukkan yakni spesifik wilayah.

Kegiatan pemuliaan tanaman, terutama pada kegiatan seleksi selalu dihadapkan dengan adanya faktor interaksi genetik dengan lingkungan (GEI) pada saat pengujian genetik tanaman maupun galur-galur di berbagai lingkungan sebelum dilepas sebagai varietas baru (Satoto *et al.*, 2016). Pada dasarnya tujuan pengujian galur-galur adalah untuk menyesuaikan keadaan tanaman dengan keadaan lingkungan sehingga diharapkan memiliki keunggulan karakter agronomis dan mampu beradaptasi baik serta mampu bertahan lama pada kondisi lingkungan tersebut (Silitonga, 2017).

Pemilihan karakter pada galur-galur hasil pemuliaan tanaman yang dilakukan melalui pengamatan karakter agronomis atau morfologis saja di lapangan belum dapat menjamin bahwa galur-galur tersebut dapat terpilih secara genetik sesuai dengan lingkungan sasaran yang dituju. Untuk itu dibutuhkan pendekatan lain, salah satunya melalui analisis molekuler. Metode analisis molekuler yang paling banyak digunakan pada kegiatan seleksi galur adalah menggunakan analisis *Simple Sequence Repeats* (SSR). SSR secara akurat dapat mengidentifikasi alel dengan reabilitas tinggi dan reproduktifitas, selain itu SSR sebagai marker paling efektif untuk mengetahui keragaman genetik suatu tanaman, selain itu dengan metode SSR sangat membantu pemulia dalam melakukan seleksi galur pada populasi yang banyak karena dapat diperkecil berdasarkan pendekatan genetik (Nurdinawati *et al.*, 2016). Marka tersebut telah banyak dicobakan pada kegiatan pemuliaan tanaman padi antara lain untuk mengkarakterisasi keragaman genetik padi-padi lokal daerah tertentu (Ladjao *et al.* 2019; Qun *et al.*, 2012) mengidentifikasi genetik yang tahan terhadap cekaman hama penyakit tanaman maupun cekaman lingkungan, salah satunya identifikasi genetik padi toleran aluminium (Anggraheni dan Mulyaningsih, 2017), dan mengidentifikasi gen yang toleran suhu rendah (Zhou-fei *et al.* 2009; Bosetti *et al.* 2012; Hissahe, 2017). Oleh sebab itu karakterisasi molekuler sangat sesuai dikombinasikan dengan pengujian stabilitas galur-galur F4 mengingat tujuan

penelitian ini yang diarahkan ke perakitan varietas unggul tipe baru (VUTB) spesifik lingkungan dataran tinggi toleran suhu rendah pada lokasi dataran menengah dan dataran tinggi.

Berdasarkan semua uraian di atas maka dilakukan penelitian “Keragaan Agronomi, Stabilitas Hasil, dan Karakterisasi Molekuler Beberapa Galur Harapan F4 Padi Tipe Baru Produksi Tinggi dan Umur Genjah di Dataran Menengah dan Dataran Tinggi”.

1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian ini, masalah yang akan menjadi kajian adalah:

- a. Apakah terdapat galur-galur harapan F4 padi tipe baru yang berproduksi tinggi dan berumur genjah pada lokasi dataran menengah dan atau dataran tinggi?
- b. Karakter agronomi apa saja yang mendukung produktivitas tinggi galur-galur harapan F4 padi tipe baru pada empat lokasi dataran menengah dan dataran tinggi?
- c. Apakah terdapat galur-galur harapan F4 padi tipe baru yang stabil pada lokasi dataran menengah dan dataran tinggi?
- d. Apakah terdapat galur-galur harapan F4 padi tipe baru yang spesifik pada dataran menengah atau dataran tinggi?
- e. Apakah terdapat galur-galur harapan F4 padi tipe baru yang memiliki pola pita DNA yang berasal dari tetua lokal yang toleran suhu rendah?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengetahui tingkat daya hasil 30 galur-galur harapan padi tipe baru untuk mendapatkan galur padi yang sesuai dengan kriteria varietas unggul padi tipe baru (VUTB) yang mampu tumbuh dan berproduksi tinggi serta stabil pada lokasi dataran menengah hingga dataran tinggi yakni pada ketinggian 650 m dpl, 850 m dpl 1400 m dpl dan 1600 m dpl di Kabupaten Tana Toraja dan Toraja Utara, dan menguji molekuler terhadap galur-galur yang memiliki keunggulan karakter agronomi serta varietas pembandingnya untuk melihat apakah genetik galur memiliki pola pita DNA yang berasal dari tetua padi lokal yang toleran suhu rendah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah:

- a. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan galur-galur padi tipe baru terpilih yang memiliki karakter agronomi yang baik yang dapat mendukung peningkatan produksi, mendapatkan galur yang berproduksi tinggi dan berumur genjah serta stabil pada lingkungan dataran medium dan tinggi, serta memilih galur-galur yang memiliki genetik toleran suhu rendah sehingga dapat memenuhi persyaratan untuk dilepas menjadi padi varietas baru spesifik lingkungan cekaman suhu rendah yang diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pihak terkait (*Stakeholders*) yang berhubungan dengan pembangunan pertanian, terutama dalam mempertahankan swasembada pangan nasional, keseimbangan gizi masyarakat, dan dapat meningkatkan taraf ekonomi petani padi khususnya petani padi di daerah dataran menengah dan dataran tinggi.
- b. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi segi teori (akademik) yaitu sebagai sumber informasi di bidang ilmu pemuliaan tanaman khususnya padi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Taksonomi Tanaman Padi dan Sub-spesiesnya

Secara taksonomi, tanaman padi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Devisi : Tracheophyta
Kelas : Magnoliopsida
Super Ordo : Monocotyledons
Ordo : Poales
Famili : Poaceae
Spesies : *Oriza Sativa* L.

Sub Spesies : *Indica*, *Japonica*, dan *Javanica* (*Japonica tropis*) (ITIS, 2010).

Tanaman padi termasuk ke dalam golongan rumput-rumputan (*Poaceae*). Tanaman padi memiliki kromosom sebanyak 24 (Oktapriatna, 2017). Pengelompokan sub spesies tanaman padi pada umumnya terdiri atas sub spesies *Indica* dan *Japonica* yang tergantung pada pola penyebarannya.

Pola penyebaran sub spesies tanaman padi berbeda-beda di setiap wilayah. Padi subspecies *indica* paling banyak dibudidayakan di Indonesia dan Asia Tenggara, sedangkan padi sub spesies *japonica* merupakan tanaman temperate yang dominan dibudidayakan di Asia Timur, dataran tinggi Asia Tenggara, dan Asia Selatan (Gunarsih *et al.*, 2016). Beberapa studi menyatakan bahwa genotipe *japonica* memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap cekaman suhu dingin dibandingkan *indica* pada fase perkecambahan dan pertumbuhan (Lee, 2001; Mertz *et al.*, 2009). Genotipe dan fenotipe kedua subspecies tersebut sangat berbeda terutama pada bentuk butir, dimana bentuk butir subspecies *indica* cenderung panjang dan ramping, bentuk tanaman cere, dan rata-rata tidak memiliki bulu pada ujung bulir, sedangkan padi sub spesies *japonica* cenderung memiliki bentuk butir pendek dan bulat, bentuk tanaman tinggi, dan rata-rata memiliki bulu pada ujung butir (Matsuo *et al.*, 1997; Kohyama *et al.*, 2016).

2.2 Padi Lokal Toraja

Plasma nutfah berupa padi lokal memiliki potensi yang sangat besar untuk dijadikan sebagai sumber donor genetik pada kegiatan pemuliaan perakitan varietas unggul baru yang bermanfaat. Padi lokal secara alami memiliki ketahanan terhadap hama dan penyakit, tahan cekaman abiotik dan biotik, dan memiliki nilai mutu beras yang baik sehingga disenangi oleh banyak konsumen di tiap lokasi tumbuh dan berkembangnya. Sejauh ini Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi) telah mengoleksi plasma nutfah padi lokal yang terdiri atas 1.635 aksesori (BB Padi, 2010).

Di Provinsi Sulawesi Selatan terdapat dua Kabupaten yang berada pada ketinggian rata-rata 700 – 2000 m dpl yakni Kabupaten Tana Toraja dan Kabupaten Toraja Utara dengan beragam padi lokal yang masih banyak dipertahankan dibudidayakan oleh petani setempat karena memiliki keunggulan-keunggulan tertentu yang disenangi oleh masyarakat terutama pada segi kualitas seperti rasa dan aroma, harga jual yang tinggi, dan banyak digunakan pada kegiatan upacara adat tertentu di Toraja. Pada umumnya padi lokal tersebut yang banyak dibudidayakan oleh petani tergolong dalam subspecies Javanica dan Japonica yang terdiri atas padi aromatik, padi hitam, dan padi merah baik beras ketan maupun beras biasa (Suhardi *et al.*, 2013).

Padi lokal Toraja pada umumnya memiliki kelemahan pada segi umur yang lam dan relatif memiliki produktivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan padi varietas unggul. Sejauh ini, beberapa penelitian terkait pengkarakterisasian morfologis terhadap semua padi lokal telah berhasil dilakukan. Padi lokal Toraja pada umumnya memiliki postur yang tanaman yang tinggi, jumlah anakan rata-rata sedikit hingga sedang, memiliki bentuk daun panjang, rata-rata memiliki bulu pada ujung gabah, umur panen lama, ukuran malai panjang, posisi daun dan daun bendera miring (Juhariah *et al.*, 2013; Limbongan dan Djufry, 2013; Suhardi, 2014).

Padi lokal Toraja yang telah berhasil didaftarkan di Balai Perlindungan Varietas Tanaman (PVT) sebagai varietas lokal adalah sebanyak lima aksesori yaitu Pare Ambo, Pare Bau, Pare Kombong, Pare Lallodo dan Pare Lea. Kelima varietas lokal tersebut memiliki karakter agronomi yang cukup baik dan segudang keunggulan-keunggulan khusus yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakter agronomi dan kualitas lima padi varietas lokal Toraja

Karakter/Mutu	Pare Bau	Pare Kombong	Pare Lea	Pare Ambo	Pare Lallodo
Tinggi Tanaman	155.0	123.8	164.0	146.0	156.0
Jumlah Anakan	15.0	16.0	25.0	17.0	17.0
Jumlah Gabah/Malai	224.2	111.4	220.8	146.6	198.8
Panjang Malai	29.2	23.4	27.8	30.0	29.8
Bobot 1000 Biji	31.0	25.6	27.6	28.2	30.6
Produksi GKG (ton/ha)	5.6	5.3	6.2	4.8	6.2
Amilosa (%)	31.5	0.2	32.0	23.5	0.2
Protein (%)	6.9	7.0	6.9	11.1	10.6
Vitamin B (mg/kg)	1.0	1.0	19.1	1.4	1.0
Rasa	Enak	Sangat enak	Kurang enak	kurang enak	Enak
Aroma	Sangat wangi	Sangat wangi	Tidak wangi	Agak Wangi	Wangi
Harga Jual/Kg (Rp)	15.000	18.000	14.000	25.000	20.000

Sumber: Limbongan dan Djufry (2013)

2.3 Padi Tipe Baru

Padi tipe baru (PTB) pada dasarnya dirancang oleh IRRI pada tahun 1990 dengan tujuan untuk merakit padi unggul baru dengan tipe baru yang berbeda dengan padi lainnya. Tipe baru yang dirakit yaitu padi dengan karakteristik batang yang pendek dan kuat, jumlah anakan produktif 15-18, jumlah gabah isi per malai 200-250 biji, bobot 1000 biji di atas 25 gram, daun tegak dengan warna hijau tua, dan sistem perakaran yang banyak dan dalam sehingga mendukung produktivitas tanaman (IRRI, 1995). Menurut Abdullah (2009) pembentukan PTB di Indonesia diarahkan pada PTB dengan karakteristik batang kokoh dan pendek (80-100 cm), jumlah anakan sedang tapi semua produktif (12-18 batang), jumlah gabah per malai 150 – 200 biji, persentase gabah bernas 85 – 95%, bobot 1000 biji di atas 25 gram, umur tanaman genjah (110 – 120 hari), daun tegak, sempit, tanaman berbentuk V, warna hijau hingga hijau tua, 2 -3 daun terakhir tidak mudah luruh, akar banyak dan menyebar, mutu baik, tahan terhadap hama penyakit utama dan potensi hasil dapat mencapai 9 – 13 ton/ha GKG. Pada dasarnya PTB memiliki perbedaan dengan padi varietas unggul pada segi karakter agronomi jumlah anakan produktif PTB lebih sedikit tetapi semua produktif, memiliki malai yang panjang, jumlah gabah isi per malai di atas 200 biji dan bobot gabah per malai juga lebih tinggi dibandingkan dengan padi varietas unggul, hal ini adalah pembeda PTB dengan varietas unggul

nasional yang cenderung mengutamakan karakter jumlah anakan yang tinggi meskipun jumlah gabah isi per malai sedikit yakni rata-rata 110-120 biji saja (Sastro *et al.*, 2021).

Perakitan PTB pada umumnya dirakit menggunakan materi genetik berupa padi-padi yang berasal dari padi subspecies japonica dan javanica (Japonica tropis), karena padi subspecies tersebut memiliki batang yang kokoh, perakaran panjang dan banyak, malai panjang, jumlah gabah per malai tinggi, dan ukuran gabah cenderung besar yang sesuai dengan kriteria perakitan padi tipe baru, sehingga pada perakitan PTB banyak menggunakan padi-padi lokal subspecies javanica dari Indonesia (IRRI, 1995; Fagi, 2001; Abdullah *et al.*, 2001; Horrie, 2006). Berdasarkan hal tersebut maka di Indonesia sangat berpeluang merakit PTB yang lebih unggul dan mer mutu tinggi karena masih banyaknya plasma nutfah lokal yang tersedia.

Sejauh ini varietas PTB yang paling terkenal yang berhasil dilepas pemerintah yakni Fatmawati, Gilirang, Cimelati, IPB 3S, dan IPB 4S yang memiliki potensi hasil mencapai 9 ton/ha yang memiliki ciri khas batang kokoh dan malai lebat (Sastro *et al.*, 2021). Perakitan PTB memiliki peluang tinggi disilangkan dengan padi subspecies indica dengan tujuan perakitan padi varietas unggul baru tipe baru (VUTB), selain produksi tinggi dapat tahan terhadap hama dan penyakit, serta dapat memiliki mutu beras yang baik seperti memiliki rasa dan aroma yang khas turunan dari padi subspecies japonica sehingga dapat mendukung untuk dibudayakan di daerah-daerah sub optimal dan dapat mendukung perekonomian petani setempat serta dapat mendukung kemandirian pangan dalam negeri. Abdullah *et al* (2000) juga menambahkan bahwa perakitan PTB harus terus diupayakan dengan memanfaatkan padi lokal yang ada untuk melestarikan genetik yang tersedia.

2.4 Pemuliaan Padi Toleran Cekaman Suhu Rendah

Suhu rendah adalah kendala yang sering ditemui dalam budidaya padi di daerah beriklim sedang dan wilayah dataran tinggi. Suhu rendah secara langsung mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kerusakan tanaman padi akibat suhu rendah yang terjadi di daerah ketinggian atau pegunungan menghambat perkecambahan, pertumbuhan bibit menjadi lambat, vigor rendah, perubahan warna daun, menghambat perkembangan akar, anakan

terhambat, perkembangan malai buruk dan kemandulan spikelet, pengisian biji terhambat serta tidak teratur dan proses pematangan menjadi sangat lama (Kaw, 1985; Samejima *et al.*, 2020). Namun, suhu yang relatif rendah dapat digunakan untuk membesarkan bibit yang pendek tapi kuat.

Stres dingin mempengaruhi proses metabolisme dalam tanaman terutama pembentukan klorofil dan fluoresensi sehingga mengganggu proses fotosintesis pada padi (Jena *et al.*, 2010). Selain itu, peningkatan isi *reaktiive oxygen species* (ROS) dan *malondialdehyde* (MDA) akan menjadi tertumpuk selama stres dingin sehingga terjadi kerusakan oksidatif seluler pada tanaman yang berakibat proses metabolisme berlangsung tidak normal (Nagano, 1998; Xie *et al.*, 2016). Sehingga dengan demikian sangat penting dilakukan upaya pelestarian genetik tanaman yang toleran cekaman suhu rendah melalui program pemuliaan tanaman menggunakan tanaman toleran.

Selain berpengaruh terhadap awal pertumbuhan, suhu rendah juga berpengaruh terhadap pembentukan malai menjadi tidak normal dan penyerbukan tidak normal karena suhu rendah dapat menghambat pertumbuhan serbuk sari, karena terjadi pembengkakan serbuk sari, pembusukan serbuk sari, yang mengakibatkan proses penyerbukan tidak akan berlangsung. Apabila suhu rendah di bawah 20°C dapat menyebabkan proses penyerbukan menjadi buruk dan menurunkan produksi, suhu rendah dapat mengakibatkan penurunan hasil padi sebesar 50% (Basuchaudhuri, 2016).

Selama 20 tahun terakhir berbagai upaya telah dilakukan untuk merakit varietas padi yang toleran terhadap suhu dingin yang mampu bertahan pada kondisi tersebut dalam jangka waktu yang lama (Maruyama *et al.*, 1990). Varietas padi memiliki perbedaan genetik dalam toleransi suhu rendah, perbedaan tersebut adalah sebagai pembeda asal asul padi tersebut dan sebarannya. Toleransi suhu rendah dikendalikan oleh banyak genetik yang berbeda, akan tetapi mekanisme gen mengontrol toleransi dingin masih belum jelas, sehingga pada kegiatan teknik pemuliaan tanaman spesifik lingkungan suhu rendah sangat diharapkan meskipun untuk mengetahui toleransi dingin pada tanaman sangat sulit dan memerlukan waktu yang lama (Basuchaudhuri, 2016).

Wilayah Indonesia memiliki beragam topografi yang terdiri dari dataran tinggi, dataran menengah, dan daerah pesisir pantai, dengan kondisi tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena

adanya perbedaan kondisi lingkungan yang berbeda membuat kondisi menjadi tidak optimal yang diinginkan oleh beberapa tanaman yang tidak memiliki daya adaptasi yang baik, oleh sebab itu pentingnya perakitan varietas baru dengan menggunakan genetik yang telah beradaptasi baik pada lingkungan spesifik (Silitonga, 2017). Di Indonesia proses perakitan varietas unggul baru toleran lingkungan spesifik tergolong masih jarang dilakukan, terbukti sampai pada saat ini hanya rata-rata padi lokal spesifik saja yang mampu beradaptasi baik pada lingkungan dataran tinggi seperti Sigambir putih, Sigambir merah, Mayas, dan Selasih (Sitaresmi *et al.*, 2015), dan beberapa kultivar padi lokal Toraja yang mampu beradaptasi di atas ketinggian rata-rata 700 – 2000 m dpl atau toleran suhu rendah tetapi memiliki produksi yang rendah dan berumur dalam (Limbongan, 2008). Sampai saat ini program pemuliaan padi untuk dataran tinggi menggunakan kriteria seleksi yang sama telah dilakukan sejak tahun 1968, dari kegiatan tersebut telah dilepas varietas Adil, Makmur, Gemar, Batang Agam, dan Batang Ombilin. Varietas-varietas tersebut tidak berkembang luas di masyarakat karena tidak tahan hama wereng batang cokelat (BPH) dan tektur nasinya pera.

Saito *et al.*, (2001) melaporkan bahwa padi Silewah, Lambayque 1 dan Padi Lobou Alumbis telah digunakan dalam program pemuliaan padi japonica untuk wilayah temperate dan memiliki toleransi suhu rendah. IRRI bekerja sama dengan South Korea's Rural Development Administration telah menghasilkan galur toleran suhu rendah, yaitu IR66160-121-4-4-2 (Jena *et al.* 2010). Galur tersebut berasal dari persilangan varietas Jimbrug asal Indonesia (japonica tropis) dengan varietas Shen-Nung89- 366 asal China Utara (temperate) (IRRI, 1986). Pada tahun 1974-1977, IRRI juga telah menyeleksi genotipe toleran suhu dingin, dari 17.680 aksesori koleksi bank plasma nutfah. Satake dan Toriyama (1979) telah menguji sifat toleransi terhadap suhu rendah pada fase bunting dan menunjukkan padi japonica tropis Silewah dan Labou Alumbis toleran suhu rendah. Varietas tersebut diintrogresikan ke dalam galur-galur elit hasil pemuliaan asal Jepang dengan teknik silang balik, sehingga diperoleh varietas Norin-PL8 dan Hokkai-PL9 yang toleran suhu dingin.

Program perakitan varietas padi untuk dataran tinggi harus diawali dengan pembentukan populasi dasar dan menghasilkan beberapa galur. Program pemuliaan menggunakan metode persilangan adalah metode yang paling cocok digunakan untuk memperoleh keragaman genetik yang digunakan sebagai dasar dalam pemilihan galur yang toleran dan unggul (Zhen, 2013).

Menurut Gunarsih *et al* (2011) dan Subantoro *et al* (2008) pembentukan padi varietas unggul spesifik dataran tinggi harus menggunakan padi lokal setempat yang telah spesifik terutama padi lokal subspecies japonica maupun japonica tropis (Javanica) sebagai tetuanya yang dijadikan sebagai donor genetik pada kegiatan pemuliaan, salah satunya melakukan persilangan dengan varietas unggul yang memproduksi tinggi dan umur genjah dari subspecies indica. Pemuliaan padi dataran tinggi harus terus diupayakan dengan harapan menghasilkan varietas unggul yang adaptif dataran tinggi serta memiliki produktivitas tinggi dan beras yang bermutu atau berkualitas.

2.5 Stabilitas Hasil

Umumnya dalam meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil padi di seluruh dunia adalah melalui pengembangan varietas unggul, baik dalam bentuk padi varietas unggul baru, padi unggul tipe baru, dan maupun padi hibrida yang banyak dilakukan pemulia tanaman. Selain peningkatan kualitas dan kuantitas padi, faktor penting lainnya yang tidak kalah penting yaitu ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik (Rahmawati dan Gemaputri, 2017). Cekaman abiotik sulit diprediksi dan dikendalikan berbeda dengan cekaman biotik, sehingga para pemulia berlomba-lomba merakit tanaman yang toleran terhadap cekaman abiotik sesuai dengan kondisi agroklimat yang ada di wilayah sebaran tanaman padi yang ditujukan.

Salah satu persyaratan utama dalam proses perakitan varietas unggul baru yaitu galur-galur hasil pemuliaan perlu diuji adaptasikan sebelum menjadi didaftarkan menjadi varietas unggul baru. Uji adaptasi merupakan kegiatan uji lapangan terhadap tanaman di beberapa agroekologi bagi tanaman semusim maupun dua musim yang berbeda, dengan tujuan mengetahui keunggulan dari calon varietas yang akan dilepas sebagai padi unggul baru (Sugita *et al.*, 2018). Selain musim tertentu, stabilitas ekspresi ketahanan terhadap cekaman biotik juga penting diuji karena untuk mengetahui kemampuan tanaman dalam mencapai hasil yang berkelanjutan di berbagai lingkungan (Dessie *et al.*, 2020).

Untuk mempelajari interaksi genetik dengan lingkungan ($G \times E$) untuk menilai genotipe yang memiliki sifat stabil dengan perlakuan stres biotik atau memiliki toleransi khusus pada kondisi lingkungan tertentu pada pengujian lingkungan yang beragam (Yan *et al.*, 2010). Analisis stabilitas hasil dapat

dilakukan dengan beberapa metode yakni metode Kang (1993), metode Finlay dan Wilkinson (1963), metode Eberhart dan Russel (1966), Model AMMI dan biplotnya, dan GGE. Kelima metode pendekatan stabilitas tersebut metode Eberhart dan Russel (1966) dan metode AMMI adalah metode yang paling banyak digunakan utamanya pada pengujian multilokasi awal (Gauch, 2006).

Metode Eberhart dan Russel (1966) adalah salah satu pendekatan yang paling umum digunakan untuk melakukan analisis stabilitas hasil atau evaluasi hasil tanaman hasil pemuliaan maupun budidaya pada berbagai lingkungan maupun kondisi lingkungan melalui nilai regresi. Analisis stabilitas Eberhart dan Russell (1966) menggunakan parameter koefisien regresi (b_i) dan simpangan regresi (S^2_{di}) untuk menentukan stabilitas suatu genotipe, sedangkan metode Kang (1993) adalah pendekatan menggunakan perbandingan nilai indeks produksi dengan rata-rata total indeks (Mattjik dan Sumertajaya, 2013).

Metode analisis stabilitas yang dapat menggambarkan interaksi genotipe \times lingkungan (GEI) yang paling banyak digunakan adalah metode AMMI. Model AMMI diperkenalkan oleh Gauch (2006) sebagai suatu metode parameter atau analisis untuk tujuan penelitian evaluasi atau adaptibilitas. AMMI yaitu metode yang sering digunakan karena pasangan aditif klasik utama efek ke nilai interaksi $G \times E$ yang membantu memudahkan prosedur pemilihan dan lebih efektif dalam memilih genotipe stabil berdasarkan sektor (Crossa *et al.*, 1990; Suwanto dan Nasurullah, 2011; Yan dan Kang, 2003 ; Parihar *et al.*, 2015).

2.6 Analisis Molekuler Padi Toleran Suhu Rendah

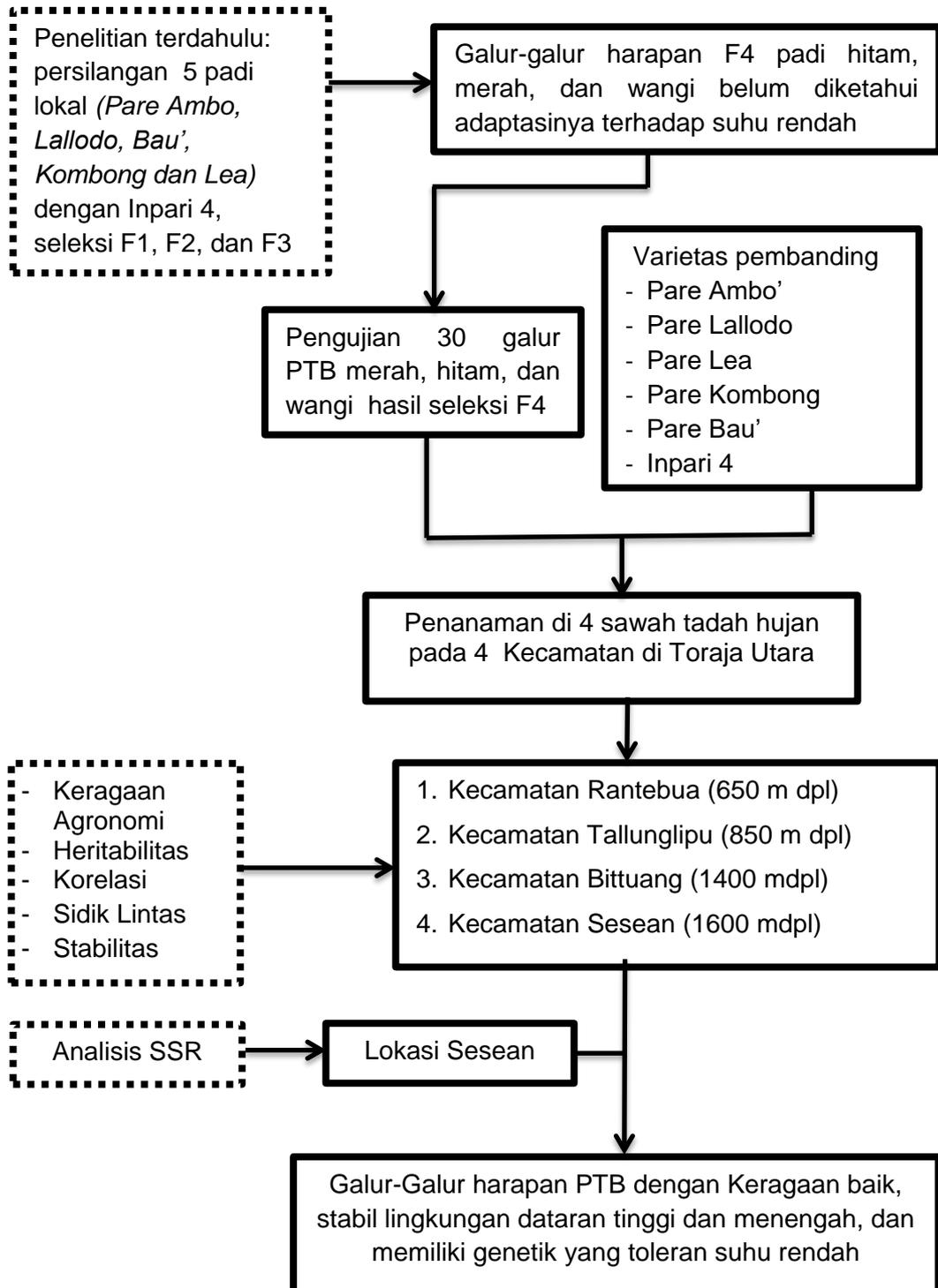
Tahapan pemuliaan padi setelah dilakukan pembentukan populasi melalui program persilangan atau pemuliaan lainnya untuk mendapatkan populasi keragaman genetik yang berupa galur hasil pemuliaan. Galur tersebut akan diseleksi karakter-karakter agronomisnya sesuai dengan tujuan atau arah penelitian. Pada kegiatan seleksi yang dilakukan terhadap karakter di lapangan, sangat penting diuji genetik untuk mengetahui gen/lokus karakter target sehingga gen pengendali sifat yang dapat diketahui apakah sudah sejalan dengan tujuan atau belum (Hisah, 2017). Sehingga dengan adanya analisis molekuler maka dapat memberikan jaminan genetik sesuai dengan tujuan penelitian yang dilakukan. Selain mengetahui kedekatan genetik, analisis SSR memiliki peranan yang sangat besar pada kegiatan seleksi tanaman hasil pemuliaan karena

sangat membantu dan mempercepat proses seleksi karena dapat memperkecil populasi sehingga tanaman terpilih adalah hanya tanaman diinginkan pemulia sehingga luaran penelitian benar-benar sesuai dan searah.

Pengembangan penanda molekuler semakin berkembang di dunia penelitian, salah satunya di bidang penelitian molekuler khususnya di dunia pertanian. Penanda molekuler yang banyak digunakan dalam pertanian salah satunya *Simple Sequence Repeats* (SSR). Marka SSR memiliki beberapa keunggulan, diantaranya memiliki tingkat polimorfisme tinggi sehingga banyak digunakan di bidang pemuliaan tanaman untuk seleksi yang dibantu penanda yang efektif untuk mencari atau memilih dengan tujuan perbaikan produksi, perbaikan pertumbuhan, pencarian tanaman dengan toleransi terhadap cekaman biotik maupun abiotik (Mulsanti *et al.*, 2013). Penanda molekuler dapat digunakan dalam memilih kultivar yang toleran suhu dingin. Toleransi dingin terkait QTL telah diidentifikasi dalam 20 tahun terakhir, karena pentingnya metode mengetahui tanaman yang memiliki resistensi terhadap stress abiotik di tengah perubahan iklim yang tidak menentu. Kemajuan dalam identifikasi QTL terkait toleransi dingin telah perkembangan secara signifikan untuk memfasilitasi molekul *marker-assisted selection* (MAS).

Marka *Simple Sequence Repeats* (SSR) memiliki potensi untuk dijadikan sebagai dasar untuk mengetahui tingkat kemiripan genom antar tanaman karena SSR memiliki tingkat polimorfisme tinggi, bersifat kodominan, serta tingkat keakuratan yang tinggi dan terdapat berlimpah pada genom (Alukdar *et al.* 2017). Pemanfaatan marka SSR dalam bidang pertanian sudah cukup banyak dilakukan terutama seperti padi yakni dengan tujuan proses identifikasi, karakterisasi keragaman, dan maupun seleksi galur hasil pemuliaan dengan tujuan tertentu (Tasliyah *et al.*, 2021). Pada saat ini terdapat marker yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tanaman-tanaman yang toleran terhadap cekaman biotik maupun abiotik SSR pengendali sifat toleran lingkungan stress dingin (Zhou-fei *et al.*, 2009; Dixit *et al.*, 2020; Biswas *et al.*, 2019), yakni diantaranya pengujian SSR untuk toleransi galur padi gogo terhadap cekaman aluminium (Galih *et al.*, 2017), pemanfaatan marka SSR dalam kegiatan seleksi galur harapan tahan terhadap hama wereng cokelat (Carsono *et al.*, 2020). Analisis SSR tersebut sangat membantu pemulia dalam memilih galur atau tanaman yang searah dengan penelitian yang dilakukan yang berdasarkan pada nilai kemiripan DNA yang diperoleh dari hasil analisis kesesuaian SSR.

2.7 Kerangka Pikir



Gambar 1. Skema Kerangka pikir penelitian

2.8 Hipotesis

- a. Terdapat galur-galur harapan F4 padi tipe baru yang berproduksi tinggi dan berumur genjah pada lokasi dataran menengah dan dataran tinggi.
- b. Terdapat Karakter agronomi yang mendukung produktivitas tinggi galur-galur harapan F4 padi tipe baru pada lokasi dataran menengah dan dataran tinggi.
- c. Terdapat beberapa galur-galur harapan F4 padi tipe baru yang stabil pada lokasi dataran menengah dan dataran tinggi.
- d. Terdapat beberapa galur harapan F4 padi tipe baru yang spesifik pada dataran menengah atau dataran tinggi.
- f. Terdapat beberapa galur harapan F4 padi tipe baru yang memiliki pola pita DNA yang berasal dari tetua lokal yang toleran suhu rendah.