

Seleksi Genotipe Gandum Tropis Toleran Suhu Tinggi Menggunakan Marka SSR

Selection of High Temperature Tolerant of Tropical Wheat Genotype Using SSR markers

Muhammad Kadir¹⁾, Kaimuddin²⁾, Yunus Musa²⁾, Muhammad Farid²⁾, Karlina Syahrudin³⁾, Amin Nur³⁾

¹Program Studi Ilmu Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Makassar 90245

²Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Makassar 90245

³Balai Penelitian Tanaman Serealia, Jl. Jenderal Sudirman, Maros 90515
E-mail : muhammadkdr@gmail.com

Abstract

High temperature stresses is a challenge for developing the wheat in tropical environments and affect each stage of plant development. Therefore, early detection of yield characteristics using high-temperature linked markers is necessary in order to produce adaptive varieties in tropical environments. The purpose of this study was to detect differences in the formation of band patterns from tropical wheat populations from field selection using SSR markers for heat tolerant. This experiment used 10 selected genotypes and tested with 10 SSR markers for heat tolerant. The results showed that from 10 SSR primers only 2 primers showed a difference in band size, namely on the XGWM285 and XBARC197 primers which were formed only in OHP12a1-1-9 genotypes.

Keywords : Tropical wheat, Simple sequence repeat (SSR) marker, heat tolerant, Genotypes

I. PENDAHULUAN

Cekaman suhu tinggi merupakan tantangan dalam pengembangan gandum di lingkungan tropis seperti Indonesia dan mempengaruhi setiap tahapan perkembangan tanaman.. Menurunnya hasil produksi gandum disebabkan ekspresi gen untuk karakter hasil dan komponen hasil terhambat oleh suhu yang tidak sesuai. Stress panas yang melebihi ambang toleransi merupakan penyebab menurunnya produksi hasil tanaman (Hall, 2001). Pengaruh stress panas pada gandum mempengaruhi lintasan metabolic pada setiap tahap siklus hidup tanaman gandum yang menyebabkan penurunan hasil (Hays et al 2007). Oleh karena itu pendeteksian sedini mungkin karakter hasil dengan menggunakan marka terpaut suhu panas sangat diperlukan dalam rangka menghasilkan varietas yang adaptif dilingkungan tropis yang panas (Kumar S et al. 2012).

Salah satu tujuan utama pemuliaan gandum adalah untuk menentukan daerah genom spesifik yang mengontrol karakter agronomi (Brbaklic L et al. 2013). Banyak penelitian yang menggunakan populasi spesifik untuk menganalisis dan menemukan QTL yang bertanggungjawab terhadap ekspresi gen komponen hasil. Pendekatan deteksi QTL dengan analisis asosiasi menunjukkan resolusi hasil yang lebih tinggi dari pemetaan QTL (Rehman Arif et al. 2012). Mendeteksi QTL yang stabil dan asosiasi karakter marka dapat mempercepat proses seleksi dalam rangka menghasilkan varietas berdaya hasil tinggi (Neuman et al. 2011).

Marka SSR banyak digunakan dalam pendeteksian toleransi suhu panas pada gandum (Fokar 1998; Yamin 2014). Karakter yang berhubungan dengan suhu panas adalah karakter hasil (hasil plot, berat 1000 biji, waktu mengisi biji

dan jumlah anakan efektif per tanaman) (Natawijaya 2012), karakter morfologi (early ground cover, stay green, Epicuticular wax, penggulungan daun dan biomassa), karakter fisiologi (suhu kanopi, tingkat fotosintesis, kandungan klorofil, konduktansi stomata, stem reserve dan termostabilitas membrane) (Kumar S *et al.* 2013). Untuk itu penggunaan marka SSR berkenaan karakter tersebut akan sangat membantu dalam menskrining tanaman gandum yang adaptif lingkungan tropis. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa marka SSR XGWM, XBARC dan XGDM banyak dikonstruksi dalam rangka mendeteksi sifat toleransi suhu panas pada gandum yang bersifat kuantitatif (Esten and Hays. 2005). Variasi alel dari marka tersebut dapat dijadikan acuan untuk mengetahui bagaimana interaksi dari alel-alel tersebut terhadap pertumbuhan agronomi gandum.

Alel mining merupakan salah satu target dalam pemuliaan berbasis markah dengan menemukan alel-alel yang memiliki hubungan yang erat dengan suatu karakter tertentu. Banyak penelitian yang menggunakan populasi spesifik untuk menganalisis dan menemukan QTL-QTL yang bertanggungjawab untuk ekspresi gen pada karakter komponen hasil. Pendekatan baru untuk deteksi QTL adalah dengan analisis asosiasi yang menunjukkan resolusi yang lebih tinggi daripada pemetaan QTL (Brbsklic L *et al.* 2013). Untuk menemukan alel yang memiliki keterkaitan dengan karakter tersebut perlu dilakukan pengujian lapang yang dapat memunculkan pengaruh genetik dari tanaman. Tanaman yang membawa alel-alel spesifik diuji dilapang untuk melihat bagaimana pengaruh genetiknya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Interaksi antar alel juga mungkin dapat dilihat pada tanaman nantinya dengan memisahkan

genotipe-genotipe yang membawa kombinasi alel-alel yang unik. Harapannya dengan menggunakan primer spesifik untuk karakter tertentu yang diketahui pola pita alelnya dapat dijadikan deteksi awal untuk memprediksi akan seperti apa perkembangan tanaman dilapangan tanpa harus menanamnya dilapang dengan kondisi cekaman tertentu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi perbedaan pembentukan pola pita dari populasi gandum tropis hasil seleksi lapang menggunakan marka SSR yang terpaut toleran suhu tinggi.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan paparan dari percobaan kedua dimana percobaan pertama adalah pengujian penanaman galur gandum pada kondisi suhu tinggi yang dilaksanakan di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros, Sulawesi Selatan pada bulan Mei – Agustus 2017 dan pengujian molekuler dilaksanakan di laboratorium Bioteknologi Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin (UNHAS), Makassar, Sulawesi Selatan, pada bulan Januari sampai Mei 2018. Materi yang digunakan pada percobaan pertama adalah 20 genotipe gandum tropis hasil persilangan Oasis dan HP1744 (Nur *et al.* 2015) dan gandum introduksi dengan 2 pembanding (Guri 3 dan Guri 5) menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 3 ulangan. Percobaan kedua adalah percobaan laboratorium menggunakan 12 genotipe gandum, 10 genotipe terpilih yang memiliki karakter yang lebih baik dari pembanding di percobaan pertama dan dengan 2 pembanding (Guri 5 dan Guri 6). Pengamatan lapangan dilakukan pada karakter umur berbunga (UB), umur panen (UP), tinggi tanaman (TT), panjang malai (PM), jumlah biji per malai (JBM) dan jumlah spikelet (JSP).

TABEL 1. PRIMER SSR, KROMOSOM ASAL, DAN SEKUEN BASA, SUHU ANNEALING, MOTIF BASA, UKURAN BASA DAN KARAKTER UNTUK MENGEVALUASI KERAGAMAN GENETIK POPULASI GANDUM TROPIS. LABORATORIUM, UNIVERSITAS HASANUDDIN, 2018.

No	Primer	Kromo som	Urutan Basa	Suhu Annealling	Motif	Ukuran Basa (bp)	Karakter
1	Xbarc 13	2B	5' GCA GGA ACA ACC ACG CCA TCT TAC 3'	52	(TTC) ₅₊₃ +2	142	Waktu berbunga
			5' GCG TCG CAA TTT GAA GAA AAT CAT C 3'				
2	Xbarc8 4	3B	5' CGC ATA ACC GTT GGG AAG ACA TCT G 3' 5' GGT GCA ACT AGA ACG TAC TTC CAG TC 3'	58	(ATG) ₈	110	Indeks toleran suhu

3	Xbarc2 17	4D	5' GCG TTG TGT TGA AGG CTG AGC ATC CA 3'	52	(CT)12	95	Waktu berbunga
			5' GCG GAG TAG CCT AAC GGC GGT GGA GGA AAC 3'				
4	Xbarc1 97	3A	5' CGC ATG GTC AGT TTT CTT TTA ATC CT 3'	50 (45 dtk)	(TAA)15	176	Indeks toleran suhu
			5' GCG CTC TCC TTC ATT TAT GGT TTG TTG 3'				
5	Xgwm 285	3B	5' ATG ACC CTT CTG CCA AAC AC 3'	60 (1 mnt)	(GA)27	227 (Altar)	Indeks toleran suhu
			5' ATC GAC CGG GAT CTA GCC 3'			222 (opata)	
6	Xbarc1 044	3A	5' GCG TAT GTA TGT CTA TTT TCC TAT CT 3'	55	(TATC)9	130	Waktu keluar malai
			5' CCC AAT TTT GCT AAG TTC ACT 3'				
7	Xgwm 666.2	3A	5' GCA CCC ACA TCT TCG ACC 3'	60 (1 mnt)	(CA)13	114	Waktu keluar malai
			5' TGC TGC TGG TCT CTG TGC 3'				
8	Xgwm 635	7A	5' TTC CTC ACT GTA AGG GCG TT 3'	60 (1 mnt)	(CA)10(G A)14	109 and 99 (Opata M85)	Waktu keluar malai
			5' CAG CCT TAG CCT TGG CG 3'			93 (Altar 84/Ae)	
9	Xgdm1 25	4D	5' GCA GGC GTG TTA CTC CAA GT 3'	60	(CA)29	222.24	Waktu antesis
			5' CCG AGG TGG ATA GGA GGA AA 3'				
10	Xgwm 156	3B	5' CCA ACC GTG CTA TTA GTC ATT C 3'	60 (1 mnt)	(GT)14	300 (Opata M85)	Stabilitas suhu membrane
			5' CAA TGC AGG CCC TCC TAA C 3'			279 (Altar 84/Ae)	

Data pengamatan lapangan yang terkumpul selanjutnya ditabulasi dan dianalisis dengan anova berdasarkan rancangan acak kelompok menggunakan program STAR versi 2.0.1. Jika hasil anova memperlihatkan pengaruh yang sangat nyata/nyata, kemudian dilanjutkan dengan uji lanjut beda nyata terkecil (HSD 0.05).

Pengujian molekuler menggunakan marka hasil penelitian 9 primer marka SSR yang terdiri atas, empat primer Gatersleben wheat (Xgwm) microsatellites (Xgwm), satu primer Gatersleben DGenome microsatellite (Xgdm) dan empat primer Beltsville Agricultural Research Center (Xbarc) (Tabel 1). Ekstraksi DNA, amplifikasi, elektroforesis dan visualisasi gel merunut pada prosedur yang dikembangkan oleh George *et al* (2004). Primer yang digunakan berasal dari Sigma. Elektroforesis menggunakan alat Dual Mini-Verticals Complete System MGV-202-33 dengan poliakrilamid 8%. Ukuran pita diidentifikasi menggunakan hyperladder DNA 100bp-bioline. Hasil analisis molekuler diamati dengan melihat adanya pola pita polimorfis dan ukuran basa yang dibentuk oleh primer pada setiap genotipe dengan membandingkan dengan DNA ladder.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji anova menunjukkan bahwa genotipe berpengaruh nyata pada parameter pengamatan umur berbunga, tinggi tanaman, panjang malai dan jumlah biji per malai, sedangkan pada karakter umur panen dan jumlah spikelet tidak berbeda nyata (Tabel 2). Umur panen pada gandum ditentukan dengan mengeringnya dan melengkungnya malai. Karakter ini kadang sulit diamati jika saat panen jatuh pada musim hujan karena semua benih yang terbentuk akan cepat berkecambah dimalai, oleh karena itu karakter ini akan tampak jelas di musim kemarau/musim kering. karakter jumlah spikelet adalah jumlah rangkaian bunga pada gandum, dan biasanya berkorelasi dengan panjang malai dan kerapatan spikelet pada malai (Wardani 2014)

TABEL 2. KUADRAT TENGAH DAN ANOVA KARAKTER PENGAMATAN BERBUNGA DAN KOMPONEN HASIL GANDUM.

Karakter	Kuadrat Tengah			KK	Rata-rata
	Ulangan	Genotipe	Galat		
Umur Berbunga (UB)	119.816 7	388.9289* *	58.992 1	11.5 8	66.3 2
Umur Panen (UP)	168.516 7	118.6702	63.972 8	8.38	95.4 3
Tinggi Tanaman (TT)	7.7857	82.1179**	21.163 7	9.22	49.9 1

Muhammad Kadir, Kaimuddin, Yunus Musa, Muhammad Farid, Karlina Syahrudin, Amin Nur.
Seleksi Genotipe Gandum Tropis Toleran Suhu Tinggi Menggunakan Marka SSR

Panjang Malai (PM)	0.1513	0.7922**	0.3491	9.84	6.01
Jumlah Biji Per Malai (JBM)	0.1088	0.3560**	0.0593	32.98	0.7382
Jumlah Spikelet (JSP)	8.0595	5.3134	5.0114	23.19	9.66

Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa karakter umur berbunga dan tinggi tanaman dominan berbeda nyata dengan pembanding Guri 3 dan Guri 5. Umur berbunga semua gandum hasil persilangan Oasis dan HP (O/HP) cenderung lebih

cepat berbunga dibanding kedua pembanding. Tinggi tanaman pada semua genotipe uji lebih rendah dari pembanding Guri-5. Panjang malai yang lebih pendek ditunjukkan oleh genotipe PFAU/MILAN3/, KIRITATI/4/2* dan O/HP78, sedangkan pada karakter Jumlah biji permalai genotipe yang dapat membentuk biji adalah hanya pada genotipe FUNDACEP 30 dan WBL*2 KURUKU.

Tabel 3. Rerata hasil uji lanjut parameter pengamatan genotipe gandum tropis

Nama genotipe	UB	TT	PM	JBM
FUNDACEP 30	67.33	56.25	6.82	1.67 ab
FILIN/2*PASTOR//	72	52.63 b	6.16	0.44
QUAIU	78.67	45.61 b	6.21	0.81
WBL*2 KURUKU	56.67 a	49.91 b	5.8	1.32 a
PRL/2* PASTOR	77.67	45.59 b	6.32	0.81
PFAU/MILAN/3/	76.67	48.31 b	5.35 b	0.22
KIRITATI/4/2*..	72.67	52.09 b	5.2 b	0.66
TRCH*2/3/C.80.I/3*...	60 a	56.21	5.63	0.6
SAAR/2/*WAXW..	92	46.48 b	6.22	0.22
O/HP-82-A-15-1-4	57.33a	48.43 b	5.76	0.46
O/HP-12-A1-1-9	64 a	47.34 b	5.81	0.99
O/HP-78-A22-3-7	58 a	44.82 b	5.49 b	0.67
O/HP-6-A-8-2-10	56.67 a	49.07 b	5.89	0.99
O/HP-22-A27-1-10	61 a	45.58 b	6.12	0.68
O/HP-93-A1-1-3	57.67 a	47.64 b	5.62	0.57
O/HP-12-A5-4-5	59.67 a	48.07 b	6.61	0.66
O/HP-78-A2-%-2	51 a	52.22 b	5.82	0.71
O/HP-82-A15-2-3	59 a	46.62 b	6.12	1.04
Guri-3 (a)	88.33	48.21	5.82	0.5
Guri-5 (b)	60	67.08	7.38	0.72
Rata-rata	66.32	49.91	6.01	0.7382
HSD	23.8393	14.2788	1.8339	0.7555

Keterangan: nilai rata-rata yang diikuti simbol huruf pembanding pada satu kolom berbeda nyata

Hasil percobaan 1, kemudian diseleksi untuk dilanjutkan pada percobaan molekuler dengan pertimbangan genotipe terpilih memiliki karakter yang berbeda secara signifikan dengan pembanding berdasarkan karakter pengamatan pada percobaan 1 dan primer yang digunakan berhubungan dengan toleransi terhadap suhu tinggi. Genotipe-genotipe terpilih sebagian besar dari hasil persilangan Oasis dan HP 1744 dan beberapa dari tanaman gandum introduksi. Hal ini dilakukan dengan harapan agar

setiap individu menunjukkan perbedaan genotipe dengan perbedaan ukuran basa sehingga menimbulkan keragaman (Nur *et al* 2017).

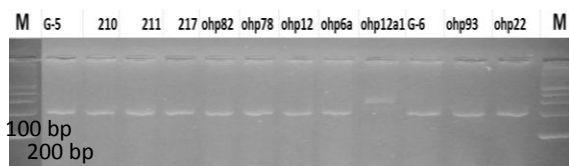
Hasil uji molekuler menggunakan 9 marka SSR yang berhubungan dengan karakter pembungaan dan komponen hasil menunjukkan bahwa hanya pada primer XGWM 285 dan XBARC 197 terdapat perbedaan pembentukan ukuran basa pita dan adanya pita yang tidak muncul pada aksesori, sedangkan pada primer uji yang lain pola pita yang dihasilkan monomorfis. Pada primer XGWM 285

terdapat perbedaan pembentukan ukuran pita pada OHP12a1-1-9, dimana ukuran pita lebih besar dari ukuran pita yang dibentuk oleh aksesori yang lain. Perbedaan pembentukan pita yang lebih besar menunjukkan adanya mutasi yang mungkin bersifat duplikasi atau insersi pada urutan basa tersebut (Sourdille *et al* 2004)). Perbedaan ukuran basa akan menunjukkan perbedaan pembentukan protein pada tanaman yang berakibat pada perbedaan karakter tanaman. Primer Xgwm285 merupakan primer yang berhubungan dengan karakter indeks toleran suhu pada tanaman gandum dengan pembentukan ukuran basa yang berbeda antara tanaman sensitive dan toleran.

Alel yang terbentuk pada primer Xbarc197 juga berhubungan dengan karakter indeks toleran suhu dengan ukuran basa yang terbentuk >150bp dan tidak terbentuk pita pada genotipe OHP12a1-1-9 (Gambar 1). Pada Tabel 1 terlihat bahwa ukuran basa yang seharusnya terbentuk adalah 176 bp. Namun pada OHP12a1-1-9 pita ini tidak terbentuk, sehingga ada protein yang tidak terbentuk. Terbentuk atau tidaknya pita pada penelitian ini, belum bisa menjelaskan bagaimana hubungan antar pita yang terbentuk dengan karakter tersebut, karena masih terbatasnya karakter pengamatan. Oleh karena itu sangat penting untuk mengkaji lebih dalam hubungan pembentukan ukuran basa yang berbeda (Polimorfisme) dan tidak munculnya pita pada genotipe OHP12a1-1-9.

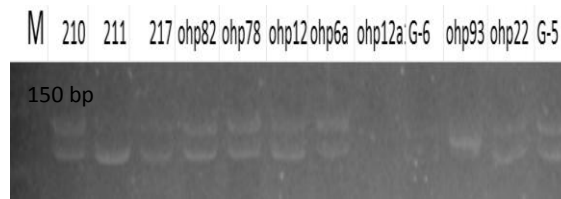
Perbedaan setiap individu tanaman pada tingkat fenotipe dengan menggunakan pembandingan terkadang menunjukkan selisih pengukuran yang besar ataupun kecil. Besar dan kecilnya perbedaan tersebut pada gandum sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan interaksinya dengan lingkungan (Nur *et al* 2017) yang lazim disebut sebagai daya adaptasi tanaman. Namun tanaman dengan penampilan dan hasil yang sama (fenotipe) secara statistik belum tentu memiliki genotipe yang sama, begitu pula sebaliknya.

XGWM 285



Keterangan : 210 : PRL/2* PASTOR, 211 : PFAU/MILAN/3/, 217 : TRCH*2/3/C.80.I/3*

XBARC 197



Keterangan : 210 : PRL/2* PASTOR, 211 : PFAU/MILAN/3/, 217 : TRCH*2/3/C.80.I/3*

Gambar 1. Pola pita yang terbentuk pada primer Xgwm285 dan Xbarc197 yang menunjukkan pita polimorfis dan pita yang tidak terbentuk pada genotipe OHP12A1-1-9

IV. KESIMPULAN

Deteksi alel spesifik pada populasi gandum tropis hasil seleksi lapangan pada kondisi cekaman suhu tinggi menunjukkan adanya pembentukan pola pita spesifik pada genotipe OHP12a-1-9 pada primer XGWM285 dan tidak terbentuk pita pada primer XBARC197.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brbaklic L., Dragana Trkulja, Ankica kondic-spika, sanja treskic and Borislav kobiljski. 2013. Detection of QTLs for important agronomical traits in hexaploid wheat using association analysis. Czech J. Genetb. Plant breed (49) :1-8.
- [2] Esten M, Hays D. 2005. QTL mapping heat tolerance during reproductive development in wheat (*Triticum aestivum*). In: Poster 38-temperature responses. American society of plant biology. Rockville, MD, Abs 160.
- [3] George M.L.C., Regalado E., Li W, Cao M., Dahlan M., Pabendon M B., Wartubon, Xianchun X., and Hoisington D. 2004. Molecular characterization of asian maize inbred lines by multiple laboratories. Theor. Appl. Genet. 109:80-91.
- [4] Hays D, Mason E, Hwa Do J, Menz M, Reynolds M. 2007. Expression quantitative trait loci mapping heat tolerance during reproductive development in wheat (*T. aestivum*). In: Buck HT, Nisi JE, Salomon N (eds) *Wheat production in stressed environments*. Springer, Amsterdam, pp 373-382.
- [5] Hall, A.E., 2001. Crop responses to environment. CRC Press LLC, Boca Raton. Florida.

- [6] Kumar S, Singh R, Grover M, Singh AK. 2012. Terminal heat an emerging problem for wheat production. *Biotechnol today* 2(2):7-9.
- [7] Kumar S, Prerna Kumari, Uttam Kumar, Monendra Grover, Amit Kumar Singh, Rakesh Singh, R. S. Sengar. 2013. Molecular approaches for designing heat tolerant wheat. *J. Plant Biochem. Biotechnol.*
- [8] Natawijaya, A. 2012. Analisis genetik dan seleksi generasi awal segregan gandum (*Triticum aestivum* L.) berdaya hasil tinggi. [Thesis]. Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor.
- [9] Neumann K., Kobiljski B., Dencic S., Varshney R.K., Borner A. 2011. Genome wide association mapping a case study in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Molecular breeding*, 27:37-58.
- [10] Nur A, Syahrudin K, Pabendon MB. 2017. Keragaman Genetik Gandum (*Triticum aestivum* L) Hasil Persilangan Konvergen. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, Vol (1) : 2
- [11] Nur, A., K. Syahrudin, dan M.J. Mejaya. 2015. Perbaikan genetik gandum tropis toleran suhu tinggi dan permasalahan pengembangannya pada daerah dataran rendah. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 34(1):19-30.
- [12] Nur,A., K Syahrudin, M Azrai, M Farid. 2017. Genetic by environment interactions and stability of tropical wheat lines in Indonesian medium-plains. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol 157 :1. p012049. IOP Publishing.
- [13] Pabendon, M.B., M.J. Mejaya, J. Koswara, dan Aswidinnoor H. 2007. Analisis keragaman genetik inbrida jagung berdasarkan marka SSR dan korelasinya dengan data fenotipik F1 hasil silang uji. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26:6977.
- [14] Rehman Arif M.A., Nagel M., Neumann K., Kobiljski b., Lohwasser U., Borner A. 2012. Genetic studies of seed longevity in hexaploid wheat using segregation and association mapping approaches. *Euphytica*, 186: 1-13.
- [15] Syahrudin, K. 2012. Analisis kergaman genetik durian (*Durio zibethinus* L) menggunakan marka morfologi dan marka molekuler Inter simple sekuens repeat (ISSR). [Thesis] Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor.
- [16] Sourdille P, Singh S, Caalen T, Gina L, Guedira B, Gay G, Qi L, Gill B.S, Dufour P, Murigneux A, Bernard M. 2004. Microsatellite-based deletion bin system for the establishment of genetic-physical map relationships in wheat (*Triticum aestivum* L). *Funct. Integr. Genomics* 4: p12-25.
- [17] Wardani S. 2014. Identifikasi Segregan Transgresif Gandum (*Triticum Aestivum* L.) Toleran Suhu Tinggi Dan Berdaya Hasil Tinggi Di Lingkungan Tropik. [Thesis]. Institut Pertanian Bogor (Ipb). Bogor.
- [18] Wahid A., S. Gelani, M. Ashraf, M. R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plant : an overview. *Environmental and experimental botany* (61): 199-223.
- [19] Yamin, M. 2014. Pendugaan komponen ragam karakter agronomi gandum (*Triticum aestivum* L.) dan identifikasi marka Simple Sequence Repeat (SSR) terpaut suhu tinggi menggunakan Bulk Segregant analysis (BSA). [Thesis]. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor