

IDENTIFIKASI DAN KARAKTERISASI LOKUS YANG BERASOSIASI DENGAN KARAKTER BIJI PADA HOTONG (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.)

NIDA YUSRINA



PROGRAM STUDI PEMULIAAN DAN BIOTEKNOLOGI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Identifikasi dan Karakterisasi Lokus yang Berasosiasi dengan Karakter Biji pada Hotong (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Nida Yusrina
A2503241012



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

RINGKASAN

NIDA YUSRINA. Identifikasi dan Karakterisasi Lokus yang Berasosiasi dengan Karakter Biji pada Hotong (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.). Dibimbing oleh SINTHO WAHYUNING ARDIE dan BAMBANG SAPTA PURWOKO.

Hotong (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) merupakan tanaman yang memiliki toleransi terhadap perubahan iklim. Selain itu, hotong memiliki kandungan nutrisi biji yang baik. Meskipun memiliki keunggulan tersebut, produktivitas hotong di Indonesia masih tergolong rendah, sehingga peningkatan produktivitas menjadi salah satu sasaran program pemuliaan. Keragaman genetik hotong lokal Indonesia yang cukup tinggi memberikan peluang untuk mengidentifikasi lokus yang berasosiasi dengan karakter biji sebagai dasar pengembangan marka molekuler.

Penelitian ini terdiri atas dua percobaan. Percobaan pertama bertujuan untuk mengidentifikasi lokus SCoT yang memiliki potensi asosiasi dengan karakter bobot biji per tanaman pada genotipe hotong lokal Indonesia. Percobaan dilaksanakan pada bulan Juli hingga Agustus 2025 menggunakan tujuh genotipe hotong lokal Indonesia yakni Hambapraing, Mauliru-2, NTB-1, Buru, ICERI-5, ICERI-6, dan ICERI-7. Analisis asosiasi 109 lokus SCoT dengan bobot biji per tanaman menggunakan metode *general linear model* (GLM) menghasilkan sepuluh lokus SCoT yang berpotensi berasosiasi dengan karakter bobot biji per tanaman. Hasil amplifikasi ulang menunjukkan lokus SCoT16_475 memiliki pola pita yang paling konsisten dibandingkan lokus lainnya, sehingga dipilih untuk validasi lebih lanjut pada populasi yang berbeda. Validasi dilakukan pada populasi F₅ hasil persilangan ICERI-6 × Botok-4 yang menghasilkan pola pita yang tidak sepenuhnya konsisten. Analisis regresi menunjukkan hubungan lokus SCoT16_475 tidak signifikan ($p = 0,0823$) dan hanya mampu menjelaskan 15,8% variasi karakter bobot biji per tanaman.

Percobaan kedua yang dilaksanakan pada bulan Maret 2025 hingga April 2026 bertujuan untuk mengidentifikasi gen yang terkait dengan karakter bobot 1.000 biji menggunakan pendekatan *systematic literature review* (SLR), serta mengisolasi dan mengarakterisasi daerah *upstream* gen *SiTGW6* pada genotipe hotong lokal Indonesia. Analisis SLR yang menggunakan 116 artikel dari pangkalan data Scopus dan PubMed menunjukkan bahwa karakter bobot 1.000 biji berkorelasi positif nyata dengan bobot biji per tanaman. Delapan gen terkait dengan bobot 1.000 biji diidentifikasi melalui SLR, yaitu *GS3*, *GW5*, *TGW6*, *GW2*, *GS5*, *GW8*, *GS2*, dan *GW5L*. Gen *TGW6* dipilih untuk dianalisis lebih lanjut karena berasosiasi langsung dengan bobot 1.000 biji dan telah dilaporkan pada padi dan hotong (*SiTGW6*). Variasi *single nucleotide polymorphism* (SNP) berupa substitusi C/T pada posisi 40.389.383 pb *upstream* dari gen *SiTGW6* dilaporkan berasosiasi dengan bobot 1.000 biji, sehingga variasi tersebut perlu dikonfirmasi pada genotipe hotong lokal Indonesia. Daerah *upstream* dari gen *SiTGW6* diamplifikasi menggunakan DNA genom tujuh genotipe hotong lokal Indonesia dengan kategori bobot 1.000 biji berbeda, yakni bobot 1.000 biji tinggi (ICERI-5 dan ICERI-6) dan bobot 1.000 biji rendah (Botok-4, Buru, Botok-10, Mauliru-2, dan Lokal Papua). Hasil pensejajaran sekuens menunjukkan semua genotipe hotong lokal Indonesia yang digunakan memiliki alel C pada posisi 40.389.383 pb *upstream* dari gen *SiTGW6*, yang sebelumnya diasosiasikan dengan bobot 1.000 biji rendah. Hal

tersebut menunjukkan bahwa SNP C/T pada posisi *upstream* dari gen *SiTGW6* belum dapat membedakan genotipe dengan bobot 1.000 biji berbeda pada genotipe hotong lokal Indonesia. Meskipun demikian, ditemukan beberapa variasi nukleotida lain, termasuk SNP pada posisi 40.390.005 pb yang menunjukkan perbedaan alel antara kelompok genotipe dengan bobot 1.000 biji tinggi dan rendah.

Kata kunci: bobot 1.000 biji, bobot biji per tanaman, marka SCoT, SLR

@Hati cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

NIDA YUSRINA. Identification and Characterization of Loci Associated with Grain Traits in Foxtail Millet (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.). Supervised by SINTHO WAHYUNING ARDIE and BAMBANG SAPTA PURWOKO.

Foxtail millet (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) is a crop known for its tolerance to climate change. Additionally, foxtail millet grains are rich in essential nutrients. Despite these advantages, the productivity of foxtail millet in Indonesia remains relatively low, making productivity improvement one of the primary objectives of breeding programs. The considerable genetic diversity of local Indonesian foxtail millet genotypes provides opportunities to identify loci associated with grain traits, which can serve as a foundation for developing molecular markers.

This study consisted of two experiments. The first experiment aimed to identify SCoT loci potentially associated with grain weight per plant in local Indonesian foxtail millet genotypes. Conducted between July and August 2025, the experiment used seven local Indonesian genotypes: Hambapraing, Mauliru-2, NTB-1, Buru, ICERI-5, ICERI-6, and ICERI-7. Association analysis of 109 SCoT loci with grain weight per plant using the general linear model (GLM) identified ten SCoT loci with potential associations. Re-amplification results showed that locus SCoT16_475 exhibited the most consistent banding pattern among the candidate loci and was therefore selected for further validation in a different population. Validation in an F₅ population derived from ICERI-6 × Botok-4 revealed inconsistent banding patterns. Regression analysis indicated that SCoT16_475 was not significantly associated ($p = 0.0823$) and explained only 15.8% of the variation in grain weight per plant.

The second experiment, conducted from March 2025 to April 2026, aimed to identify genes associated with thousand-grain weight (TGW) using a systematic literature review (SLR), as well as to isolate and characterize the upstream region of the *SiTGW6* gene in local Indonesian foxtail millet genotypes. The SLR, based on 116 articles retrieved from the Scopus and PubMed databases, showed that thousand-grain weight was significantly and positively correlated with grain weight per plant. Eight genes associated with TGW were identified through the SLR, namely *GS3*, *GW5*, *TGW6*, *GW2*, *GS5*, *GW8*, *GS2*, and *GW5L*. Among them, *TGW6* was selected for further analysis due to its direct association with TGW, previously reported in rice and foxtail millet (*SiTGW6*). A C/T single nucleotide polymorphism (SNP) at position 40,389,383 bp upstream of the *SiTGW6* gene has been reported to be associated with TGW. Therefore, this polymorphism was further examined in local Indonesian foxtail millet genotypes. The upstream region of the *SiTGW6* gene was amplified using genomic DNA from seven local Indonesian foxtail millet genotypes representing contrasting TGW categories, namely high TGW (ICERI-5 and ICERI-6) and low TGW (Botok-4, Buru, Botok-10, Mauliru-2, and Local Papua). Sequence alignment revealed that all local Indonesian foxtail millet genotypes analyzed carried the C allele at position 40,389,383 bp upstream of the *SiTGW6* gene, which has previously been associated with low TGW. These findings indicate that the C/T SNP in the upstream region of the *SiTGW6* gene could not distinguish local Indonesian foxtail millet genotypes with contrasting TGW. Nevertheless, additional nucleotide variations were detected, including a SNP at position 40,390,005 bp, which differentiated genotypes with high and low TGW.

Keywords: grain weight per plant, SCoT markers, SLR, thousand-grain weight



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

IDENTIFIKASI DAN KARAKTERISASI LOKUS YANG BERASOSIASI DENGAN KARAKTER BIJI PADA HOTONG (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.)

NIDA YUSRINA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman

**PROGRAM STUDI PEMULIAAN DAN BIOTEKNOLOGI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Prof. Dr. Ir. Darda Efendi, M.Si.
2. Prof. Dr. Desta Wirnas, S.P., M.Si.



Judul Tesis : Identifikasi dan Karakterisasi Lokus yang Berasosiasi dengan Karakter Biji pada Hotong (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.)
Nama : Nida Yusrina
NIM : A2503241012

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Sintho Wahyuning Ardie, S.P., M.Si.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Bambang Sapta Purwoko, M.Sc.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Desta Wurnas, S.P., M.Si.
NIP 197012282000032001

Dekan Fakultas Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP 196902121992031003

Tanggal Ujian:
15 Juli 2026

Tanggal Lulus: 10 AUG 2026



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga tesis dengan judul “Identifikasi dan Karakterisasi Lokus yang Berasosiasi dengan Karakter Biji Hotong (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) yang dilaksanakan sejak bulan Juli 2025 sampai April 2026 ini dapat diselesaikan. Penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia atas dukungan pendanaan yang diberikan sehingga penulis dapat menjalani studi magister di IPB.
2. Dr. Sintho Wahyuning Ardie, S.P., M.Si. dan Prof. Dr. Ir. Bambang Sapta Purwoko, M.Sc. sebagai komisi pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dukungan, dan motivasi selama menjalani masa studi, pelaksanaan penelitian hingga penyelesaian studi magister ini.
3. Dr. Ir. Maya Melati, M.S., M.Sc. selaku dosen moderator kolokium dan Dr. Ir. Alinda Fitriany Malik Zain, M.Si. selaku dosen moderator seminar hasil atas masukan dan saran yang diberikan.
4. Prof. Dr. Ir. Darda Efendi, M.Si. selaku dosen penguji ujian tesis dan Prof. Dr. Desta Wurnas, S.P., M.Si., selaku Ketua Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman yang telah memberikan masukan dan saran dalam perbaikan tesis.
5. Seluruh dosen dan Tenaga Kependidikan Sekolah Pascasarjana Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman atas segala ilmu pengetahuan dan pelayanan akademik yang telah diberikan kepada penulis.
6. Ibunda Rohmatullah, Ayahanda Mawardi Saleh, serta keluarga besar yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, dan semangat kepada penulis sepanjang waktu.
7. Bapak Yudiansyah, S.Si selaku teknisi Laboratorium Biologi Molekuler Tanaman 2, atas pengetahuan, pengalaman, dan arahan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.
8. Rekan satu bimbingan, Safira Awaliyah Ramadhani dan Muh. Anthony Rizwandi yang telah memberikan banyak bantuan, kerja sama, diskusi selama perkuliahan dan penelitian.
9. Marisa Vidya Luthfiani, Muh. Reza Pahlevi, Ramadaniarto Rizqullah, dan tim ASHIMA atas pengetahuan, bantuan, kebersamaan, inspirasi yang telah diberikan kepada penulis.
10. Teman-teman Pascasarjana Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman Ganjil 2024 atas kebersamaan, dukungan dan pengalaman selama menempuh pendidikan.

Semoga tesis ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Nida Yusrina



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Hipotesis Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Hotong (<i>Setaria italica</i> (L.) P. Beauv.)	5
2.2 Marka Molekuler	6
2.3 Analisis Asosiasi Lokus	7
2.4 <i>Systematic Literature Review</i> (SLR)	8
IDENTIFIKASI LOKUS SCOT YANG BERASOSIASI DENGAN KARAKTER BOBOT BIJI PER TANAMAN PADA HOTONG	9
3.1 Abstrak	9
3.2 Pendahuluan	10
3.3 Metode Penelitian	10
3.4 Hasil dan Pembahasan	12
3.5 Simpulan	17
ISOLASI DAN KARAKTERISASI LOKUS TERKAIT KARAKTER BOBOT 1.000 BIJI PADA HOTONG BERDASARKAN SLR	18
4.1 Abstrak	18
4.2 Pendahuluan	19
4.3 Metode Penelitian	19
4.4 Hasil dan Pembahasan	24
4.5 Simpulan	36
PEMBAHASAN UMUM	37
SIMPULAN DAN SARAN UMUM	40
6.1 Simpulan Umum	40
6.2 Saran Umum	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	53
RIWAYAT HIDUP	62

DAFTAR TABEL

1	Marka SCoT yang berasosiasi dengan karakter bobot biji per tanaman berdasarkan analisis GLM ($p \leq 0,05$)	13
2	Data bobot biji per tanaman dan skor lokus SCoT16_475 pada tujuh genotipe hotong lokal Indonesia	15
3	Hasil amplifikasi primer SCoT16 pada 20 individu tanaman F ₅ asal persilangan ICERI-6 × Botok-4 berdasarkan kategori BBPT tinggi dan rendah	16
4	Desain primer untuk amplifikasi daerah <i>upstream</i> gen <i>SiTGW6</i>	23
5	Ringkasan korelasi yang dilaporkan antara karakter agronomi dan hasil panen berdasarkan penelitian dengan sedikitnya lima laporan	27
6	Kandidat gen yang berasosiasi dengan karakter B1000 berdasarkan hasil <i>systematic literature review</i> serta homolognya pada hotong yang diidentifikasi menggunakan Phytozome	29
7	Varian SNP pada wilayah gen <i>SiTGW6</i> (<i>Seita.1G350400</i>) yang diidentifikasi melalui analisis komparatif terhadap 1.844 aksesori hotong dunia menggunakan SetariaDB	31
8	Pengelompokan enam genotipe hotong lokal Indonesia berdasarkan bobot 1.000 biji	33
9	Variasi nukleotida pada daerah <i>upstream SiTGW6</i> pada tujuh genotipe hotong lokal Indonesia	36

DAFTAR GAMBAR

1	Alur penelitian identifikasi dan karakterisasi gen atau lokus yang terkait karakter biji pada tanaman hotong (<i>Setaria italica</i> (L.) P. Beauv.)	4
2	(A) Plot Manhattan, (B) QQ plot hasil asosiasi marka SCoT dengan BBPT menggunakan <i>general linear model</i> (GLM) model PCA2	13
3	Dendrogram pengelompokan tujuh genotipe hotong berdasarkan bobot biji per tanaman (BBPT)	14
4	Analisis regresi linier antara keberadaan pita SCoT16_475 dan kategori BBPT pada 20 individu tanaman F ₅ asal persilangan ICERI-6 × Botok-4	16
5	Diagram alir PRISMA 2020 pada <i>systematic literature review</i>	21
6	Skema pembagian fragmen amplifikasi pada daerah <i>upstream</i> gen <i>SiTGW6</i>	23
7	Tren publikasi penelitian terkait bobot 1.000 biji pada padi dan hotong selama periode 2009–2025	24
8	<i>Upset plot</i> metode penelitian yang digunakan dalam identifikasi gen/QTL yang berasosiasi dengan bobot 1.000 biji pada padi dan hotong	25
9	Posisi genom dan arah transkripsi <i>SiTGW6</i> (<i>Seita.1G350400</i>) serta gen-gen flanking pada kromosom 1 genom hotong.	32

10	(A) Benih enam genotipe hotong lokal Indonesia yang digunakan dalam penelitian, (B) Dendrogram pengelompokan enam genotipe hotong berdasarkan karakter B1000	34
11	Hasil amplifikasi daerah <i>upstream</i> gen <i>SiTGW6</i> dari tujuh genotipe hotong lokal Indonesia	34
12	Perbandingan alel daerah <i>upstream</i> gen <i>SiTGW6</i> yang dilaporkan Zhang <i>et al.</i> (2024) dengan tujuh genotipe hotong lokal Indonesia	35
13	Posisi delapan kandidat gen terkait bobot 1.000 biji yang diidentifikasi berdasarkan hasil <i>systematic literature review</i>	39

DAFTAR LAMPIRAN

1	QQ plot hasil analisis asosiasi dengan (A) tanpa PCA, (B) PCA1, (C) PCA2, (D) PCA3, (E) PCA4, dan (F) PCA5	54
2	Daftar primer SCoT yang digunakan untuk amplifikasi pada penelitian ini	55
3	Validasi lokus SCoT yang berasosiasi dengan karakter BBPT pada hotong	56
4	Pola pita hasil amplifikasi lokus SCoT16_475 pada tujuh genotipe lokal hotong Indonesia	57
5	Pola pita hasil amplifikasi lokus SCoT16_475 pada 20 individu tanaman F ₅	58
6	Kandidat gen yang berasosiasi dengan bobot 1.000 biji berdasarkan hasil <i>systematic literature review</i>	59