

**KAJIAN KARAKTERISTIK AGRONOMI DAN HASIL ETANOL
BEBERAPA GENOTIPE SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)
YANG DITANAM SECARA TUMPANGSARI DENGAN
UBIKAYU (*Manihot esculenta* Crantz)**

(Skripsi)

Oleh

Irmawati



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

KAJIAN KARAKTERISTIK AGRONOMI DAN HASIL ETANOL BEBERAPA GENOTIPE SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) YANG DITANAM SECARA TUMPANGSARI DENGAN UBIKAYU (*Manihot esculenta* Crantz)

Oleh

Irmawati

Sorgum merupakan salah satu jenis tanaman serealia yang mempunyai potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia. Prospek pengembangan sorgum adalah sebagai pangan, pakan, dan industri. Sorgum memiliki berbagai varietas yang memiliki sifat masing-masing. Tumpangsari antara ubikayu dengan sorgum merupakan salah satu cara untuk mengefisienkan penggunaan lahan. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengevaluasi karakteristik agronomi batang tanaman sorgum terhadap volume nira yang dihasilkan (2) menentukan volume etanol tertinggi yang dihasilkan oleh berbagai macam genotipe sorgum yang berbeda. Penelitian ini dilakukan pada lahan dengan tipe tanah lempung liat berpasir di Jalan Ir. Sutami, Desa Sukanegara, Kecamatan Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung pada Maret 2017 – Februari 2018. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) yang terdiri atas 15 perlakuan yaitu 15 genotipe sorgum dan setiap perlakuan diulang tiga kali. Genotipe yang digunakan adalah GH- 3, GH- 4, GH- 5, GH-6, GH- 7, GH- 13, Mandau, Numbu, UPCA, Samurai-1, Super-1, Super-2,

P/F 5-193-C, P/I WHP, dan Talaga Bodas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Karakter agronomis terutama panjang batang tanaman sorgum mempengaruhi volume nira yang dihasilkan, semakin tinggi panjang batang maka volume nira yang dihasilkan semakin tinggi. (2) Berdasarkan hasil penelitian, genotipe GH 3 dan Super 1 memiliki produksi etanol tertinggi dibandingkan dengan genotipe lainnya. Genotipe Numbu memiliki produksi biji tertinggi dibandingkan dengan genotipe lainnya dan berpotensi untuk dijadikan sorgum biji. Genotipe GH 6 dan Super 2 menghasilkan biomassa tertinggi dibandingkan dengan genotipe lainnya.

Kata kunci: Genotipe sorgum, karakter agronomis, produksi etanol.

**KAJIAN KARAKTERISTIK AGRONOMI DAN HASIL ETANOL
BEBERAPA GENOTIPE SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)
YANG DITANAM SECARA TUMPANGSARI DENGAN
UBIKAYU (*Manihot esculenta* Crantz)**

Oleh

IRMAWATI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

Judul : **KAJIAN KARAKTERISTIK AGRONOMI
DAN HASIL ETANOL BEBERAPA GENOTIPE
SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)
YANG DITANAM SECARA TUMPANGSARI
DENGAN UBIKAYU (*Manihot esculenta*
Crantz)**

Nama : **Irmawati**

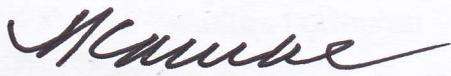
Nomor Pokok Mahasiswa : 1414121113

Jurusan : Agroteknologi

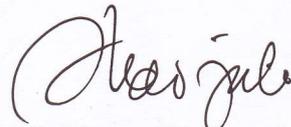
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M. Sc.
NIP 196101011985031003



Dr. Ir. Agus Karyanto, M. Sc.
NIP 196108201986031002

2. Ketua Jurusan Agroteknologi



Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 196305081988112001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M. Sc.** 

Sekretaris : **Dr. Ir. Agus Karyanto, M. Sc.** 

Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. M. Syamsuel Hadi, M.Sc.** 

2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Juli 2018

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **"KAJIAN KARAKTERISTIK AGRONOMI DAN HASIL ETANOL BEBERAPA GENOTIPE SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) YANG DITANAM SECARA TUMPANGSARI DENGAN UBIKAYU (*Manihot esculenta* Crantz)"** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 Agustus 2018

Penulis,



Irmawati
1414121113

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Metro, Provinsi Lampung pada tanggal 17 Mei 1996 sebagai anak kedua dari dua bersaudara dari Bapak Tanelmi dan Ibu Alfiyah.

Pendidikan penulis diawali dari sekolah taman kanak-kanak di TK Pertiwi Metro Barat- Metro pada tahun 2001 – 2002. Pada tahun 2002 penulis memasuki sekolah dasar di SDN 6 Metro Barat- Metro dan lulus pada tahun 2008. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Kartikatama Metro dan lulus tahun 2011. Penulis melanjutkan pendidikan menengah tingkat atas ke SMAN 2 Metro dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun 2014 penulis diterima di Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) Tertulis.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten dosen untuk mata kuliah Pascapanen Kelapa Sawit (2017), dan Metodologi Penelitian (2018).

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Unila di Desa Sumber Katon, Kecamatan Seputih Surabaya, Lampung Tengah periode Januari 2017. Penulis melaksanakan Praktik Umum di Balai Penelitian Taman Kebun Percobaan Taman Bogo Lampung Timur pada tahun 2017 dengan judul “Teknik Budidaya Jagung (*Zea mays* L.) dengan Penambahan Mulsa Biomas Jagung pada Lahan Olah Tanah

Konservasi di Balai Penelitian Tanah Kebun Percobaan Taman Bogo Lampung Timur”.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala nikmat kehidupan, kesehatan, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Kajian Karakteristik Agronomi dan Hasil Etanol Beberapa Genotipe Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) yang Ditanam Secara Tumpangsari dengan Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz)**”. Skripsi ini merupakan syarat mahasiswa memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh begitu banyak bantuan baik berupa ilmu, materi, bimbingan, koreksi, saran, dan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M. Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah mengesahkan skripsi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M. Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan ilmu, saran, kritik, bimbingan, diskusi, dan dukungan kepada penulis.
3. Dr. Ir. Agus Karyanto, M. Sc., selaku dosen pembimbing II dan serta Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, pengarahan,

motivasi, dan saran serta nasehat demi kebaikan penulis selama menjadi mahasiswi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

4. Ir. M. Syamsuel Hadi, M.Sc., selaku dosen Penguji bukan Pembimbing yang telah memberikan saran, pengarahan, semangat, motivasi, nasehat, dan bantuan yang sangat berharga untuk perbaikan penulisan skripsi.
5. Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M. Sc., selaku Ketua Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
6. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M. Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah mengesahkan skripsi ini.
7. Seluruh dosen yang ada di Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, nasihat dan semangat kepada penulis.
8. Septi Arianingsih S. Pd. selaku kakak penulis yang telah banyak memberikan dukungan, nasehat, kasih sayang, semangat, dan saran.
9. Seluruh sahabat Prilly Tri Lazaroni S. Pd., Yessy Frisca Agustin Amd.KL., Luki Yunita Amd.T., Eriza Safitri, Fitriani, terimakasih atas persahabatan dan motivasi yang diberikan kepada penulis.
10. Teman satu penelitian Sorgum- Cassava yaitu Dita, Diah, Fina, Ikrimah, Farastika, Luh Gita, Nisa Nurlela, Rafika, Agnes, Ika, Amira, Restu, Amalia, Putri, Ridho atas doa dan dukungan dan kebersamaan yang tak terlupakan.
11. Keluarga Agroteknologi yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Dan Penulis berharap semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dari pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Bandar Lampung, Juli 2018

Penulis,

Irmawati

PERSEMBAHAN

*Dengan rasa syukur kepada Allah SWT dan kerendahan hati, skripsi ini
kupersembahkan kepada:*

*Ayahku dan Ibuku tercinta yang telah memberikan semangat, kasih sayang serta
doa yang tiada henti- hentinya untukku.*

*Kakakku tercinta Septi Arianingsih yang telah memberikan semangat, motivasi
dan bantuannya dalam menyelesaikan skripsi ini.*

*Sahabatku tercinta Dita, Fina, Diah, Nisa, dan Frilly yang telah memberikan
semangat dan motivasi disetiap langkahku serta mengajarkan kebersamaan
dalam hidup ini.*

*Sahabat dan teman- teman seperjuangan angkatan 2014 di program studi SI
Agroteknologi Universitas Lampung yang selalu memberikan motivasi dan
semangat.*

Almamater tercinta Universitas Lampung.

MOTTO

*“Man Jadda Wajada, Man Shabara Zhafira.
(Barang Siapa yang bersungguh- sungguh dia akan berhasil dan Barang Siapa
yang bersabar dia akan beruntung)”
(Ahmad Fuadi)*

*“La Tahzan Innalaha Ma’ana
(Jangan bersedih sesungguhnya Allah bersama kita)”
(Q. S. At Taubah(9): 40)*

*“Bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar”
(Q. S. Ar Rum (30) : 60)*

*“Allah tidak akan menguji seorang hambaNya melainkan sesuai dengan
kesanggupannya”
(Q. S. Al Baqarah(2) : 286)*

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xx
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan	4
1.3 Kerangka Pemikiran	4
1.4 Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Sorgum	8
2.2 Klasifikasi Sorgum	9
2.3 Manfaat Sorgum	11
2.4 Genotipe Sorgum	13
2.5 Etanol	14
2.6 Sistem Tanam Tumpangsari	16
2.7 Ubikayu	17
III. BAHAN DAN METODE	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Metode Penelitian	19
3.4 Pelaksanaan Penelitian	20
3.4.1 <i>Pengambilan Sampel Tanah</i>	20
3.4.2 <i>Pengolahan Tanah</i>	21
3.4.3 <i>Penanaman</i>	21
3.4.4 <i>Penyulaman</i>	21
3.4.5 <i>Penjarangan</i>	22
3.4.6 <i>Penyiangan Gulma</i>	22
3.4.7 <i>Pemupukan</i>	22
3.4.8 <i>Pemanenan</i>	23

Halaman

3.5 Pengamatan	23
3.5.1 <i>Komponen Pertumbuhan</i>	23
3.5.2 <i>Komponen pada Fase Masak Susu</i>	24
3.5.3 <i>Komponen pada Fase Masak Fisiologi</i>	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Kondisi Lapang Penelitian	30
4.2 Hasil Penelitian	31
4.2.1 <i>Fase Pertumbuhan</i>	32
4.2.2 <i>Fase Masak Susu</i>	36
4.2.3 <i>Fase Masak Fisiologi</i>	41
4.3 Korelasi Sederhana Antarvariabel dari Sorgum	45
4.4 Pembahasan	49
V. SIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	62
Tabel 1 – 59	63
Gambar 12 – 17	97

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rekapitulasi hasil analisis ragam pengaruh genotipe terhadap karakteristik agronomis tanaman sorgum yang ditanam secara tumpangsari dengan ubi kayu	32
2. Pengaruh genotipe terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, dan kehijauan daun tanaman sorgum di lahan tumpangsari dengan ubikayu	34
3. Pengaruh genotipe terhadap volume nira, brix, volume etanol, persen Etanol	37
4. Pengaruh genotipe terhadap berat kering batang, berat kering daun, berat kering cangkang, dan berat kering biji di lahan tumpangsari dengan ubi kayu	39
5. Pengaruh genotipe dengan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah ruas, panjang malai, head bobot, bobot kering batang, bobot kering daun, bobot kering cangkang, bobot biji per tanaman, dan bobot 1000 butir biji saat masak fisiologis	44
6. Korelasi karakter agronomis fase masak susu dan komponen etanol pada beberapa genotipe sorgum	46
7. Korelasi karakter agronomis fase masak fisiologis pada beberapa genotipe sorgum	47
8. Data tinggi tanaman rata- rata umur 6 MST (cm)	63
9. Data tinggi tanaman rata- rata umur 7 MST (cm)	64
10. Data tinggi tanaman rata- rata umur 8 MST (cm)	65
11. Data tinggi tanaman rata- rata umur 9 MST (cm)	66
12. Analisis ragam tinggi tanaman rata- rata umur 9 MST	66

	Halaman
13. Data jumlah daun rata- rata umur 6 MST (helai)	67
14. Data jumlah daun rata- rata umur 7 MST (helai)	68
15. Data jumlah daun rata- rata umur 8 MST (helai)	69
16. Data jumlah daun rata- rata umur 9 MST (helai)	70
17. Analisis ragam jumlah daun rata- rata umur 9 MST	70
18. Data kehijauan daun rata- rata umur 10 MST (unit)	71
19. Analisis ragam kehijauan daun rata- rata umur 10 MST	71
20. Data diameter tanaman rata- rata umur 10 MST (mm)	72
21. Analisis ragam diameter tanaman rata- rata umur 10 MST	72
22. Data volume nira rata- rata saat fase masak susu (ml)	73
23. Analisis ragam volume nira rata- rata saat fase masak susu	73
24. Data brix rata- rata saat fase masak susu (%)	74
25. Analisis ragam brix rata- rata saat fase masak susu	74
26. Data volume etanol rata- rata saat fase masak susu (ml)	75
27. Analisis ragam volume etanol rata- rata saat fase masak susu	75
28. Data persen etanol saat fase masak susu (%)	76
29. Transformasi log n data persen etanol saat fase masak susu (%)	77
30. Analisis ragam persen etanol rata- rata saat fase masak susu	77
31. Data berat kering batang rata- rata saat fase masak susu (g)	78
32. Analisis ragam berat kering batang rata- rata saat fase masak susu	78
33. Data berat kering daun rata- rata saat fase masak susu (g)	79

34. Analisis ragam berat kering daun rata- rata saat fase masak susu	79
35. Data berat kering cangkang rata- rata saat fase masak susu (g)	80
36. Analisis ragam berat kering cangkang rata- rata saat fase masak susu	80
37. Data berat kering biji rata- rata saat fase masak susu (g)	81
38. Analisis ragam berat kering biji rata- rata saat fase masak susu	81
39. Data diameter batang rata- rata saat fase masak fisiologis (mm)	82
40. Analisis ragam diameter batang rata- rata saat fase masak fisiologis	82
41. Data tinggi tanaman rata- rata saat fase masak fisiologis (cm)	83
42. Analisis ragam tinggi tanaman rata- rata saat fase masak fisiologis	83
43. Data berat kering batang rata- rata saat fase masak fisiologis (g)	84
44. Analisis ragam berat kering batang rata- rata saat fase masak fisiologis	84
45. Data berat kering daun rata- rata saat fase masak fisiologis (g)	85
46. Analisis ragam berat kering daun rata- rata saat fase masak fisiologis	85
47. Data jumlah ruas rata- rata saat fase masak fisiologis (ruas)	86
48. Analisis ragam jumlah ruas rata- rata saat fase masak fisiologis	86
49. Data panjang malai rata- rata saat fase masak fisiologis (cm)	87
50. Analisis ragam panjang malai rata- rata saat fase masak fisiologis	87
51. Data berat kering cangkang rata- rata saat fase masak fisiologis (g)	88

52. Analisis ragam berat kering cangkang rata- rata saat fase masak fisiologis	88
53. Data head bobot rata- rata saat fase masak fisiologis (g)	89
54. Analisis ragam head bobot rata- rata saat fase masak fisiologis	89
55. Data berat kering biji rata- rata saat fase masak fisiologis (g)	90
56. Analisis ragam berat kering biji rata- rata saat fase masak fisiologis	90
57. Data bobot biji 1000 butir rata- rata (g)	91
58. Analisis ragam bobot biji 1000 butir rata- rata	91
59. Deskripsi singkat genotipe sorgum yang digunakan dalam penelitian	92
60. Tabel konversi berat jenis – kadar etanol (% v/v)	93
61. Data kadar etanol (%)	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tata letak penelitian tanaman sorgum pada pola pertanaman tumpangsari dengan ubikayu	20
2. Tinggi tanaman sorgum pada pola pertanaman tumpangsari umur 9 MST dan 18 MST	30
3. Jumlah daun per tanaman sorgum pada pola pertanaman tumpangsari umur 9 MST	31
4. Jumlah daun per tanaman pada beberapa varietas sorgum pada pola pertanaman tumpangsari	32
5. Korelasi panjang batang 9 MST dengan volume nira	48
6. Korelasi panjang batang 9 MST dengan jumlah daun	48
7. Korelasi volume etanol dengan volume nira	48
8. Korelasi bobot biji dengan head bobot	49
9. Korelasi jumlah ruas dengan panjang batang	49
10. Diagram pembuatan etanol dari nira sorgum	97
11. Prosedur penetapan kadar etanol	98
12. Beberapa genotipe sorgum yang ditanam secara tumpangsari dengan ubi kayu	99
13. Sorgum yang ditanam secara tumpangsari dengan ubi kayu pada umur 8MST	99
14. Alat pemerasan batang sorgum untuk menghasilkan nira	99
15. Nira yang dihasilkan oleh beberapa genotipe sorgum	100

Halaman

16. Hasil fermentasi nira sorgum selama 2 x 24 jam	100
17. Proses destilasi nira sorgum yang telah difermentasi untuk menghasilkan etanol	100

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan salah satu tanaman pangan yang bermanfaat sebagai sumber energi, protein, dan mineral bagi penduduk miskin. Tanaman ini banyak ditemui di daerah semi-arid tropis (daerah tropis yang kering dan jarang hujan) Asia dan Afrika. Tanaman sorgum mampu bertahan terhadap kekeringan dan genangan air, dapat tetap berproduksi pada lahan marginal, serta relatif tahan terhadap hama dan penyakit (Rifa'i dkk., 2015).

Sorgum merupakan salah satu jenis tanaman serealia yang mempunyai potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia. Prospek pengembangan sorgum adalah sebagai pangan, pakan, dan industri. Dalam bidang pangan, sorgum mempunyai potensi yang cukup besar tetapi dalam pemanfaatannya belum berkembang karena dalam proses pengelupasan biji sorgum sulit dilaksanakan dan juga karena kandungan tanin yang cukup tinggi (0,40 – 3,60 %) membuat hasil olahan dari sorgum kurang enak. Kemudian dalam bidang pakan ternak, biji sorgum digunakan sebagai ransum pakan ternak sebagai substitusi jagung. Namun tingginya kandungan tanin, sorgum pun kurang baik digunakan sebagai ransum karena dapat mempengaruhi manfaat asam amino dan protein (Sirappa, 2003).

Dalam bidang industri, sorgum manis banyak diolah menjadi etanol yang berasal dari nira yang terkandung dalam batang sorgum. Batang sorgum merupakan salah satu sumber penghasil nira. Batang sorgum yang diperas akan menghasilkan nira yang rasanya manis. Kadar nira yang terkandung dalam batang sorgum kurang lebih adalah 70%. Jika dimanfaatkan secara langsung seperti digunakan untuk pakan ternak, sorgum belum memiliki nilai ekonomis (Subagio dan Aqil, 2014).

Pemenuhan akan kebutuhan pangan maupun bahan baku industri yang terus meningkat menjadi suatu masalah penting di Indonesia. Kondisi tersebut dapat terlihat dari krisis energi akibat peningkatan laju konsumsi serta krisis pangan. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan pemanfaatan sumber daya alam yang tersedia secara optimal. Salah satu tanaman yang dapat dikembangkan adalah tanaman sorgum (Tarigan *et al.*, 2013).

Hasil sorgum manis sangat bervariasi, bergantung pada varietas, lokasi tumbuh (tanah, air, iklim, hama, dan penyakit), input, dan perlakuan agronomi. Pada saat memilih sorgum manis untuk produksi etanol, karakteristik penting yang perlu menjadi perhatian adalah biomassa, nira, dan gula yang dihasilkan per satuan luas. Pabendon *et al.*, (2012a) melaporkan bahwa produksi etanol yang tinggi per satuan luas tidak selalu ditentukan oleh produksi etanol per kg batang, volume nira, dan kadar gula brix yang tinggi, tetapi juga oleh karakter lain, seperti bobot biomas batang, diameter batang, dan tinggi tanaman dengan nilai korelasi terhadap produksi etanol masing-masing 0,92; 0,70; dan 0,60.

Etanol merupakan sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan

sehari-hari. Etanol banyak digunakan sebagai pelarut berbagai bahan-bahan kimia yang ditujukan untuk konsumsi dan kegunaan manusia. Etanol banyak digunakan sebagai campuran parfum, perasa, pewarna makanan, dan obat-obatan. Selain itu, etanol juga dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Sekitar 60% dari etanol global dihasilkan dari tanaman gula, sedangkan sisanya 40% dihasilkan dari biji-bijian mengandung zat tepung (Wu *et al.*, 2010).

Optimalisasi dalam produktivitas lahan menjadi prioritas dalam pengembangan budidaya pertanian. Salah satu cara yang dilakukan adalah berupa sistem tanam dengan menggunakan pola tumpangsari. Tujuan dari sistem tanam tumpangsari adalah untuk memanfaatkan faktor produksi secara optimal seperti keterbatasan lahan, tenaga kerja, modal kerja, pemakaian pupuk, mengurangi erosi, dan menggunakan pestisida lebih efisien. Selain itu produksi total yang diperoleh akan lebih besar dibandingkan dengan pola pertanaman lain. Pengembangan sorgum secara tumpangsari akan mengoptimalkan penggunaan lahan. Sebaliknya, pengembangan sorgum secara monokultur dapat meningkatkan kompetisi penggunaan lahan (Hamim *et al.*, 2011).

Mengingat kandungan nira pada tanaman sorgum yang cukup besar dan belum dimanfaatkan secara maksimal dan dipandang cukup tepat untuk dilakukannya penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh karakter agronomi terhadap volume nira yang dihasilkan pada tanaman sorgum dari berbagai genotipe pada pola pertanaman tumpangsari dengan ubikayu.

Berdasarkan latar belakang, didapatkan perumusan masalah dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik agronomi batang mempengaruhi banyaknya volume nira yang dihasilkan oleh beberapa genotipe sorgum yang ditanam tumpangsari dengan ubikayu?
2. Bagaimana perbedaan volume etanol yang dihasilkan untuk setiap genotipe sorgum yang ditanam tumpangsari dengan ubikayu?

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi karakter batang beberapa genotipe sorgum yang menghasilkan nira terbanyak yang ditanam secara tumpangsari dengan ubikayu.
2. Menentukan genotipe sorgum yang menghasilkan volume etanol tertinggi yang ditanam secara tumpangsari dengan ubikayu.

1.3 Kerangka Pemikiran

Sorgum merupakan tanaman multiguna yang dapat dijadikan sebagai sumber pangan, pakan ternak dan bahan bakar alternatif. Di negara maju, sorgum banyak digunakan sebagai bahan baku industri seperti industri bioetanol, bir, kertas, plastik bio, sirup, pati, dan bermacam makanan olahan (ICRISAT, 1990).

Nira merupakan cairan yang dihasilkan dari batang seperti aren, tebu, lotar, sorgum dan tanaman penghasil nira lainnya. Komposisi nira dari suatu tanaman penghasil nira dipengaruhi beberapa faktor yaitu varietas tanaman, umur tanaman,

kesehatan tanaman, keadaan tanah iklim, pemupukan, dan pengairan. Setiap tanaman penghasil nira mempunyai komposisi nira berbeda dan umumnya terdiri dari air, sukrosa, gula reduksi, bahan organik lain dan bahan anorganik. Nira sorgum mengandung kadar glukosa yang cukup besar karena kualitas nira sorgum manis setara dengan nira tebu dan belum banyak dimanfaatkan (Sari, 2009).

Pengembangan tanaman sorgum dapat dilakukan dengan sistem tanam tumpang sari untuk meningkatkan efisiensi dari penggunaan lahan. Tumpang sari merupakan usaha untuk intensifikasi yang memanfaatkan ruang dan waktu, banyak dilakukan terutama pada pertanian lahan sempit, lahan kering atau lahan tadah hujan. Tumpang sari ditujukan untuk memanfaatkan lingkungan (cahaya, air, dan unsur hara) sebaik- baiknya agar diperoleh produksi maksimum, serta menurunkan serangan hama dan penyakit dan menekan pertumbuhan gulma. Selain itu, pertanaman tumpang sari masih memberikan peluang bagi petani untuk mendapatkan hasil jika satu jenis tanaman mengalami gagal panen (Buhaira, 2007).

Dalam hal tersebut, untuk pemanfaatan lahan sorgum juga dapat dilakukan sistem tanam tumpangsari dengan tanaman lain. Sorgum dapat ditumpangsarikan dengan ubikayu karena lahan tanaman ubikayu sangat luas terutama di wilayah Lampung. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menyebutkan bahwa luas lahan ubikayu tahun 2015 mencapai 279.226 ha, dan luasan tersebut merupakan wilayah terluas di Indonesia yang melakukan budidaya ubikayu (Badan Pusat Statistik, 2016). Sistem tanam tumpangsari ini dilakukan dengan memanfaatkan jarak antar

tanaman ubikayu pada saat awal tanam dan vegetatif sehingga kanopi kedua tanaman belum saling menutupi.

Sorgum memiliki beberapa jenis varietas, setiap varietas yang berbeda memiliki kemampuan yang berbeda pula. Hal tersebut menjadi dasar pemikiran untuk menggunakan beberapa jenis varietas tanaman sorgum. Perbedaan varietas sorgum akan mengacu pada faktor genetik pada masing- masing varietas sorgum. Setiap genotipe memiliki karakter yang berbeda- beda sehingga menjadi faktor yang memutuskan karakteristik eksternal yang dapat diamati.

Penampilan varietas juga berhubungan erat dengan kondisi lingkungan karena karakter mudah di pengaruhi oleh lingkungan. Varietas sorgum sangat beragam baik dari daya hasil, umur panen, warna biji, rasa, dan kualitas olah biji. Fenotipe yang merupakan hasil eksperesi dari penampilan genotipe tanaman pada suatu lingkungan yang tertentu mempengaruhi kandungan etanol yang tinggi.

Kemampuan tanaman sorgum dalam mempertahankan daya hasil terhadap perubahan kondisi lingkungan bersifat dinamik dan statis. Sifat dinamik artinya dapat berubah sesuai keadaan lingkungan, sedangkan sifat statis adalah daya hasil suatu genotipe yang tetap padaberbagai lingkungan.

Dari beberapa kelebihan tanaman sorgum dibanding tanaman pangan lainnya maka dilakukan penelitian mengenai “Kajian Karakteristik Agronomi dan Hasil Etanol Beberapa Genotipe Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) yang Ditanam Secara Tumpangsari dengan Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz)”

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik agronomi batang beberapa genotipe sorgum yang ditanam tumpangsari dengan ubikayu berpengaruh terhadap volume nira yang dihasilkan.
2. Terdapat genotipe tanaman sorgum yang menghasilkan volume etanol tertinggi dibandingkan dengan genotipe lainnya yang ditanam tumpangsari dengan ubikayu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sorgum

Sorgum merupakan salah satu tanaman serealia yang cukup potensial untuk dikembangkan di Indonesia, karena memiliki daya adaptasi yang cukup luas khususnya pada lahan marginal. Sorgum juga merupakan komoditas alternatif sebagai pangan, pakan, dan industri (Sirappa, 2003). Sorgum merupakan tanaman dari keluarga Poaceae. Sorgum setidaknya memiliki 30 spesies, dimana salah satu spesies yang banyak dibudidayakan adalah *Sorghum bicolor*. Sorgum merupakan tanaman yang satu keluarga dengan tanaman serealia lainnya seperti padi, jagung, gandum, bambu dan tebu. Taksonomi tanaman tersebut digolongkan ke dalam satu famili besar yakni Poaceae dan sering disebut sebagai suku Graminae (rumput- rumputan) (Iriany, dan Makkulawu, 2016).

Sorgum merupakan bahan pangan yang menduduki urutan ke lima di dunia setelah beras, gandum, jagung, dan *barley*, sedangkan di USA menduduki urutan ke tiga setelah gandum dan *barley*. Hal tersebut dapat menjadikan sorgum sebagai komoditas penting untuk terus dikembangkan dalam bidang pangan, terutama pada lahan- lahan yang kering dimana ketika lahan sudah tidak dapat ditanami padi atau jagung. Di Indonesia saat ini telah terdapat berbagai varietas sorgum yang sudah mulai dikembangkan. Varietas sorgum unggulan yang banyak

dikembangkan di Indonesia adalah UPCA, Keris, Mandau, Higari, Badik, Gadam, Sangkur, Numbu dan Kawali (Rifa'i, dkk., 2015).

Sorgum merupakan salah satu tanaman yang proses budidayanya mudah dengan biaya yang relatif murah, serta dapat ditanam dengan pola pertanaman monokultur maupun tumpang sari dan memiliki produktivitas yang sangat tinggi. Selain itu, tanaman sorgum juga lebih resisten terhadap serangan hama dan penyakit sehingga resiko kegagalan panen relatif kecil (Rahmi dan Zubachtirodin, 2007).

2.2 Klasifikasi Sorgum

Secara morfologis, permukaan daun pada tanaman sorgum mengandung lapisan lilin dan memiliki sistem perakaran yang ekstensif, *fibrous* dan dalam, dan cenderung membuat tanaman sorgum efisien dalam menyerap dan memanfaatkan air sesuai kebutuhan. Berdasarkan karakteristik bentuk biji, bulir serta bentuk malai, sorgum diklasifikasikan ke dalam 5 ras yaitu *Bicolor*, *Guenia*, *Caudatum*, *Kafir*, dan *Durra*.

Ras *Bicolor* merupakan ras yang memiliki susunan bulir yang terbuka pada malai, secara morfologi menyerupai padi dan banyak dibudidayakan di Afrika dan Asia. Selain itu, sebagian ras *Bicolor* juga mempunyai batang yang manis dan dapat diolah menjadi sirup molasses. Ras *Guenia* mempunyai karakteristik bulir yang tersusun dalam jumlah banyak. Ras tersebut banyak dibudidayakan di Afrika Barat dan Malawi. Ras *Caudatum* merupakan ras yang mempunyai karakteristik biji yang tertutup dan memiliki satu sisi datar, dan sisi lainnya berbentuk kurva. Ras *Kafir* merupakan ras yang memiliki karakteristik bulir yang berbentuk

silinder, dan bentuk malainya memanjang. Sedangkan Ras *Durra* merupakan ras memiliki bentuk bulir yang bulat (ICRISAT, 2002).

Sorgum memiliki tinggi rata-rata 2,6 sampai 4 meter. Daun sorgum sangat mirip dengan daun jagung, tetapi tanaman sorgum memiliki luas daun lebih kecil dibandingkan jagung. Jumlah daun sorgum bervariasi dari 8 hingga 22 daun per tanaman bergantung dengan kondisi lingkungan. Daun sorgum berbentuk lurus memanjang. Batang tanaman sorgum memiliki kandungan nira. Pada kondisi yang sesuai sorgum memiliki lebih banyak ruas yang tumbuh bersamaan dengan daun, dan akan menghasilkan batang yang lebih panjang. Batang sorgum memiliki diameter berkisar antara 5 sampai 30 mm. Biji sorgum berbentuk bulat dengan ujung mengerucut, berukuran diameter ± 2 mm. Warna biji sorgum beragam yakni merah, putih, kuning, coklat atau merah kecoklatan (Plessis, 2008).

Keistimewaan dari tanaman sorgum adalah memiliki kemampuan untuk tumbuh kembali setelah dipotong atau dipanen yaitu disebut *ratoon*. Setelah panen akan tumbuh tunas-tunas baru yang tumbuh dari bagian batang di dalam tanah, oleh karena itu pangkasannya harus tepat di atas permukaan tanah. *Ratoon* sorgum dapat dilakukan 2 – 3 kali, apabila dipelihara dan dipupuk dengan baik, hasil *ratoon* dapat memberikan hasil yang sama seperti panen pertama (Nurmala, 2003).

Menurut (USDA, 2008), sorgum kedudukannya dalam ilmu taksonomi tumbuhan adalah:

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
SuperDivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Class : Liliopsida
Sub class : Commelinidae
Ordo : Poales
Famili : Poaceae
Genus : Sorghum
Spesies : *Sorghum bicolor* [L.] Moench

2.3 Manfaat Sorgum

Adapun beberapa manfaat dari sorgum yaitu:

1. Sorgum sebagai bahan pangan

Sorgum mempunyai potensi yang cukup besar untuk dikembangkan sebagai bahan pangan, namun hal tersebut belum banyak dimanfaatkan sebagai sumber pangan fungsional karena pengupasan biji sorgum yang sulit dilakukan (Sirappa, 2003). Dalam diversifikasi pangan, sorgum masih terbatas sebagai sumber karbohidrat, padahal sorgum memiliki kandungan serat pangan yang dibutuhkan tubuh untuk mencegah penyakit jantung, obesitas, menurunkan hipertensi, menjaga kadar gula, darah, dan mencegah kanker usus.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa sorgum potensial dikembangkan sebagai pangan fungsional karena kandungan beberapa komponen kimia penyusunnya. Sorgum memiliki kandungan gluten dan Indeks Glikemik (IG) yang lebih rendah sehingga sesuai untuk diet gizi khusus. Biasanya sorgum

dapat dimanfaatkan sebagai tepung sorgum bahkan dapat dimanfaatkan langsung sebagai butir beras sorgum. Beras sorgum bisa langsung dimanfaatkan sebagai nasi, ataupun dapat digiling dan dijadikan tepung sorgum sebagai bahan dasar untuk pembuatan kue. Selain itu, sorgum dapat dimanfaatkan sebagai makanan ringan berupa tapai, wajik, lemper, rengginang, dan sebagainya (Suarni dan Subagio, 2013).

2. Sorgum sebagai bahan baku industri

Selain dimanfaatkan bijinya sebagai bahan pangan, sorgum dapat dimanfaatkan batangnya. Batang sorgum dapat dijadikan bahan baku untuk pembuatan bioetanol. Pembuatan tersebut dapat dilakukan melalui proses fermentasi dari hasil nira yang diperoleh pada batangnya, kemudian dilakukan hingga proses destilasi (Sirappa, 2003).

3. Sorgum sebagai pakan

Selain dimanfaatkan untuk pangan dan industri, tanaman sorgum juga dapat dimanfaatkan sebagai ransum untuk ternak. Sorgum dapat dijadikan pengganti dari jagung kuning yang banyak digunakan sebagai pakan ayam. Selain itu, biji sorgum memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan jagung sehingganya dapat menekan biaya produksi. Pemanfaatan sorgum sebagai pakan ternak sudah banyak dimanfaatkan untuk peternakan yang berada di lokasi lahan kering. Peran sorgum sebagai sumber serat dapat diberikan dalam bentuk segar maupun silase. Silase tersebut dibuat dengan fermentasi hijauan pakan yang dilakukan secara anaerob dengan tujuan untuk mengawetkan dan meningkatkan nutrisi yang ada di dalamnya. Sorgum sebagai sumber serat

bagi ternak dapat menggantikan peran dari silase jagung. Sumber serat dari tanaman sorgum ini dapat berasal dari bagas sorgum, yaitu limbah pembuatan bioetanol berbahan dasar sorgum (Wahyono *et al.*, 2014).

2.4 Genotipe Sorgum

Perbedaan varietas sorgum akan mengacu pada faktor genetik pada masing-masing varietas sorgum. Faktor genetik merupakan salah satu faktor penentu pada pertumbuhan dan hasil pada tanaman sorgum. Gen dalam setiap benih tanaman sorgum yang berbeda varietasnya akan memiliki tampilan tanaman yang berbeda satu sama lain. Adanya perbedaan tersebut dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman sorgum dengan perlakuan yang sama (Rahmawati, 2013).

Berdasarkan penelitian Meliala *et al.*, (2016) genotipe berpengaruh nyata terhadap karakter vegetatif tanaman utama seperti tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, bobot basah dan kering tanaman. Genotipe juga berpengaruh nyata terhadap semua karakter reproduktif tanaman. Umur berbunga, umur panen, bobot malai, bobot biji per malai, bobot 1000 biji dan indeks panen dipengaruhi oleh genotipe tanaman. Pengaruh genotipe terhadap keragaman karakter vegetatif dan reproduktif menunjukkan bahwa perbedaan nilai pada karakter yang diamati disebabkan oleh perbedaan genotipe.

Sebagian besar kendali gen sifat bioenergi seperti biomassa, karbohidrat, dan kadar nira sangat kompleks seperti yang ditunjukkan oleh variasi yang terus

menerus muncul dalam suatu populasi yang menunjukkan bahwa gen tersebut sifatnya kuantitatif (Efendi *et al.*, 2013).

Balai Penelitian Tanaman Serealia (Balitsereal) pada tahun 2013 telah melepas dua varietas unggul sorgum sebagai sumber bioetanol, yaitu Super-1 dan Super-2. Super-1 merupakan galur asal Sumba NTT. Varietas ini mempunyai beberapa kelebihan yaitu, penampilan batang tanaman tinggi (2,16 m), umur 105 hari, potensi hasil 5,75 t ha⁻¹, nilai brix 13,47%, potensi biomas 38,70 t ha⁻¹ dengan potensi etanol 4.220 liter ha⁻¹. Super-2 merupakan galur asal ICRISAT dengan penampilan tanaman yang tinggi (2,3 m) namun umurnya agak dalam (115 hari). Varietas tersebut tahan rebah karena batangnya kokoh, potensi hasil biji 6,3 t ha⁻¹, nilai brix 12,65%, potensi etanol 4.119 liter ha⁻¹, dan potensi biomas 39,30 t ha⁻¹ (Subagio dan Aqil, 2014).

2.5 Etanol

Batang sorgum merupakan salah satu bagian dari tanaman sorgum yang cukup bermanfaat. Salah satu manfaat yang begitu besar yang terdapat pada batang sorgum adalah adanya kandungan nira yang dapat dijadikan etanol. Etanol dapat dibuat dengan cara memeras batang sorgum kemudian difermentasikan. Tetapi perkembangan mengenai etanol dari sorgum masih belum meluas, sorgum lebih banyak dimanfaatkan sebagai pakan ternak sehingganya sorgum masih belum memiliki nilai yang ekonomis. Salah satu manfaat terbesar etanol di dunia adalah sebagai bahan bakar (Soeranto, 2002).

Berdasarkan penelitian Pabendon *et al.*, (2012) hasil analisis korelasi sederhana dari karakter- karakter penting yang diamati pada nira batang menunjukkan korelasi yang tinggi. Hasil etanol per satuan luas vs kadar gula brix berkorelasi cukup tinggi yakni 0,76. Gula brix merupakan padatan dalam cairan nira yang terdiri atas gula, asam akonitat, dan amilum dimana gula brix merupakan porsi terbesar. Jadi yang terukur bukan hanya gula tetapi juga material lain seperti asam akonitat. Namun kadar gula brix masih dapat menjadi salah satu penanda perkiraan hasil etanol yang tinggi. Hasil etanol per satuan luas vs rendemen etanol memiliki nilai korelasi lebih kecil yakni 0,10. Rendemen etanol banyak dipengaruhi oleh metode fermentasi yang digunakan (Asli, 2010). Sedangkan, hasil etanol per satuan luas vs hasil biomas batang per satuan luas (ha) memberikan nilai korelasi tertinggi yakni 0,98. Hal ini menunjukkan bahwa selain kadar gula brix, bobot biomas batang juga merupakan salah satu kriteria utama dalam menyeleksi sorgum manis dengan produksi etanol tinggi.

Etanol merupakan cairan yang banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan berdasarkan konsentrasinya. Sifat kimia etanol yang tidak beracun, dapat digunakan sebagai bahan pelarut dalam industri kimia dan farmasi, campuran bahan bakar bensin, kosmetik dan obat-obatan. Terdapat 2 cara yang digunakan untuk memproduksi etanol, yaitu hidrasi etilen dan fermentasi. Namun karena terjadi peningkatan harga minyak mentah dunia, maka produksi etanol dilakukan dengan menggunakan bahan baku yang mengandung pati seperti ubikayu, ubi jalar, jagung, sorgum dan sago. Sedangkan, bahan baku yang mengandung gula dan selulosa perlu melalui suatu proses fermentasi dan destilasi. Salah satu bahan yang berpotensi sebagai bahan baku etanol adalah sorgum. Tanaman sorgum

memiliki produksi biji dan biomassa yang jauh lebih tinggi dibandingkan tebu. Laju pertumbuhan tanaman sorgum jauh lebih cepat umurnya hanya 4 bulan dibandingkan dengan tebu 7 bulan (Winarno dan Fardiaz, 1990).

2.6 Sistem Tanam Tumpangsari

Pola tanam tumpangsari tanaman sorgum dan ubikayu dapat menjadi salah satu cara meningkatkan produksi sorgum di Indonesia. Cara ini merupakan cara untuk mendapatkan hasil lebih dari satu sistem pertanaman, karena pada saat tanaman ubikayu belum menghasilkan dan belum menjadi tanaman naungan, tanaman sorgum dapat ditanam di sela-sela tanaman ubikayu yang memiliki jarak yang cukup lebar, hal ini merupakan cara untuk mengefisienkan penggunaan lahan dan pupuk. Namun persaingan antara tanaman sering menjadi masalah utama dalam hal ini, oleh sebab itu pengaturan pada saat tanam dan perawatan tanaman harus sangat diperhatikan guna mendapatkan hasil tanaman yang baik.

Sistem tanam tumpangsari banyak memiliki keuntungan di bandingkan dengan sistem tanam monokultur. Beberapa keuntungan sistem tanam tumpang sari diantaranya adalah (1) akan terjadi peningkatan efisiensi penyiapan lahan, (2) populasi tanaman dapat diatur sesuai yang dikehendaki, (3) dalam satu areal diperoleh produksi lebih dari satu komoditas, (4) tetap mendapatkan peluang hasil jika satu jenis tanaman yang diusahakan gagal, (5) kombinasi beberapa tanaman dapat menciptakan beberapa jenis tanaman dapat menciptakan stabilitas biologis sehingga dapat menekan serangan hama dan penyakit serta mempertahankan kelestarian sumber daya lahan dalam hal ini kesuburan tanah (Warsana, 2009).

2.7 Ubikayu

Ubikayu merupakan sumber bahan pangan ketiga di Indonesia setelah padi dan jagung. Dengan adanya perkembangan teknologi, ubikayu dijadikan bahan dasar pada industri makanan seperti sumber utama pembuatan pati. Selama ini produksi ubikayu yang berlimpah sebagian besar hanya digunakan sebagai bahan baku industri tapioka. Berdasarkan sifat fisik dan kimia, ubikayu merupakan umbi atau akar pohon yang panjang dengan rata-rata bergaris tengah 2-3 cm dan panjang 50-80 cm, tergantung dari jenis ubikayu yang ditanam. Sifat fisik dan kimia ubikayu sangat penting artinya untuk pengembangan tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Karakterisasi sifat fisik dan kimia ubikayu ditentukan oleh sifat pati sebagai komponen utama dari ubikayu (Susilawati *et al.*, 2008).

Sebagai sumber karbohidrat, tanaman ubikayu mempunyai kedudukan yang strategis sebagai bahan baku pangan, pakan maupun berbagai industri pangan dan non pangan. Selain untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri, ubikayu juga merupakan komoditas penghasil devisa negara melalui ekspor dalam bentuk tepung, pati maupun bentuk olahan lainnya. Bertambahnya jumlah penduduk, berkembangnya industri peternakan dan industri berbahan baku ubikayu mendorong permintaan ubikayu meningkat tajam. Selain itu, ubikayu ditetapkan sebagai salah satu tanaman sumber energi alternatif terbarukan yang dapat dipastikan permintaan ubikayu akan lebih meningkat lagi (Howeler *et al.*, 2013).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan pada lahan tumpangsari sorgum dengan ubikayu di Jalan Ir. Sutami, Desa Sukanegara, Kecamatan Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Penelitian ini dilakukan mulai Maret 2017 sampai Februari 2018.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat pengolah tanah, golok, sabit, ember, plang nama genotipe, tali plastik, label sampel, cutter, gunting, botol, timbangan elektrik, jangka sorong, gelas ukur, seed blower, seed counter, kertas saring biasa, corong, refraktometer, stapler, meteran, timbangan, SPAD 500 (Konica Minolta), mesin pemeras jus, destilator, oven, kamera, piknometer dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 15 genotipe sorgum yaitu GH-3, GH-4, GH-5, GH-6, GH-7, GH-13, P/I WHP, P/F 5-193-C, Samurai-1, Super-1, Super-2, Numbu, Mandau, Talaga Bodas dan UPCA (University of Philippine, College of Agriculture) yang berasal dari koleksi Laboratorium Benih Universitas Lampung, serta stek ubikayu varietas Kasesart (UJ5). Deskripsi

singkat mengenai genotipe sorgum disajikan pada Tabel 58. Pupuk yang digunakan yaitu Urea, TSP, dan KCl. Bahan yang digunakan dalam analisis kadar brix adalah sampel jus sorgum, dan bahan yang akan digunakan untuk analisis kadar etanol yaitu sampel jus sorgum dan fermipan yang digunakan untuk fermentasi.

3.3 Metode Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) yang terdiri atas 15 perlakuan yaitu 15 genotipe sorgum dan setiap perlakuan diulang tiga kali. Pada setiap plot percobaan diambil 3 sampel tanaman yang digunakan sebagai sampel pengamatan. Homogenitas ragam diuji dengan menggunakan uji Bartlett dan aditivitas data diuji dengan uji Tukey. Kemudian, dilakukan analisis ragam jika ada perbedaan antar perlakuan maka dilakukan pemisahan nilai tengah dengan menggunakan Uji BNT pada taraf 5% dengan program MiniTab (versi 17). Tata letak dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

Model linear analisis ragam :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Ket:

Y_{ij} = Hasil volume etanol dari genotipe ke-i ($P_1, P_2, P_3, \dots, P_{15}$) pada kelompok ke-j (K_1, K_2, K_3)

μ = Nilai tengah populasi

τ_i = Pengaruh genotipe ke-i ($P_1, P_2, P_3, \dots, P_{15}$)

β_j = Pengaruh kelompok ke-j (K_1, K_2, K_3)

ϵ_{ij} = Galat baku

Kelompok I	Kelompok II	Kelompok III	
Kasetsart GH 13	Kasetsart GH 5	Kasetsart Super 2	
Kasetsart UPCA	Kasetsart GH 4	Kasetsart GH 6	
Kasetsart P/I WHP	Kasetsart Mandau	Kasetsart Mandau	
Kasetsart Numbu	Kasetsart GH 13	Kasetsart Super 1	
Kasetsart GH 6	Kasetsart UPCA	Kasetsart P/I WHP	
Kasetsart Super 2	Kasetsart Numbu	Kasetsart GH 3	
Kasetsart Samurai 1	Kasetsart Samurai 1	Kasetsart UPCA	
Kasetsart Super 1	Kasetsart GH 3	Kasetsart P/F 5-193-C	
Kasetsart GH 4	Kasetsart GH 6	Kasetsart Talaga Bodas	
Kasetsart GH 5	Kasetsart Super 1	Kasetsart GH 4	
Kasetsart P/F 5-193-C	Kasetsart P/F 5-193-C	Kasetsart Samurai 1	
Kasetsart GH 3	Kasetsart GH 7	Kasetsart GH 5	
Kasetsart Mandau	Kasetsart Super 2	Kasetsart GH 7	
Kasetsart Talaga Bodas	Kasetsart P/I WHP	Kasetsart GH 13	
Kasetsart GH 7	Kasetsart Talaga Bodas	Kasetsart Numbu	

Gambar. 1 Tata letak penelitian tanaman sorgum pada pola pertanaman tumpangsari dengan ubikayu.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil secara komposit dari 5 titik pada lahan yang akan digunakan untuk budidaya tanaman sorgum dan ubikayu. Pengambilan sampel

tanah ini dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur hara N, P, K, tekstur, dan pH dalam tanah. Analisis tanah komposit dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.4.2 Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah dilakukan dengan membersihkan lahan dari sisa- sisa tanaman dan gulma dari pertanaman sebelumnya. Lahan tersebut diolah dengan menggunakan bajak sebanyak dua kali, dan tanah diratakan dengan bajak rotari. Setelah itu, lahan diploting menjadi 3 blok ulangan yang terdiri dari 15 plot sebagai perlakuan dengan luasan 5 m x 4 m untuk setiap perlakuan. Kemudian dibuat parit antar blok dan plot dengan jarak 1 meter.

3.4.3 Penanaman

Penanaman dilakukan seminggu setelah pembuatan plot percobaan. Penanaman sorgum dilakukan secara manual dengan cara ditugal sedalam 3-5 cm. Pada setiap lubang akan ditanam 2-3 butir benih sorgum. Jarak tanam sorgum adalah 80 cm x 20 cm. Pada sistem tanam tumpangsari, sorgum ditanam di antara barisan tanaman ubikayu. Penanaman ubikayu menggunakan stek varietas Kasetsart berukuran 25 – 30 cm. Jarak tanam ubikayu adalah 60 cm x 80 cm. Setiap plot percobaan terdapat 100 rumpun tanaman sorgum dan 40 tanaman ubikayu.

3.4.4 Penyulaman

Penyulaman bertujuan untuk mengganti benih yang tidak tumbuh atau tanaman yang pertumbuhannya tidak normal dengan benih yang baru. Penyulaman dilakukan maksimal sampai umur tanaman sorgum 2 MST.

3.4.5 *Penjarangan*

Penjarangan tanaman dilakukan ketika tanaman sorgum berumur 3 MST.

Penjarangan dilakukan jika pada satu lubang tanam terdapat lebih dari satu tanaman. Penjarangan tersebut dilakukan dengan cara memotong bagian pangkal tanaman dan menyisakan satu bagian tanaman yang pertumbuhan dan perkembangannya baik.

3.4.6 *Penyiangan Gulma*

Penyiangan dilakukan disekitar areal penanaman sebanyak dua kali dengan menggunakan cangkul atau mencabut gulma yang tumbuh pada plot percobaan ataupun pada saluran drainase. Penyiangan dilakukan pada 3 hari sebelum tanaman dipupuk pertama dan kedua.

3.4.7 *Pemupukan*

Pemupukan dilakukan dengan menggunakan pupuk anorganik yaitu Urea, TSP, KCl dengan dosis masing masing yaitu Urea 200 kg ha⁻¹, TSP 150 kg ha⁻¹, KCl 100 kg ha⁻¹. Sedangkan untuk tanaman ubikayu dosis pupuk yang dibutuhkan adalah Urea 200 kg ha⁻¹, TSP 150 kg ha⁻¹, dan KCl 200 kg ha⁻¹. Pemupukan dilakukan dengan cara dilarik di samping tanaman. Pemupukan dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pemupukan awal dilakukan 4 MST dengan pemberian dosis pupuk Urea dan KCl ½ dosis pemupukan dan seluruh dosis pupuk TSP. Pemupukan kedua dilakuan pada fase vegetatif maksimal (8 MST) dengan pemupukan ½ dosis pupuk Urea dan KCl yang tersisa.

3.4.8 Pemanenan

Dalam penelitian ini proses pemanenan dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu pada fase masak susu dan masak fisiologis. Pemanenan pada fase masak susu dilakukan pada 11 – 13 MST. Pemanenan pada fase masak susu dilakukan untuk memperoleh nira batang dorgum yang digunakan sebagai bahan pembuatan etanol. Sedangkan pemanenan pada fase masak fisiologi dilakukan untuk memperoleh komponen hasil seperti panjang malai, bobot biji per tanaman, bobot 300 biji, bobot kering batang, dan bobot kering daun. Pemanenan pada fase vegetatif maksimum dilakukan ketika biji dianggap telah masak optimal yakni 16 – 18 MST.

3.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada 3 tanaman sampel dari setiap plot. Adapun variabel yang diamati selama penelitian berlangsung adalah :

3.5.1 *Komponen Pertumbuhan*

1. Panjang batang (cm)

Pengamatan panjang batang dilakukan dengan mengukur dari bagian buku batang terbawah hingga bagian buku daun tertinggi yang membuka sempurna, pengukuran akan dilakukan pada 6 MST, 7 MST, 8 MST, dan sampai fase vegetatif maksimum (9 MST) yang ditandai dengan adanya daun bendera. Alat yang digunakan untuk mengukur panjang batang adalah meteran tali.

2. Jumlah Daun (helai)

Perhitungan jumlah daun dilakukan pada 6 MST, 7 MST, 8 MST, dan sampai fase vegetatif maksimum (9 MST) dengan menghitung jumlah daun per tanaman yang sudah membuka sempurna.

3. Kehijauan Daun (unit)

Kehijauan daun diukur pada 10 MST yang ditandai dengan munculnya daun bendera. Pengukuran kehijauan daun dilakukan pada daun ketiga dihitung setelah daun bendera yang diambil tiga titik yaitu pangkal, tengah dan ujung daun lalu dirata-ratakan. Alat yang digunakan untuk mengukur kehijauan daun adalah SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) 500.

4. Diameter Batang (mm)

Pengukuran diameter batang dilakukan pada setiap sampel sebanyak 2 kali dengan waktu yang berbeda yakni pada 10 MST. Setiap sampel diambil tiga titik pengukuran, yaitu pada bagian atas, tengah, dan bawah dengan menggunakan jangka sorong dengan satuan milimeter (mm).

3.5.2 *Komponen pada Fase Masak Susu*

1. Nilai °Brix (%)

Nilai derajat brix, kadar gula pada nira diukur dengan menggunakan refraktometer. Refraktometer yang digunakan adalah refraktometer manual. Pengukuran derajat brix dilakukan pada saat tanaman memasuki fase masak susu (13 MST) dengan satuan persen (%). Bahan yang digunakan untuk mengukur derajat brix adalah nira hasil perasan batang sorgum.

2. Volume Nira per Batang (ml)

Nira diperoleh dari batang yang dipanen saat biji masak susu. Volume nira yang diukur adalah per batang, pengukuran nira batang sorgum dilakukan dengan cara menggiling batang tanaman sorgum dengan menggunakan alat pemeras pada Gambar 8., lalu menampung nira yang keluar. Kemudian nira diukur volumenya dengan menggunakan gelas ukur.

3. Volume Sampel Etanol per Tanaman (ml)

Volume sampel etanol diperoleh dari hasil fermentasi nira sorgum dengan menambahkan starter yakni fermipan sebagai sumber *Saccharomyces cerevisiae* dan difermentasikan selama 2 x 24 jam. Setelah itu dilakukan destilasi untuk memperoleh volume sampel etanol dengan menggunakan alat destilator. Kemudian etanol yang dihasilkan diukur menggunakan gelas ukur untuk mengetahui volume yang dihasilkan untuk setiap sampel tanaman. Prosedur pembuatan etanol disajikan pada Gambar 4. Kemudian dihitung rendemen etanol yang dihasilkan dari destilasi dengan nira hasil fermentasi.

$$\text{Rendemen etanol} = \frac{\text{volume etanol hasil destilasi}}{\text{volume nira yang difermentasi}} \times 100 \%$$

4. Bobot Kering Batang Peras (g)

Bobot kering batang diperoleh dari hasil batang yang telah diperas pada saat panen masak susu. Batang dikeringanginkan selama 24 jam dan dikeringkan menggunakan oven selama 48 jam dengan suhu 80° C. Kemudian batang ditimbang dengan menggunakan timbangan elektrik untuk memperoleh bobot kering batang peras.

5. Bobot Kering Daun per Tanaman (g)

Bobot kering daun diperoleh saat panen masak susu, daun dipisahkan dari batangnya. Kemudian daun dikeringanginkan selama 24 jam dan dikeringkan dalam oven selama 48 jam dengan suhu 80° C. Kemudian ditimbang bobot kering daun dengan menggunakan timbangan elektrik.

6. Kadar Etanol (%)

Kadar etanol dapat ditetapkan berdasarkan bobot jenis hasil destilasi menggunakan tabel bobot jenis dan kadar etanol. Alat yang digunakan untuk menetapkan bobot jenis adalah timbangan elektrik 4 digit dibelakang koma dan menggunakan piknometer. Prosedur penetapan kadar etanol disajikan pada Gambar 5. dan tabel konversi bobot jenis kadar (v/v) disajikan pada Tabel 55. Sedangkan untuk menetapkan bobot jenis larutan etanol dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\rho = \frac{W_2 - W_0}{W_1 - W_0}$$

Keterangan :

ρ = bobot jenis larutan etanol (g)

W_0 = bobot piknometer kosong (g)

W_1 = bobot piknometer yang berisi aquades (g)

W_2 = bobot piknometer yang berisi hasil destilasi (g)

3.5.3 *Komponen Masak Fisiologis*

1. Panjang Batang (cm)

Pengukuran panjang batang saat fase masak fisiologi dilakukan pada 18 MST dengan mengukur batang tanaman dari buku batang terbawah sampai dengan pangkal daun teratas menggunakan alat ukur panjang tanaman yaitu meteran tali.

2. Diameter Batang (mm)

Diameter batang saat fase masak fisiologi dilakukan pada 18 MST dengan mengukur tiga titik yaitu pada bagian pangkal, tengah dan atas lalu dirataratakan. Alat yang digunakan adalah jangka sorong.

3. Jumlah Ruas (ruas)

Pengukuran jumlah ruas dilakukan pada 18 MST yaitu saat fase masak fisiologis. Pengukuran jumlah ruas dilakukan pada setiap sampel tanaman.

4. Panjang Malai (cm)

Pengukuran panjang malai dilakukan pada 18 MST, pengukuran tersebut dilakukan pada setiap sampel tanaman dengan menggunakan meteran.

5. Bobot Kering Batang (g)

Bobot kering batang diperoleh dari batang tanaman sampel yang dipanen saat fase masak fisiologi. Tanaman sorgum tersebut dipisahkan bagian batang, daun, dan bijinya. Bobot kering batang diperoleh dari potongan batang tanaman. Selanjutnya batang tersebut dikeringanginkan selama 24 jam dan

dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 2 x 24 jam, setelah itu dilakukan penimbangan dengan timbangan elektrik.

6. Bobot Kering Daun (g)

Bobot kering daun diperoleh dari daun tanaman sampel yang dipanen saat fase masak fisiologi. Daun tanaman dipisahkan dari batang lalu dikeringanginkan selama 24 jam. Setelah itu, dilakukan pengeringan dalam oven selama 2 x 24 dengan suhu 80°C.

7. Head Bobot per Tanaman (g)

Pengukuran head bobot dilakukan saat fase masak fisiologis yakni pada 18 MST. Pengukuran tersebut dilakukan untuk setiap sampel tanaman dengan menggunakan timbangan elektrik.

8. Bobot Cangkang per Tanaman (g)

Bobot cangkang per tanaman diperoleh setelah head bobot dikeringanginkan selanjutnya dipipil. Kemudian cangkang dan biji yang diperoleh selanjutnya dipisahkan dan bobot cangkang per tanaman ditimbang dengan timbangan elektrik.

9. Bobot Biji per Tanaman (g)

Bobot biji per tanaman diperoleh setelah biji dikeringanginkan, kemudian dipipil dan ditimbang bobot biji per tanaman dengan menggunakan timbangan elektrik.

10. Bobot 1000 Butir Biji Kering (g)

Bobot 1000 butir biji kering diperoleh setelah panen dan dikeringanginkan lalu dipipil. Bobot biji 1000 butir diperoleh berdasarkan konversi dari pengukuran bobot 300 butir . Butir biji sebanyak 300 diperoleh dengan menggunakan alat *seed counter*. Setelah itu ditimbang 300 butir biji sorgum dengan timbangan elektrik.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Karakter agronomis terutama panjang batang tanaman sorgum mempengaruhi volume nira yang dihasilkan oleh sorgum yang ditanam tumpangsari dengan ubikayu, semakin tinggi panjang batang maka volume nira yang dihasilkan semakin tinggi.
2. Berdasarkan hasil penelitian sorgum yang ditanam tumpangsari dengan ubikayu, genotipe GH 3 dan Super 1 memiliki produksi etanol tertinggi dibandingkan dengan genotipe lainnya. Genotipe Numbu memiliki produksi biji tertinggi dibandingkan dengan genotipe lainnya dan berpotensi untuk dijadikan sorgum biji. Genotipe GH 6 dan Super 2 menghasilkan biomassa tertinggi dibandingkan dengan genotipe lainnya.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penulis memberi saran agar pada penelitian selanjutnya digunakan alat destilasi otomatis dan ruang simpan nira

dan etanol yang suhu ruangnya dapat dikendalikan agar diperoleh hasil etanol yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, A., dan M. Isnaini. 2016. Inovasi dan Pengembangan Sorgum. *Morfologi dan Fase Pertumbuhan Sorgum*. Balai Penelitian Tanaman Sereal. 47p.
- Asli, M.S. 2010. A study on some efficient parameters in batch fermentation of ethanol using *Saccharomyces cerevisiae* SC1 extracted from fermented siahe sardasht pomace. *African Journal of Biotechnology*, 9(20): 2906-2912.
- Badan Pusat Statistika. 2016. *Luas Lahan Ubikayu di Lampung*. <http://www.bps.go.id>. Diakses pada November 2017.
- Balitsereal. 2013. *Deskripsi Varietas Sorgum*. <http://balitsereal.litbang.pertanian.go.id/deskripsi-varietas/>. Diakses pada Juli 2018
- Buhaira. 2007. Respon Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) dan Jagung (*Zea mays* L.) terhadap Beberapa Pengaturan Tanam Jagung pada Sistem Tanam Tumpang sari. *Jurnal Agronomi*, 11(1): 41-45.
- Efendi, R., M. Aqil, M. Pabendon. 2013. Evaluasi Genotipe Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Produksi Biomas dan daya Ratan Tinggi. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, (2) : 116 – 125.
- Ferdian, B., M. Kamal., A. Karyanto, dan Sunyoto. 2015. Akumulasi Bahan Kering Beberapa Varietas Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Ratoon 1 pada Kerapatan Tanaman Berbeda. *Jurnal Agrotek Tropika*, (3) : 41- 48.
- Hamim, H. dan Sunyoto. 2011. Penampilan Agronomi Beberapa Genotipe Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) pada Tingkat Pemupukan Nitrogen Berbeda. *Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Howeler, R.H., N. Lutaladio, and G. Thomas. 2013. *Save and Grow: Cassava, A Guide to Sustainable Production Intensification*. Food and Agriculture Organization. Rome. 129p.

- ICRISAT. 1990. Industrial Utilization of Sorghum. *Proceedings of Symposium on the Current Status and Potential of Industrial Uses of Sorghum*. 59p.
- ICRISAT. 2002. *Annual Report 2002 of Sorghum Research and Dissemination*. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Iriany, R. N., dan A. T. Makkulawu. 2016. *Asal Usul dan Taksonomi Tanaman Sorgum*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. 15p.
- Nurmala, T. S.W. 2003. *Serealia Sumber Karbohidrat Utama*. Rineka Cipta. Jakarta. 93p.
- Mangoendidjojo, W. 2008. *Pengantar Ilmu Pemuliaan*. Kanisius. Yogyakarta. 35p.
- Meliala, M. G., Trikoesoemaningtyas, dan D. Sopandie. 2016. Keragaan dan Kemampuan Meratun Lima Genotipe Sorgum. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 45 (2):154-161.
- Pabendon, M. B., M. Aqil, dan S. Mas'ud. 2012a. Kajian Sumber Bahan Bakar Nabati Berbasis Sorgum Manis. *Iptek Tanaman Pangan*, 7 (2) : 123- 129.
- Pabendon, M. B., R. S. Sarungallo, dan S. Mas'ud. 2012b. Pemanfaatan Nira Batang, Bagas, dan Biji Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Jurnal Pertanian Tanaman Pangan*, 3 (3): 196-210.
- Panjaitan, R., E. Zuhry, dan Deviona. 2015. Karakterisasi dan Hubungan Kekerbatan 13 Genotipe Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Koleksi BATAN. *JOM Faperta*, 2 (1) : 25-35.
- Plessis, Jean Du. 2008. *Sorghum Production*. Department Agriculture. Republic of South Africa. 3p.
- Rahmawati, A. 2013. Respons Beberapa Genotipe Sorgum (*Sorghum bicolor*(L.) Moench) Terhadap Sistem Tumpang sari dengan Ubikayu (*Manihot Esculenta* Crantz). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Rahmawati, A., M. Kamal, dan Sunyoto. 2014. Respon Beberapa Genotipe (*Sorghum bicolor* (L) Terhadap Sistem Tumpangsari dengan Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz. *Jurnal Agrotek Tropika*, 2 (1) : 25 – 29.
- Rahmi, S., dan Zubachtirodin. 2007. *Teknologi Budidaya Gandum*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Rifa'i, H., S. Ashari, dan Damanhuri. 2015. Keragaan 36 Aksesori Sorgum (*Sorghum bicolor*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 3 (4): 330-337.

- Sari, R. P. P. 2009. Pembuatan etanol dari nira sorgum dengan proses fermentasi. *Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia*, 1 – 5.
- Sirappa, M.P. 2003. Prospek Pengembangan Sorgum di Indonesia sebagai Komoditas Alternatif Untuk Pangan, Pakan, dan Industri. *Jurnal Litbang Pertanian*, 22 (4): 133-136.
- Suarni, dan H. Subagio. 2013. Potensi Pengembangan Jagung dan Sorgum Sebagai Sumber Pangan Fungsional. *Jurnal Litbang Pertanian*, 32 (2): 47 – 5 .
- Subagio, H., dan M. Aqil. 2014. Sorgum Untuk Pangan, Pakan, dan Bioenergi. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Tanaman Pangan*, 9 (1): 40-43.
- Soeranto, H. 2002. *Prospek dan Potensi Sorgum Sebagai Bahan Baku Bioetanol*. Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Jakarta Selatan.
- Susilawati, N., Nurdjanah, dan S. Putri. 2008. Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia Ubikayu (*Manihot Esculenta*) Berdasarkan Lokasi Penanaman dan Umur Panen Berbeda. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, 13 (2): 57-71.
- Tarigan, D.H., T. Irmansyah, dan E. Purba. 2013. Pengaruh Waktu Penyiangan terhadap Pertumbuhan dan Produksi Beberapa Varietas Sorgum (*Sorghum bicolor*). *Jurnal Online Agroteknologi*, 2 (1): 86-94.
- Wahyono, T., D. A. Astuti, K. G Wirgawan, dan Sugoro, I. 2014. Pengujian Ransum Kerbau Berbahan Baku Sorgum Sebagai Sumber Serat Secara In Vitro dan In Sacco. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 10 (2): 113- 125.
- Warsana. 2009. *Introduksi Teknologi Tumpangsari Jagung dan Kacang Tanah*. Sinar Tani. Jakarta. 6p.
- Winarno, F. G., dan D. Ferdiaz. 1990. *Biofermentasi dan Biosintesa Protein*. Angkasa. Bandung. 98p.
- Wills, R.B.H., T. H. Lee, D. Graham, W. B. McGlason, and E. G. Hall. 2005. *Postharvest: An introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables*. 2nd Ed. AVI Publ.Co.
- Wu, X., S. Staggenborg, J. L. Propheter, W. L. Rooney, J. Yu, and D. Wang. 2010. Features of sweet Sorghum juice and their performance in ethanol fermentation. *Industrial Crops and Products*, 31 (1):164-170.

Yuliasari, R., M. Kamal, dan Sunyoto. 2014. Distribusi Bahan Kering Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) yang Ditumpangсарikan dengan Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz.). *Jurnal Agrotek Tropika*, (2) : 61-64.