

**KESAN BIOCHAR TINJA AYAM TERHADAP
TUMBESARAN DAN PERKEMBANGAN
JAGUNG YANG DITANAM DI
TANAH GELUH BERPASIR**

KARISTANI AMOI ANAK ELEBIS

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS PERTANIAN DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM PENGELUARAN TANAMAN
FAKULTI PERTANIAN LESTARI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2018**



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN TESIS

JUDUL: KESAN BIOCHAR TINJA AYAM TERHADAP TUMBESARAN DAN PERKEMBANGAN JAGUNG YANG DITANAM DI TANAH GELUH BERPASIR

IAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS PERTANIAN DENGAN KEPUIAN, PENGELOUARAN TANAMAN

SAYA: KARISTANI AMOI ANAK ELEBIS SESI PENGAJIAN: 2014-2018
(HURUF BESAR)

Mengaku membenarkan tesis *(LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

- SULIT (Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di AKTA RAHSIA RASMI 1972)
- TERHAD (Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijangka)
- TIDAK TERHAD

[Signature]
(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: RUMAH PANGGAI,
MELUGU TENGAH, 95000
SRI AMAN SARAWAK

TARIKH: 16/1/2018

Disahkan oleh:

[Signature]
NURULAIN BINTI ISMAIL
PUSTAKAWAN KANAN
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)
(UNIVERSITI MALAYSIA SABAH)

MOHAMADU BOYIE JALICHI, PhD
Professor Madya
FAKULTI PERTANIAN LESTARI
UMS CAWANGAN SANDAKAN

(NAMA PENYELIA)
TARIKH: 16/Jan 2018

Catatan:

- *Potong yang tidak berkenaan.
- *Jika tesis ini SULIT dan TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.
- *Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara Penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

Saya akui bahawa karya ini adalah hasil saya sendiri kecuali sumber atau fakta yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Saya juga mengakui bahawa disertasi ini tidak pernah atau sedang dihantar untuk perolehi ijazah dari universiti ini atau mana-mana universiti yang lain.

Karistani Amoi anak Elebis

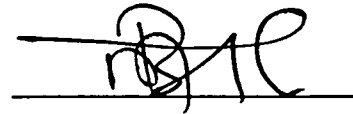
BR14110036

16 Januari 2018



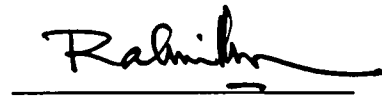
DIPERAKUKAN OLEH

1. Prof. Madya. Dr. Mohamadu Boyie Jalloh
PENYELIA



MOHAMADU BOYIE JALLOH, PhD
Professor Madya
FAKULTI PERTANIAN LESTARI
UMS CAWANGAN SANDAKAN

2. Prof. Dr. Abd. Rahman Milan
PENYELIA BERSAMA



PROF. DR. ABD RAHMAN MILAN
PENSYARAH
FAKULTI PERTANIAN LESTARI
UMS KAMPUS SANDAKAN



PENGHARGAAN

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada Tuhan kerana dengan berkat-Nya saya mampu menyelesaikan disertasi ini dengan jayanya. Di kesempatan ini, saya ingin mengambil kesempatan untuk mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada Penyelia saya, Prof. Madya. Dr. Mohamadu Boyie Jalloh dan Penyelia bersama saya, Prof. Dr. Abd. Rahman Milan ke atas segala bimbingan dan cadangan yang mambantu saya sepanjang kajian ini dijalankan.

Seterusnya saya ingin mengucapkan terima kasih kepada keluarga saya, terutamanya ibu saya Saloma anak Nyimbang kerana sentiasa memberi sokongan dari segi perbelanjaan untuk saya menyiapkan kajian ini. Tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada adik saya, Elvin Asit anak Elebis dan abang saya, Balawan anak Elebis untuk segala sokongan moral yang diberikan.

Dengan peluang ini, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pensyarah, rakan-rakan (Nik Nur Aklili, Ng Ji Feng, Byron Clifford Blantocas, Shirley Lee Ya Ling, Neo Shea Dee, Zazazirah Yahya, Suzzane Demsih, Herrica Clara, Suzy Alexius, Gerald Sang, Vesfony Voo, Evelyn Koay Shin Rou, Ng Hooi Chin dan Debra Ong Hsiang Shiang) yang membantu dalam menjayakan kajian ini. Terima kasih juga kepada Hezron Clanery Henry M.R.S atas memberi panduan dan bimbingan dalam penulisan tesis ini.

Terakhir sekali, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada mereka yang membantu dan menyokong saya sama ada secara langsung atau tidak langsung semasa projek dan disertasi selesai.



ABSTRAK

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan sumber makanan yang mempunyai permintaan tinggi di dalam dan luar negara. Jagung memerlukan tanah yang subur dan sesuai untuk memperolehi hasil yang dikehendaki. Biochar merupakan salah satu pindaan tanah yang mampu membantu untuk memperbaiki tanah yang kurang subur dengan membantu mengekalkan kelembapan tanah. Tanah geluh berpasir merupakan tanah jenis loam yang berpasir. Tanah jenis ini tidak dapat memegang sejumlah besar air atau nutrien untuk pertumbuhan tanaman. Kajian ini dijalankan untuk mengenal pasti kesan biochar tinja ayam terhadap pertumbuhan dan perkembangan jagung yang ditanam di atas tanah geluh berpasir. Kajian ini telah dijalankan di bawah rumah kalis serangga, Fakulti Pertanian Lestari Universiti Malaysia Sabah. Penyelidikan ini telah dijalankan selama 3 bulan menggunakan Reka Bentuk Penuh Rawak (CRD). Jagung tersebut telah ditanam dalam pasu yang berukuran 30cm (diameter) dan empat rawatan telah digunakan dalam eksperimen ini. Rawatan yang telah digunakan ialah 0 tan/ha, 15 tan/ha, 30 tan/ha dan 45 tan/ha. Parameter dalam kajian ini adalah berdasarkan tumbesaran, perkembangan dan analisa tanah. Untuk pertumbuhan jagung, parameter yang diambil ialah ketinggian pokok (cm), bilangan daun ukur lilit batang. Untuk perkembangan jagung, parameter yang diambil ialah masa berbunga. Untuk analisa tanah, parameter yang direkodkan ialah pH tanah, kandungan Nitrogen (N), dan kandungan Karbon (C). Setiap data telah dianalisa dengan menggunakan program SAS versi 9.4. Hasil kajian menunjukkan rawatan 2 dengan aplikasi biochar 15 tan/ha prestasi terbaik dalam tumbesaran dan perkembangan jagung manis. Kesimpulannya, rawatan 2 dengan aplikasi biochar 15 tan/ha telah menunjukkan prestasi terbaik dalam tumbesaran dan perkembangan jagung manis. Terdapat perbezaan yang signifikan ($P < 0.05$) pada parameter peratus kandungan nitrogen dan bacaan pH dalam tanah. Kajian lanjutan harus dijalankan untuk mengkaji lebih kesan biochar terhadap variety jagung lain.



EFFECT OF BIOCHAR ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF MAIZE PLANTED ON SANDY LOAM SOIL

ABSTRACT

Maize (Zea mays L.) is one of the food sources that has a high demand locally and internationally. Maize need fertile soil to grow and produce a good yield. Biochar is one of the soil amendments that can help to improve the poor soil condition and to increase the soil water retention. Sandy loam soil is a type of soil that cannot retain much water and nutrient for crop growth. This study was conducted to investigate the effects of chicken manure biochar on growth and development of maize planted on sandy loam soil. This study was carried out under an insect proof net-house, at the Faculty of Sustainable Agriculture, Universiti Malaysia Sabah. This research was conducted for 3 months using a Completely Randomized Design (CRD). Maize was planted in pots with a 30 cm diameter and four treatments were applied in this experiment, each replicated 5 times. Treatments that were used are 0 tonnes/ha, 15 tonnes/ha, 30 tonnes/ha and 45 tonnes/ha of biochar. The parameters in this study was based on the plant growth and development and soil analysis. The parameters for growth of maize were the height of plant (cm), number of leaves and stem girth (cm). For maize development, the parameter that was measured was days of flowering. For soil analysis, the parameters measured were soil pH, nitrogen (N) content and carbon (C) content. All of the data were analyzed using SAS 9.4 version. This research showed that treatment 2, 15 tonnes of biochar per hectare resulted in the better sweet corn performance for growth and development. For soil, the results showed significant difference ($P < 0.05$) between treatments for Nitrogen percentage in soil and pH reading. Further studies need to be conducted to evaluate the effects of biochar on other corn varieties.



ISI KANDUNGAN

	Muka Surat
ISI KANDUNGAN	
PENGAKUAN	ii
DIPERAKUKAN OLEH	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	X
SENARAI SYMBOL UNIT DAN SINGKATAN	xi
BAB 1 PENGENALAN	1
1.1 Latar belakang	3
1.2 Justifikasi	3
1.3 Objektif	3
1.4 Hipotesis	3
BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	4
2.1 Tanaman Jagung Manis (<i>Zea mays</i>)	4
2.1.1 Asal dan Taburan Jagung	4
2.1.2 Taksonomi	5
2.1.3 Botani	5
2.1.4 Peringkat Pertumbuhan dan Perkembangan Jagung	10
2.1.5 Jagung manis Thai Supersweet	12
2.1.6 Pembajaan Yang Diperlukan Untuk Tanaman Jagung	13
2.1.7 Kandungan Nutrisi	14
2.1.8 Keperluan Asas Tanaman	15
2.1.9 Amalan Kultur	15
2.2 Baja Kimia	18
2.2.1 Nitrogen	18
2.2.2 Fosforus	19
2.2.3 Kalium	19
2.2.4 Karbon	19
2.3 Baja Organik	20
2.3.1 Biochar tinja ayam	20
2.3.2 Kesan biochar terhadap tumbesaran dan hasil tanaman	21
2.3.3 Kesan biochar terhadap tumbesaran dan hasil jagung	21
2.3.4 Kesan biochar terhadap tanah	21
2.3.5 Kesan biochar terhadap masa berbunga jagung	22
2.3.6 Tanah geluh berpasir	22
BAB 3 METODOLOGI	24
3.1 Tapak Kajian	24
3.2 Tempoh Kajian	24
3.3 Bahan-bahan	24
3.4 Kaedah	25
3.4.1 Rawatan dan Reka Bentuk Eksperimental	25
3.5 Parameter	26
3.5.1 Komponen Pertumbuhan Vegetatif	26
3.5.2 Komponen Perkembangan	26



3.5.3	Analisa Tanah	26
3.6	Penyediaan Pasu dan Pengurusan Tanaman	27
3.7	Analisis Statistik	28
BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN		29
4.1	Kesan Kadar Biochar Tinja Ayam Yang Berbeza Terhadap Ketinggian Jagung Manis	29
4.2	Kesan kadar biochar tinja ayam yang berbeza terhadap bilangan daun jagung manis	31
4.3	Kesan kadar biochar tinja ayam yang berbeza terhadap ukur lilit batang jagung manis	33
4.4	Kesan kadar biochar tinja ayam yang berbeza terhadap kandungan Karbon di dalam tanah	34
4.5	Kesan kadar biochar tinja ayam yang berbeza terhadap kandungan Nitrogen di dalam tanah	35
4.6	Kesan kadar biochar tinja ayam yang berbeza terhadap bacaan pH tanah	36
4.7	Kesan kadar biochar tinja ayam yang berbeza terhadap masa berbunga jagung manis	38
BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN		39
5.1	Kesimpulan	39
5.2	Cadangan	39
RUJUKAN		40
LAMPIRAN		47



Senarai Jadual

Jadual		Muka Surat
2.1	Taksonomi jagung	5
2.2	Pembajaan yang disyorkan	13
2.3	Kandungan nutrisi 100 gram jagung	14
2.4	Perosak jagung, simptom dan cara kawalan	17
2.5	Ekonomi pengeluaran jagung	18
3.1	Reka bentuk eksperimental berdasarkan CRD	25
3.2	Rawatan eksperimental	26



Senarai Rajah

Rajah		Muka Surat
2.1	Batang jagung	6
2.2	Daun jagung	7
2.3	Bunga jantan jagung	8
2.4	Bunga betina jagung	8
2.5	Biji jagung	9
2.6	Jenis-jenis akar jagung	10
2.7	Jenis-jenis tanah berdasarkan teksturnya	23
4.1	Peningkatan ketinggian tanaman dengan rawatan yang berbeza dalam 8 minggu	29
4.2	Peningkatan ketinggian tanaman dengan rawatan yang berbeza dalam minggu 8	30
4.3	Peningkatan purata bilangan daun dengan rawatan yang berbeza dalam 8 minggu	31
4.4	Peningkatan purata bilangan daun dengan rawatan yang berbeza dalam minggu 8	32
4.5	Peningkatan purata ukur lilit batang dengan rawatan yang berbeza dalam 8 minggu	33
4.6	Peningkatan purata ukur lilit batang dengan rawatan yang berbeza dalam minggu 8	34
4.7	Peratus kandungan Karbon (C) dengan rawatan yang berbeza dalam minggu 8	35
4.8	Peratus kandungan Nitrogen (N) dengan rawatan yang berbeza dalam minggu 8	36
4.9	Bacaan pH tanah dengan rawatan yang berbeza dalam minggu 8	37
4.10	Masa berbunga jagung dengan rawatan yang berbeza dalam 8 minggu	38

Senarai Simbol, Unit dan Singkatan

ANOVA	Analysis of Variance
CRD	Completely Randomized Design
FAO	Food and Agriculture Organization
FPL	Fakulti Pertanian Lestari
LSD	Least significant difference
MARDI	Malaysia Agriculture Research and Development Institute
MOP	Muriate of Potash
SAS	Statistical Analysis System
TSP	Triple Super Phosphate
USDA	United States Department of Agriculture



BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan tanaman bijirin yang berasal dari benua Amerika Tengah terutamanya tertumpu di Mexico dan telah menjadi makanan utama suku kaum Indian selama ribuan tahun. Di antara tanaman makanan, jagung berkedudukan ketiga selepas padi dan gandum dari segi sumbangan kalori dan dari segi nilai pengeluaran (FAO, 1992). Jagung adalah makanan ruji dan tanaman bijirin ketiga terpenting yang ditanam di Malaysia selepas padi dan kentang kerana keadaan iklim yang sesuai di Malaysia yang panas dan lembap sepanjang tahun. Sesetengah negara menggunakan jagung sebagai makanan ruji membuatkan jagung mempunyai permintaan yang tinggi. Selain daripada digunakan sebagai makanan ruji, jagung juga digunakan sebagai sumber makanan haiwan and kegunaan industri.

Di antara varieti jagung manis yang ditanam di Malaysia adalah Thai Supersweet, Supersweet kuning, Manis Madu, Masmadu dan Improved Masmadu. Negeri-negeri yang terlibat dalam penanaman jagung manis ialah Sabah, Sarawak, Johor, Terengganu, Pahang, Selangor, Kelantan, dan Perak. Pada tahun 2001, keluasan tanaman jagung manis di Semenanjung Malaysia ialah 4,899 hektar, 5,763 hektar di Sabah dan Sarawak, serta keluasan di seluruh Malaysia ialah 10,662 hektar (Leong, 2005).



Jagung mengandungi pelbagai nutrien dan vitamin yang berkhasiat untuk tubuh badan. Jadual 2.2 menunjukkan Karbohidrat, gentian, abu, Kalsium, besi, Natrium, Karotin, Retino yang seimbang, Vitamin B1, Vitamin B2, Niacin dan Vitamin C merupakan komposisi nutrien dan vitamin yang terdapat di dalam jagung menurut Jabatan Pertanian Negeri Pulau Pinang (2017). Selain daripada itu, jagung merupakan sumber tenaga yang tinggi selain mengandungi protin dan lemak.

Jagung manis (*Zea mays*. L. *saccharata*) adalah tanaman yang mempunyai komposisi nutrisi yang tinggi. Ianya dimakan dengan cara direbus dan dibakar. Jagung varieti Thai Supersweet merupakan varieti yang cepat mengeluarkan hasil. Selepas 51 hari, jagung Thai Supersweet akan berbunga. Selain daripada cepat mengeluarkan hasil, ianya juga rentan terhadap penyakit hawa daun *Heliminthosporium*. Dalam keluasan satu hektar, jagung Thai Supersweet mampu mengeluarkan hasil sebanyak 30 000 tongkol. Purata ketinggian jagung Thai Supersweet adalah 200 cm bergantung kepada kondisi tanah dan pembajaan. Kapanjangan tongkol jagung Thai Supersweet adalah 15 cm dan mempunyai biji berwarna kuning jingga (Jabatan Pertanian Negeri Pulau Pinang, 2017).

Jenis tanah sesuai untuk pertanian ialah tanah geluh (loam). Tanah ini sangat disukai oleh para pekebun dan jenis tanah yang mempunyai kandungan hampir sama di antara tanah lempung, kelodak dan pasir beserta humus iaitu kira-kira 40 peratus pasir, 40 peratus kelodak dan 20 peratus tanah liat. Tanah geluh mempunyai nilai pH dan kandungan kalsium yang tinggi. Tanah loam berwarna hitam dan sangat gembur, lembut dan rapuh di tangan anda apabila dipegang. Ia menyerap air dengan baik untuk tanaman tetapi cepat kering. Tanah jenis ini mempunyai daya pengudaraan yang baik iaitu bebas bergerak di antara partikel tanah hingga ke akar tanaman (Salleh, 2016).

Biochar adalah hasil dari pembakaran biomas tidak lengkap dalam keadaan oksigen yang terhad. Baru-baru ini, biochar telah mendapat perhatian yang lebih tinggi kerana ia dipercayai mampu meningkatkan penyerapan karbon tanah (Lehmann, 2007) dan untuk meningkatkan kesuburan tanah (Xu, 2013). Biochar merupakan baja tambahan semula jadi yang mampu menambahbaik dan menyuburkan tanah serta meningkatkan pengeluaran hasil tanaman. Kesan ketara biochar terhadap tanah dapat dilihat pada tanah yang mempunyai kandungan nutrien yang rendah atau kawasan yang memiliki kadar hujan yang rendah. Tanah yang diberikan pindaan biochar juga mampu

menambahbaik ketersediaan and penyerapan nutrien oleh tumbuhan. Kualiti dan kuantiti air dengan meningkatkan pengekalan nutrien dan agrokimia di dalam tanah untuk penggunaan tumbuhan (Uzoma, 2011). Nutrien akan kekal di dalam tanah dan tidak larut ke air bawah tanah sehingga menyebabkan pencemaran. Selain itu, biochar memberi kesan positif kepada pH tanah dan ke atas peningkatan bahan organik di dalam tanah. Permukaan biochar yang luas boleh menjadi habitat kepada bakteria dan kulat yang diperlukan oleh tumbuhan untuk memperolehi nutrien dari dalam tanah (Sonia dan Eko, 2014).

1.2 Justifikasi

Tujuan kajian ini adalah untuk mengenal pasti kesan aplikasi biochar tinja ayam terhadap pertumbuhan dan perkembangan pokok jagung yang ditanam di atas tanah geluh berpasir. Jagung manis mendapat permintaan yang tinggi di pasaran dan mempunyai peluang yang besar untuk tujuan eksport. Selain itu, kajian ini juga bertujuan untuk melihat kesan aplikasi biochar dengan kadar yang berbeza ke atas tanah geluh berpasir sama ada biochar mampu memberi kesan kepada peningkatan kesuburan dan kualiti tanah. Biochar digunakan dengan bertujuan untuk menyuburkan tanah tanpa gangguan alam sekitar.

1.3 Objektif

- i. Untuk mengenalpasti kesan biochar tinja ayam ke atas pertumbuhan dan perkembangan jagung yang ditanam diatas tanah geluh berpasir.
- ii. Untuk mengenalpasti kesan biochar tinja ayam ke atas tanah geluh berpasir.

1.4 Hipotesis

Hipotesis kajian adalah seperti berikut:

H_0 : Aplikasi biochar tinja ayam tidak menunjukkan kesan signifikan terhadap pertumbuhan dan perkembangan jagung yang ditanam di atas tanah geluh berpasir.

H_A : Aplikasi biochar tinja ayam menunjukkan kesan signifikan terhadap pertumbuhan dan perkembangan jagung yang ditanam dia atas tanah geluh berpasir.

BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 Tanaman Jagung Manis (*Zea mays*)

Zea mays dikenali sebagai jagung dan merupakan tanaman bijirin ketiga terpenting dunia selepas gandum dan padi (Gibbon dan Pain, 1985). *Zea mays* L. *saccharata* var. *rugosa* merupakan salah satu spesies jagung yang ditanam untuk dimakan sebelum kernel jagung bertukar menjadi keras dan berkanji. *Zea mays* L. *saccharata* var. *rugosa* dituai sebelum tongkol jagung menjadi matang. Ianya juga dikenali sebagai jagung manis.

2.1.1 Asal dan Taburan Jagung

Secara umumnya, adalah dipersetujui bahawa teosinte (*Z. mexicana*) adalah moyang kepada jagung, walaupun terdapat perbezaan pendapat sama ada jagung adalah daripada teosinte (Galinat, 1988). Teosintes adalah rumput liar yang berasal dari Mexico dan Amerika Tengah dan mempunyai pengedaran yang terhad. Spesies teosinte menunjukkan sedikit kecenderungan untuk merebak di luar julat semula jadi dan pengedaran terhad ke Utara, Amerika Tengah dan Selatan. Peredaran tidak dilaporkan berlaku di Asia Tenggara (Watson dan Dallwitz, 1992). Disebabkan oleh perbezaan dalam spesies dan tabiat tumbuhan, pengelasan taksonomi masih menjadi perkara yang kontroversi. Teosinte dikelaskan kepada dua subspesies iaitu, *Z. mays* ssp. *mexicana* dan *Z. mays* ssp. *parviglumis* var. *parviglumis* (varieti Balsas) dan var. *huehuetenangensis* (varieti Huehuetenango), dan spesies *Z. luxurians* (varieti Guatemala) (Iltis dan Doebley, 1980).

Di Malaysia, jagung manis telah diperkenalkan beberapa dekad yang lalu. Pada tahun 1990, Malaysia mempunyai keluasan penanaman jagung manis berkeluasan 5000



hektar. Varieti Cinta dan Bakti adalah varieti jagung manis tempatan yang telah diperkenalkan pada tahun 1970-an (Graham dan Yap, 1972). Pada tahun 1981, varieti jagung manis Thai Supersweet telah diperkenalkan (Lee *et al.*, 1983) diikuti varieti jagung manis Manis Madu pada 1987 (Lee *et al.*, 1986) yang diperkenalkan oleh MARDI.

2.1.2 Taksonomi

Jadual 2.1 menunjukkan bahawa jagung tergolong dalam suku Maydeae dalam keluarga rumput Poaceae (Ministry of Environment and Forests, 2011). "Zea" (Zela) diperolehi daripada nama lama Yunani untuk rumput makanan. Genus Zea terdiri daripada empat spesies dimana *Zea mays* L. penting dari segi ekonomi. *Zea* sp., yang lain disebut sebagai teosintes, ianya merupakan rumput liar yang berasal dari Mexico dan America Tengah (Iltis dan Doebley, 1980).

Jadual 2.1: Taksonomi Jagung

Kingdom	Plantae
Division	Magnoliophyta
Class	Liliopsida
Order	Poales
Family	Poaceae
Genus	<i>Zea</i>
Species	<i>Z. mays</i>

Sumber: Ministry of Environment and Forests, 2011

2.1.3 Botani

Jagung merupakan tanaman tahunan monokotilidon dan salah satu dari tanaman C4. Jagung memiliki batang yang tinggi dan tumbuh secara menegak. Jagung (*Z. mays* L.) adalah tinggi dengan daun bertindih yang disusun berselang dalam dua baris menegak bertentangan. Jagung merupakan bijirin yang menghasilkan tongkol yang lebih besar berbanding dengan tumbuhan bijirin lain (Malti *et al.*, 2011).

a) Batang

Kajian oleh Innes (2001) menyatakan jagung mempunyai batang yang lurus dan buku yang tebal di bahagian bawah seperti yang ditunjukkan pada Rajah 2.1. Jagung tidak mempunyai cabang dan berketinggian sehingga 4.5 m yang umumnya mencapai ketebalan tiga hingga empat sentimeter dan antara ruas yang pendek dan agak tebal pada bahagian pangkal pokok. Ruas lebih panjang dan tinggi di bahagian atas batang dan kemudian berbentuk tirus. Batang jagung berbentuk padat dan mempunyai jumlah ruas antara 8-21 ruas tetapi pada umumnya 14 ruas. Tinggi batang jagung bergantung pada varietinya, tinggi jagung yang normal adalah di antara 2-3 meter (Jabatan Pertanian Negeri Pulau Pinang, 2017).

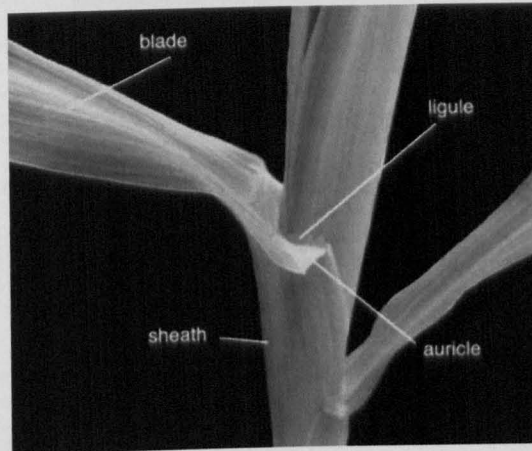


Rajah 2.1 Batang Jagung
Sumber: Innes, 2001

b) Daun

Kajian yang dijalankan oleh Shailes (2016) menyatakan daun jagung berbentuk lamina panjang, hujung daun bentuk akut seperti yang ditunjukkan pada Rajah 2.2. Daun jagung mempunyai bulu halus di permukaan. Daun tersusun secara berselang pada batang (Jabatan Pertanian Pulau Pinang, 2017). Daun jagung memanjang dan keluar dari buku-buku batang. Jumlah daun terdiri dari 8-18 helaian, bergantung kepada varieti jagung. Daun jagung terdiri dari tiga bahagian, iaitu kelopak daun, lidah daun, dan helaian daun. Kelopak daun secara umumnya berfungsi untuk membungkus batang

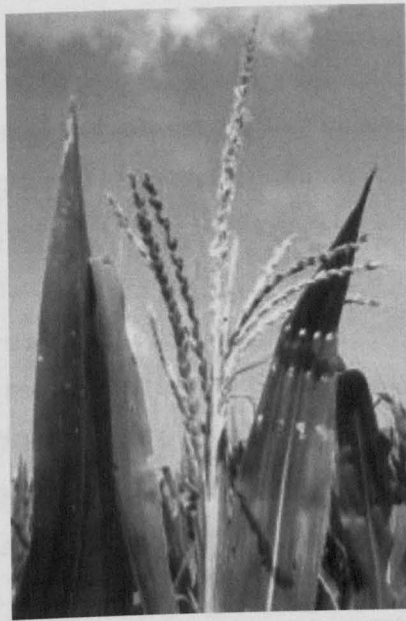
jagung. Di antara kelopak dan helaian daun terdapat lidah daun atau disebut dengan ligula. Permukaan daun tanaman jagung pada umumnya berbulu dan pada bahagian bawah permukaan daun tidak berbulu (Saleh, 2014).



Rajah 2.2 Daun Jagung
Sumber: Shailes, 2016

c) Bunga

Jagung memiliki bunga monosius. Bunga jantan padat dan banyak cabang mempunyai spikelet jantan. Setiap spikelet mempunyai 2 floret jantan. Spikelet betina mengeluarkan 2 floret. Benangsari panjang terbit dari ovari hingga ke hujung tongkol (Jabatan Pertanian Pulau Pinang, 2017). Spider (2014) menyatakan jagung memiliki bunga jantan dan bunga betina yang terpisah dalam satu pokok seperti yang ditunjukkan pada Rajah 2.3 dan 2.4. Bunga jantan tumbuh di bahagian pucuk tanaman. Bunga betina tersusun dalam tongkol. Bunga jantan jagung siap untuk pendebungaan 2-5 hari lebih awal daripada bunga betina. Setiap benangsari akan memberi nutrisi untuk mengisi satu barisan kernel di dalam tongkol.



Rajah 2.3 Bunga Jantan Jagung
Sumber: Spider, 2014



Rajah 2.4 Bunga Betina Jagung
Sumber: Spider, 2014

d) Bijirin

Jagung mempunyai buah yang lebar, obovat dan bentuk wedge (Jabatan Pertanian Pulau Pinang, 2017). Buah jagung terdiri atas tongkol, biji, dan daun pembungkus. Biji jagung mempunyai bentuk, warna, dan kandungan endosperma yang berbeza tergantung pada jenis jagungnya. Pada umumnya, biji jagung tersusun dalam barisan yang melekat secara lurus atau berlekok-lekok dan berjumlah antara 8-20 baris biji. Biji jagung terdiri dari tiga bahagian utama, iaitu perikarpa yang merupakan lapisan nipis pada luar biji, endosperma, dan embrio (Hapsari, 2006). Kajian USDA (2017) menyatakan satu bijirin jagung dikenali sebagai karyopsis, buah kering yang mengandungi biji tunggal yang bersatu dengan tisu dalaman seperti yang ditunjukkan pada Rajah 2.5.

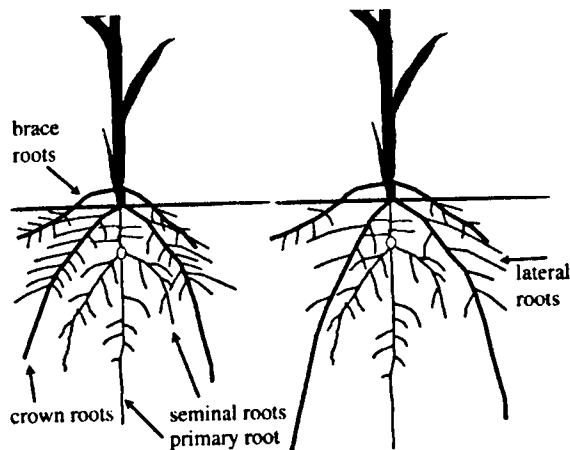


Rajah 2.5 Biji Jagung
Sumber: USDA, 2017

e) Akar

Terdiri dari akar redikel dan akar seminal yang merupakan akar primer untuk menyokong pertumbuhan pokok (Jabatan Pertanian Pulau Pinang, 2017). Kajian Jonathab dan Brown (2017) menyatakan sistem perakaran tanaman jagung terdiri daripada akar-akar seminal, koronal, dan akar udara seperti yang ditunjukkan pada Rajah 2.6. Akar-akar seminal ini tumbuh pada masa biji bercambah. Akar koronal merupakan akar yang tumbuh dari bahagian pangkal batang. Akar udara merupakan akar yang tumbuh pada pangkal pokok yang berada di permukaan tanah, tetapi dapat masuk ke dalam tanah (Hapsari, 2006). Akar tumbuh dengan cepat dan hampir sama ke luar dan ke bawah

tanah. Tanah yang subur boleh membenarkan pertumbuhan akar jagung sehingga 60 cm ke dalam tanah.



Rajah 2.6 Jenis-jenis Akar Jagung
Sumber: Jonathan dan Brown, 2012

2.1.4 Peringkat Pertumbuhan dan Perkembangan Jagung

Menurut Jabatan Pertanian Negeri Pulau Pinang (2017), jagung mengambil masa 68 sehingga 72 hari untuk mencapai peringkat kematangan fisiologi. Menurut Zaharah (1986), fasa tumbesaran dan perkembangan tanaman jagung adalah seperti berikut:

a) Proses Percambahan

Pada peringkat percambahan, biji jagung memerlukan jumlah air yang mencukupi yang terkandung di dalam tanah untuk dibekalkan kepada tumbuhan untuk proses percambahan. Biji benih akan bercambah sekiranya kelembapan di dalam tanah lebih dari 30 peratus (McWilliams *et al.*, 1999). Percambahan biji benih jagung terjadi apabila radikel muncul dari permukaan kulit biji benih. Penanaman di tempat atau kondisi yang kering menghalang proses percambahan daripada berlaku. Dalam masa 2-3 hari sekiranya biji benih menerima air yang mencukupi, radikel akan keluar dari biji jagung dan seterusnya diikuti oleh koleoptil dengan plumul tertutup (Hanway, 1963). Radikel akan membentuk akar dan plumul akan membentuk pucuk. Plumul ini dilindungi dengan koleoptil yang berupaya untuk menembusi permukaan tanah. Koleoptil biasanya mengambil masa kira-kira 4 hingga 10 hari untuk memanjang dan menghampiri permukaan tanah. Namun demikian, pemanjangan koleoptil mempunyai had. Oleh kerana koleoptil menembusi permukaan tanah, plumul akan mula kelihatan. Oleh itu,

menanam biji benih pada tanah yang keras akan menghalang proses percambahan dan boleh menyebabkan kematian pada biji benih (Zaharah, 1986).

b) Peringkat Pertumbuhan

Pada peringkat ini, anak pokok akan mula tumbuh akar dan membentuk daun. Pertumbuhan daun boleh dilihat dalam masa 4 hingga 5 minggu dan pada masa ini. Peringkat ini akan memutuskan jumlah bilangan daun yang akan muncul pada akhirnya (Zaharah, 1986).

c) Sistem Pembiakan

Jagung mempunyai bunga jantan di hujung tumbuhan yang dikenali sebagai 'tassel' dan bunga betina dikenali sebagai tongkol. Walaupun setiap pokok mengandungi satu 'tassel' namun ia boleh menjadi lebih daripada satu tongkol pada setiap pokok (Zaharah, 1986).

d) Pembentukan Bunga Jantan dan Tongkol

Kira-kira 40 hingga 50 hari selepas ditanam, pembentukan bunga jantan dan tongkol akan dapat dilihat. Bunga jantan mula terbentuk dan seterusnya diikuti oleh pembentukan tongkol. Kira-kira 8 hingga 10 daun boleh diperhatikan dan ketinggian pokok adalah pada paras lutut. Pertumbuhan pokok jagung yang cepat menyebabkan pokok tersebut memerlukan nutrien yang lebih banyak berbanding sebelumnya (Zaharah, 1986). Pembentukan bunga jantan akan dilihat pada dua ke tiga hari sebelum telinga jagung terbentuk, apabila bunga jantan telah terbentuk penuh tetapi benangsari jagung belum lagi muncul pada pucuk telinga jagung. Pokok jagung telah mencapai ketinggian penuh dan proses pendebungaan akan berlaku. Debunga biasanya jatuh pada lewat pagi dan awal petang. Pembentukan lengkap semua daun dan kehilangan sepenuhnya sumber debunga akan menghasilkan pembentukan bijirin (McWilliams *et al.*, 1999).

e) Proses Pendebungaan

Proses ini akan berlaku sebaik sahaja pembentukan bunga jantan selesai dan tongkol telah dapat dilihat. Proses pendebungaan berlaku dalam tempoh seminggu dan sekiranya keadaan tidak sesuai sama ada terlampau lembab atau kering (Zaharah, 1986), proses ini akan terhenti dan akan diteruskan sekiranya keadaan sesuai untuk proses pendebungaan. Tongkol kebiasaannya kelihatan selepas pembentukan 'tassel'. Satu 'tassel' tunggal mampu menghasilkan sebanyak 25,000,000 debunga untuk setiap kernel pada tongkol dengan 800-1000 biji (Poehlman, 1987). Proses pendebungaan adalah sangat penting kerana kegagalan pendebungaan akan mengakibatkan kemerosotan hasil jagung. Tongkol yang tidak melalui proses pendebungaan dengan baik akan menyebabkan jumlah bijirin yang rendah di dalam tongkol.

f) Pembentukan dan Kematangan Bijirin

Selepas proses pendebungaan, sutera atau benang sari di hujung tongkol akan layu dan akan bertukar kepada warna keemasan. Saiz maksimum tongkol telah dicapai dan kernel jagung kelihatan agak lembab. Pada peringkat ini, tumpuan diberikan kepada penyimpanan makanan di dalam bijirin. Selepas itu, berat kering bijirin akan meningkat dengan ketara diikuti dengan pengurangan kandungan kelembapan selepas 6 minggu pendebungaan. Ini adalah tanda-tanda yang menunjukkan bahawa bijirin telah mencapai kematangan fisiologi dan bersedia untuk dituai. Kandungan kelembapan di dalam bijirin ialah kurang dari 35% dan mempunyai lapisan hitam di pangkal tongkol (Zaharah, 1986).

2.1.5 Jagung manis Thai Supersweet

Usaha pembiakbakaan jagung manis mendapat perhatian yang baik di negara ini sejak akhir tahun enam puluhan. Universiti Malaya berusaha dan telah menghasilkan varieti Chinta (Graham dan Yap, 1972). Varieti ini telah dihasilkan melalui kacukan berganda dengan lapan pusingan pemilihan yang melibatkan empat varieti iaitu Metro, Antigua, Hawaiian Sugar dan Local Flint (Graham dan Yap, 1972). Pada tahun 1976, satu lagi varieti jagung manis, Bakti 1 telah dihasilkan oleh Univesiti Pertanian Malaysia melalui program kacukan dialel dan pada awal tahun lapan puluhan varieti Thai Supersweet

RUJUKAN

- Adediran, J. A., dan Banjoko, V. A. (2003). Comparative Effectiveness of Some Compost Fertilizer Formulation For Maize in Nigeria. *Soil Sci*, **13**, 42-48.
- Adepetu, J. A. (1970). The relative importance of organic phosphorus to crop nutrition in soils of Western Nigeria. *Doctoral dissertation, M. Phil. Thesis. Univ. Of Ife, Ile-Ife, Nigeria*, 23-25.
- Akintoye. (1996). Thesis Abstract. *International Institute of Tropical Agri Research*, 25-27.
- Akiyama, K., Matsuzaki, K.-I., dan Hayashi, H. (2005). Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature*, **435**: 824-827.
- Bhandal, I. S., dan Malik, C. P. (1988). Potassium estimation, uptake and its role in the physiology and metabolism of flowering plants. *International Review of Cytology*, **110**: 205-254.
- Cachada, A., Pato, P., Rocha-Santos, T., da Silva, E. F., dan Duarte, A. C. (2012). Levels, sources and potential human health risks of organic pollutants in urban soils. *Science of the Total Environment*, **430**, 184-192.
- Carter, S., Shackley, S., Sohi, S., Suy, T. B., dan Haefele, S. (2013). The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*). *Agronomy*, **3(2)**, 404-418.
- Chan, K. Y., dan Xu, Z. (2009). Biochar: nutrient properties and their enhancement. *Biochar for environmental management*, 67-84.
- Chan, K. Y., Van, Z. L., Meszaros, I., Downie, A., dan Joseph, S. (2008). Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Soil Research*, **45(8)**, 629-634.
- Chan, K., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., dan Joseph, S. (2007). Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*, **45**, 629-634.
- Chintala, R. J., Mollinedo, T. E., Schimacher, D. D., Malo, D. D., Papiermik, S., Clay, D. E., dan Gulbrandson, D. W. (2013). Nitrate sorption and desorption by biochars produced from microwave pyrolysis. *Microporus Mesoporous Materials*, **179**:250-257.
- Craufurd, P. Q. dan Wheeler T. R. (2009). Climate change and the flowering time of annual crops. *Journal of Experimental Botany*, **60(9)**, 2529-2539.
- Criscuoli, I., Alberti, G., Baronti, S., Favilli, F., Martinez, C., Calzolari, C., dan Miglietta, F. (2014). Carbon sequestration and fertility after centennial time scale incorporation of charcoal into soil. *PLoS one*, **9(3)**, e91114.
- Daniel, T. (2011). *Characteristic of sandy loam soil*. Diakses pada 26 November 2017, dari SFgate: <http://homeguides.sfgate.com/characteristics-sandy-loam-soil-50765.html>
- Das, K. C., Garcia-Perez, M., Bibens, B., dan Melear, N. (2008). Slow pyrolysis of poultry litter and pine woody biomass: Impact of chars and bio-oils on microbial growth.

Journal of Environmental Science and Health Part A-Toxic/hazardous Substances and Environmental Engineering, **43(7)**, 714-724.

- Edwards, J. H., Wood, C. W., Thurlow, D. L., dan Ruf, M. E. (1992). Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludult soil. *Soil Science Society of America Journal*, **56(5)**, 1577-1582.
- Eneji, A. E., Agboola, A. A., dan Ubi, B. E. (1997). Effect of farmyard manure biochar and N.P.K fertilizer on growth and yield of intercropped maize and sweet potato in south western Nigeria. *Rivista di Agricoltura. subtropicale e Tropical*, **91**: 63-78.
- FAO. (1992). *Maize in Human Nutrition*. Diakses pada 15 November 2017, dari <http://www.fao.org/docrep/t0395e/T0395E08.htm>
- Galinat, W. C. (1988). The Origin of Maize de Ocho. **90(3)**, 682-683.
- Gani, A. (2009). Biochar penyelamat lingkungan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 15-16.
- Gasim, S. H. (2001). Effect of nitrogen, phosphorus and seed rate on growth, yield and quality of forage maize (*Zea mays* L.). (*Doctoral dissertation, M. Sc. Thesis, Faculty of Agric., Univ. of Khartoum*), 1-84.
- Gaskin, J. W., Steiner, C., Harris, K., Das, K. C., dan Bibens, B. (2008). Effect of low-temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. *Transactions of the ASABE*, **51(6)**, 2061-2069.
- Gibbon D., dan Pain, A. (1985). *Crops of the drier region of the tropics*. Singapore: Longman Publishing Limited.
- Giller, K. E., Gilbert, R. A., Mugwira, L. M., Muza, L., Patel, B. K., dan Waddington, S. R. (1998). Practical approaches to soil organic matter management for smallholder maize production in Southern Africa. *agement for smallholder maize production in Southern Africa. Soil Fertility Research for Maize-Based Farming Systems in Malawi and Zimbabwe; Mutare, (Zimbabwe)*, 50-64.
- Graham, K. M., dan Yap, T. C. (1972). Cinta. *Tropical Sweet Corn*, 56-72.
- Hanway, J. J. (1963). Growth Stages of Corn (*Zea mays*, L.). *Agron. J*, **55**:487-492.
- Hapsari, R. I. (2006). Pengaruh Pemanfaatan Pupuk Kandang Terhadap Petumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Pada Kondisi Kekurangan Air. *Buana Sains*, 157-163.
- Harress. (2017). *Penanaman Jagung Manis*. Diakses pada 25 November 2017, dari Myagri Consulting: <http://myagri.com.my/2017/02/jagung-manis-fertigasi/>
- Iltis, H. H., dan Doebley, J. F. (1980). Taxonomy of *Zea* (Gramineae). II. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. *American Journal Botany*, 994-1004.
- Innes, J. (2001). *Crop Circle Genetics*. Diakses pada 21 November 2017, dari Chelsea Flower Show: https://www.jic.ac.uk/chelsea/2001_plant_details.htm
- Jabatan Pertanian Negeri Pulau Pinang. (2017). *Jagung Manis*. Diakses pada 15 November 2017, dari Laman Web Rasmi Jabatan Pertanian Negeri Pulau Pinang: <http://jpn.penang.gov.my/index.php/index.php/perkhidmatan/teknologi-tanaman/kontan/80-jagung-sp-9380>

- Jonathan P. L., dan Brown, K. M. (2012). New roots for agriculture: exploiting the root phenome. *Philosophical Transactions of The Royal Society B*. 12-15.
- Kahthleen, D., dan Thayer, T. (2012). Poultry Litter-Biochar - a US prespective. *International Biochar Initiative*, 1-6.
- Khan, H., Malik, M., dan Saleem, M. (2008). Effect of rate and source of organic material on the production potential of spring maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, **45 (1)**, 40-43.
- Knicker, H. (2007). How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon, a review. *Biogeochemistry*, *85*, 91-118.
- Koul, G. G. (1997). Effect of sowing methods, nitrogen levels and seed rates on yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.). *Master of Science Thesis submitted to University of Khartoum, Faculty of Agriculture*.
- Lee, C. K., Ramli, M. N., dan Zamberi, A. (1983). Gambaran Kultivar dan Pengeluaran Biji Jagung Thai Supersweet. *Teknologi Pertanian MARDI*, **4(2)**: 167-174.
- Lee, C. K., Hashim, O., dan Subramaniam, C. (1986). Supersweet Kuning-a new selection of sweet corn. *Teknologi Pelbagai Tanaman, MARDI*, **2**:1-3.
- Lehmann, J. (2007). A handful of carbon. *Nature*, **447**: 143-144.
- Leong, C. O. (2005). Manual Teknologi Penanaman Jagung Manis. *Jagung Manis*, 25-54.
- Lima, I. M., Boateng, A. A., dan Klasson, K. T. (2008). pyrolysis of Broiler Manure: Char and Product Gas Characterization. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, **48(3)**, 1292-1297.
- Lu, H., Lashari, M. S., Liu, X., Ji, H., Li, L., dan Zheng, J. (2015). Changes in soil microbial community structure and enzyme activity with amendment of biochar-manure compost and pyroligneous solution in a saline soil from Central China Plain. *European Journal of Soil Biology*, **70**, 67-76.
- Major, J., Lehmann, J., Rondon, M., dan Goodale, C. (2010). Fate of soil-applied black carbon: downward migration, leaching and soil respiration. *Global Change Biology*, 1366-1379.
- Malti, Ghosh, Kaushik, Ramasamy, Rajkumar, Vidyasagar (2011). Comparative Anatomy of Maize and its Application. *International Journal of Bio-resorces and Stress Management*, **2(3)**:250-256.
- MARDI. (2012). Laman Web Rasmi MARDI. Diakses pada 27 November 2017 dari <https://www.mardi.gov.my/>
- McWilliams, D., Berglund, D., dan Endres, G. (1999). Corn Growth and Management Quick Guide. *Quick Guide*, 5-8.
- Ministry of Environment and Forests. (2011). Biology of *Zea mays*. Department of Biotechnology Ministry of Science and Technology and Ministry of Environment and Forests Government of India. 23-41.
- Mondal, R., Gupta, A. D., dan Mallik, A. K. (2011). Synthesis of flavanones by use of anhydrous potassium carbonate as an inexpensive, safe, and efficient basic catalyst. *Tetrahedron letters*, **52(39)** 5020-5024.

- Ndukwe, O. O., Ekiesiobi, I. A., Uzundu, N. C., dan Nnabuife, E. L. (2014). Growth and Yield Responses of Maize (*Zea mays*) to Poultry Manure Biochar and NPK 15-15-15. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 1-5.
- Novotny, E. H., Hayes, M. H., Madari, B. E., Bonagamba, T. J., Azevedo, E. R., dan Souza, A. A. (2009). Lessons from the Terra Preta de Indios of the Amazon region for the utilisation of charcoal for soil amendment. *Brazilian chem. soc.*, **20**:1003-1010.
- Nurdin, P. M., Ilahude, Z., dan Zakaria, F. (2009). Pertumbuhan dan hasil jagung yang dipupuk N, P, dan K pada tanah Vertisol Isimu Utara Kabupaten Gorontalo. *Jurnal Tanah Tropika*, 49-56.
- Oguntunde, P. G., Abiodun, B. J., Ajayi, A. E., dan van de Giesen, N. (2008). Effects of charcoal production on soil physical properties in Ghana. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **171(4)**, 591-596.
- Palmer, N. E., Freudenthal, J. H., dan Von Wandruszka, R. (2006). Reduction of arsenates by humic materials. *Environmental Chemistry*, **3(2)**, 131-136.
- Peng, X., Ye, L. L., Wang, C. H., Zhou, H., dan Sun, B. (2011). Temperature-and duration-dependent rice straw-derived biochar: Characteristics and its effects on soil properties of an Ultisol in southern China. *Soil and Tillage Research*, **112(2)**, 159-166.
- Poehlman, J. M. (1987). Breeding corn (maize). *In Breeding Field Crops*, 451-507.
- Rajest, C., Roland, H., Gelderman, Thomas, E., dan Douglas, D. (2015). *Vegetative corn growth and nutrient uptake in biochar amended soils from an eroded landscape*. Diakses pada 27 November 2017, dari Newcrop Proceeding: <https://hort.purdue.edu/newcrop/proceedings2015/200-chintala.pdf>
- Rattan, L. (2016). Biochar and Soil Carbon Sequestration. *Agricultural and Environmental Applications of Biochar: Advances and Barriers*, 175-198.
- Rondon, M. A., Molina, D., Hurtado, J., Ramirez, J., Lehmann, J., dan Amezquita, E. (2006). Enhancing the productivity of crops and grasses while reducing greenhouse gas emission through bio-char amendments to unfertile tropical soils. *18th world congress of soil science*, 210-222.
- Rostaliana, P., Priyono, P., dan Edhi, T. (2012). Pemanfaatan biochar untuk perbaikan kualitas tanah dengan indikator tanaman jagung hibrida dan padi gogo pada sistem lahan terbangun dan bakar. *Naturalis*, 179-188.
- Saleh, Y. R. (2014). Pertumbuhan Jagung Hibrida Varietas Bima 2 dan Bisi 2 Pada Fase Vegetatif. *Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Gorontalo*, 1-20.
- Salisbury, F. B., dan Ross, C. W. (1992). *Plant Physiology*. 134-141.
- Salleh, K. (2016). Jenis-Jenis Tanah Pertanian. Diakses pada 15 November 2017, dari Myagri.com: <http://myagri.com.my/2016/03/jenis-jenis-tanah-pertanian/>
- Shailes, S. (2016). On Leaves and Ligules. Diakses pada 21 November 2017, dari Plant Scientist: <https://plantscientist.wordpress.com/2016/02/04/on-leaves-and-ligules>
- Shanti, K. V., Rao, M. R., S., R. M., dan Sarma, R. S. (1997). Response of maize (*Zea mays*) hybrid and composite to different levels of nitrogen. *Indian J. Agric. Sci*, 424-425.

- Sonia, T. B., dan Eko, H. (2014). Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Segar dan Biochar Terhadap Ketersediaan P dalam Tanah di Lahan Kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, **1**, 85-92.
- Spider, I. (2014). The Miracle of How Ears of Corn Grow. Diakses pada 21 November 2017, dari The Infinite Spider: <http://infinitespider.com/miracle-ears-corn-grow/>
- Spokas, K. A. (2010). Review of the stability of biochar in soils: predictability of O: C molar ratios. *Carbon Management*, 289-303.
- Steiner, C., Blum, W. E., Zech, W., Macedo, J. L., Teixeira, W., Lehmann, J., dan Nehls, T. (2007). Long term effect of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on highly weathered central Amazonian upland soil. *Plant and Soil*, **291**, 275-290.
- Steiner, C., Das, K. C., Garcia, M., Förster, B., dan Zech, W. (2008). Charcoal and smoke extract stimulate the soil microbial community in a highly weathered xanthic Ferralsol. *Pedobiologia*, **51(5)**, 359-366.
- Stewart, W., Hammond, L., dan Kauwenbergh, S.J.V. (2005). Phosphorus as a Natural Resource. Phosphorus: Agriculture and the Environment. *Agronomy Monograph* No. 46. Madison, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. **3**:401-413
- Thomas, D. S. (1997). Science and the desertification debate. *Journal of Arid Environments*, 599-608.
- USDA, N. (2017). The PLANTS Database. Diakses pada 21 November 2017, dari National Plant Data Team: <https://plants.usda.gov/>
- Uzoma, K. C. (2011). Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use Manage*, **27**: 205-212.
- Van, Z., Kimber, L., D. A., Orr, A., Walker, T., Sinclair, K., dan Chan, K. Y. (2009). Agro-economic valuation of biochar using field-derived data. *Proceedings of the 1st Asia Pacific Biochar Conference, Gold Coast Australia May*, 17-20.
- Warnock, D. D., Lehmann, J., Kuyper, T. W., dan Rilling, M. (2007). Mycorrhizal responses to biochar in soil – concepts and mechanisms. *Plant and Soil*, **300**: 9–20.
- Waterloo, M. J., Oliveira, S. M., Drucker, D. P., Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Hodnett, M. G., dan Pimentel, T. P. (2006). Export of organic carbon in run-off from an Amazonian rainforest blackwater catchment. *Hydrological Processes*, 2581-2597.
- Watson, L., dan Dallwitz, M. J. (1992). The grass genera of the world. 211-218.
- Widowati, W. U., Guritno, B., dan Soehono, L. A. (2012). The effect of biochar on the growth and N fertilizer requirement of maize (*Zea mays* L.) in green house experiment. *Journal of Agricultural Science*, **4(5)**, 255.
- Xu, G. L. (2013). What is more important for enhancing nutrient bioavailability with biochar application into a sandy soil: Direct or indirect mechanism? *Ecological Engineering*, **52**:119–124.

- Yang, G., Xiujun, W., Xianglan, L., Jiaping, W., Minggang, X., dan Dongwei, L. (2016). Dynamics of soil organic and inorganic carbon in the cropland of upper Yellow River Delta, China. *Sci. Rep*, 1-2.
- Yilangai, R. M., Manu, A. S., Pineau, W., Mailumo, S. S., dan Okeke-Agulu, K. I. (2014). The effect of biochar and crop veil on growth and yield of Tomato (*Lycopersicum esculentus* Mill) in Jos, North central Nigeria. *Current Agriculture Research Journal*, **2(1)**, 37-42.
- Yohanes, P., Situmeang, dan Ketut, A. S. (2013). Respon pertumbuhan vegetatif tanaman jagung pulut pada aplikasi biochar bambu. *Prosiding Seminar Nasional dalam rangka Dies Natalis ke- 29 Universitas Warmadewa*, 1-4.
- Zaharah, H. (1986). Yield losses in maize (*Zea mays*) and groundnut (*Arachis hypogaea*) due to waterlogging. *Teknologi Pelbagai Tanaman (Malaysia)*, 5-9.