

MARJENAH BIODIESEL KETAPANG

(*Terminalia catappa* Linn.)



Mulawarman
University PRESS



BIODIESEL KETAPANG

(Terminalia catappa Linn.)

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

BIODIESEL KETAPANG

(Terminalia catappa Linn.)

Marjenah



Mulawarman
University PRESS

BIODIESEL KETAPANG (Terminalia catappa Linn.)

Penulis : Marjenah
Desain Cover : Penulis
Tata Letak : Zulita Andan Sari
Proofreader : Mira Muarifah

ISBN : 978-623-7480-73-0
Copyright © 2022. Mulawarman University Press
All Right Reserved

Cetakan Pertama : 2021

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Isi di luar tanggung jawab percetakan.

Marjenah. 2021. Biodiesel Ketapang (Terminalia catappa Linn.).
Mulawarman University Press, Samarinda.



**Mulawarman
University PRESS**
Member of IKAPI & APPTI

Penerbit
Mulawarman University PRESS
Gedung LP2M Universitas Mulawarman
Jl. Krayan, Kampus Gunung Kelua
Samarinda - Kalimantan Timur - Indonesia 75123
Telp/Fax (0541) 747432, Email : mup@lppm.unmul.ac.id

Dicetak oleh:
PENERBIT DEEPUBLISH
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA) Anggota IKAPI (076/DIY/2012)
Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoarjo, Ngaglik, Sleman
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581
Telp/Faks: (0274) 4533427
Website: www.deepublish.co.id / www.penerbitdeepublish.com
E-mail: cs@deepublish.co.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan buku yang berjudul *Biodiesel Ketapang (Terminalia catappa Linn.)*.

Buku ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang didanai oleh RISTEK DIKTI yang dilaksanakan pada tahun 2017 dan 2018. Adapun judul penelitian tersebut adalah “Kondisi Optimum Ketinggian (Elevasi) untuk Pertumbuhan dan Produksi Buah Ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel dan Tanaman Pokok pada Pembangunan Kebun Energi”.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Kementerian Riset dan Teknologi yang telah mendanai penelitian ketapang ini selama 2 tahun (2017 dan 2018);
2. Rekan sejawat (Novy Pralisa Putri, S.T., M.T. dan Ariyanto, S.Hut., M.Sc.) yang telah mendukung data dan referensi yang diperlukan.
3. Bapak Ir. Riyayatsyah, M.P. dan Sdr. Ibnu Suyuti, S.Hut. atas segala bantuannya dalam pengambilan data lapangan.
4. Para rimbawan muda, Irwan, S.Hut., Rizky Dirga, S.Hut., Anjas Aswar, S.Hut., dan Muhammad Said atas bantuannya pada kegiatan survei dan pengambilan data.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah mendukung hingga buku ini selesai ditulis.

Data-data dalam buku ini masih sangat kurang. Masih banyak lagi penelitian yang harus dilakukan untuk melengkapi buku ini. Semoga dapat menginspirasi para peneliti.

Samarinda, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
BAB 2. KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1. Pertumbuhan Tanaman.....	5
2.2. Risalah Jenis <i>Terminalia catappa</i> Linn.....	7
2.3. Bahan Bakar Nabati (BBN).....	10
2.4. Pembangunan Kebun Energi	13
BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian	15
3.3. Pengambilan Sampel	15
3.4. Pengumpulan Data	16
3.4.1. Karakteristik Lingkungan Fisik	16
3.4.2. Karakteristik Morfologi.....	17
3.4.3. Ekstraksi Minyak Biji Ketapang.....	17
3.4.4. Sintesis Biodiesel.....	17
3.4.5. Uji Karakteristik Biodiesel menurut SNI 04-7182- 2006	18
3.5. Pengolahan dan Analisis Data	18
3.5.1. Data Diameter dan Tinggi	18
3.5.2. Penentuan Indeks Setana	19
3.5.3. Penentuan Kadar Ester Alkil	19

BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	20
4.1. Pertumbuhan Ketapang (<i>T. Catappa</i> Linn.).....	20
4.1.1. Pengelompokan Jumlah Pohon Berdasarkan Elevasi	20
4.1.2. Karakteristik Morfologis Kuantitatif Ketapang	21
4.1.3. Karakteristik Lingkungan Fisik.....	26
4.2. Produksi Buah Ketapang.....	28
4.3. Produksi Biodiesel dari Biji Ketapang.....	31
4.4. Pembangunan Kebun Energi.....	34
4.4.1. Kesesuaian Tumbuh Ketapang di Kalimantan Timur.....	34
4.4.2. Pertumbuhan Ketapang di Kalimantan Timur.....	40
4.4.3. Pembibitan Ketapang	43
4.4.4. Penanaman Ketapang untuk Kebun Energi.....	45
BAB 5. PENUTUP	50
DAFTAR PUSTAKA.....	52
GLOSARIUM	55

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Ketinggian Tempat dari Permukaan Laut (dpl) Menurut Kabupaten/Kota di Kalimantan Timur.....	6
Tabel 2.	Pengelompokan Pohon Berdasarkan Elevasi (mdpl).....	20
Tabel 3.	Karakteristik Morfologis Pohon Ketapang di Kalimantan Timur	21
Tabel 4.	Karakteristik Morfologis Ketapang yang dikelompokkan Berdasarkan Elevasi.....	25
Table 5.	Karakteristik Lingkungan Fisik pada Ketapang.....	27
Tabel 6.	Produksi Buah Ketapang Januari–September 2017 di Kalimantan Timur.....	29
Tabel 7.	Hasil Perhitungan <i>Crude Biodiesel</i> dari Buah Ketapang (<i>Terminalia catappa</i> Linn.) Per 100 g	33
Tabel 8.	Identifikasi Sistem Lahan Objek Penelitian di Balikpapan, Samarinda, dan Kabupaten Kutai Kartanegara.....	36
Tabel 9.	Sistem Lahan dan Luasannya di Kalimantan Timur*) yang Dapat Ditumbuhi Ketapang.....	38
Tabel 10.	Kesesuaian Lahan untuk Beberapa Jenis Tanaman *).....	39
Tabel 11.	Riap Diameter Ketapang (cm/th) yang Tumbuh di Balikpapan	40
Tabel 12.	Riap Diameter Ketapang (cm/th) yang Tumbuh di Kota Samarinda	41
Tabel 13.	Riap Diameter Ketapang (cm/th) yang Tumbuh di Kabupaten Kutai Kartanegara.....	42
Tabel 14.	Bibit Cabutan yang Dikumpulkan dari Lokasi Penelitian	44
Tabel 15.	Data Awal Semai Ketapang di Lapangan	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Mekanisme Reaksi Transesterifikasi dengan Penggunaan Basa sebagai Katalis	12
Gambar 2.	Asumsi Proyeksi Tajuk dan Kuadran untuk Penghitungan Jumlah Buah	16
Gambar 3.	Perubahan Warna Daun.....	22
Gambar 4.	Bunga dan Buah Ketapang.....	23
Gambar 5.	Pohon Ketapang yang Ditanam di Tepi Pantai di Balikpapan Kalimantan Timur	24
Gambar 6.	Pembungaan dan Pembuahan Buah Ketapang. a. Bunga; b. Buah muda; c. Buah masak.....	29
Gambar 7.	Identifikasi Perubahan Warna Daun.....	30
Gambar 8.	Proses Pembuatan Biodiesel. (a) Pengeringan biji ketapang; (b) Inti ketapang (<i>kernel</i>) dikeluarkan dari tempurung; (c) Pembuatan bubuk <i>kernel</i> ; (d) Ekstraksi minyak ketapang; (e) <i>Crude biodiesel</i> ; dan (f) Penyaringan biodiesel.....	32
Gambar 9.	Hasil Ekstraksi Minyak Ketapang dan <i>Crude Biodiesel</i>	33
Gambar 10.	Peta Sebaran Pohon Ketapang (<i>Terminalia catappa</i> Linn.) dan Sistem Lahan Kota Balikpapan.....	37
Gambar 11.	Peta Sebaran Pohon Ketapang (<i>Terminalia catappa</i> Linn.) dan Sistem Lahan Kota Samarinda.....	37
Gambar 12.	Peta Sebaran Pohon Ketapang (<i>Terminalia catappa</i> Linn.) dan Sistem Lahan Kabupaten Kutai Kartanegara	38
Gambar 13.	(a) Pengambilan Bibit Cabutan dari Bawah Pohon Induknya; dan (b) Pengumpulan Bibit Cabutan.	44
Gambar 14.	Semai Ketapang (<i>Terminalia catappa</i> Linn.) Siap Ditanam di Lapangan (a & b).....	45
Gambar 15.	Peta Lokasi Hutan Pendidikan Fahutan Unmul (HPFU) di Lempake Samarinda	46

Gambar 16. Kegiatan Pembangunan Hutan Energi di Hutan Pendidikan Fahutan Unmul (HPFU). (a dan b) Penyiapan lahan untuk penanaman ketapang; (c) Pengangkutan bibit; (d) Pengukuran jarak tanam dan pemasangan ajir; (e) Pembuatan lubang tanam; (f) Penanaman: (g) dan (h) Pengukuran tanaman.48

BAB 1.

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penduduk Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Kenaikan jumlah penduduk tersebut diikuti dengan peningkatan kebutuhan akan bahan bakar minyak (BBM) baik untuk transportasi, industri, maupun pembangkit tenaga listrik.

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak bumi di dunia namun sampai saat ini masih mengimpor bahan bakar minyak (BBM) untuk mencukupi kebutuhan bahan bakar minyak di sektor transportasi dan energi. Kenaikan harga minyak mentah dunia akhir-akhir ini memberi dampak yang besar pada perekonomian nasional, terutama dengan adanya kenaikan harga BBM. Kenaikan harga BBM secara langsung berakibat pada naiknya biaya transportasi, biaya produksi industri dan pembangkitan tenaga listrik. Dalam jangka panjang impor BBM ini akan makin mendominasi penyediaan energi nasional apabila tidak ada kebijakan pemerintah untuk melaksanakan penganekeagaman energi dengan memanfaatkan energi terbarukan dan lain-lain (Tampubolon, 2008).

Indonesia sangat berpotensi untuk mengembangkan produksi biodiesel. Salah satu potensi pengembangan biodiesel adalah dengan diversifikasi bahan baku. Biodiesel dihasilkan dari minyak tumbuh-tumbuhan (nabati), yang terdapat dalam jumlah melimpah di Indonesia, baik dari sisi kuantitas maupun variasinya. Dibandingkan dengan bahan bakar fosil, bahan bakar biodiesel mempunyai kelebihan di antaranya bersifat *biodegradable* (dapat terurai), *cetane number*-nya lebih tinggi sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan dengan minyak

kasar, mempunyai angka emisi CO₂ dan gas sulfur yang rendah dan sangat ramah terhadap lingkungan (Wijaya, 2011).

Biodiesel adalah salah satu bahan bakar alternatif yang dianggap mampu menjawab permasalahan kelangkaan bahan bakar minyak yang ramah lingkungan. Biodiesel dapat dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor yang dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan minyak diesel. Biodiesel mempunyai keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar diesel dari minyak bumi. Bahan bakar biodiesel dapat diperbaharui. Selain itu, biodiesel juga dapat memperkuat perekonomian negara dan menciptakan lapangan kerja. Biodiesel merupakan bahan bakar ideal untuk industri transportasi karena dapat digunakan pada berbagai mesin diesel, termasuk mesin-mesin pertanian (Risnoyatiningasih, 2010).

Biodiesel terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Bahan baku yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel antara lain kelapa sawit, biji wijen, biji kapas, biji kedelai, biji jarak pagar, biji karet (Setyawardhani, 2010), biji alpukat (Risnoyatiningasih, 2010), biji nyamplung (Chandra, 2013), dan sebagainya.

Biji ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) salah satu bahan yang dapat dibuat biodiesel. Rendemen metil ester asam lemak (biodiesel) dari minyak biji ketapang yang diperoleh dari penelitian Suwarso, dkk. (2008) di Kampus UI Depok adalah 74,52%.

Pembuatan biodiesel menggunakan biji ketapang telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti, di antaranya Suwarso, dkk. (2008), Muryanto (2009), Damayanti (2011), dan yang lainnya. Namun demikian, sejauh ini belum ada penelitian mengenai berapa banyak buah/biji yang dapat dihasilkan dari sebatang pohon ketapang. Demikian juga dengan pertumbuhan ketapang pada berbagai ketinggian tempat dari permukaan laut, yang berkaitan dengan produksi buah ketapang yang pada gilirannya akan diketahui berapa biodiesel yang dapat dihasilkan oleh sebatang pohon ketapang.

Ketinggian tempat di atas permukaan laut (dpl) mudah berubah dari satu tempat ke tempat lain pada jarak yang pendek, faktor ini berpengaruh terhadap suhu udara. Penurunan suhu udara berhubungan erat dengan tinggi tempat. Perubahan suhu udara yang terjadi sebagai akibat perbedaan

ketinggian tempat dari permukaan laut secara langsung akan berakibat kepada aktivitas fisiologis tanaman (dalam hal ini transpirasi, respirasi dan fotosintesis).

Pertumbuhan tanaman pada umumnya dipengaruhi oleh faktor dalam (internal) dan faktor luar (eksternal). Faktor internal merupakan faktor-faktor yang mampu mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang berasal dari dalam tanaman itu sendiri. Sedangkan faktor eksternal adalah faktor-faktor dari luar tanaman yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Faktor eksternal yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman terdiri dari elemen (unsur) iklim dan faktor iklim (Marjenah, 2010).

Unsur iklim antara lain intensitas cahaya, suhu, kelembaban udara, curah hujan (air), awan, tekanan udara, dan angin. Unsur-unsur iklim ini berbeda-beda pada tempat yang satu dengan tempat yang lain. Perbedaan itu disebabkan karena adanya faktor iklim atau disebut juga dengan pengendali iklim, yaitu: 1) ketinggian tempat dari permukaan laut/elevasi (altitude); 2) garis lintang (latitude); 3) daerah tekanan; 4) arus laut, dan 5) permukaan tanah (Kartasapoetra, 2008).

Ketinggian tempat mudah berubah dari satu tempat ke tempat lain pada jarak yang pendek, faktor ini berpengaruh terhadap suhu udara. Perubahan suhu udara yang terjadi sebagai akibat perbedaan ketinggian tempat dari permukaan laut secara langsung akan berakibat kepada aktivitas fisiologis tanaman (dalam hal ini transpirasi, respirasi dan fotosintesis) yang pada gilirannya akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan uraian di atas, kelangkaan BBM dapat diatasi dengan memproduksi BBN menggunakan biji-biji yang mengandung minyak, salah satunya adalah ketapang. Ketapang yang tumbuh pada berbagai ketinggian dari permukaan laut diduga mempunyai laju pertumbuhan yang berbeda, dan menghasilkan jumlah buah yang berbeda serta kualitas biodiesel yang berbeda. Setelah diketahui tanaman ketapang yang tumbuh pada ketinggian tempat yang bagaimana yang dapat menghasilkan biodiesel tertinggi, berikutnya adalah pembangunan kebun energi (HTI biodiesel) menggunakan ketapang.

1.2. Perumusan masalah

Permasalahan yang ada selama ini mengenai kelangkaan BBM dapat diatasi dengan produksi BBN menggunakan ketapang. Namun demikian, beberapa permasalahan yang timbul sehubungan dengan hal tersebut di atas:

1. Ketinggian tempat dari permukaan laut (dpl) berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Apakah pertumbuhan *Terminalia catappa* Linn. juga terpengaruh oleh ketinggian tempat dari permukaan laut?
2. Berapa produksi buah ketapang pada ketinggian tempat yang berbeda?
3. Pada tempat tumbuh yang bagaimana, buah ketapang dapat memproduksi biodiesel yang terbaik?
4. Bagaimana kemungkinan pembangunan kebun energi (HTI biodiesel) menggunakan tanaman *Terminalia catappa* Linn. yang menghasilkan biodiesel tertinggi (terbaik)?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pertumbuhan tanaman *Terminalia catappa* Linn. (ketapang) pada ketinggian tempat dari permukaan laut (dpl) yang berbeda;
2. Mengetahui pada ketinggian tempat berapa dpl produksi buah terbanyak;
3. Mengetahui pada ketinggian tempat berapa dpl produksi biodiesel terbaik, dan
4. Mengembangkan tanaman *Terminalia catappa* Linn. (ketapang) menjadi tanaman yang ditanam sebagai kebun energi (HTI biodiesel) untuk pemasok bahan baku biodiesel.

BAB 2.

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman pada umumnya dipengaruhi oleh faktor dalam (internal) dan faktor luar (eksternal). Faktor internal merupakan faktor-faktor yang mampu mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang berasal dari dalam tanaman itu sendiri. Sedangkan faktor eksternal adalah faktor-faktor dari luar tanaman yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Faktor eksternal yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman terdiri dari elemen (unsur) iklim dan faktor iklim (Marjenah, 2010).

Unsur iklim antara lain intensitas cahaya, suhu, kelembaban udara, curah hujan (air), awan, tekanan udara, dan angin. Unsur-unsur iklim ini berbeda-beda pada tempat yang satu dengan tempat yang lain. Perbedaan itu disebabkan karena adanya faktor iklim atau disebut juga dengan pengendali iklim, yaitu: 1) ketinggian tempat dari permukaan laut/elevasi (altitude); 2) garis lintang (latitude); 3) daerah tekanan; 4) arus laut, dan 5) permukaan tanah (Kartasapoetra, 2008).

Ketinggian tempat mudah berubah dari satu tempat ke tempat lain pada jarak yang pendek, faktor ini berpengaruh terhadap suhu udara. Perubahan suhu udara yang terjadi sebagai akibat perbedaan ketinggian tempat dari permukaan laut secara langsung akan berakibat kepada aktivitas fisiologis tanaman (dalam hal ini transpirasi, respirasi dan fotosintesis) yang pada gilirannya akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tanaman. Ketinggian tempat dari permukaan laut (dpl) menurut kabupaten/kota di Kalimantan Timur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketinggian Tempat dari Permukaan Laut (dpl) Menurut Kabupaten/Kota di Kalimantan Timur

No.	Kabupaten/Kota	Kota	Ketinggian dpl (m)
1.	Paser	Tanah Grogot	7-40
2.	Kutai Barat	Sendawar	10-80
3.	Kutai Kartanegara	Tenggarong	8-75
4.	Kutai Timur	Sangatta	6-15
5.	Berau	Tanjung Redeb	6-45
6.	Penajam Paser Utara	Penajam	0-40
7.	Balikpapan	Balikpapan	0-95
8.	Samarinda	Samarinda	7-80
9.	Bontang	Bontang	0-50

Sumber: Kanwil Badan Pertanahan Nasional Provinsi Kalimantan Timur (2013)

Dari tabel tersebut nampak bahwa ketinggian tempat dari permukaan laut (elevasi) di Kalimantan Timur berada pada kisaran dari 0–95 m dpl.

Elevasi berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi. Dalam kondisi kekurangan cahaya, baik karena naungan maupun tingginya elevasi, tanaman beradaptasi dengan meningkatkan jumlah dan luas daun. Perbedaan elevasi yang cukup tinggi diduga merupakan faktor penyebab utama terjadinya pertumbuhan tanaman menjadi kurang baik. Perbedaan elevasi sebesar 300 m menyebabkan perbedaan suhu 1,5–2°C sehingga diduga akan berpengaruh terhadap aktivitas fisiologi tanaman (Utomo, 2006)

Elevasi merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Ada kaitan erat antara ketinggian tempat dengan unsur iklim yaitu suhu udara. Makin rendah ketinggian tempat dari permukaan laut, makin tinggi suhu udara. Suhu yang semakin tinggi, air dan nutrisi yang cukup akan menyebabkan aktivitas metabolisme tanaman meningkat. Hal ini akan mendukung pertumbuhan sehingga hasil atau kuantitas tanaman akan meningkat. Proses fotosintesis, respirasi dan transpirasi juga akan semakin meningkat (jika tidak ada faktor pembatas) pada suhu yang semakin tinggi. Suhu akan semakin menurun pada ketinggian yang semakin tinggi. setiap peningkatan tinggi tempat 100 m dpl, suhu maksimum menurun sebesar 0,8°C, suhu

minimum menurun sebesar 1°C dan suhu tajuk menurun sebesar 1,2°C (Utomo, 2006)

Suhu udara terkait erat dengan intensitas cahaya matahari, intensitas cahaya matahari berpengaruh terhadap sifat-sifat morfologis tanaman. Tumbuhan yang hidup pada intensitas cahaya tinggi, memiliki daun yang lebih tebal dan lebih sempit dibandingkan dengan yang hidup pada intensitas cahaya yang lebih rendah (Marjenah, 2001).

Intensitas cahaya sebagai salah satu faktor pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh kompetisi. Perlakuan intensitas cahaya yang diturunkan biasanya diikuti dengan penurunan jumlah cabang tanaman. Hal ini dikarenakan dengan intensitas cahaya rendah, tanaman tumbuh tinggi, sehingga hasil fotosintesis yang digunakan untuk pembentukan cabang sedikit, akibatnya jumlah cabang sedikit. Peningkatan intensitas cahaya meningkatkan proses fotosintesis pada tanaman, karena cahaya matahari merupakan sumber energi bagi fotosintesis.

Hasil fotosintesis akan ditranslokasikan ke seluruh jaringan tanaman melalui pembuluh floem, selanjutnya energi dari hasil fotosintesis tersebut akan mengaktifkan pertumbuhan tunas, sehingga jumlah cabang meningkat. Meningkatnya pemberian intensitas cahaya diikuti dengan semakin lambatnya pemunculan cabang pada sebagian besar jenis tanaman. Hal ini disebabkan sifat tanaman yang selalu tumbuh tinggi bila mendapatkan intensitas cahaya matahari yang banyak. Intensitas cahaya tinggi berpengaruh terhadap aktivitas auksin pada meristem apikal. Apabila intensitas cahaya tinggi maka aktivitas auksin meningkat pula, sehingga mengakibatkan tanaman tumbuh tinggi. Teori ini dapat menjelaskan mengapa tanaman pada tingkat semai dan saphan akan cenderung meninggi dan kurang dalam pembentukan cabang ketika mendapatkan intensitas cahaya yang cukup tinggi. Namun, keadaan yang sebaliknya terjadi pada tingkatan pohon dan tiang, sehingga pertumbuhan akan mengikuti teori sebelumnya.

2.2. Risalah Jenis *Terminalia catappa* Linn.

Terminalia catappa Linn. (ketapang) merupakan pohon pantai dengan daerah penyebarannya cukup luas. Berasal dari daerah tropis di India, kemudian menyebar ke Asia Tenggara, Australia Utara dan

Polynesia di Samudra Pasifik. Pohon ini merontokkan daunnya dua kali dalam satu tahun, yaitu pada bulan Januari/Februari-Maret dan pada bulan Juli-Agustus/September. Selain tumbuh secara liar di pantai, pohon ini sering ditanam sebagai pohon peneduh di dataran rendah.

Mempunyai ciri-ciri tingginya dapat mencapai 35 meter. bertajuk rindang dengan cabang-cabang yang tumbuh mendatar dan bertingkat-tingkat. Daun ketapang lebar berbentuk bulat telur dengan pangkal daun runcing dan ujung daun lebih tumpul. Pertulangan daun sejajar dengan tepi daun berombak. Pohon ketapang kerap ditanam sebagai pohon peneduh di pinggir jalan atau taman. Dapat juga menjadi obat radang rongga perut, lepra, kudis, dan yang lainnya.

Terminalia catappa atau yang lebih kita kenal sebagai pohon ketapang, umumnya tumbuh di dataran rendah. Pertumbuhan batang pohon ketapang lurus ke atas (vertikal) sedangkan cabangnya tumbuh horizontal bertingkat-tingkat, pada pohon dewasa yang berdaun banyak akan menyerupai payung raksasa, oleh karena itu di Indonesia pohon ketapang banyak difungsikan sebagai pohon peneduh. Bentuk daun Ketapang melebar di ujungnya dan lancip pada pangkalnya. Bunga Ketapang berukuran kecil, biasanya terletak pada ujung ranting.

Pohon ketapang dewasa dapat berbunga sepanjang tahun, karena itu ia disukai oleh serangga yang mengumpulkan madu, Serangga macam Kupu-kupu sering mencari makan sekaligus bertelur di pohon ketapang, sehingga pada musim tertentu banyak ulat bulu di pohon ketapang.

Di dalam dunia tumbuhan, *T. catappa* Linn., diklasifikasikan sebagai berikut (Tjitrosoepomo, 1989):

Divisio : Spermatophyta
Subdivisio : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Myrtales
Family : Combretaceae
Genus : Terminalia
Spesies : *Terminalia catappa* Linn.

Ketapang yang tersebar luas sering disebut juga sebagai almond tropis. Saat ini pohon ketapang terdistribusi ke seluruh daerah tropis di daerah pesisir. Pohon ketapang toleran terhadap angin kencang, semprotan

garam, dan salinitas tinggi pada zona perakarannya. Ketapang terutama tumbuh pada tempat yang bebas kekeringan, aerasi baik, tanah berpasir.

Ketapang secara tradisional sangat penting untuk masyarakat pesisir, menyediakan berbagai macam produk non-kayu dan jasa. Memiliki perakaran yang menyebar dan sistem akar serabut dan memainkan peranan penting dalam stabilisasi pantai. Ketapang secara luas ditanam di seluruh daerah tropis, terutama di sepanjang tepi laut berpasir, untuk tanaman peneduh, tanaman hias, dan kacang-kacangan yang dapat dimakan. Kayunya memiliki dekoratif yang dapat dijadikan furnitur dan kayu bangunan interior. Produksi buah dimulai ketika ketapang berumur 3 tahun, dan rasa biji yang lezat dan bergizi dapat dimakan segera setelah ekstraksi.

Ketapang terdiri dari sekitar 200 jenis pohon dan semak yang tersebar di daerah tropis dan sub tropis di dunia. Di India, ada 20 jenis yang termasuk ke dalam 4 kelompok, yaitu: *Catappa*, *Myrobalanus*, *Chuncea*, dan *Pentaptera*. Yang telah dilaporkan tersebar di daerah tropis dan sub tropis. Termasuk: *T. alata*, *T. arjuna*, *T. bellerica*, *T. berryi*, *T. bialata*, *T. catappa*, *T. chebula*, *T. citrina*, *T. coriacea*, *T. crenulata*, *T. gella*, *T. manii*, *T. moluccana*, *T. myriocarpa*, *T. pallida*, *T. paniculata*, *T. parvifolia*, *T. procera*, *T. tomentosa*, dan *T. travancorensis* (Raju, 2012). Sementara itu, yang dikenal di Indonesia adalah *Terminalia catappa*.

Habitus dari ketapang adalah Pohon besar, tingginya mencapai 40 m, akar bertajuk rindang dengan cabang-cabang yang tumbuh mendatar dan bertingkat-tingkat; pohon yang muda sering nampak seperti pagoda. Pohon-pohon yang tua dan besar acap kali berbanir (akar papan), tingginya bisa hingga 3 m. Batang berbentuk bulat berkayu.

Daun-daun tersebar, sebagian besarnya berjejalan di ujung ranting, bertangkai pendek atau hampir duduk. Helaian daun bundar telur terbalik, **8–25(–38) x 5–14(–19) cm**, dengan ujung lebar dengan runcingan dan pangkal yang menyempit perlahan, helaian di pangkal bentuk jantung, pangkal dengan kelenjar di kiri-kanan ibu tulang daun di sisi bawah. Helaian serupa kulit, licin di atas, berambut halus di sisi bawah; kemerahan jika akan rontok.

Bunga-bunga berukuran kecil, terkumpul dalam bulir dekat ujung ranting, panjang **8–25 cm**, hijau kuning. Bunga tak bermahkota, dengan

kelopak **bertajuk-5**, bentuk piring atau lonceng, **4–8 mm**, putih atau krem. Benang sari dalam 2 lingkaran, tersusun lima-lima. Buah batu bulat telur gepeng, bersegi atau bersayap sempit, **2,5–7 x 4–5,5 cm**, hijau-kuning-merah, atau ungu kemerahan jika masak. Buah berupa buah baka 1 biji teradaptasi dengan penyebaran oleh air, biji dengan endosperm.

Biji ketapang dapat dimakan mentah atau dimasak, konon lebih enak dari biji kenari, dan digunakan sebagai pengganti biji amandel (almond) dalam kue-kue. Inti bijinya yang kering jemur menghasilkan minyak berwarna kuning hingga setengah dari bobot semula. Minyak ini mengandung asam-asam lemak seperti asam palmitat (55,5%), asam oleat (23,3%), asam linoleat, asam stearat dan asam miristat. Biji kering ini juga mengandung protein (25%), gula (16%), serta berbagai macam asam amino.

2.3. Bahan Bakar Nabati (BBN)

Bahan Bakar Nabati (*biofuel*) adalah bahan bakar yang bersumber dari bahan-bahan nabati, yaitu kelompok minyak dan lemak seperti minyak sawit, minyak kelapa, minyak kanola, minyak kedelai, kacang tanah, jarak pagar bahkan bisa minyak goreng bekas. Sumber BBN di sektor pertanian cukup melimpah tersedia. Definisi yang lebih sempit mendefinisikan *biofuel* sebagai cairan atau gas yang berfungsi sebagai bahan bakar transportasi yang berasal dari biomassa. *Biofuel* dipandang sebagai bahan bakar alternatif yang penting karena dapat mengurangi emisi gas dan meningkatkan ketahanan energi.

Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati (BBN) telah merekomendasikan 4 komoditas utama penghasil BBN atau *biofuel*, yaitu kelapa sawit dan jarak pagar sebagai penghasil biodiesel, serta tebu dan singkong sebagai penghasil bioetanol (Prihandana dan Hendroko, 2007). Perbedaan dalam memilih tanaman penghasil BBN agar diperoleh jenis minyak yang cocok sebagai BBN antara lain nilai-nilai bakar hasil minyaknya, yang parameternya dapat berupa: titik bakar, kekentalan, nilai kalori dan lainnya (Prastowo, dkk., 2010).

Untuk pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan mengubah bentuk trigliserida (triasilgliserol) menjadi bentuk metil esternya melalui reaksi *transesterifikasi* dengan metanol (CH_3OH) yang dipercepat oleh

adanya katalis basa maupun asam. Beberapa faktor yang mempengaruhi reaksi *transesterifikasi* antara lain: waktu reaksi, suhu reaksi, jenis katalis, kecepatan pengadukan dan perbandingan mol zat awal dan katalis.

Percontohan yang layak untuk menunjukkan proses produksi BBN sekaligus pemanfaatannya dapat dilakukan melalui pembangunan kebun energi yang berisi tanaman bahan baku BBN, proses produksi BBN, alat dan mesin pertanian yang dapat memanfaatkan BBN. Pembangunan kebun energi diharapkan dapat mendorong pemanfaatan bahan bakar nabati dan energi biomasa lainnya dari sektor pertanian itu sendiri (Prastowo, dkk., 2010).

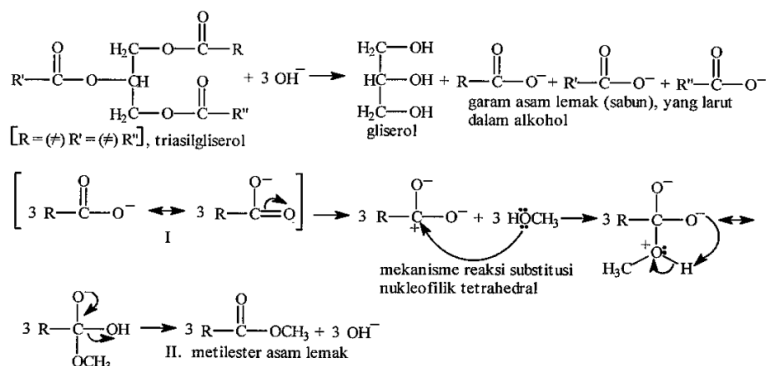
Bahan baku berupa minyak nabati saat ini sulit diperoleh, karena minyak sawit misalnya, selain sebagai bahan baku biodiesel yang potensial, juga digunakan sebagai minyak goreng (Wijaya, 2011). Kendala lain pengembangan BBN adalah masih tergantungnya produsen BBN terhadap biomassa *edible*, atau dengan kata lain kebijakan pengembangan BBN bisa bergesekan dengan kebijakan ketahanan pangan, oleh karena itu pengembangan BBN generasi kedua yang berbasis kepada biomassa *non-edible* perlu dipertimbangkan.

Biji ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) salah satu bahan yang dapat dibuat biodiesel. Rendemen metil ester asam lemak (biodiesel) dari minyak biji ketapang yang diperoleh dari penelitian Suwarso, dkk. (2008) di Kampus UI Depok adalah 74,52%. Komposisi asam lemak penyusun trigliseridanya, terdiri dari asam: palmitat (27,9%), palmitoleat (8,6%), stearat (4,3%), oleat (38,0%) dan linoleat (21,0%), dan selain itu terdapat 2 asam lemak baru yang strukturnya belum dapat dipastikan (0,2%).

Pembuatan biodiesel menggunakan biji ketapang telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti, di antaranya Suwarso, dkk. (2008), Muryanto (2009), Damayanti (2011). Marjenah dan Putri (2017b) melaporkan bahwa volume minyak ketapang yang dihasilkan untuk setiap 100 gram bubuk biji ketapang adalah 49–65 ml atau rata-rata 57 ml. *Yield crude biodiesel* yang dihasilkan antara 58%–80% atau rata-rata 72,75%.

Dari penelitian Kusyanto (1998) dan Suwarso *et al.* (1999) telah berhasil diekstraksi minyak biji ketapang (warna: kuning pucat, sebelum dimurnikan, dan menjadi kuning bening setelah dimurnikan) dari buah biji ketapang yang tumbuh di kampus UI Depok dengan rendemen sekitar 55%

dari berat biji keringnya. Komposisi asam lemak penyusun trigliseridanya, terdiri dari asam: palmitat (27,9%), palmitoleat (8,6%), stearat (4,3%), oleat (38,0%) dan linoleat (21,0%), dan selain itu terdapat 2 asam lemak baru yang strukturnya belum dapat dipastikan (0,2%).



Gambar 1. Mekanisme Reaksi Transesterifikasi dengan Penggunaan Basa sebagai Katalis (Damayanti, 2011)

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat mekanisme reaksi transesterifikasi tersebut terlihat, bahwa 1 mol triasilgliserol (minyak) akan bereaksi dengan 3 mol basa (proses saponifikasi), menghasilkan 1 mol gliserol dan 3 mol garam asam lemak (sabun) yang larut dalam alkohol (metanol). Garam asam lemak yang terbentuk, dapat mengalami proses struktur resonansi (I), hal tersebut menyebabkan reaksi transesterifikasi yang dikatalisis oleh basa, bersifat reaksi satu arah, dan bukan suatu reaksi kesetimbangan (*reversible*). Selanjutnya, garam asam lemak akan bereaksi dengan 3 mol metanol, melalui mekanisme reaksi substitusi nukleofilik tetrahedral, membentuk 3 mol metil ester asam lemak dan 3 mol basa (Suwarso, dkk., 2008).

Percontohan yang layak untuk menunjukkan proses produksi BBN sekaligus pemanfaatannya dapat dilakukan melalui pembangunan kebun energi yang berisi tanaman bahan baku BBN, proses produksi BBN, alat dan mesin pertanian yang dapat memanfaatkan BBN. Pembangunan kebun energi diharapkan dapat mendorong pemanfaatan bahan bakar nabati dan

energi biomassa lainnya dari sektor pertanian itu sendiri (Prastowo, dkk., 2010).

Bahan baku berupa minyak nabati saat ini sulit diperoleh, karena minyak sawit misalnya, selain sebagai bahan baku biodiesel yang potensial, juga digunakan sebagai minyak goreng (Wijaya, 2011). Kendala lain pengembangan BBN adalah masih tergantungnya produsen BBN terhadap biomassa *edible*, atau dengan kata lain kebijakan pengembangan BBN bisa bergesekan dengan kebijakan ketahanan pangan, oleh karena itu pengembangan BBN generasi kedua yang berbasis kepada biomassa *non-edible* perlu dipertimbangkan.

2.4. Pembangunan Kebun Energi

Kebun energi adalah lahan yang ditanami dengan pohon kayu yang khusus diperuntukkan produksi kayu sebagai bahan energi. Perkebunan dengan tanaman energi hakikatnya dapat dilakukan secara terintegrasi dengan upaya rehabilitasi dan reboisasi hutan. Potensi kebun tanaman energi cukup besar, karena selain mudah tumbuh pada lahan yang subur, juga dapat ditanam pada lahan-lahan yang kritis. Lahan hutan yang kritis yang topografinya tidak lebih dari berombak sampai gelombang dapat dikonversikan menjadi hutan tanaman energi dengan spesies kayu-kayuan yang memenuhi persyaratan (Dephut, 1997).

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pembangunan hutan tanaman khususnya kesesuaian jenis dan tapak (*site*) adalah: 1) Ketinggian di atas permukaan laut atau altitude; 2) Curah hujan tahunan dan hari hujan pada lokasi yang akan ditanam haruslah memenuhi persyaratan tumbuh jenis yang akan ditanam; 3) Jenis tanah pada tapak yang akan dibangun hutan tanaman. Sebagai contoh jenis pohon jati mempunyai kualitas yang baik jika ditanam pada tanah berkapur dengan musim kemarau dan musim hujan yang jelas misalnya di daerah Cepu (Jawa Tengah); 4) Kebutuhan cahaya (naungan). Jenis-jenis pohon paling tidak terdiri dari jenis yang perlu cahaya penuh (*full light demanders*) misalnya *Acacia mangium*, jenis yang perlu naungan pada umur muda misalnya jenis-jenis meranti merah; dan 5) Suhu dan kelembaban di lokasi penanaman.

Peluruhan daun terjadi dua kali setahun, sekali pada bulan Januari/Februari/Maret dan yang kedua pada bulan Juli/Agustus/September.

Seperti 'daun musim gugur' sangat langka di daerah tropis. Setelah tajuk menjadi kosong, semua rantingnya mengembangkan daun baru dan pohonnya mulai menghijau kembali. Pohon ketapang kemudian berbunga setelah daun baru berkembang. Buah-buah tersebut pada umumnya muncul dari tajuk pohon yang berada pada sisi di sebelah Timur (Marjenah dan Putri, 2017a).

Perilaku fenologi yang berlainan dari jenis Ketapang ini menunjukkan keragaman yang khas dalam fenologi. Meskipun pohon-pohon ketapang tumbuh berdekatan (kadang-kadang ditanam dengan jarak tanam 3–5 m) tetapi tidak selalu terjadi pembungaan dan pematangan secara bersama-sama. Demikian juga halnya dengan peristiwa peluruhan daun (*flushing*). Ada pohon ketapang yang daunnya berubah warna dan meluruhkannya sedikit saja (hanya di beberapa cabang), ada yang sampai setengah tajuk berubah warna, bahkan ada yang daunnya berubah warna dan meluruhkannya hampir seluruh daunnya (lebih dari 75%). Namun demikian, ada juga Ketapang yang tidak meluruhkannya seperti pohon ketapang pada umumnya.

Menurut Hayward (1990), peluruhan ditandai saat berbunga, terutama dari bulan Oktober sampai Januari. Diklaim, bahwa perubahan kemerahan didorong oleh hujan gerimis dan peluruhan daun oleh air hujan karena kelembaban relatif, walaupun hubungan ini tidak diukur.

Seiring dengan munculnya daun baru, tunas generatif juga mulai keluar. Banyak bunga putih mungil muncul di sepanjang tunas generatif (*spike*). Pohon ketapang menghasilkan buah batu, sama seperti almond sejati dan banyak tanaman terkenal lainnya, mis. Mangga, Kurma, dan Kopi. Buah batu adalah buah yang ditandai dengan memiliki bagian luar yang berdaging yang mengelilingi cangkang yang di dalamnya akan ditemukan benih. Dalam *drupe*, kulit keras, biasa disebut pit, berkembang dari dinding ovarium bunga. *T. catappa* adalah andromonoecious dan pembungaannya menghasilkan bunga biseksual di bagian bawah dan staminat di atas. Tiga jenis pembungaan terjadi dan klasifikasi ini didasarkan pada panjangnya. Dari ketiga jenis pembungaan yang dihasilkan, 30% bunga jantan sedangkan sisanya mengandung bunga biseksual dan jantan (Raju, 2012).

BAB 3.

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Dari beberapa kabupaten/kota seperti yang ditampilkan pada Tabel 1, ditetapkan 3 tempat yang representatif untuk dijadikan lokasi pengambilan sampel, yaitu: a) Kota Balikpapan; b) Kota Samarinda; dan c) Kabupaten Kutai Kartanegara.

3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian

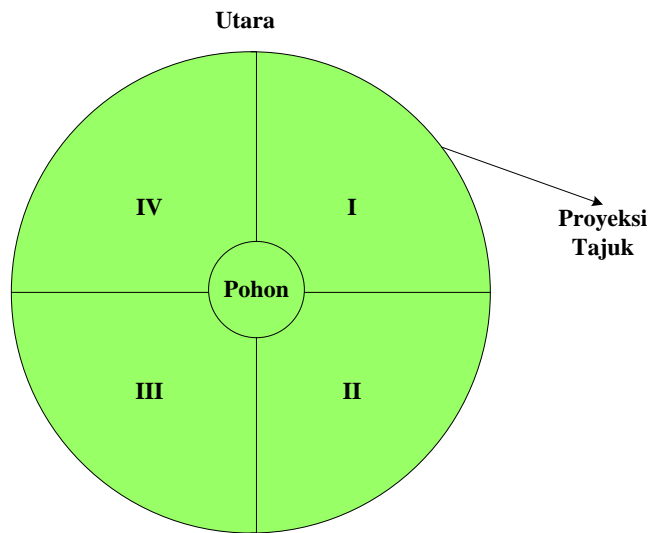
Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1) Pita ukur (meteran) berukuran panjang 20 m; 2) Tongkat kayu sepanjang 1,3 m untuk memberi tanda pada pohon yang akan diukur diameternya; 3) *Binocular*; 4) *Leaf Color Chart* (LCC); 5) Kompas; 6) Altimeter; 7) GPS; 8) pH meter; 9) *Clinometer*; 10) *Thermohyrometer*; 11) *Illuminometer*; 12) *SPAD chlorophyllmeter*; 13) Oven; 14) *Leaf Area meter*; 15) Parang dan gunting stek, 16) Timbangan digital, 17) Meteran jahit dan 18) Peralatan laboratorium dan bahan kimia untuk ekstraksi biodiesel.

3.3. Pengambilan Sampel

Pada lokasi pengambilan sampel (Kota Samarinda, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kota Balikpapan) ditetapkan 118 batang ketapang yang dijadikan sampel uji. Adapun tahapan-tahapan pengambilan sampel adalah sebagai berikut:

- 1) Objek penelitian yang terpilih ditetapkan elevasinya (m dpl);
- 2) Keliling pohon ketapang diukur dengan batasan 32 cm pada ketinggian 1,30 m dari permukaan tanah;
- 3) Luas proyeksi tajuk diukur sesuai arah mata angin (U, S, B, T);



Gambar 2. Asumsi Proyeksi Tajuk dan Kuadran untuk Penghitungan Jumlah Buah

- 4) Masa pembungaan (tunas generatif, bakal bunga, bunga mekar) dan pembuahan (buah, buah muda, buah masak/luruh) ketapang diamati;
- 5) Jumlah buah dari keempat kuadran dihitung;
- 6) Perubahan warna daun dan buah diamati;
- 7) Sampel buah diambil untuk diukur dimensinya;
- 8) Buah ditimbang
- 9) Panjang dan lebar daun diukur, demikian juga luas daun;
- 10) Kandungan klorofil pada daun diukur

3.4. Pengumpulan Data

3.4.1. Karakteristik Lingkungan Fisik

- 1) Pengamatan/pengukuran suhu dan kelembapan udara di lapangan/di bawah tajuk dilakukan satu kali pada setiap pohon sampel menggunakan *thermohygrometer*;
- 2) Pengukuran intensitas cahaya, dilakukan pada setiap sampel pohon menggunakan *illuminometer*;
- 3) Topografi dan tanah, pada setiap pohon sampel diukur ketinggian tempat dan posisinya, kemiringan lahan dan pH tanah;

- 4) Curah hujan, akan menggunakan data sekunder (diambil dari stasiun yang terdekat).

3.4.2. Karakteristik Morfologi

- 1) **Data Pohon:** lokasi, tinggi, diameter setinggi dada, bentuk tajuk/lebar tajuk.
- 2) **Daun:** luas daun, panjang dan lebar daun, bentuk ujung daun, warna daun (tua, muda), tekstur daun, permukaan daun, tepi daun, sudut petiole, sudut cabang primer.
- 3) **Buah:** bentuk buah, warna buah tua, bentuk ujung/pangkal buah, diameter dan panjang tangkai buah (cm), periode berbunga/berbuah, panjang/lebar/keliling buah, berat buah/biji.

3.4.3. Ekstraksi Minyak Biji Ketapang

- 1) Buah ketapang dikeluarkan dari tempurungnya dan biji ketapang yang sudah dikupas dijemur di bawah sinar matahari selama 4 hari serta dipanaskan di dalam oven pada suhu 40°C selama 6 jam, sampai dicapai berat yang konstan.
- 2) Selanjutnya biji ketapang tersebut digiling sampai halus dalam bentuk serbuk, dan diekstraksi secara sinambung dengan Soxhlet, menggunakan n-heksana sebagai pelarut pengekstraksi, pada suhu 80°C selama 24 jam.
- 3) Ekstrak kasar yang berisi minyak biji ketapang dikeringkan dengan Na₂SO₄ anhidrat, menyaring dan menguapkan pelarutnya pada vakum evaporator.
- 4) Rendemen minyak biji ketapang yang diperoleh, ditimbang.
- 5) Biodiesel yang dihasilkan dibandingkan dengan standar SNI.

3.4.4. Sintesis Biodiesel

- 1) NaOH dimasukkan ke dalam campuran metanol dan minyak biji ketapang ke dalam labu bulat leher tiga yang dilengkapi dengan termometer dan pendingin balik Liebig (mol minyak: mol CH₃OH; mol NaOH = 1; 12; 0,21).
- 2) Campuran diaduk menggunakan pengaduk magnet (*magnetic stirrer*) dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 2 jam.

- 3) Setelah reaksi selesai, campuran reaksi didinginkan pada suhu kamar, dan selanjutnya dituangkan ke dalam labu corong pisah, didiamkan untuk beberapa waktu agar terjadi pemisahan antara gliserol (lapisan bawah/fraksi air) dan ester (lapisan atas/fraksi organik).
- 4) Lapisan ester dipisahkan dari lapisan gliserol., dan berikutnya lapisan ester dinetralkan dengan larutan HCl encer serta dicuci dengan air.
- 5) Metil ester yang terkumpul dikeringkan dengan Na_2SO_4 anhidrat, dan sisa metanol diuapkan pada evaporator.
- 6) Minyak yang dihasilkan dianalisis.

3.4.5. Uji Karakteristik Biodiesel menurut SNI 04-7182-2006

- 1) Massa jenis ditentukan dengan ASTM D 1298
- 2) Viskositas kinematic ditentukan dengan ASTM D 445
- 3) Angka Iodium ditentukan dengan AOCS Cd 1-25
- 4) Angka Asam ditentukan dengan AOCS Cd 3d-63 atau ASTM D-664
- 5) Angka Penyabunan ditentukan dengan AOCS Cd 3-25
- 6) Gliserol bebas ditentukan dengan AOCS Ca 14-56 atau ASTM D-6584
- 7) Gliserol total ditentukan dengan AOCS Ca 14-56 atau ASTM D-6584
- 8) Indeks Setana ditentukan dengan metode AOCS (American Oil Chemist Society) (Suwarso, dkk., 2011)
- 9) Penentuan kadar ester alkil

3.5. Pengolahan dan Analisis Data

3.5.1. Data Diameter dan Tinggi

Data diameter dan tinggi yang diperoleh dari hasil penghitungan pada lokasi penelitian (elevasi yang berbeda) dibandingkan untuk mengetahui pohon yang tumbuh pada elevasi yang mana yang produksi buahnya paling banyak dan dapat direkomendasikan sebagai tanaman pokok pada pembangunan Hutan Tanaman Industri (HTI) atau Kebun energi.

Selanjutnya, untuk mengetahui hubungan antara diameter dan produksi buah akan dilakukan dengan **regresi berganda** (*multiple regression*). Produksi buah akan ditetapkan sebagai variabel terikat (variabel respons), sedangkan diameter dan elevasi (ketinggian tempat dari permukaan laut) sebagai variabel-variabel bebas (variabel penduga).

Diameter dan produksi buah merupakan variabel kuantitatif (variabel numerik), sedangkan ketinggian tempat dari permukaan laut adalah variabel kualitatif (variabel karakter). Pambudhi (2004) mengemukakan bahwa dalam analisis regresi, untuk mengolah data karakter diperlukan untuk mengganti data karakter tersebut menjadi data numerik.

3.5.2. Penentuan Indeks Setana

Penentuan Indeks Setana dilakukan dengan metode AOCS (American Oil Chemist Society) (Suwarso, dkk., 2011)

$$\text{Indeks Setana} = 46,3 + 5458/x - 0,225 y$$

Di mana: x = angka penyabunan;

y = angka Iod

3.5.3. Penentuan Kadar Ester Alkil

Penentuan kadar ester alkil menggunakan persamaan:

$$\text{kadar ester (\% massa)} = \frac{100(A_s - A_a - 4,57G_{ttl})}{A_s}$$

Di mana:

A_s = Angka asam, mg KOH/g biodiesel

A_0 = Angka penyabunan, mg KOH/g biodiesel

G_{ttl} = Kadar gliserol total, % massa

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program SPSS 24. Data-data lingkungan fisik, morfologi daun/buah akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan gambar/diagram.

BAB 4.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pertumbuhan Ketapang (*T. Catappa* Linn.)

4.1.1. Pengelompokan Jumlah Pohon Berdasarkan Elevasi

Pemilihan objek penelitian di tiga lokasi penelitian selanjutnya dikelompokkan berdasarkan ketinggian tempat dari permukaan laut (elevasi). Pengelompokan pohon objek berdasarkan elevasi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengelompokan Pohon Berdasarkan Elevasi (mdpl)

No.	Elevasi (m dpl)	Jumlah pohon
1.	0–10	17
2.	11–20	30
3.	21–30	20
4.	31–40	15
5.	41–50	4
6.	51–60	15
7.	61–70	5
8.	71–80	5
9.	81–>90	7
Total		118

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pohon ketapang yang ditanam dari tepi pantai (2 m dpl) sampai ke daratan (110 m dpl) memiliki ciri-ciri sedikit berbeda. Ketapang yang tumbuh di tepi pantai cenderung memiliki percabangan yang hampir membentuk sudut 90 derajat. Sementara itu yang tumbuh di tempat tinggi memiliki percabangan yang agak tegak (30–45 derajat). Ketapang yang di tepi pantai yang tumbuh soliter di tempat terbuka menghasilkan banyak buah. Kapasitas luar biasa untuk

memproduksi buah ini kemungkinan disebabkan oleh ketersediaan karbohidrat dalam jumlah besar sebagai hasil aktivitas fotosintesis yang tinggi di area terbuka. Hal ini dapat dipengaruhi oleh efek pada faktor lingkungan yang cenderung dipengaruhi oleh faktor iklim. Di tempat terbuka tanaman dapat mengambil cahaya matahari lebih banyak sehingga leluasa membentuk percabangan dan daun-daunnya.

4.1.2. Karakteristik Morfologis Kuantitatif Ketapang

Ada variasi yang lebar pada sebagian besar karakter yang diteliti. Variasi pada tanaman dapat diamati dari berbagai aspek. Salah satunya adalah fitur morfologi yang mudah diamati dengan mata telanjang atau disebut makromorfologi. Karakter makromorfologi sebagai bukti taksonomi memiliki kelebihan. Meskipun ada bukti taksonomi lainnya seperti mikromorfologi, anatomi, biokimia, dan lain-lain, namun umumnya tidak merata dan lengkap untuk kelompok takson, tidak sedetail jumlahnya, dan jumlahnya tidak memadai, jadi penggunaannya untuk membangun sistem klasifikasi Umumnya kurang efisien karena sulit berkoordinasi. Oleh karena itu, untuk keperluan sehari-hari, kriteria karakter morfologi masih terus menjadi fokus utama kegiatan penentuan, pembentukan, dan penyiapan sistem klasifikasi praktis (Setyawan, 1999). Variasi karakter kuantitatif pohon ketapang ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. Karakteristik Morfologis Pohon Ketapang di Kalimantan Timur

No.	Karakteristik	Range	Mean \pm SD
1.	Panjang daun (cm)	19,5–42,5	29,7 \pm 5,4
2.	Lebar daun (cm)	10,3–21,0	16,1 \pm 3,0
3.	Luas daun (cm ²)	149,0–508,0	311,8 \pm 105,5
4.	Tangkai daun (cm)	1,0–3,5	1,9 \pm 0,6
5.	Panjang buah (mm)	44,55–67,12	58,0 \pm 5,91
6.	Lebar buah (mm)	33,22–41,92	39,0 \pm 2,51
7.	Keliling buah 1	10,65–15,50	14,0 \pm 1,38
8.	Keliling buah 2	9,8–12,55	11,0 \pm 0,65
9.	Berat buah segar (g)	16,43–30,55	25,0 \pm 4,29
10.	Berat biji kering (g)	5,06–7,33	6,0 \pm 0,76
11.	Jumlah biji/kg	33–64	43 \pm 9
12.	Diameter batang (cm)	18,2–61,4	33,9 \pm 11,7
13.	Sudut percabangan (^o)	20,0–85	61,0 \pm 20,0

No.	Karakteristik	Range	Mean \pm SD
14.	Tinggi total (m)	6,9–23,8	14,0 \pm 5,0
15.	Tinggi bebas cabang (m)	1,1–6,6	3,0 \pm 1,0
16.	Tinggi tajuk (m)	2,7–21,3	11,0 \pm 4,0
17.	Jari-jari tajuk (m)	4,7–11,3	7,6 \pm 1,5
18.	Luas proyeksi tajuk (m ²)	67,9–397,6	188,1 \pm 70,6

Sumber: Marjenah dan Putri (2017a)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada variasi yang lebar pada sebagian besar karakter yang diperiksa. Panjang daun berkisar 19,5 sampai 42,5 cm dengan nilai rata-rata 29,7 cm lebih baik daripada di Nigeria Barat Daya, panjang daun 8,58 cm sampai 17,3 cm dengan rata-rata 14,2 cm (Oboh, *et al.*, 2008). Daun pohon ketapang cukup besar, biasanya tebal dan kasar dengan bentuk ovoid dan berwarna hijau gelap yang mengkilap. Sebelum menanggalkan daunnya untuk bertahan di musim kemarau, pohon ketapang akan menarik kembali klorofilnya meninggalkan daunnya yang berwarna merah muda kemerahan atau kuning kecokelatan (Gambar 3).



Gambar 3. Perubahan Warna Daun
(Foto oleh Marjenah, 2017)

Peluruhan daun terjadi dua kali setahun, sekali pada bulan Januari/Februari/Maret dan yang kedua pada bulan Juli/Agustus/September. Seperti 'daun musim gugur' sangat langka di daerah tropis. Setelah tajuk menjadi kosong, semua rantingnya mengembangkan daun baru dan pohonnya mulai menghijau kembali. Pohon ketapang kemudian berbunga setelah daun baru berkembang.

Menurut Hayward (1990), peluruhan ditandai saat berbunga, terutama dari bulan Oktober sampai Januari. Diklaim, bahwa perubahan

kemerahan didorong oleh hujan gerimis dan peluruhan daun oleh air hujan karena kelembaban relatif, walaupun hubungan ini tidak diukur.

Seiring dengan munculnya daun baru, tunas generatif juga mulai keluar. Banyak bunga putih mungil muncul di sepanjang tunas generatif (*spike*). Pohon ketapang menghasilkan buah batu, sama seperti almond sejati dan banyak tanaman terkenal lainnya, mis. Mangga, Kurma, dan Kopi. Buah batu adalah buah yang ditandai dengan memiliki bagian luar yang berdaging yang mengelilingi cangkang yang di dalamnya akan ditemukan benih. Dalam *drupe*, kulit keras, biasa disebut pit, berkembang dari dinding ovarium bunga. *T. catappa* adalah andromonoecious dan perbungaannya menghasilkan bunga biseksual di bagian bawah dan staminat di atas. Tiga jenis perbungaan terjadi dan klasifikasi ini didasarkan pada panjangnya. Dari ketiga jenis perbungaan yang dihasilkan, 30% bunga jantan sedangkan sisanya mengandung bunga biseksual dan jantan (Raju, 2012).

Panjang buahnya 4,46 sampai 6,71 cm, lebar 3,32-4,99 cm, ellipsoid (berbentuk elips), lebih mengarah ke puncak daripada di pangkal, sedikit agak rata, dengan basis menonjol ke kedua sisi dan ujungnya, ini adalah bentuk yang berkontribusi pada kemampuannya untuk mengapung pada jarak jauh di laut. Di dalam buah dapat ditemukan benih yang bisa dimakan saat matang. Rasanya mirip dengan almond, oleh karena itu ketapang disebut juga sebagai almond tropis. Benih sudah siap untuk dimakan saat buahnya berbunyi. Sama seperti buah-buah lainnya, buah pohon ketapang berwarna hijau pada awalnya, lalu berwarna kuning, dan akhirnya kuning kemerahan saat matang (Gambar 4).



Gambar 4. Bunga dan Buah Ketapang
(Foto oleh Marjenah, 2017)

Tabel di atas (Tabel 3) menunjukkan bahwa variasi morfologis beberapa tumbuhan Ketapang yang terkait dengan elevasi tempat tumbuh. Eksplorasi dan identifikasi tanaman Ketapang masih diperlukan untuk menginventarisasi potensi plasma nutfahnya serta pengembangan teknologi budidaya dan pengolahan lebih lanjut produksinya. Pohon-pohon yang belum dikenal masyarakat memiliki manfaat ekonomi, yang hanya diketahui manfaat ekologi sebagai tanaman peneduh/naungan. Buah yang bila matang berwarna kuning menjadi kemerahan penting bagi penelitian untuk mengidentifikasi fungsi spesifiknya. Oleh karena itu, karakterisasi ekologi, fisiologi, morfologi dan bahkan molekuler tanaman Ketapang sangat diperlukan, terutama karena di Indonesia umumnya dan Kalimantan Timur khususnya tanaman Ketapang hanya ditanam sebagai tanaman naungan/peneduh di pinggir jalan. Tanaman Ketapang belum dimanfaatkan sebagai tanaman kehutanan yang ditanam di Hutan Tanaman.

Pohon yang tumbuh soliter di tempat terbuka (Gambar 5) dapat menghasilkan banyak buah. Kapasitas luar biasa untuk memproduksi buah ini kemungkinan disebabkan oleh ketersediaan karbohidrat dalam jumlah besar sebagai hasil aktivitas fotosintesis yang tinggi di area terbuka. Tanaman dapat dipengaruhi oleh efek dari faktor lingkungan dan ini dapat membatasi munculnya karakter morfologi terutama karena mereka cenderung membawa dampak faktor iklim.



Gambar 5. Pohon Ketapang yang Ditanam di Tepi Pantai di Balikpapan Kalimantan Timur
(Foto oleh Marjenah, 2017)

Tabel 4. Karakteristik Morfologis Ketapang yang dikelompokkan Berdasarkan Elevasi

No.	Elevasi (m dpl)	Jumlah pohon	Diameter (cm) Range Rataan	Sudut Percabangan (°) Range Rataan	Tinggi (m) Range Rataan	Jari-jari tajuk (m) Range Rataan	Luas penutupan tajuk (m ²) Range Rataan
1.	0–10	17	17.9–50.3	30–84	6.9–22.9	3.3–8.0	8.7–202.3
			30.5 ± 9.95	58.4 ± 19.70	15.7 ± 4.53	5.7 ± 1.43	80.1 ± 69.90
2.	11–20	30	20.8–50.9	26–86	8.9–26.2	2.7–8.7	5.8–261.6
			30.7 ± 9.58	54.6 ± 19.78	16.8 ± 5.16	5.4 ± 1.95	102.8 ± 86.5
3.	21–30	20	12.8–52.7	25–87	7.7–22.1	3.1–8.8	7.5–244.0
			26.7 ± 11.33	57.9 ± 23.01	13.8 ± 3.97	5.3 ± 1.63	78.3 ± 69.55
4.	31–40	15	16.2–58.6	30–85	6.4–27.1	3.7–8.5	10.6–227.0
			30.3 ± 12.22	54.0 ± 18.42	16.1 ± 5.63	6.0 ± 1.65	104.7 ± 80.36
5.	41–50	4	20.2–48.4	30–90	12.2–15.8	4.6–7.3	16.8–82.5
			28.6 ± 13.3	47.5 ± 28.7	14.3 ± 1.5	6.0 ± 1.3	44.6 ± 27.5
6.	51–60	15	12.2–56.8	36.0–85.0	8.6–23.8	3.2–9.5	8.2–285.0
			32.3 ± 13.0	58.0 ± 16.5	15.9 ± 4.6	7.0 ± 2.0	159.5 ± 93.8
7.	61–70	5	21.8–31.2	30–40	13.3–16.7	3.5–6.6	37.9–134.8
			25.6 ± 3.5	34.8 ± 4.1	14.8 ± 1.4	5.3 ± 1.3	91.1 ± 40.0
8.	71–80	5	19.2–48.8	30–85	9.3–23.7	6.2–7.9	120.8–193.6
			31.0 ± 11.1	63.2 ± 26.2	15.4 ± 5.3	7.1 ± 0.8	158.4 ± 34.3
9.	81–90	7	21.1–54.0	36–83	7.9–24.3	3.6–14.0	3.6–14.0
			32.9 ± 13.4	63.2 ± 23.1	14.7 ± 6.4	7.4 ± 4.1	203.7 ± 186.4
	F _{cal}		1.25	0.10	8.48	10.91	0.002
	F _{tab(0,05)}				2.45		
	F _{tab(0,01)}				3.49		
	Significancy		ns	ns	**	**	ns

Karakteristik morfologis pohon ketapang dikelompokkan berdasarkan elevasi ditampilkan pada Tabel 4. Dari hasil analisis statistik diketahui bahwa pertumbuhan diameter batang, sudut percabangan, dan luas penutupan tajuk menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Sementara itu, tinggi batang dan jari-jari tajuk menunjukkan sangat signifikan. Pengaruh tajuk tanaman pada iklim mikro secara langsung dan tidak langsung terkait dengan keberadaan tajuk dan batang. Cabang dan daun merefleksikan dan menyerap sebagian radiasi matahari di siang hari,

sehingga memungkinkan lebih sedikit energi yang dapat mencapai tanah di bawah kanopi (Arx, 2012).

Luas permukaan daun adalah karakteristik morfologis yang biasa digunakan untuk mengetahui perkembangan tajuk. Struktur tajuk, terutama sudut daun relatif terhadap garis vertikal. Tanaman dengan daun horizontal menghasilkan 30-40% cahaya yang masuk melalui masing-masing unit indeks luas daun, sedangkan daun tegak lurus dapat menempuh 45–65%. Daun yang tegak lurus terhadap sinar matahari pada sinar matahari yang cerah, laju pertumbuhan tanaman akan meningkat secara teoretis dengan penyebaran cahaya yang terdistribusi secara merata di tajuk dengan daun tegak (Goldsworthy dan Fisher, 1992).

4.1.3. Karakteristik Lingkungan Fisik

Elevasi merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil panen. Ada hubungan erat antara elevasi dan iklim dalam hal ini suhu udara. Semakin rendah elevasi, semakin tinggi suhu udara. Suhu udara tinggi atau rendah berhubungan erat dengan kondisi iradiasi di daerah tersebut. Penerimaan intensitas cahaya sebagai faktor pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh persaingan. Mengurangi intensitas cahaya biasanya diikuti oleh penurunan jumlah cabang tanaman. Karena intensitas cahaya rendah, tanaman tumbuh tinggi, hasil fotosintesis yang digunakan untuk pembentukan cabang sedikit, akibatnya jumlah cabang sedikit. Peningkatan intensitas cahaya meningkatkan proses fotosintesis pada tanaman, karena sinar matahari merupakan sumber energi bagi fotosintesis.

Informasi tentang karakteristik lingkungan fisik yang dikelompokkan menurut elevasi ditampilkan pada Tabel 5. Karakteristik lingkungan fisik yang diamati adalah intensitas cahaya, suhu udara, kelembaban relatif, suhu tanah dan pH. Analisis statistik karakteristik lingkungan fisik pohon ketapang berdasarkan elevasi diketahui bahwa intensitas cahaya dan kelembaban relatif tidak signifikan. Di sisi lain, suhu udara, suhu tanah dan pH menunjukkan sangat signifikan.

Semakin rendah ketinggian tempat dari permukaan laut, semakin tinggi suhu udara, air tanah dan cukup nutrisi akan menyebabkan aktivitas metabolik meningkat pada tanaman. Ini akan menunjang pertumbuhan

tanaman, sehingga hasil panen atau kuantitasnya akan meningkat. Proses fotosintesis, respirasi dan transpirasi juga akan meningkat (jika tidak ada faktor pembatas) Pada suhu yang lebih tinggi. Suhu udara akan turun di ketinggian yang lebih tinggi.

Tanaman dapat dipengaruhi oleh efek dari faktor lingkungan dan ini dapat membatasi karakter morfologi terutama karena tanaman cenderung membawa dampak faktor iklim. Kondisi cuaca mempengaruhi produksi biji dengan mempengaruhi pembentukan kuncup bunga dan bunga yang sudah ada. Suhu tinggi, cahaya yang cukup, dan air tanah sehingga fotosintesis dan akumulasi karbohidrat tinggi bagus untuk banyak produksi benih. Musim hujan yang panjang selama musim berbunga dapat menurunkan produksi benih dengan menghambat penyebaran serbuk sari, yang menghasilkan penyerbukan lebih sedikit. Cuaca berawan dapat menyebabkan turunnya buah-buahan muda, karena mengurangi aktivitas fotosintesis dan menurunkan suplai karbohidrat.

Suhu dan pH tanah berhubungan erat dengan pertumbuhan akar tanaman. Suhu tanah sangat mempengaruhi kemampuan penyerapan air oleh akar tanaman. Penyerapan air oleh akar akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu tanah. Penyerapan air pada tanaman tropis terjadi pada suhu 5–70°C. Perbedaan itu muncul karena kemampuan adaptasi tanaman. Pada suhu tinggi ekstrem akan menyebabkan terganggunya aktivitas fisiologis tanaman, misal. menghentikan fotosintesis, respirasi, dan aktivitas enzimatik; Jadi tidak membutuhkan air. Suhu tanah yang rendah akan menurunkan laju penyerapan air akar, karena berkurangnya transpirasi, perubahan suhu tanah drastis yang terjadi pada viskositas air pada selaput menjadi berbeda, sehingga berakibat kepada aktivitas fisiologis sel akar.

Table 5. Karakteristik Lingkungan Fisik pada Ketapang

No.	Elevasi (m dpl)	Jumlah pohon	Intensitas cahaya (%) Range Rataan	Suhu udara (°C) Range Rataan	Kelembaban Relatif (%) Range Rataan	Suhu tanah (°C) Range Rataan	pH tanah Range Rataan
1.	0–10	17	12–53.2	28.8–31.4	72–95	26–28	6–9
			27.5 ± 10.38	29.8 ± 1.06	80.8 ± 12.1	27.2 ± 0.6	7.5 ± 1.5
2.	11–20	30	26.8–59.1	28.9–34.1	81–90	27–31	5–10
			44 ± 14	29.7 ± 2.6	85.5 ± 14.4	27.9 ± 1.4	7 ± 2
3.	21–30	20	14.8–39.2	26–35.1	76–90	27–28	5–10
			29 ± 7.2	28.3 ± 2.7	83 ± 9.9	27.3 ± 0.5	6.8 ± 1.5

No.	Elevasi (m dpl)	Jumlah pohon	Intensitas cahaya (%) Range Rataan	Suhu udara (°C) Range Rataan	Kelembaban Relatif (%) Range Rataan	Suhu tanah (°C) Range Rataan	pH tanah Range Rataan
4.	31–40	15	12.2–70.9	26–33.1	74–82	26–32	5–12
			35.75 ± 20.1	28.8 ± 2.7	79.6 ± 3.3	27.7 ± 2	7.3 ± 2.4
5.	41–50	4	12.1–38.9	28.1–30.7	72–79	27–28	6–8
			22.8 ± 11.8	29.1 ± 1.4	74.3 ± 4.0	27.3 ± 0.6	7 ± 0.8
6.	51–60	15	11.5–40.8	26–31.6	76–92	27–31	4–11
			28.9 ± 9.2	28.8 ± 2.6	82 ± 7.7	28.2 ± 1.2	6.6 ± 2.6
7.	61–70	5	18.7–23.8	27–31.6	71–90	26–28	4–9
			20.5 ± 2.3	28.8 ± 2.5	81 ± 9.5	26.8 ± 1.0	6 ± 2.4
8.	71–80	5	18.3–30.6	27–29.5	71–86	26–29	5–8
			23.5 ± 5.2	28.6 ± 1.1	77.2–6.4	27.6 ± 1.3	6 ± 1.4
9.	81–90	7	13.0–49.5	26–29	75–90	28–29	5–10
			30.0 ± 15.2	28 ± 1.4	80.6 ± 5.8	28.8 ± 0.5	7.5 ± 2.4
	Fcal		0.14	21.86	0.72	20.90	23.37
	Ftab(0,05)	2.45					
	Ftab(0,01)	3.49					
	Significancy		ns	**	ns	**	**

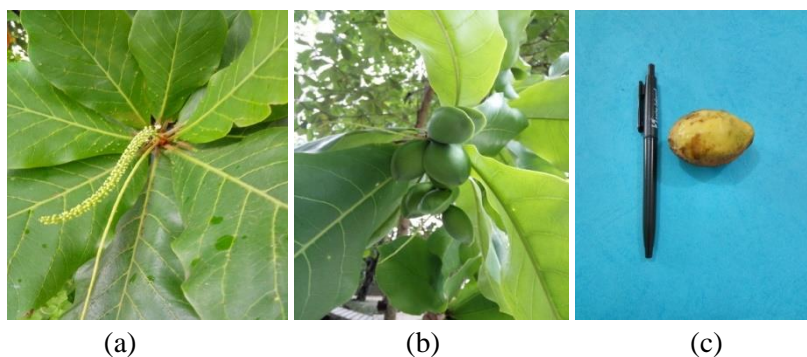
4.2. Produksi Buah Ketapang

Pengamatan terhadap produksi buah ketapang dilakukan sejak Januari 2017. Pengamatan dimulai dengan mengamati proses pembungaan dan pembuahan ketapang (fenologi). Pengamatan dilakukan secara visual langsung di lapangan terhadap setiap pohon dengan memberi tanda pada cabang produktif (mengalami pembungaan). Tahap-tahap yang diamati mulai dari terjadinya tunas generatif, bakal bunga, hingga bunga mekar (*anthesis*). Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap perkembangan buah, pengamatan perkembangan dimulai dari bakal buah, buah muda dan buah masak. Selain waktu juga dicatat perubahan ukuran, warna dan bentuk buah/biji.

Masa pembungaan dan pembuahan Ketapang terjadi dua kali dalam setahun yaitu pada Bulan Januari/Februari/Maret dan Juli/Agustus/September. Menurut Ewusie (1990) tumbuhan yang berbunga dua kali setahun mempunyai $K.bg = 2$ ($K.bg =$ kekerapan berbunga).

Sebanyak 118 batang tanaman ketapang yang diamati sampai dengan bulan September 2017, hanya 20 batang yang berbuah dan dapat dihitung produksinya. Kebanyakan pohon tidak berbuah. Beberapa pohon pengamatan ditebang, ada yang dipangkas sehingga pengamatan fenologi tidak dapat dilanjutkan. Ada pohon yang sudah mengeluarkan tunas generatif, mulai muncul kuncup bunga, ada yang bunganya sudah mekar. Tapi pada pengamatan berikutnya bunga-bunga tersebut sudah luruh karena adanya hujan deras dan

angin kencang. Menurut Ewusie (1990), tidak semua tunas generatif yang menjadi bunga dapat berkembang menjadi buah akibat adanya hujan. Bunga dan buah ketapang ditampilkan pada gambar berikut ini:



Gambar 6. Pembungaan dan Pembuahan Buah Ketapang. a. Bunga; b. Buah muda; c. Buah masak
(Foto oleh Marjenah, 2017)

Hasil produksi buah ketapang selama pengamatan berlangsung hingga bulan September 2017 ditampilkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 6. Produksi Buah Ketapang Januari–September 2017 di Kalimantan Timur

No.	No. Pohon	Elevasi (m dpl)	Diameter (cm)	Produksi buah (Butir)
1.	A31	2	30,7	7.076
2.	A115	4	33,9	3.035
3.	A118	10	50,3	3.559
4.	A78	12	35,2	4.476
5.	A106	16	29,1	2.713
6.	A107	17	33	6.167
7.	A98	21	19,5	1.632
8.	A45/125	22	31,4	2.848
9.	A93	22	23,1	1.335
10.	A92	24	12,8	2.276
11.	A87	31	21,7	1.909
12.	A104	35	26,2	1.881
13.	A81	35	29,3	2.382
14.	A102	43	48,4	5.835

No.	No. Pohon	Elevasi (m dpl)	Diameter (cm)	Produksi buah (Butir)
15.	A88	48	24,5	2.893
16.	A95	53	24,8	1.082
17.	A59	53	36,6	3.876
18.	A68	71	19,2	8.720
19.	A70	75	31,1	4.925
20	A56	90	21,1	2.611
RATAAN			29,1	3.562

Perilaku fenologi yang berlainan dari jenis Ketapang ini menunjukkan keragaman yang khas dalam fenologi. Meskipun pohon-pohon ketapang tumbuh berdekatan (kadang-kadang ditanam dengan jarak tanam 3–5 m) tetapi tidak selalu terjadi pembungaan dan pematangan secara bersama-sama. Demikian juga halnya dengan peristiwa peluruhan daun (*flushing*). Ada pohon ketapang yang daunnya berubah warna dan meluruhkan daunnya sedikit saja (hanya di beberapa cabang), ada yang sampai setengah tajuk berubah warna, bahkan ada yang daunnya berubah warna dan meluruhkan hampir seluruh daunnya (lebih dari 75%). Namun demikian, ada juga Ketapang yang tidak meluruhkan daunnya seperti pohon ketapang pada umumnya. Menurut Hayward (1990), peluruhan ditandai saat berbunga, terutama dari bulan Oktober sampai Januari. Diklaim, bahwa perubahan kemerahan didorong oleh hujan gerimis dan peluruhan daun oleh air hujan karena kelembaban relatif, walaupun hubungan ini tidak diukur. Perubahan warna daun di tampilan pada Gambar 7 berikut.



7.5 GY 4/5: Dull Green
(hijau kusam)



7.5 YR 7/8: Dull yellowish
orange (Orange kuning kusam)



7.5 RP 4/10: Strong red
purple (Merah ungu
kuat)

Gambar 7. Identifikasi Perubahan Warna Daun
(Foto oleh Marjenah, 2017)

Peluruhan daun (*flushing*) akan diikuti dengan munculnya daun-daun muda berwarna merah dan munculnya tunas-tunas generatif di ujung ranting (*spike*). Pohon ketapang menghasilkan buah batu, sama seperti almond sejati dan banyak tanaman terkenal lainnya, mis. Mangga, Kurma, dan Kopi. Buah batu adalah buah yang ditandai dengan memiliki bagian luar yang berdaging yang mengelilingi cangkang yang di dalamnya akan ditemukan benih. Dalam *drupe*, kulit keras, biasa disebut pit, berkembang dari dinding ovarium bunga. *T. catappa* adalah andromonoecious dan perbungaannya menghasilkan bunga biseksual di bagian bawah dan staminat di atas. Tiga jenis perbungaan terjadi dan klasifikasi ini didasarkan pada panjangnya. Dari ketiga jenis perbungaan yang dihasilkan, 30% hanya dikenakan bunga jantan sedangkan sisanya mengandung bunga biseksual dan jantan (Raju, 2012).

Data produksi buah Ketapang selanjutnya dianalisis menggunakan regresi berganda. Dari pengujian regresi berganda dapat disusun rumus untuk produksi buah berikut ini:

$$Y = 812,170 + 15,675 X1 + 76,072 X2$$

Keterangan:

Y = produksi buah (kg)

X1 = elevasi

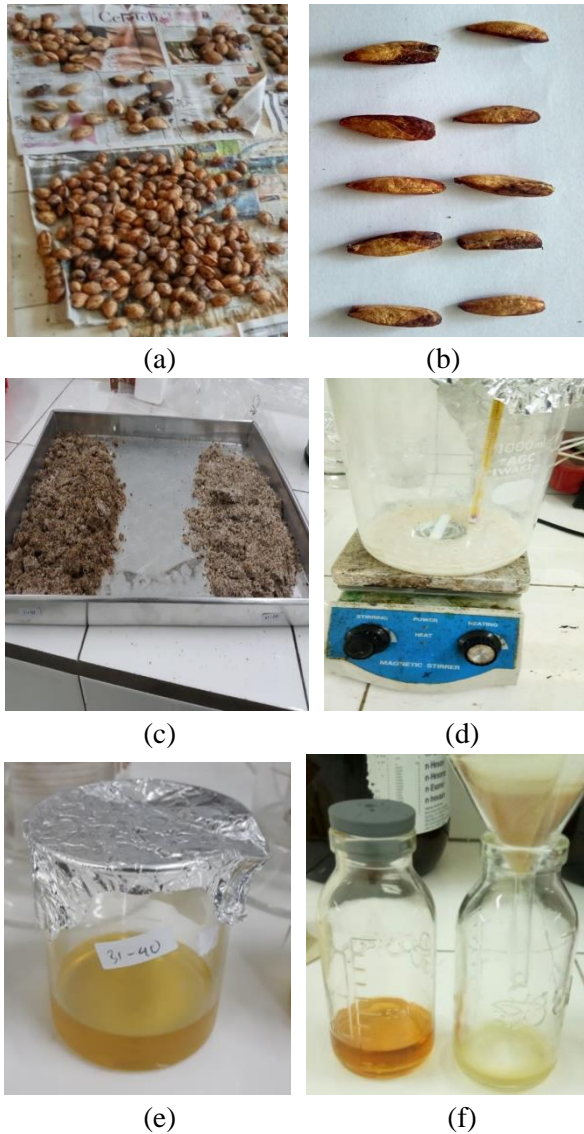
X2 = diameter (cm)

4.3. Produksi Biodiesel dari Biji Ketapang

Buah ketapang yang masak dan dapat dipanen selanjutnya dikeringkan. Inti buahnya (*kernel*) yang seperti kacang almond dikeringkan dan dibuat serbuk. Yang selanjutnya diekstraksi menjadi minyak untuk mendapatkan biodiesel.

Pada penelitian ini bahan yang akan diektraksi tidak mencukupi untuk dijadikan sampel, karena pohon ketapang yang dijadikan objek penelitian tidak menghasilkan buah yang memadai untuk dijadikan sampel. Selama penelitian berlangsung, kegiatan survei (pemungutan) buah ketapang dilaksanakan setiap hari Minggu (hari libur) di Kota Balikpapan, Samarinda, dan Kabupaten Kutai Kartanegara. Biji-biji yang didapat tidak cukup untuk dijadikan sampel yang akan diekstraksi. Biji-biji yang

diperoleh dikeringkan dan dibuat bubuk. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Proses Pembuatan Biodiesel. (a) Pengeringan biji ketapang; (b) Inti ketapang (*kernel*) dikeluarkan dari tempurung; (c) Pembuatan bubuk *kernel*; (d) Ekstraksi minyak ketapang; (e) *Crude biodiesel*; dan (f) Penyaringan biodiesel.

Crude biodiesel yang dihasilkan belum mencukupi untuk dijadikan sampel uji SNI sehingga pengujian tidak dapat dilakukan. Selain itu, objek pohon ketapang yang dibagi dalam kelompok elevasi tidak semuanya menghasilkan buah karena terjadi musim kemarau.

Hasil ekstraksi minyak ketapang dan biodiesel ditampilkan pada Gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Hasil Ekstraksi Minyak Ketapang dan *Crude Biodiesel*
(Foto oleh Marjenah, 2017)

Biodiesel adalah salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, tidak mempunyai efek terhadap kesehatan yang dapat dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor yang dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan minyak diesel. Biodiesel terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Bahan baku yang berpotensi sebagai bahan baku pembuat biodiesel antara lain adalah biji buah ketapang. Data hasil ekstraksi minyak biji ketapang dan *crude biodiesel* ditampilkan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Crude Biodiesel* dari Buah Ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) Per 100 g

No.	Elevasi (m dpl)	Volume minyak ketapang (ml)	Yield <i>crude biodiesel</i> (%)
1	E 0-10	63	75
2	E 21-30	51	80
3	E 51-60	65	58
4	E 71-80	49	78
Rataan		57	72,75

Dari Tabel 7 tersebut di atas dapat dilihat bahwa elevasi 11–20 m dpl, 31–40 m dpl, 41–50 m dpl, 61–70 m dpl, dan 81–> 90 m dpl belum dapat dilaporkan karena belum memproduksi buah. Volume minyak ketapang dan *yield crude biodiesel* yang dihasilkan pada elevasi 0–10 m dpl, 21–30 m dpl, 51–60 m dpl, dan 71–80 m dpl bervariasi. Volume minyak ketapang yang dihasilkan 49–65 ml atau rata-rata 57 ml. *Yield crude biodiesel* yang dihasilkan antara 58%–80% atau rata-rata 72,75%. Hasil ini lebih baik bila dibandingkan dengan hasil penelitian Faizal, dkk. (2009) yang memperoleh kadar minyak *Terminalia catappa* mencapai 55,50% Janporn *et al* (2015) menyebutkan bahwa biji ketapang mengandung minyak sebanyak 600 g/kg.

4.4. Pembangunan Kebun Energi

4.4.1. Kesesuaian Tumbuh Ketapang di Kalimantan Timur

Konsep sistem lahan (*land system*) yang diperkenalkan oleh Christian dan Stewart (1968) didasarkan pada prinsip ekologi dengan menganggap ada hubungan yang erat antara tipe batuan, hidroklimat, *landform*, tanah, dan organisme. Sistem lahan yang sama akan mempunyai kombinasi faktor-faktor ekologi atau lingkungan yang sama. Oleh karena itu, sistem lahan bukan merupakan sesuatu yang unik untuk satu tempat saja (spesifik lokasi), tetapi dapat dijumpai di mana pun dengan karakteristik lingkungan yang sama. Lebih lanjut dikemukakan bahwa satu sistem lahan terdiri atas satu kombinasi batuan induk, tanah, dan topografi, dan hal ini mencerminkan kesamaan potensi dan faktor-faktor pembatasnya (Suharta, 2007).

Sementara itu, di Kalimantan Timur ada 42 sistem lahan yang ditemukan. Sistem lahan tersebut informasinya telah tersedia sejak tahun 1987, dipublikasikan melalui kerja sama antara Direktorat Bina Program, Direktorat Jenderal Penyiapan Pemukiman, Departemen Transmigrasi Republik Indonesia dengan Land Resources Development Centre, Overseas Development Administration, Foreign and Commonwealth Office, United Kingdom. Namun demikian, informasi penting tersebut mungkin karena kurang disosialisasikan dan tidak mudah diperoleh, jarang dimanfaatkan dalam berbagai kegiatan pembangunan yang berkaitan dengan sumber daya alam (Ruhayat, 2004).

Lebih lanjut Ruhayat (2004) mengemukakan bahwa tiap sistem lahan memiliki ciri-ciri geo-fisik yang berbeda dari sistem lahan lainnya, antara lain dalam hal bentuk lahan (fisiografi, kemiringan, amplitudo relief, lebar puncak, lebar lembah); tanah (kelompok besar/*great group*, tekstur, batuan induk); kondisi klimatik (jeluk hujan tahunan, jumlah bulan kering, jumlah bulan basah, suhu minimum-maksimum).

Kebun energi adalah lahan yang ditanami dengan pohon kayu yang khusus diperuntukkan produksi kayu sebagai bahan energi. Perkebunan dengan tanaman energi hakikatnya dapat dilakukan secara terintegrasi dengan upaya rehabilitasi dan reboisasi hutan. Potensi kebun tanaman energi cukup besar, karena selain mudah tumbuh pada lahan yang subur, juga dapat ditanam pada lahan-lahan yang kritis. Lahan hutan yang kritis yang topografinya tidak lebih dari berombak sampai gelombang dapat dikonversikan menjadi hutan tanaman energi dengan spesies kayu-kayuan yang memenuhi persyaratan.

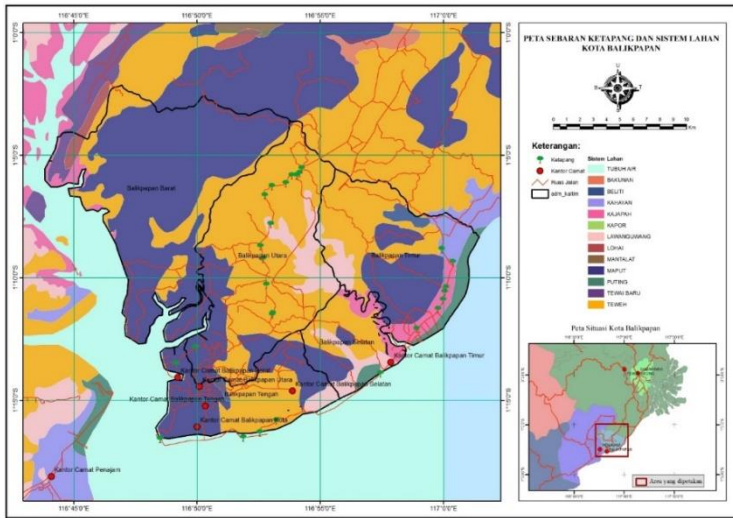
Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pembangunan hutan tanaman khususnya kesesuaian jenis dan tapak (*site*) adalah: 1) Ketinggian di atas permukaan laut atau altitude; 2) Curah hujan tahunan dan hari hujan pada lokasi yang akan ditanam haruslah memenuhi persyaratan tumbuh jenis yang akan ditanam; 3) Jenis tanah pada tapak yang akan dibangun hutan tanaman. Sebagai contoh jenis pohon jati mempunyai kualitas yang baik jika ditanam pada tanah berkapur dengan musim kemarau dan musim hujan yang jelas misalnya di daerah Cepu (Jawa Tengah); 4) Kebutuhan cahaya (naungan). Jenis-jenis pohon paling tidak terdiri dari jenis yang perlu cahaya penuh (*full light demanders*) misalnya *Acacia mangium*, jenis yang perlu naungan pada umur muda misalnya jenis-jenis meranti merah; dan 5) Suhu dan kelembapan di lokasi penanaman.

Pengambilan titik koordinat objek dilakukan untuk mengetahui letak pohon, selanjutnya koordinat tersebut dimasukkan ke dalam program peta sistem lahan sehingga diketahui sistem lahan dari setiap objek penelitian. Hasil identifikasi sistem lahan ditampilkan pada Tabel 8.

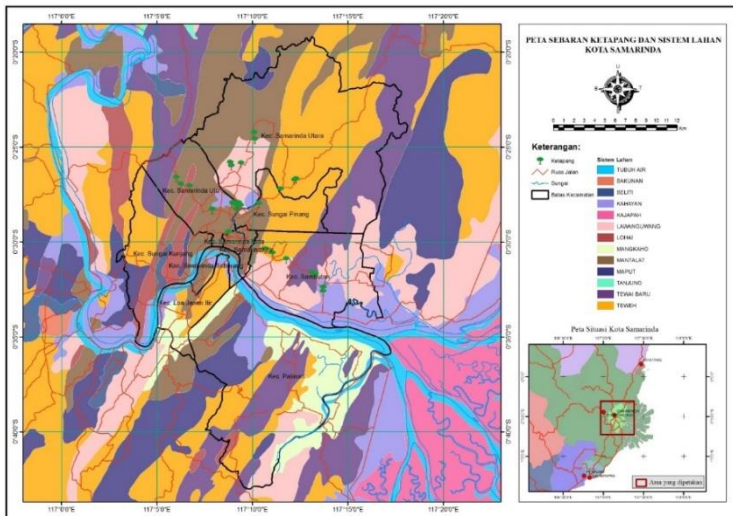
Tabel 8. Identifikasi Sistem Lahan Objek Penelitian di Balikpapan, Samarinda, dan Kabupaten Kutai Kartanegara

No.	Lokasi (Kabupaten/Kota)	Sistem Lahan	Simbol	Jumlah tanaman (pohon)
1.	Balikpapan	Kahayan	KHY	2
		Kajapah	KJP	5
		Puting	PTG	1
		Teweh	TWH	16
		Maput	MPT	6
		Lawanguwang	LWW	2
Sub Total				32
2.	Samarinda	Mantalat	MTL	14
		Lawanguwang	LWW	16
		Teweh	TWH	6
		Kahayan	KHY	5
		Tewai Baru	TWB	3
Sub Total				44
3.	Kutai Kartanegara	Teweh	TWH	33
		Maput	MPT	4
		Lohai	LHI	3
		Tewai Baru	TWB	1
		Mantalat	MTL	1
Sub Total				42
TOTAL				118

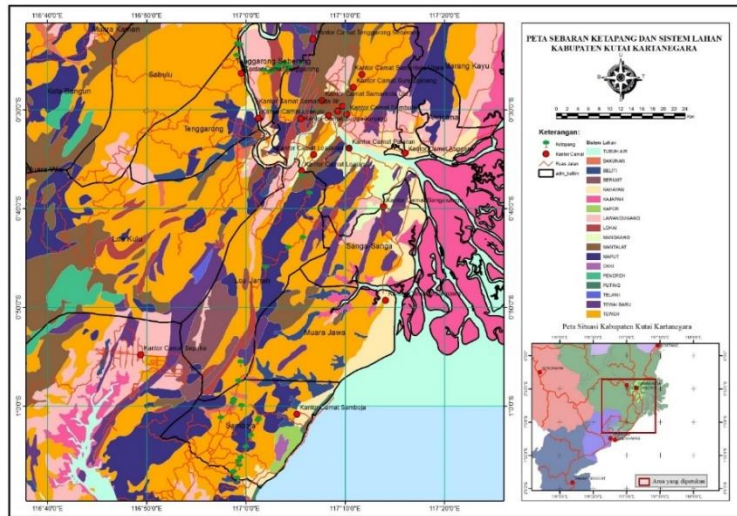
Identifikasi sistem lahan menggunakan titik koordinat pohon ketapang sebagai objek penelitian diketahui ketapang tumbuh pada 9 sistem lahan di Kalimantan Timur. Peta pertumbuhan ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) pada beberapa sistem lahan di Kalimantan Timur dapat dilihat pada Gambar 10 (Balikpapan), Gambar 11 (Samarinda) dan Gambar 12 (Kabupaten Kutai Kartanegara).



Gambar 10. Peta Sebaran Pohon Ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) dan Sistem Lahan Kota Balikpapan (Marjenah dan Ariyanto, 2018)



Gambar 11. Peta Sebaran Pohon Ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) dan Sistem Lahan Kota Samarinda (Marjenah dan Ariyanto, 2018)



Gambar 12. Peta Sebaran Pohon Ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) dan Sistem Lahan Kabupaten Kutai Kartanegara (Marjenah dan Ariyanto, 2018)

Sistem lahan dan luasannya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Sistem Lahan dan Luasannya di Kalimantan Timur*) yang Dapat Ditumbuhi Ketapang

No.	Sistem Lahan	Simbol	Luas (Km ²)
1.	Puting	PTG	173
2.	Kajapah	KJP	6.858
3.	Kahayan	KHY	3.222
4.	Lawangwang	LWW	16.903
5.	Teweh	TWH	35.353
6.	Tewai Baru	TWB	2.530
7.	Maput	MPT	23.892
8.	Mantalat	MTL	2.842
9.	Lohai	LHI	1.455

*) Berdasarkan data sekunder dari Ruhayat (2004)

Di Kalimantan Timur, ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) dapat tumbuh pada sistem lahan Puting (PTG), Kajapah (KJP), Kahayan (KHY),

Lawanguwang (LWW), Teweh (TWH), Tewai Baru (TWB), Maput (MPT), Mantalat (MTL), dan Lohai (LHI). Penanaman dengan sistem agroforestri/tumpangsari dapat dilakukan dengan memilih jenis tanaman yang sesuai dengan sistem lahan. Untuk kepentingan budidaya tanaman khususnya, karakter tiap sistem lahan bahkan dapat digunakan untuk mengarahkan kesesuaiannya bagi produksi berbagai jenis tanaman, misalnya karet, kelapa sawit, kelapa, teh, kopi, kakao, cengkeh, lada, tebu, jambu mente, nenas, pisang (Ruhayat, 2004). Kesesuaian lahan dengan beberapa komoditas tanaman diperlihatkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Kesesuaian Lahan untuk Beberapa Jenis Tanaman *)

No.	Jenis Tanaman	Sistem Lahan								
		PTG	KJP	KHY	LWW	TWH	TWB	MPT	MTL	LHI
1.	Karet	TS	TS	TS	S	S	S	TS	S	TS
2.	Kelapa sawit	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS
3.	Kelapa	TS	TS	TS	S	S	S	TS	TS	TS
4.	Teh	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS
5.	Kopi	TS	TS	TS	S	S	S	TS	TS	TS
6.	Cokelat	TS	TS	TS	S	S	S	TS	S	TS
7.	Cengkeh	TS	TS	TS	S	S	S	TS	TS	TS
8.	Lada	TS	TS	TS	S	S	S	TS	TS	TS
9.	Tebu	TS	TS	TS	S	S	TS	TS	TS	TS
10.	Tembakau	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS
11.	Jambu Mente	TS	TS	TS	S	S	TS	TS	TS	TS
12.	Nenas	TS	TS	TS	S	S	TS	TS	TS	TS
13.	Pisang	TS	TS	TS	S	S	TS	TS	TS	TS
14.	Sagu	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS

*) Berdasarkan data sekunder dari Ruhayat (2004). TS: tidak sesuai. S: sesuai

Dari Tabel 10 dapat dilihat bahwa tidak semua sistem lahan yang mendukung pertumbuhan ketapang dapat ditumbuhi jenis tanaman perkebunan/pertanian. Sehingga tidak semua sistem lahan dapat dilakukan tumpangsari. Sistem lahan yang memungkinkan untuk dilaksanakan tumpangsari/agroforestri adalah LWW, TWH, TWB, dan MTL. Pada sistem lahan LWW dan TWH, penanaman ketapang dapat ditumpangsarikan dengan karet, kelapa, kopi, cokelat, cengkeh, lada, tebu, jambu mente, nenas, dan pisang. Pada sistem lahan TWB, penanaman

ketapang dapat ditumpangsarikan dengan karet, kelapa, kopi, cokelat, cengkeh, dan lada. Sementara itu, pada sistem lahan MTL, penanaman ketapang hanya dapat ditumpangsarikan dengan karet dan cokelat.

4.4.2. Pertumbuhan Ketapang di Kalimantan Timur

Pertumbuhan tanaman pada umumnya dipengaruhi oleh faktor dalam (internal) dan faktor luar (eksternal). Faktor internal merupakan faktor-faktor yang mampu mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang berasal dari dalam tanaman itu sendiri. Sedangkan faktor eksternal adalah faktor-faktor dari luar tanaman yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Faktor eksternal yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman terdiri dari elemen (unsur) iklim dan faktor iklim (Marjenah, 2010).

Pertumbuhan ketapang yang diteliti dalam penelitian ini adalah pertumbuhan diameter. Sementara itu, data pertumbuhan tinggi tidak dapat diidentifikasi karena beberapa pohon penelitian dipangkas dan ada beberapa pohon yang ditebang. Riap diameter Ketapang di Kota Balikpapan, Kota Samarinda, dan Kabupaten Kutai Kartanegara ditampilkan berturut-turut pada Tabel 11, Tabel 12, dan Tabel 13.

Tabel 11. Riap Diameter Ketapang (cm/th) yang Tumbuh di Balikpapan

No.	No. Pohon	Diameter Pohon (cm)		Riap (cm/th)
		Jan-17	Jul-18	
1	A 19	25,8	31,2	3,6
2	A 21	24,3	25,0	0,5
3	A 22	32,7	36,3	2,4
4	A 23	43,0	44,5	1,0
5	A 24	37,9	41,6	2,5
6	A 25	33,5	40,1	4,4
7	A 26/140	23,0	26,6	2,4
8	A 29/134	42,3	43,4	0,7
9	A 30	29,4	33,8	3,0
10	A 31	30,7	37,7	4,6
11	A 32	29,3	35,3	4,0
12	A 34	19,7	23,2	2,3
13	A 35	22,1	26,5	2,9
14	A 57	40,7	41,2	0,3
15	A 58	56,8	57,3	0,3

No.	No. Pohon	Diameter Pohon (cm)		Riap (cm/th)
		Jan-17	Jul-18	
16	A 59	36,6	37,0	0,2
17	A 60	35,5	39,8	2,9
18	A 61	61,4	63,4	1,3
19	A 62	50,5	54,2	2,5
20	A 63	18,6	21,8	2,2
21	A 64	51,5	57,3	3,9
22	A 65	48,8	53,6	3,2
23	A 67	24,6	30,0	3,6
24	A 68	19,2	23,9	3,1
25	A 69	31,1	31,3	0,1
26	A 70	31,1	35,7	3,0
27	A 71	46,2	48,9	1,8
		Rataan		2,3

Dari Tabel 11 tersebut di atas dapat dilihat bahwa ketapang yang ditanam sebagai tanaman hias/tanaman peneduh di sepanjang tepi jalan di Kota Balikpapan memiliki riap diameter 2,3 cm/tahun

Tabel 12. Riap Diameter Ketapang (cm/th) yang Tumbuh di Kota Samarinda

No.	No. Pohon	Diameter Pohon (cm)		Riap (cm/th)
		Jan-17	Jul-18	
1	A 55	27,5	29,1	1,1
2	A 56	21,1	24,3	2,1
4	A 78	35,2	37,6	1,6
5	A 79	50,9	53,3	1,5
6	A 80	47,7	49,6	1,2
7	A 81	29,3	32,3	2,0
8	A 82	16,2	22,4	4,1
9	A 83	16,9	20,5	2,4
10	A 84	23,0	25,4	1,6
11	A 86	21,0	25,2	2,8
12	A 87	21,6	25,9	2,8
13	A 88	24,5	24,5	0
14	A 89	23,2	26,3	2,1
15	A 90	20,6	22,9	1,5
16	A 91	20,8	26,4	3,7
17	A 92	12,8	16,5	2,4
18	A 93	23,1	23,4	0,2
19	A 94	23,6	24,2	0,4

No.	No. Pohon	Diameter Pohon (cm)		Riap (cm/th)
		Jan-17	Jul-18	
20	A 95	24,8	25,7	0,6
21	A 96	26,4	33,8	5,0
22	A 97	12,2	16,9	3,2
23	A 99	16,9	22,2	3,5
24	A 102	48,4	53,3	3,3
25	A 103	52,7	58,4	3,8
26	A 104	26,2	29,1	1,9
27	A 105	40,4	41,1	0,5
28	A 106	29,1	32,8	2,5
29	A 107	33,0	35,8	1,8
30	A 108	21,2	26,7	3,6
31	A 109	22,6	27,7	3,4
32	A 110	27,8	29,4	1,1
33	A 111	29,0	35,7	4,4
34	A 112	27,4	28,1	0,5
35	A 113	34,7	37,3	1,8
36	A114	32,8	34,5	1,1
37	A 110	33,9	35,8	1,3
38	A 111	17,9	20,8	2,0
39	A 112	17,9	23,8	3,9
40	A 113	50,3	52,9	1,8
		Rataan		2,2

Dari Tabel 12 tersebut di atas dapat dilihat bahwa ketapang yang ditanam sebagai tanaman hias/tanaman peneduh di sepanjang tepi jalan di Kota Samarinda memiliki riap diameter 2,2 cm/tahun

Tabel 13 Riap Diameter Ketapang (cm/th) yang Tumbuh di Kabupaten Kutai Kartanegara

No.	No. Pohon	Diameter Pohon (cm)		Riap (cm/th)
		Jan-17	Jul-18	
1	A 1	58,6	61,1	1,7
2	A 4	21,9	30,7	5,8
3	A 5	20,2	21,4	0,8
4	A 6	30,0	34,1	2,7
5	A 7	47,6	50,5	1,9
6	A 8	19,4	21,2	1,2
7	A 9	43,2	46,3	2,0
8	A 10	27,4	29,2	1,2

No.	No. Pohon	Diameter Pohon (cm)		Riap (cm/th)
		Jan-17	Jul-18	
9	A 11	32,2	33,6	0,9
10	A 12	56,2	57,8	1,1
11	A 13	50,8	54,2	2,3
12	A 14	42,2	42,2	0
13	A 18	30,0	34,3	2,8
14	A 36	34,2	39,9	3,8
15	A 37	48,9	50,7	1,3
16	A 38	28,0	32,2	2,8
17	A 39	39,8	42,7	2,0
18	A 40	27,2	32,1	3,3
19	A 41	24,6	28,7	2,7
20	A 42	26,1	31,4	3,6
21	A 43	22,8	25,9	2,1
22	A 44	36,4	40,6	2,8
23	A 45/125	31,4	33,9	1,7
24	A 46	24,2	26,5	1,5
25	A 47	18,3	23,2	3,2
26	A 48	22,7	31,3	5,7
27	A 49	24,2	28,5	2,9
28	A 50	31,2	33,9	1,8
29	A 51	29,9	33,9	2,7
30	A 52	33,1	34,7	1,1
31	A 53	23,7	28,7	3,4
32	A 54	20,4	25,1	3,1
33	A 55	27,6	32,1	3,0
34	A 56	21,1	40,4	12,9
Rataan				2,8

Dari Tabel 13 tersebut di atas dapat dilihat bahwa ketapang yang ditanam sebagai tanaman hias/tanaman peneduh di tepi jalan di Kabupaten Kutai Kartanegara memiliki riap diameter 2,8 cm/tahun

4.4.3. Pembibitan Ketapang

Untuk memenuhi keperluan bahan tanaman yang akan ditanam di kebun energi disiapkan bibit tanaman sejumlah yang diperlukan. Perencanaan awal bahan tanaman dibuat dari biji yang dikecambahkan sendiri. Tetapi karena tahun 2018 ini terjadi kemarau yang cukup panjang, pohon ketapang tidak menghasilkan biji yang dapat dikumpulkan dan

dikecambahkan. Oleh karena itu, pembibitan dilaksanakan dengan cara mengumpulkan bibit cabutan yang diambil dari bawah pohon induk (pohon objek penelitian). Kegiatan pengambilan bibit cabutan diperlihatkan pada Gambar 13 berikut.



Gambar 13. (a) Pengambilan Bibit Cabutan dari Bawah Pohon Induknya; dan (b) Pengumpulan Bibit Cabutan.

Bibit cabutan yang berhasil dikumpulkan dari lokasi penelitian ditampilkan pada Tabel 14 berikut.

Tabel 14. Bibit Cabutan yang Dikumpulkan dari Lokasi Penelitian

Tanggal	Jumlah cabutan (batang)	Lokasi
17/04/2018	85	Samarinda
20/04/2018	36	Samarinda
24/04/2018	42	Samarinda
26/04/2018	48	Samarinda
28/04/2018	15	Samarinda
29/04/2018	40	Samarinda
01/05/2018	85	Balikpapan
03/05/2018	53	Samarinda
06/05/2018	185	Samarinda

Tanggal	Jumlah cabutan (batang)	Lokasi
16/05/2018	122	Samarinda
17/05/2018	204	Samarinda
19/05/2018	65	Samarinda
Jumlah	980	

Sebanyak 980 bibit cabutan berhasil dikumpulkan dari Balikpapan dan Samarinda. Dari Kabupaten Kutai Kartanegara tidak ada bibit cabutan yang diperoleh. Sebagian besar bibit cabutan yang diperoleh adalah dari Samarinda (895 batang). Hal ini disebabkan pada Tahun 2017 pohon objek penelitian yang banyak berbuah adalah yang di Samarinda.

Bibit cabutan yang telah terkumpul, selanjutnya disapih di dalam *polybag* menggunakan media *top soil*, dan dipelihara di bedeng persemaian. Semai ketapang yang siap ditanam di lapangan ditampilkan pada Gambar 14.

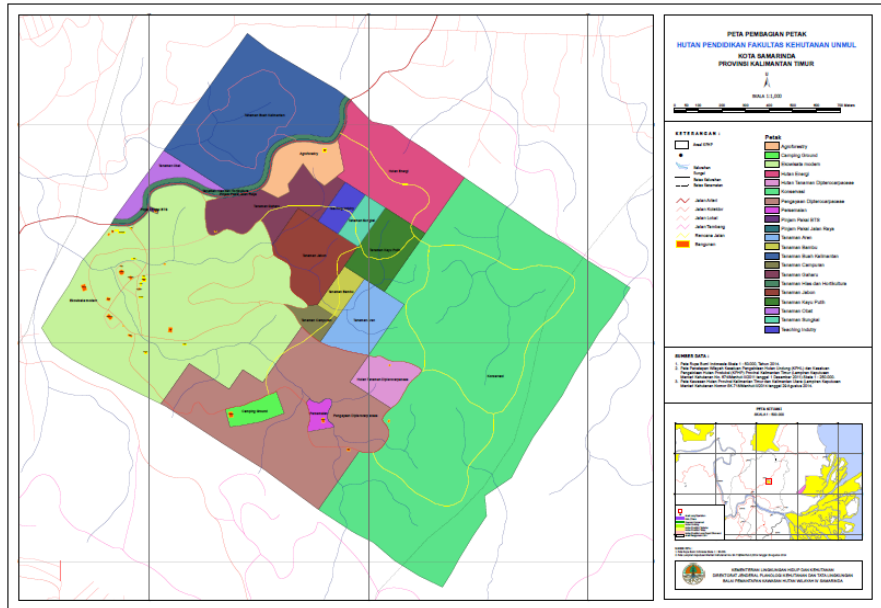


Gambar 14. Semai Ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) Siap Ditanam di Lapangan (a & b).

4.4.4. Penanaman Ketapang untuk Kebun Energi

Lokasi yang ditetapkan sebagai tempat pembangunan kebun energi adalah Hutan Energi di dalam Hutan Pendidikan Fahutan Unmul (HPFU).

Lokasi ini memiliki sistem lahan TWH (Teweh), sebagaimana hasil identifikasi sistem lahan yang telah dilakukan sebagian besar ketapang yang diteliti dapat tumbuh pada sistem lahan TWH (Marjenah dan Ariyanto, 2018). Dengan demikian Hutan Energi yang disiapkan di HPFU adalah tempat yang tepat untuk membangun Kebun Energi Ketapang (lihat Gambar 13).



Gambar 15. Peta Lokasi Hutan Pendidikan Fahutan Unmul (HPFU) di Lempake Samarinda

Tahapan kegiatan yang telah dilaksanakan dalam rangka pembangunan kebun energi adalah: 1) Penyiapan lahan untuk pembuatan jalur tanam, 2) Pembuatan jalur tanam, 3) Pemasangan ajir dan pembuatan lubang tanam, 4) Penanaman, dan 5) Pemeliharaan tanaman (lihat gambar-gambar berikut).



(a)



(b)



(c)



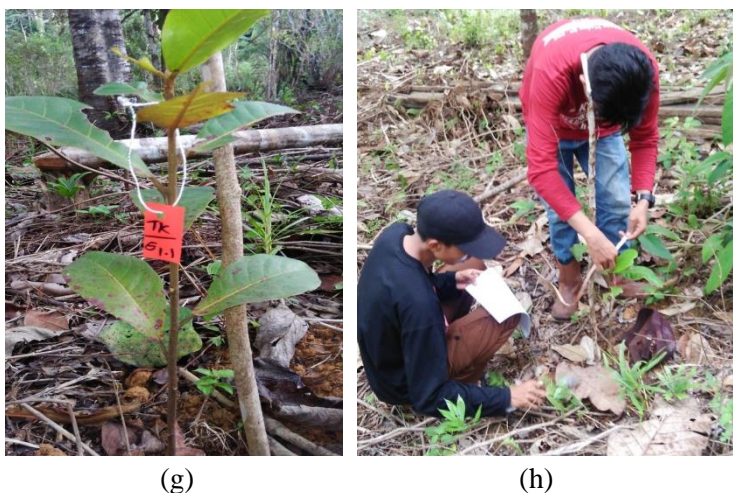
(d)



(e)



(f)



Gambar 16. Kegiatan Pembangunan Hutan Energi di Hutan Pendidikan Fahutan Unmul (HPFU). (a dan b) Penyiapan lahan untuk penanaman ketapang; (c) Pengangkutan bibit; (d) Pengukuran jarak tanam dan pemasangan ajir; (e) Pembuatan lubang tanam; (f) Penanaman: (g) dan (h) Pengukuran tanaman.

Penanaman ketapang di Hutan Pendidikan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman (HPFU) mengalami keterlambatan karena terjadi musim kemarau yang cukup panjang. Khawatir kehabisan waktu penelitian, maka penanaman akhirnya tetap dilakukan meskipun masih musim kemarau. Akibatnya, banyak tanaman yang mengalami kematian dan harus dilakukan penanaman ulang (penyulaman). Penanaman sempat dihentikan selama 1 bulan karena cuaca yang sangat tidak mendukung. Penanaman dilanjutkan kembali setelah turun hujan.

Data awal semai ketapang yang ditanam di lapangan ditampilkan pada Tabel 15 berikut:

Tabel 15. Data Awal Semai Ketapang di Lapangan

Jalur	Diameter Semai (mm)	Tinggi (cm)	Penutupan Tajuk (cm)	
			D1	D1
1	6,2	53,9	32,7	30,2
2	5,8	40,0	26,0	21,4
3	6,0	36,6	24,9	22,8
4	5,9	43,4	23,5	20,1

Jalur	Diameter Semai (mm)	Tinggi (cm)	Penutupan Tajuk (cm)	
			D1	D1
5	6,1	43,9	28,0	27,1
6	6,7	43,3	27,2	29,9
7	7,0	46,3	29,0	29,8
8	7,0	44,5	27,3	26,9
9	6,9	46,5	31,5	27,6
10	7,0	43,0	36,8	32,4
11	7,2	41,5	29,0	25,9
12	6,9	41,3	29,3	28,0
13	6,8	40,5	31,8	29,9
14	6,8	44,6	25,8	26,8
15	7,7	58,2	28,7	31,4
16	7,7	47,1	31,3	31,8
17	7,6	57,1	27,0	29,6
18	7,6	56,8	34,1	31,5
19	6,5	60,3	35,0	30,7
20	6,3	51,2	35,4	40,4
21	5,9	51,8	23,7	28,5
22	5,2	44,0	28,9	26,8
23	5,6	42,2	26,1	24,0
24	6,2	45,6	29,4	28,7
25	7,2	49,2	28,0	30,3
26	7,4	52,0	33,6	31,7
Rataan	6,7	47,1	29,4	28,6
Max	7,7	60,3	36,8	40,4
Min	5,2	36,6	23,5	20,1

Semai ketapang yang ditanam untuk pembangunan pengembangan kebun energi hanya bisa dilaporkan kondisi awalnya. Hal ini disebabkan terjadi keterlambatan penanaman karena menunggu musim hujan. Lamanya musim kemarau menyebabkan penanaman dilaksanakan pada musim kemarau dan menyebabkan banyak terjadi kematian semai. Penanaman kemudian dihentikan menunggu musim hujan tiba. Penanaman dilanjutkan kembali awal bulan Oktober setelah turun hujan.

BAB 5. PENUTUP

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan dan hasil yang diperoleh, beberapa hal yang dapat dikemukakan sehubungan dengan pandangan kritis terhadap penelitian ini:

- a. Pertumbuhan ketapang pada berbagai elevasi tidak menunjukkan perbedaan karena elevasi yang diamati hanya berbeda 10 m dpl. Sementara itu, berdasarkan hasil penelitian yang dikemukakan oleh peneliti lain elevasi berpengaruh terhadap pertumbuhan pada kenaikan elevasi 100 m dpl, karena setiap kenaikan elevasi 100 m dpl terjadi perubahan suhu yaitu penurunan suhu 0,8°C.
- b. Produksi *crude biodiesel* tergantung kepada produksi buah ketapang. Sementara itu, pohon ketapang yang dijadikan objek penelitian tidak semuanya memproduksi buah, meskipun dalam pengamatan semua pohon ketapang dapat berbunga. Bunga yang dihasilkan tidak semuanya menjadi buah karena adanya beberapa faktor yang berpengaruh terhadap keberhasilan pembungaan dan pembuahan. Faktor yang paling berpengaruh adalah angin dan curah hujan yang tinggi serta aktivitas manusia dalam hal ini adanya kegiatan pemangkasan.
- c. Pohon ketapang yang dijadikan objek penelitian adalah pohon yang ditanam sebagai pohon peneduh di tepi jalan, sehingga kondisinya terbuka dan mudah mendapat terpaan angin dan hujan yang berpengaruh pada produksi bunga dan buah. Untuk memperbaiki produksi buah ketapang dapat dilakukan dengan menanam ketapang dalam tegakan dengan jarak tanam disesuaikan dengan jari-jari proyeksi tajuk terkecil sehingga pohon ketapang dapat tumbuh baik

- dan antara pohon yang satu dengan pohon lainnya dapat saling melindungi dari terpaan angin dan hujan.
- d. *Crude biodiesel* yang dihasilkan belum diuji sesuai dengan SNI karena keterbatasan waktu dan juga biaya penelitian. Oleh karena itu penelitian ini akan dilanjutkan dengan membuat lagi *crude biodiesel* yang masih belum lengkap yaitu dari elevasi 11–20 m dpl, 31–40 m dpl, 41–50 m dpl, 61–70 m dpl, dan 81– > 90 m dpl yang belum menghasilkan buah. Kemudian dilanjutkan dengan uji SNI untuk seluruh *crude biodiesel* yang dihasilkan.
 - e. Musim kemarau yang terjadi pada tahun 2018 menyebabkan pembungaan dan pembuahan ketapang tidak berlangsung normal. Pohon-pohon berbunga, karena suhu yang tinggi bunga-bunga mengering kemudian luruh. Ada beberapa pohon yang bisa mencapai pembuahan, tetapi hanya sampai buah kecil/muda kemudian mengering dan luruh.
 - f. Pohon ketapang tidak menghasilkan buah yang memadai untuk pembuatan biodiesel, karena adanya musim kemarau bunga/buah mengering, sehingga tahun 2018 ini tidak cukup bahan untuk melengkapi data biodiesel.
 - g. Survei buah ketapang (pemungutan) yang dilaksanakan hampir setiap minggu (hari libur) di Kota Balikpapan, Samarinda, dan Kabupaten Kutai Kartanegara tidak memberikan hasil yang memuaskan. Penelitian yang sangat bergantung pada alam tidak dapat diprediksi hasilnya dan memunculkan risiko tinggi.
 - h. Untuk meningkatkan produktivitas buah ketapang dapat dilakukan dengan menanam ketapang dalam tegakan sehingga pohon ketapang dapat tumbuh baik dan antara pohon yang satu dengan pohon lainnya dapat saling melindungi dari terpaan angin, hujan dan suhu yang tinggi.
 - i. Untuk efisiensi waktu penelitian, penanaman ketapang di kebun energi yang direncanakan tetap dilaksanakan meskipun masih kemarau. Akibatnya banyak semai yang mengalami kematian (meskipun sudah dilakukan penyiraman, sesuatu yang tidak pernah dilakukan untuk kegiatan penanaman di hutan). Penanaman sempat dihentikan selama ± 1 bulan, kemudian dilanjutkan kembali setelah masuk musim hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpakpan, A. E., and U. D. Akpabio. 2012. Evaluation of Proximate Composition, Mineral Element and Anti-Nutrient in Almond (*Terminalia catappa*) Seeds. *Research Journal of Applied Sciences* 7 (9–12). 489–493. 2012.
- Barku, V. Y. A., H. D. Nyarko, and P. Dordunu. 2012. Studies on the Physicochemical Characteristics, Microbial Load and Storage of Oil From Indian Almond Nut (*Terminalia catappa* L.). *Food Science and Quality Management. Vol. 8*. 2012. www.inste.org. Pp. 9–18.
- Damayanti, A. 2011. Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Biji Ketapang. *Jurnal Kompetensi Teknik Vol. 3*, No. 1, November 2011. Hal 41–46.
- Faizal, M., P. Nopriyanto., dan R. Amelia. 2009. Pengaruh Jenis Pelarut, Massa Biji, Ukuran, Partikel dan Jumlah Siklus terhadap Yield Ekstraksi Minyak Biji Ketapang. *Jurnal Teknik Kimia No. 2. Vol. 16*. April 2009.
- Hidayah, N. I. Astarinugrahini, dan L. Maknunah. 2014. “Briket Catappa” Alternatif Briket Bioarang Terbarukan Berbahan Buah Ketapang (*Terminalia catappa*) yang Ramah Lingkungan. *Jurnal PELITA, Volume IX*, Nomor 1, April 2014. Universitas Negeri Yogyakarta. Hal. 81–89.
- Janporn, S., C. Ho, V. Chavasit, M. Pan, S. Chittakorn, K. Ruttarattanamongkal, and M. Weerawatanakorn. 2015. Psychochemical Properties of *Terminalia catappa* Seed Oil as a Novel Dietary Lipid Source. *Journal Food and Drug Analysis* 23 (2015) 201–209. www.Sciencedirect.com.
- Kartasapoetra, A. G. 2008. *Klimatologi: Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Tanaman*. Edisi Revisi. Penerbit PT Bumi Aksara. Jakarta.

- Marjenah dan Ariyanto, 2018. Kesesuaian Jenis yang dapat Ditumpangсарikan dengan Ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) pada Beberapa Sistem Lahan di Kalimantan Timur dan Prospeknya Sebagai Hutan Tanaman. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa Vol. 4 No. 2*. Hal 57–70. <http://ejournal.fordamof.org/ejournal-litbang/index.php/JPED/article/view/4773/4607>
DOI: <https://doi.org/10.20886/jped.2018.4.2.57-70>
- Marjenah dan N.P. Putri. 2017a. Morphological Characteristic and Physical Environment of *Terminalia catappa* in East Kalimantan, Indonesia. *Asia Journal of Forestry. Volume 1, Number 1, June 2017*. Pages: 33-39. DOI: 10.13057/asianjfor/r010105
- Marjenah dan N.P. Putri. 2017b. Pengaruh Elevasi Terhadap Produksi Buah Ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Hutan Tropis Volume 5 No. 3*, Edisi November 2017. p. 244-251
- Marjenah, 2001. Pengaruh Perbedaan Naungan di Persemaian terhadap Pertumbuhan dan Respons Morfologi Dua Jenis Semai Meranti. *Jurnal Ilmiah Kehutanan, Rimba Kalimantan*, Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman. Vol.6, No.2, Desember 2001, Hal 9-20.
- Marjenah, 2010. *Budidaya Jati di Kalimantan Timur*. Prospek Pembangunan Hutan Tanaman. Penerbit Bimotry. Yogyakarta.
- Muryanto. 2009. Bahan Baku Biodiesel. *Berita IPTEK Tahun ke-47*, Nomor 1, hal.72-77, LIPI Tangerang.
- Pangau-Adam, M. and M. Mühlenberg, 2014. Dispersal of *Terminalia* seeds by the Northern Cassowary in the Lowland Forest of Papua, Indonesia. *Asian Journal of Conservation Biology*, December 2014. Vol. 3 No. 2, pp. 115–119
- Prastowo, B., C. Indrawanto., dan D. S. Effendi. 2010. Mekanisasi Pertanian dalam Perspektif Pengembangan Bahan Bakar Nabati di Indonesia. *Perspektif Vol. 9 No. 1/Juni 2010*. Hlm 47–54.

- Raju, A. J. S., P. V. Lakshmi, and K. V. Ramana. 2012. Reproductive ecology of *Terminalia pallida* Brandis (Combretaceae), an endemic and medicinal tree species of India. *Research Communication. Current Science*. Vol. 102. No. 6. 25 March 2012, pp. 909–917.
- Risnoyatiningih, S. 2010. Biodiesel from Avocado Seeds by Transesterification Process. *Jurnal Teknik Kimia: Vol.5, No.1*, September 2010.
- Ruhiyat, D. 2004. Sistem Lahan Kalimantan Timur. Laboratorium Ilmu Tanah. Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Suharta, N. 2007. Sistem Lahan Barong Tongkok di Kalimantan: Potensi, Kendala, dan Pengembangannya. Untuk Pertanian Lahan Kering. *Jurnal Litbang Pertanian, 26(1)*, 2007. 1-8.
- Suwarso, W. P., I. Y. Gani, dan Kusyanto, 2008. Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Ketapang (*Terminalia Catappa* Linn.) yang berasal dari Tumbuhan di Kampus UI Depok. *Jurnal Valensi. Vol. 1 No.2*. Hal. 44–52.
- Tampubolon, A. P. 2008. Kajian Kebijakan Energi Biomassa Kayu Bakar (*Study of Fuelwood Biomass Energy Policies*. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan Vol. 5 No. 1*, April 2008: 29–37
- Udotong J. I. R. and M. I. Basse, 2015. Evaluation of the Chemical Composition, Nutritive Value and Antinutrients of *Terminalia catappa* L. Fruit (Tropical Almond). *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*. Volume-3, Issue-9, September 2015. pp. 96–99.
- Utomo, B. 2006. *Hutan sebagai Masyarakat Tumbuhan Hubungannya dengan Lingkungan*. Medan: Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Wijaya, K. 2011. Revitalisasi Bahan Bakar Nabati (BBN) sebagai Upaya Mengatasi Ketergantungan Akan BBM. *Jurnal Dialog Kebijakan Publik*. Edisi 1/April/2011

GLOSARIUM

- Altitude/elevasi : Ketinggian tempat dari permukaan laut (dpl)
- Andromonoecious : Kepemilikan bunga jantan dan hermafrodit pada individu tumbuhan yang sama
- BBM : Bahan Bakar Minyak.
- BBN : Bahan Bakar Nabati.
- Bibit cabutan : Bahan tanaman (berupa anakan/semai) yang diambil dari bawah pohon induknya dengan cara mencabutnya tanpa menyertakan tanahnya (kondisi akar telanjang).
- Biodegradable : Dapat terurai
- Biodiesel : Bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dan mesin diesel dan terbuat dari sumber terbaru seperti minyak sayur atau lemak hewan.
- Bioetanol : Bioetanol adalah jenis *biofuel*. *Biofuel* adalah energi yang terbuat dari materi hidup, biasanya tanaman. *Biofuel* dianggap energi terbarukan. Bioetanol dibuat dengan teknik fermentasi biomassa seperti umbi-umbian, jagung atau tebu, dan dilanjutkan dengan destilasi. Jenis bioetanol ini dapat digunakan secara langsung maupun tidak langsung sebagai bahan bakar.
- Cetane number* : Angka setana adalah indikator kecepatan pembakaran bahan bakar diesel dan kompresi yang diperlukan untuk pengapian.
- Crude biodiesel* : Produk yang dihasilkan dari transesterifikasi minyak goreng bekas yang masih mengandung senyawa pengotor berupa metanol, katalis dan sisa minyak yang tidak bereaksi sehingga tidak

	bisa digunakan langsung sebagai bahan bakar.
Diversifikasi bahan baku	: Usaha penganekecaragaman produk yang dilakukan untuk memaksimalkan keuntungan.
<i>Drupe</i> (buah batu)	: Buah yang ditandai dengan memiliki bagian luar yang berdaging yang mengelilingi cangkang yang di dalamnya akan ditemukan benih.
Emisi karbon	: Adalah gas yang dikeluarkan dari hasil pembakaran senyawa yang mengandung karbon . Contoh dari emisi karbon ialah CO₂ , gas pembuangan dari pembakaran bensin, solar, kayu, daun, gas LPG, dan bahan bakar lainnya yang mengandung hidrokarbon.
Endosperma	Bagian dari biji tumbuhan berbunga yang merupakan hasil dari pembuahan berganda selain embrio. Endosperma dapat dikatakan sebagai “saudara kembar” embrio karena selalu terbentuk bersama, tetapi berbeda dengan embrio yang diploid, endosperma memiliki tiga set genom atau triploid.
Energi terbarukan	: Energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan; seperti tenaga surya, tenaga angin, arus air, biologi, dan panas bumi.
Faktor iklim	: Pengendali iklim, yaitu: 1) ketinggian tempat dari permukaan laut/elevasi (altitude); 2) garis lintang (latitude); 3) daerah tekanan; 4) arus laut, dan 5) permukaan tanah
Fenologi	: Proses pembungaan dan pembuahan
<i>Flushing</i>	: Peluruhan daun (pada ketapang terjadi dua kali setahun, sekali pada bulan Januari/Februari/Maret dan yang kedua pada bulan Juli/Agustus/ September).
Habitus	: Penampilan umum atau arsitektur suatu tumbuhan.
Kebun energi	: Lahan yang ditanami dengan pohon kayu yang khusus diperuntukkan produksi kayu sebagai bahan energi.

Kekerapan berbunga (K.bg)	: Masa pembungaan dan pembuahan yang terjadi dalam setahun (Misal, tumbuhan yang berbunga dua kali setahun mempunyai K.bg = 2).
<i>Kernel</i>	: Inti buah
Ketapang	: Nama sejenis pohon tepi pantai yang rindang. Lekas tumbuh dan membentuk tajuk indah bertingkat-tingkat, ketapang kerap dijadikan pohon peneduh di taman-taman dan tepi jalan.
Minyak nabati	: Minyak yang disari/diekstrak dari berbagai bagian tumbuhan. Minyak ini digunakan sebagai makanan, bahan penggorengan, pelumas, bahan bakar, bahan pewangi, pengobatan, dan berbagai penggunaan industri.
Nilai kalori	: Kalori adalah satuan unit kandungan panas atau energi.
Pertumbuhan tanaman	: Pertumbuhan tanaman merupakan hasil dari berbagai proses fisiologi, melibatkan faktor genotipe yang berinteraksi dalam tubuh tanaman dengan faktor lingkungan. Proses tersebut yaitu penambahan ukuran, bentuk, dan jumlah.
Proyeksi tajuk	: Garis tegak lurus yang menghubungkan sisi terluar tajuk dengan tanah.
Rendemen	: Rendemen merujuk pada jumlah produk reaksi yang dihasilkan pada reaksi kimia.
Sistem lahan	: Informasi gabungan yang didasari dari prinsip ekologi yang berhubungan antara tipe batuan, hidroklimat, <i>landform</i> , tanah, dan organisme dan dari kombinasi faktor-faktor ekologi yang sama akan menghasilkan sistem lahan yang sama
<i>Terminalia catappa</i> Linn.	: Nama ilmiah ketapang
Titik bakar	: Suhu terendah ketika uap benda uji terbakar selama minimum 5 detik apabila dilewatkan api penguji. Suhu titik bakar tersebut harus dikoreksi pada tekanan barometer udara 101,3 kPa (760 mm Hg).

- Transesterifikasi : Proses pertukaran gugus organik R'' pada suatu ester dengan gugus organik R' dari alkohol. Reaksi ini terkadang dikatalisis oleh penambahan katalis asam atau basa.
- Unsur iklim : Intensitas cahaya, suhu, kelembapan udara, curah hujan (air), awan, tekanan udara, dan angin. Unsur-unsur iklim ini berbeda-beda pada tempat yang satu dengan tempat yang lain.

TENTANG PENULIS



MERJENAH. lahir di Balikpapan pada tanggal 1 Agustus 1962 merupakan anak bungsu dari delapan bersaudara dan Ibunda Hj. Masnah dan Ayahanda Umar (alm).

Ia memulai pendidikan dasarnya di Sekolah Dasar (SD) Negeri 3 Balikpapan pada tahun 1969 dan berijazah tahun 1974. Tahun 1975 ia melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri IV Balikpapan dan berijazah tahun 1972. Kemudian tahun 1978 ia melanjutkan pendidikan menengah atasnya di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 2 Balikpapan dan berijazah 1981.

Pendidikan Tinggi Strata Satu (S-1) dimulainya tahun 1981 pada Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman di Samarinda dan berijazah tahun 1986. Pendidikan Tinggi Strata dua (S-2) dimulainya tahun 1994 pada Program Pascasarjana Magister Ilmu Kehutanan Universitas Mulawarman dan berijazah tahun 1998. Pendidikan Tinggi Strata tiga (S-3) dimulainya tahun 2002 pada Program Studi S-3 ilmu Kehutanan Universitas Mulawarman dan diselesaikan tahun 2008.

Pada tanggal 05 April 1987 ia menikah dengan Ir. Riyayatsyah, M.P. dan dikaruniai empat orang putra dan putri yang lahir di Samarinda; dr. Puspa Lestari lahir pada tanggal 25 Juli 1988; Ir Anggriani Profita, S.T., M.T., IPM. lahir pada tanggal 15 Februari 1990; Dinar Fitriani, S.T. lahir pada tanggal 17 Maret 1994; dan Amar Makruf Jauhari, S.I.Kom lahir pada tanggal 8 Desember 1998.

Ia mengabdikan diri di dunia pendidikan sejak tahun 1991 sebagai Pengasuh Mata Kuliah Silvika dan Silvikultur pada Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman. Di Samping itu ia pernah menjadi Kepala Laboratorium Silvikultur Pusat Penelitian Hutan Tropis (PPHT/PUSREHUT) Universitas Mulawarman sejak tahun 1992 sampai 2002, Sekretaris Program Studi Budidaya Hutan Fakultas Kehutanan universitas mulawarman sejak 2002 sampai 2004. Kepala Laboratorium Silvikultur Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman sejak tahun 2013 sampai 2017. jabatan Guru Besar dicapainya pada 01 November 2014. Menjabat sebagai Asisten Direktur II Program Pascasarjana Universitas Mulawarman sejak 2017 hingga saat ini.



**Mulawarman
University PRESS**

Penerbit **Member of IKAPI & APPTI**
Mulawarman University PRESS
Gedung LP2M Universitas Mulawarman
Kampus Gunung Kelua, Jl Karyan, Samarinda
Provinsi Kalimantan Timur, INDONESIA 75123
Telp/Fax (0541) 747432, Email : mup@lppm.unmul.ac.id
Website: www.mup.unmul.ac.id

ISBN 978-623-7480-73-0

