

# Tingkat Produksi Biji, Kualitas *Crude Jatropha Oil* dan Biodiesel *Jatropha Curcas* sebagai Sumber Biofuels

## Seed Production Level, Quality of *Crude Jatropha Oil* and Biodiesel *Jatropha Curcas* as a Biofuel Resource.

Maftuchah<sup>1)2)</sup>, Helvi Ardana Reswari<sup>2)</sup>, Ahmad Fauzan<sup>3)</sup>, Dini Kurniawati<sup>3)</sup>, Iis Siti Aisyah<sup>3)</sup>, Erfan Dani Septia<sup>1)</sup>, Agus Zainudin<sup>1)2)</sup>

*Fakultas Pertanian- Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang  
Jl. Raya Tlogomas 246 Malang 65144 Jawa Timur*

*Laboratorium Teknologi Minyak Nabati Universitas Muhammadiyah Malang  
Jl. Raya Tlogomas 246 Malang 65144 Jawa Timur*

*Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang  
Jl. Raya Tlogomas 246 Malang 65144 Jawa Timur*

Corresponding author: maftuchah@umm.ac.id

### *Abstract*

Physic nut (*Jatropha curcas* L.) is a tropical plant commodity that has the potential as a substitute for fuel oil. *Jatropha* seeds have high oil content and very potential as a raw material for biodiesel. This study aims to obtain information about the level of seed production, the quality of crude *jatropha* oil and biodiesel as a source of biofuels. The research was conducted in Kedung Pengaron Village, Pasuruan and the Laboratory of Vegetable Oil Technology, University of Muhammadiyah Malang. The study was used a randomized block design with four replications. The results showed that the *J.curcas* genotype had a significant effect on the average number of fruits per plant, number of seeds per plant, dry weight of seeds per plant and seed oil content. The number of fruits per plant and dry weight of seeds per plant produced by JCUMM genotypes (JCUMM-5, JCUMM-6, JCUMM-7, JCUMM-18) were higher than IP3A and IP3P controls. The number of seeds per plant ranged from 91.3 (IP3P) to 236.6 (JCUMM-5). The dry weight of 100 seeds of various *J.curcas* genotypes ranged from 64.1 g (JCUMM-6) to 69.7 g (JCUMM-5) while the seed oil content ranged from 39.5% (JCUMM-6) to 57.7% (JCUMM-7). The results of the esterification test showed that the Free Fatty Acid of crude *jatropha* oil ranged from 0.2% (JCUMM-18) to 1.97% (IP3A). All genotypes have FFA levels of less than 2% so it still suitable for use as biodiesel material. The value of the acid number was obtained between 2.9 mg-KOH / g (JCUMM-6) to 6.40 mg-KOH / g (IP3A). While the Iodine number yields between 94.5 g I<sub>2</sub> / 100g (JCUMM-5) to 102.4 g I<sub>2</sub> / 100g (JCUMM-6)

**Keywords:** Production, crude *jatropha* oil, free fatty acid, biodiesel, acid number

### **I. PENDAHULUAN**

Salah satu tanaman tropis yang potensial sebagai penghasil biodiesel adalah jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn.). Tanaman ini memiliki kemampuan untuk tumbuh di berbagai jenis lahan yang ketersediaan air dan unsur haranya terbatas [1] (Mahmud, 2006). Genus *Jatropha* tersebar di seluruh daerah tropis dan sub tropis yang tumbuh di lahan marginal dan

merupakan tanaman bioenergy potensial di seluruh dunia. Karena kemampuannya beradaptasi terhadap tanah dan lingkungan marginal, budidaya jarak pagar sering disebut sebagai pilihan terbaik untuk memproduksi biodiesel. Sebagai alternatif, minyak jarak pagar digunakan dalam industri sabun, lem atau pewarna [2] (Gudeta, 2016).

Pengembangan biodiesel sebagai energi alternatif pengganti solar di Indonesia memiliki peluang cukup besar. Hal ini disebabkan karena penggunaan minyak solar mencapai 40% dari total pemakaian bahan bakar minyak untuk transportasi, dan 74% dari total penggunaan BBM pada industri dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel [3] (GAPKI, 2017). Disamping itu untuk pengembangannya, di Indonesia tersedia lahan marginal yang sangat luas dan potensial untuk pengembangan jarak pagar [4] (Maftuchah *dkk.*, 2015).

*J. curcas* berbunga pada umur 3-4 bulan dan buah terbentuk pada umur 4-5 bulan. Secara umum, buah masak setelah 5-6 bulan. Tanaman ini merupakan tanaman tahunan yang dapat hidup lebih dari 20 tahun apabila dipelihara dengan baik dan intensif. Produktivitas tanaman berkisar 3.5 – 4.5 kg biji kering /pohon/tahun. Produksi akan stabil setelah tanaman berumur lebih dari 1 tahun [5] (Hasnam, 2011). Panen pertama dimulai umur 8-9 bulan. Produksi puncak akan dimulai pada tahun ke-5, dan besarnya panen dalam 1 hektar tergantung banyak faktor diantaranya intensitas sinar matahari (Astuti, 2008). Produktivitas per tanaman mencapai 2-2,5 kg biji kering. Apabila populasi 2.000 tanaman/ha akan menghasilkan 4-5 ton biji kering dalam satu tahun, dan dalam satu ton biji kering tersebut dapat dihasilkan 200-300 liter minyak, sehingga dalam satu hektar lahan dihasilkan 1.000-1.500 liter minyak (Siswadi, 2006). Lokasi penanaman sangat menentukan keberhasilan budidaya *J. curcas*. Hasil penelitian menunjukkan genotip JCUMM18 menghasilkan berat kering biji yang tertinggi (328.5 kg/ha/year) tanpa penyiraman. Penanaman di Lombok Utara-NTB menghasilkan jumlah buah dan berat kering 100 biji yang lebih tinggi dibandingkan penanaman di Pasuruan, namun kadar minyak biji yang dihasilkan di NTB lebih rendah [6] ((Maftuchah, et.al., 2020)

Minyak jarak pagar (*crude curcas oil*) diperoleh melalui proses pengempaan dan dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut, atau kombinasi dari keduanya. Pengempaan pada biji jarak pagar biasanya dilakukan dengan kempa hidrolik pada suhu rendah. Pengempaan pada suhu rendah dapat mengeluarkan 23-35 persen minyak dalam biji. Pengempaan dengan cara pemberian panas (*hot press*) melalui penggunaan kempa hidrolik dapat mengeluarkan 75-80 persen minyak yang di kandung oleh biji, dan bungkilnya mengandung minyak kira-kira 12 persen [7] (Qibtiah, 1988). Detoksifikasi bungkil inti jarak pagar yang kaya protein untuk menghilangkan phorbol ester merupakan tantangan besar dalam industri pengolahan makanan. Degradasi enzimatis phorbol esters adalah metode yang aman untuk degradasi karena merupakan cara yang tidak mahal dan mudah

untuk detoksifikasi biji jarak pagar [8] (Azza et.al., 2019)

Tim pemulia tanaman jarak pagar dari Universitas Muhammadiyah Malang telah melakukan perakitan varietas melalui menggunakan tetua berbagai aksesori unggul yaitu SP 8; SP 16; SP 33; SP 38; HS 49 dan SM 35 [9] (Maftuchah *dkk.*, 2013), dan selanjutnya menghasilkan berbagai nomor hasil persilangan unggul yaitu JCUMM-5, JCUMM-6, JCUMM-7, JCUMM-18 [10] (Maftuchah *dkk.*, 2017). Kegiatan penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi tentang tingkat produksi biji, kualitas *crude jatropha oil* dan biodiesel *J. curcas* Linn. sebagai sumber biofuels.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Desa Kedung Pengaron, Kabupaten-Pasuruan dan Laboratorium Minyak Nabati - Universitas Muhammadiyah Malang, pada 2020. Penanaman dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok empat ulangan. Genotip yang diamati adalah IP3A, IP3P, JCUMM18, JCUMM7, JCUMM6, JCUMM5 [11] (Maftuchah *dkk.*, 2013; Maftuchah *dkk.*, 2017). Bahan yang diperlukan antara lain NAOH, methanol, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, kertas oven, aquabides, dll. Peralatan yang diperlukan antara lain : peralatan untuk analisis kadar minyak, *free fatty acid*, bilangan asam, bilangan iodine dan peralatan pengambilan data. Pemanenan *J. curcas* dilaksanakan pada saat buah berwarna kuning, dengan interval dua minggu, selanjutnya biji dikeringkan, dan dilakukan pengamatan terhadap jumlah buah per tanaman, jumlah biji per tanaman, berat kering 100 biji, berat kering biji, dan kadar minyak biji. Setelah itu dilakukan proses pengepresan biji sehingga dihasilkan *crude jatropha oil*. *Crude jatropha oil* tersebut selanjutnya diamati kualitasnya dengan menguji kandungan *free fatty acid* (FFA), bilangan asam dan bilangan iodine nya. Data yang telah diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya dianalisis dengan menggunakan uji Fisher 5% dan untuk membandingkan hasil dari semua perlakuan dilanjutkan dengan Beda Nyata Jujur 5%.

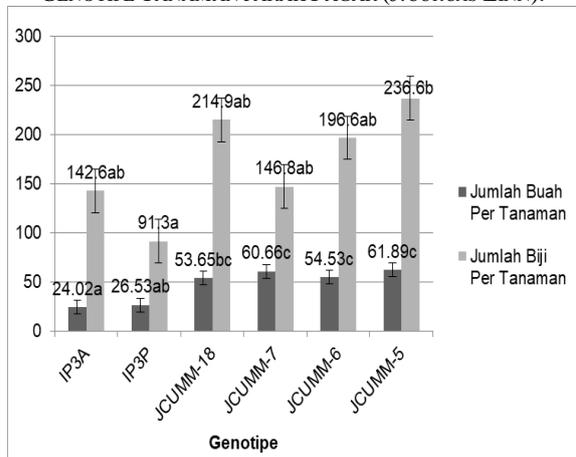
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Genotipe *J. curcas* Linn menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan terhadap jumlah total buah per tanaman dan berat kering biji per tanaman. Gambar 1 menunjukkan rerata jumlah total buah dan jumlah biji total per tanaman pada beberapa genotipe tanaman jarak pagar (*J. curcas* Linn). Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa jumlah buah per tanaman dan jumlah biji per tanaman yang dihasilkan oleh genotip JCUMM (JCUMM-5, JCUMM-6, JCUMM-7, JCUMM-18) lebih tinggi daripada kontrol (IP3A dan IP3P). Jumlah biji per

**Maftuchah, Helvi Ardana Reswari, Ahmad Fauzan, Dini Kurniawati, Iis Siti Aisyah, Erfan Dani Septia, Agus Zainudin.** Tingkat Produksi Biji, Kualitas Crude Jatropha Oil dan Biodiesel Jatropha Curcas sebagai Sumber Biofuels

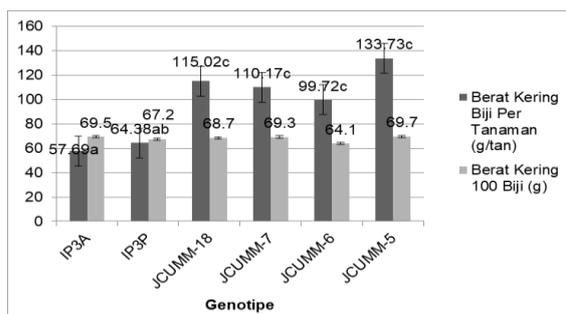
tanaman yang dihasilkan berkisar antara 91,3 (IP3P) hingga 236,6 (JCUMM-5) yang menghasilkan jumlah biji tertinggi.

TABEL 1. JUMLAH TOTAL BUAH PER TANAMAN DAN JUMLAH BIJI TOTAL PER TANAMAN PADA BEBERAPA GENOTIPE TANAMAN JARAK PAGAR (*J. CURCAS* LINN).



Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%

Berbagai genotipe yang diuji menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan terhadap berat kering biji per tanaman.. Namun tidak memberikan pengaruh terhadap berat kering 100 biji. Rerata berat kering biji per tanaman dan berat kering 100 biji pada beberapa genotipe tanaman jarak pagar (*J. curcas* Linn) ditunjukkan pada Gambar 2. Berat kering biji per tanaman yang dihasilkan dari genotipe hasil persilangan (JCUMM-5, JCUMM6, JCUMM-7, JCUMM-18) secara umum lebih tinggi daripada genotipe tanaman kontrol (IP3A dan IP3P). Rerata berat kering 100 biji dari berbagai genotip *J. curcas* yang diuji berkisar antara 64,1 gram (JCUMM-6) hingga 69,7 gram (JCUMM-5). Berat kering 100 biji secara tidak langsung menunjukkan karakter besarnya ukuran biji tanaman dan merupakan salah satu standar karakter kualitas biji tanaman. Biji *Jatropha curcas* terdiri dari 75% daging biji dan 25% kulit biji dengan komposisi kimia minyak/lemak  $47,25 \pm 1.34\%$ , protein  $24,60 \pm 1.40\%$ , serat kasar  $10,12 \pm 0.52\%$ , air  $5,54 \pm 0.20\%$  serta karbohidrat  $7,99\%$  yang persentasenya dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan tumbuh (Akiyanto, 2003). Perbedaan berat biji dalam jumlah yang sama disebabkan adanya perbedaan komposisi kimia yang dikandung oleh biji *Jatropha*, yang disebabkan oleh perbedaan varietas, genetik, usia dan kondisi lingkungan pertumbuhan tanaman [12] (Achten *dkk.*, 2008)

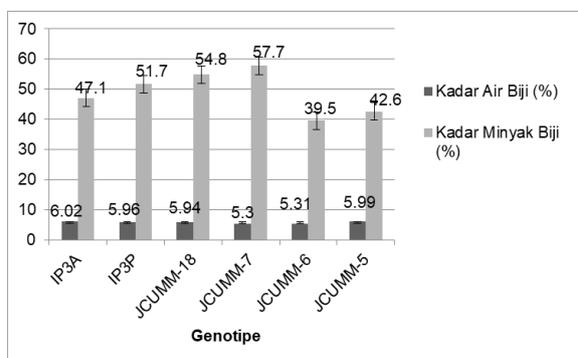


Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNJ 5%.

GAMBAR 2. RERATA BERAT KERING BIJI PER TANAMAN DAN BERAT KERING 100 BIJI PADA BEBERAPA GENOTIPE TANAMAN JARAK PAGAR (*J. CURCAS* LINN).

Kadar air biji jarak merupakan salah satu faktor penting sebelum proses transesterifikasi in situ biji menjadi biodiesel dilakukan. Kadar air optimum untuk biji-bijian yang diekstraksi minyaknya adalah sebesar 6-7% namun yang dapat ditolerir pada serbuk biji jarak yang akan diproses menjadi biodiesel harus kurang dari 1% (Gerpen *et al.*, 2004). Kandungan air biji dipengaruhi oleh kematangan buah saat panen, pengeringan dan lama penyimpanan. Hasil pengamatan yang telah dilakukan, kadar air yang terkandung pada beberapa genotip jarak pagar yang diteliti antara 5,30% - 6,20%. Rata-rata kadar air yang diperoleh dari hasil pengamatan pada penelitian ini cenderung tinggi, hal ini dipengaruhi oleh penanganan pasca panen. Kegiatan penelitian dilakukan saat musim hujan dengan waktu penyimpanan yang cukup lama sehingga kelembaban saat proses penyimpanan mempengaruhi peningkatan kadar air dalam biji. Peningkatan rH penyimpanan di atas rH ruangan menyebabkan peningkatan kadar air biji dibandingkan kadar air awal. Sebaliknya penyimpanan di bawah rH ruangan akan menurunkan kadar air biji [13] (Warsiki *et al.*, 2007). Oleh karena itu, perlu dilakukan proses pengeringan kembali sebelum transesterifikasi in situ dilakukan. Kandungan air yang tinggi akan menghambat proses pembuatan biodiesel karena menyebabkan hidrolisis trigliserida menjadi digliserida. Semakin tinggi kandungan air dalam bahan baku yang akan diproses sebagai biodiesel, semakin rendah rendemen biodiesel yang akan diperoleh. Hal ini dikarenakan proses hidrolisis trigliserida menjadi digliserida akan terus berlanjut membentuk asam lemak bebas yang membentuk sabun dan emulsi apabila bereaksi dengan katalis basa pada saat proses transesterifikasi. Ketika sabun dan emulsi terbentuk terlalu banyak akan menyulitkan saat proses pencucian biodiesel sehingga menurunkan rendemen [14] (Shahla *et al.*, 2010).

Kadar minyak merupakan syarat penting yang sebagai penentu rendemen biodiesel yang akan dihasilkan. Semakin tinggi kadar minyak dalam biji jarak pagar yang akan digunakan maka semakin tinggi pula tingkat konversi menjadi biodiesel. Kadar minyak juga menunjukkan bahwa biji jarak pagar potensial untuk dikembangkan sebagai sumber minyak nabati dalam produksi surfaktan methyl ester sulfonates [15] Utami, 2010. Kadar minyak biji-bijian tergantung pada varietas tanaman, keadaan tanah dan iklim. Disamping itu juga cara dan jenis bahan pelarut yang digunakan dalam ekstraksi mempengaruhi besarnya kadar minyak yang dihasilkan. Dalam hal ini, kematangan buah waktu dipanen juga berpengaruh terhadap kandungan minyak dalam biji (Balitbang, 2008). Rerata kadar minyak biji jarak pagar dari berbagai genotipe berkisar antara 39,5 % (JCUMM-6) hingga 57,7 % (JCUMM-7) (Gambar 3).

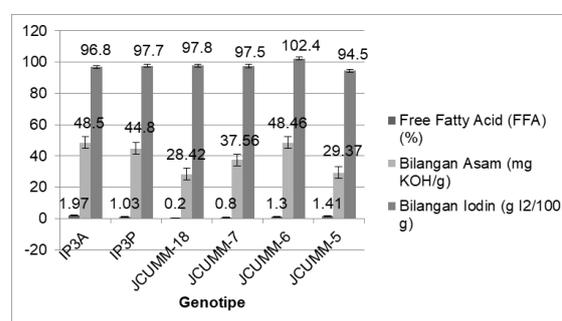


GAMBAR 3. PERSENTASE KADAR AIR BIJI DAN KADAR MINYAK BIJI BEBERAPA GENOTIPE TANAMAN JARAK PAGAR (*J. CURCAS* LINN).

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memperoleh minyak jarak pagar adalah dengan ekstraksi biji. Untuk menghambat kerja enzim yang dapat menghidrolisis minyak membentuk asam lemak bebas, maka sebelum diekstraksi biji jarak pagar dilakukan pemanasan terlebih dahulu. Berdasarkan hasil uji esterifikasi didapat hasil *free fatty acid* (%FFA) yang terendah (konsentrasi 0,2%) pada genotip tanaman JCUMM-18 (Gambar 4). Hal ini sesuai dengan Standart Nasional Indonesia (SNI), mengenai persyaratan bahwa kandungan FFA yaitu antara 0,2-0,4%.

Biodiesel dapat diperoleh dari minyak nabati dan lemak hewani. Biodiesel yang berasal dari minyak nabati antara lain kelapa sawit, jarak pagar, kelapa, minyak jelantah, dan kemiri. Minyak nabati mengandung 90-98% trigliserida dan sejumlah kecil monogliserida dan digliserida [16] Ketaren, 2005. Trigliserida adalah ester dari tiga asam lemak rantai panjang yang terikat pada satu gugus gliserol. Dalam minyak nabati pada umumnya terdapat lima jenis asam lemak yaitu: asam stearat, asam palmitat, asam oleat,

asam linoleat dan asam linolenat. Asam stearat dan asam palmitat termasuk jenis asam lemak jenuh, asam oleat, asam linoleat, asam linolenat termasuk asam lemak tak jenuh, jika asam lemak terlepas dari trigliseridanya maka akan menjadi lemak asam bebas (*free fatty acids*). Minyak nabati sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis berdasarkan kandungan FFA nya yaitu : refined Oil (minyak nabati dengan kandungan FFA kurang dari 1,5%), minyak nabati dengan kandungan FFA kurang dari 4%, dan minyak nabati dengan kandungan FFA tinggi lebih dari 20% (Kinast, 2003). Kadar asam lemak bebas berbanding lurus dengan kadar air [17] Warsiki *et al.*, 2007.



GAMBAR 4. PERSENTASE FREE FATTY ACID PADA *CRUDE JATROPHA OIL*, BILANGAN ASAM DAN BILANGAN IODINE PADA BIODIESEL BERBAGAI GENOTIPE TANAMAN JARAK PAGAR (*J. CURCAS* LINN).

Kandungan asam lemak bebas berpengaruh terhadap penggunaan katalis selama proses transesterifikasi. Kadar asam lemak bebas yang ditolerir adalah <2% agar proses transesterifikasi dapat berjalan secara efektif [18] Corro *et al.*, 2010. Dalam proses transesterifikasi in situ atau transesterifikasi satu tahap, minyak nabati yang dipergunakan harus memiliki kandungan asam lemak bebas kurang dari 2% agar tidak terjadi proses penyabunan, yang mengakibatkan rendemen turun, karena kadar FFA lebih dari 2% dapat menurunkan rendemen biodiesel sebesar 30% [19] Tyson, 2004. Biodiesel hasil transesterifikasi in situ dalam penelitian yang memiliki rata-rata kadar FFA kurang dari 2% diperoleh pada semua nomor genotip yang diuji. Kadar FFA terendah dicapai paa genotype JCUMM-18 (0,2 %) diikuti oleh JCUMM-7 (0,8%). Kadar FFA berbanding lurus dengan bilangan asam karena juga dipengaruhi oleh kadar air bahan. Apabila kadar air tinggi maka kadar FFA juga tinggi [20] Warsiki *et al.*, 2007.

Bilangan asam menunjukkan tingkat korosifitas biodiesel yang dihasilkan, maka semakin kecil bilangan asam yang diperoleh, semakin baik pula kualitas biodiesel yang dihasilkan. Menurut [21] Standar Nasional Indonesia 7182 (2015), bilangan asam atau angka asam adalah banyaknya KOH

**Maftuchah, Helvi Ardana Reswari, Ahmad Fauzan, Dini Kurniawati, Iis Siti Aisyah, Erfan Dani Septia, Agus Zainudin.** Tingkat Produksi Biji, Kualitas Crude *Jatropha* Oil dan Biodiesel *Jatropha Curcas* sebagai Sumber Biofuels

dalam miligram yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam bebas di dalam 1 gram sampel biodiesel. Semakin kecil bilangan asam biodiesel, semakin kecil pula tingkat korosifitasnya terhadap mesin. Biodiesel dengan bilangan asam tinggi menyebabkan suasana asam, yang berakibat korosi pada peralatan injeksi bahan bakar, penyumbatan filter dan pembentukan sedimen yang merupakan hasil dari pembakaran tidak sempurna dari karbon yang menyusun asam lemak bebas [22] Utami, 2010. Nilai bilangan asam yang diperoleh antara 2,9 mg-KOH/g (JCUMM-6) hingga 6,40 mg-KOH/g (IP3A). Standar bilangan asam yang memenuhi syarat mutu biodiesel menurut SNI 7182:2015 maksimal 0,5 mg-KOH/g. Tingginya bilangan asam yang diperoleh dalam penelitian ini dikarenakan asam lemak dalam bahan baku yang belum terkonversi seluruhnya menjadi metil ester [23] Fajarani, 2011. Selain itu tingginya bilangan asam berhubungan dengan kadar air yang terkandung dalam biji secara keseluruhan, yang juga cenderung tinggi karena asam lemak bebas adalah produk hidrolisis trigliserida, reaksi yang terjadi karena adanya molekul air dalam bahan [24] Utami, 2010. Proses transesterifikasi pada bahan minyak nabati cenderung menghasilkan biodiesel yang memiliki bilangan asam dan kekentalan sangat tinggi yang tidak sesuai dengan standar nasional maupun internasional [25] Sudrajat, 2005. Proses penurunan bilangan asam dan kadar FFA yang tinggi dapat dilakukan dengan penggunaan katalis asam, proses esterifikasi, dan netralisasi yang tidak dilakukan dalam penelitian ini [26] Ma'ruf, 2007.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa genotip *J. curcas* berpengaruh secara signifikan terhadap rerata jumlah buah per tanaman, jumlah biji per tanaman, berat kering biji per tanaman dan kadar minyak biji. Jumlah buah per tanaman dan berat kering biji per tanaman yang dihasilkan genotip JCUMM (JCUMM-5, JCUMM-6, JCUMM-7, JCUMM-18) lebih tinggi daripada kontrol IP3A dan IP3P. Jumlah biji per tanaman berkisar 91,3 (IP3P) hingga 236,6 (JCUMM-5). Berat kering 100 biji berkisar antara 64,1 g (JCUMM-6) hingga 69,7 g (JCUMM-5) sedangkan kadar minyak biji berkisar antara 39,5% (JCUMM-6) hingga 57,7% (JCUMM-7). Hasil uji esterifikasi menunjukkan bahwa *Free Fatty Acid* berkisar antara 0,2 % (JCUMM-18) hingga 1,97% (IP3A). Seluruh genotip memiliki kadar FFA kurang dari 2% sehingga layak dipergunakan sebagai bahan biodiesel. Nilai bilangan asam yang diperoleh antara 2,9 mg-KOH/g (JCUMM-6) hingga 6,40 mg-KOH/g (IP3A). Sedangkan hasil analisis bilangan Iodine diperoleh

hasil antara 94,5 g I<sub>2</sub>/100g (JCUMM-5) hingga 102,4 g I<sub>2</sub>/100g (JCUMM-6)

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Achten, W.M.J., Verchot, L., Franken, Y.J., Mathijs, E., Singh, V.P., Aerts, R., & Muys, B. (2008). *Jatropha* Biodiesel Production and Use. *Biomass & Bioenergy* 32, 1063-1084.
- [2]. Akiyanto, E.T. (2003). Characteristics and Composition of *Parkia biglobbosa* and *Jatropha curcas* Oils and Cakes. *Bioresource Technology*. (92), 301-310.
- [3]. Arivin, A. R., Fauzi., Allorerong, D., Mahmud, Z., Effendi, D.S, Sumanto, & Syahrizal. (2006). Karakteristik fisik lingkungan daerah pertanaman jarak pagar (*J. curcas* L.) di Desa Cikeusik-Banten. *Makalah disampaikan dalam Lokakarya II Status Teknologi Jarak Pagar. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian Jakarta.*
- [4]. Astuti, Y. (2008). Budidaya dan Manfaat Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L. ). Institut Pertanian Bogor: hal 8-9
- [5]. Azza A. Abou-Arab, Marwa H. Mahmoud, Dorria M.M. Ahmed, Ferial M. Abu-Salem. 2019. Comparative study between chemical, physical and enzymatic methods for *J. curcas* kernel meal phorbol ester detoxification. *Heliyon Journal*. Journal homepage: [www.heliyon.com](http://www.heliyon.com)
- [6]. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2008). Teknologi Budidaya Jarak Pagar. [www.lampung.litbang.deptan.go.id](http://www.lampung.litbang.deptan.go.id). Diakses 15 Agustus 2018.
- [7]. Fajarani, A., N. 2011. Transformasi Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L) Menjadi Biodiesel Melalui Transesterifikasi in Situ. Skripsi diterbitkan. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor:.
- [8]. GAPKI. (2017). Perkembangan Biodiesel di Indonesia dan Terbesar di Asia. Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI) <https://gapki.id/news/3250/perkembangan-biodiesel-di-indonesia-dan-terbesar-di-asia>. Diakses pada 14 Mei 2018.
- [9]. Gerpen, J. V., B. Shanks, R. Pruszko, D. Clements Dan G. Knothe. 2004. Biodiesel Production Technology. United State of America: National Renewable Energi Laboratory
- [10]. Hasnam. (2011). Prospek perbaikan genetik jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. *Perspektif Vol.10No.2*, 70-80
- [11]. Kataren, S. (2005). *Minyak Dan Lemak Pangan*. Jakarta; Penerbit Universitas Indonesia. Halaman 284
- [12]. Kinast, J.A. (2003) Production of Biodiesels From Multiple Feedstocks and Properties of Biodiesel/Diesel Blends. Final Report, National Renewable Energy Laboratory. Colorado
- [13]. Maftuchah, Zainudin A., & Sudarmo H. (2013). Production of Physic Nut Hybrid Progenies and

- Their Parental in Various Dry Land. *Agricultural Sciences Journal*, 4(1): 48–56.
- [14]. Maftuchah, Reswari, H.A., Ishartati, E., Zainudin, A., & Sudarmo, H. (2015). Heretability and correlation of vegetative and generative character on genotypes of *Jatropha curcas* Linn.). *Energy Procedia*, 65, 186–193. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.01.058>.
- [15]. Maftuchah, Zainudin A., & Mulyanto T. (2016). Keragaan Morfologi dan Daya Hasil Beberapa Nomor Hasil Persilangan *Jatropha curcas* L. Dan Tetuanya. *Seminar Nasional dan Gelar Produk (SENASPRO) 2016* Universitas Muhammadiyah Malang p. 223-233.
- [16]. Maftuchah., Zainudin A., Heliyanto, B., Sudarmo, H., Mel, M., & Kuan L.K. (2017). Combining Ability in *Jatropha curcas* L. Genotypes. *Journal Proceeding of The Pakistan Academy of Sciences : B. Life and Environmental Sciences*, 54(3):259-261 (2017). Copyright @ Pakistan Academy of Sciences. ISSN : 2518-4261 (Print) ; ISSN : 2518-427X (Online). <http://www.paspk.org>.
- [17]. Maftuchah, Agus Zainudin, Ali Ikhwan, Aris Winaya, Adi Purnama, Hadi Sudarmo. 2020. The potential of physic nut (*Jatropha curcas* Linn.) hybrid plant as a source of biodiesel at different planting location for dry land utilization. *Energy Reports* (6): 921-926.
- [18]. Mahmud, Z., & Rivaie A A. (2006). Kenapa harus jarak pagar. *Info Tek Jarak Pagar*. 1 (1) Januari 2006. Pusat Penelitian Perkembangan Perkebunan. ISSN 1907-1647
- [19]. Qibtiah, M., (1998). Ekstraksi dan Pemurnian Minyak Jarak serta Karakteristik Mutunya. Jurusan Teknologi Industri Pertanian FATETA, IPB Bogor.
- [20]. Shahla, S., Cheng, N.G., Yusuff, R. (2010). An Overview on Transesterification of Natural Oils and Fats. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 15:891904.
- [21]. Siswadi. (2006). *Budidaya Tanaman Jarak Pagar*. PT Citra Aji Parama. Yogyakarta. 43 hal
- [22]. Sudrajat. 2006. Memproduksi Biodiesel dari Jarak Pagar. Penebar Swadaya. Cimanggis, Depok.
- [23]. Temesgen Bedassa Gudeta. Chemical Composition, Bio-Diesel Potential and Uses of *Jatropha curcas* (Euphorbiceae). *American Journal of Agriculture and Forestry* 2016; 4(2): 35-48 <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ajaf>. doi: 10.11648/j.ajaf.20160402.15
- [24]. Tyson, K.S. 2004. *Energy Efficiency and Renewable Energy*. US Departement of Energy. New York.
- [25]. Utami, S. W. 2010. Kajian Proses Produksi Biodiesel Melalui Transesterifikasi in Situ Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) pada Berbagai Kondisi Operasi. Skripsi diterbitkan. Departemen Teknoogi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- [26]. Warsiki E, Sumangat D, Rismawati W. 2007. Pengaruh Bahan dan Kondisi Pengemasan Terhadap Mutu Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L). Dalam: Konferensi Jarak Pagar-Menuju Bisnis Jarak Pagar yang Feasible 19 Juni 2007. Bogor.