

## PERKIRAAN BIOMASSA DAN SERAPAN KARBON BEBERAPA KLON KARET

*Estimation of Biomass and Carbon Sequestration of Some Rubber Clones*

Andi Nur CAHYO\*

Pusat Penelitian Karet  
Jalan Raya Palembang – Pangkalan Balai Km. 29, Sembawa, Banyuasin, 30953,  
Sumatera Selatan

\*E-mail: nurcahyo.andi@yahoo.co.uk

Diterima: 20 Februari 2024/Disetujui: 2 Agustus 2024

### Abstract

*Global warming that occurs today is predicted to increase the chances of a dry season in the future. Global warming is caused by the increasing concentration of greenhouse gasses in the atmosphere. One type of the greenhouse gas is CO<sub>2</sub>. One way to reduce the concentration of greenhouse gas in the earth's atmosphere is by planting trees, such as rubber tree. This study aimed to determine the potential for CO<sub>2</sub> sequestration and plant biomass formation of several rubber clones. The rubber plant clones observed in this study consisted of BPM 1 planted in 1995 (treatment A), mixed clones planted in 1996 (BPM 24, PB 260, and GT1) (treatment B), and IRR clones 39 planted in 1997 (treatment C). The allometric formula was used to determine the plant biomass based on stem girth, while the latex yield was generated based on data recorded by the Production and Experimental Field Department of Indonesian Rubber Research Institute for one cycle. In addition, the carbon content of plant tissue and latex were obtained by referring to previous research. In general, the amount of CO<sub>2</sub> sequestered by rubber plantations was around 21,945.93 kg/ha/year. Clone IRR 39 sequestered the highest amount of carbon (24,195.46 kg/ha/year) compared to other clones.*

*Keywords: allometric equation; Hevea brasiliensis; global warming; greenhouse gases*

### Abstrak

Fenomena pemanasan global yang terjadi saat ini diprediksi meningkatkan peluang terjadinya musim kemarau di masa yang akan datang. Salah satu penyebab terjadinya fenomena pemanasan global adalah meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Salah satu jenis gas rumah kaca adalah CO<sub>2</sub>. Salah satu cara untuk mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer bumi adalah dengan menanam pohon, misalnya pohon karet. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan potensi serapan CO<sub>2</sub> dan pembentukan biomassa tanaman dari beberapa klon karet. Klon tanaman karet yang diamati dalam penelitian ini terdiri atas klon BPM 1 tahun tanam 1995 (perlakuan A), klon campuran tahun tanam 1996 (BPM 24, PB 260, dan GT1) (perlakuan B), dan klon IRR 39 tahun tanam 1997 (perlakuan C). Rumus allometri digunakan untuk penentuan biomassa tanaman berdasarkan lilit batang, sedangkan hasil lateksnya diketahui berdasarkan data yang tercatat pada kantor Kebun Produksi dan Percobaan Pusat Penelitian Karet selama satu siklus. Selain itu, kandungan karbon jaringan tanaman dan lateks didapatkan dengan cara merujuk pada penelitian terdahulu. Secara umum, jumlah CO<sub>2</sub> yang dapat diserap oleh perkebunan karet tersebut adalah sekitar 21.945,93 kg/ha/tahun. Klon IRR 39 menyerap karbon dengan jumlah yang paling tinggi (24.195,46 kg/ha/tahun) dibandingkan dengan klon lain.

Kata kunci: *Hevea brasiliensis*; gas rumah kaca; pemanasan global; persamaan allometri

## PENDAHULUAN

Biomassa tanaman merupakan salah satu parameter yang menggambarkan pertumbuhan dan akumulasi timbunan asimilat tanaman. Asimilat yang tersimpan dalam tubuh tanaman karet tersebut merupakan hasil akhir dari proses fotosintesa yang menyerap karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) menjadi asimilat ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) dan oksigen ( $\text{O}_2$ ) dengan bantuan sinar matahari sebagai sumber energinya (Priyadarshan, 2017; Taiz & Zeiger, 2002). Dalam proses fotosintesa tersebut terjadi proses penyerapan  $\text{CO}_2$  dari atmosfer yang mempunyai efek positif dalam mengurangi kandungan  $\text{CO}_2$  yang merupakan salah satu jenis gas rumah kaca.

Konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer telah meningkat dari 280 ppm  $\text{CO}_2$ -e pada tahun 1750 (Mohajan, 2011) menjadi 424 ppm  $\text{CO}_2$ -e pada tahun 2023 (Lindsey, 2023). Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca ini menyebabkan fenomena pemanasan global, di mana suhu permukaan bumi telah meningkat sekitar  $0.2^\circ\text{C}$  per dekade pada kurun waktu 30 tahun terakhir (Mohajan, 2011). Fenomena pemanasan global ini mempunyai beberapa efek, yang salah satunya adalah meningkatnya frekuensi kejadian musim kering yang mempunyai dampak negatif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman.

Untuk menghambat fenomena pemanasan global tersebut, diperlukan keberadaan tanaman hijau yang dapat mengurangi konsentrasi  $\text{CO}_2$  di atmosfer. Salah satu tanaman hijau yang dapat menyerap  $\text{CO}_2$  di atmosfer melalui proses fotosintesis adalah tanaman karet. Menurut Kusdiana et al. (2015), tanaman karet klon RRIM 600 dan GT1 dapat menyerap karbon dari atmosfer dalam bentuk  $\text{CO}_2$  sebanyak 78 dan 76 kg  $\text{CO}_2$  per tanaman per tahunnya. Selain itu, Satakhun et al. (2019) juga melaporkan bahwa serapan  $\text{CO}_2$  tahunan dari tanaman karet adalah sebesar 36,7 ton  $\text{CO}_2$  per hektar per tahun. Serapan  $\text{CO}_2$  tersebut disimpan dalam bentuk asimilat yang menyusun biomassa tanaman. Asimilat yang terserap tersebut

ditranslokasikan ke organ akar, batang, cabang, dan daun tanaman karet, serta lateks yang terbentuk.

Penentuan biomassa dan volume tanaman karet dapat ditentukan menggunakan rumus allometri. Dari beberapa publikasi yang ada saat ini, rumus allometri tersebut terdiri atas rumus allometri untuk menentukan biomassa/volume log kayu karet dan rumus allometri untuk menentukan biomassa/volume total tanaman karet. Beberapa rumus allometri untuk menentukan biomassa/volume log kayu karet telah dipublikasikan oleh (Islam & Ullah, 2017; Sahuri, 2017), sedangkan untuk pendugaan biomassa/volume seluruh bagian tanaman karet telah dipublikasikan oleh Sone et al. (2014). Untuk menentukan biomassa/volume tanaman tersebut, salah satu parameter pertumbuhan tanaman yang harus diamati adalah lilit batang tanaman karet pada ketinggian setinggi dada manusia (Sone et al., 2014). Beberapa rumus allometri juga membutuhkan data tinggi tanaman untuk menentukan biomassa/volume tanaman karet tersebut. Untuk penentuan serapan  $\text{CO}_2$  tanaman karet, diperlukan data jumlah biomassa seluruh bagian tanaman, oleh karena itu rumus allometri yang digunakan adalah rumus allometri untuk memperkirakan biomassa seluruh bagian tanaman.

Potensi serapan  $\text{CO}_2$  dan biomassa yang dapat dibentuk oleh tanaman karet berbeda-beda. Salah satu faktor yang mempengaruhi perbedaan serapan  $\text{CO}_2$  dan biomassa tanaman tersebut adalah jenis klon karet. Oleh karena itu, penelitian ini ditujukan untuk menentukan potensi serapan  $\text{CO}_2$  dan pembentukan biomassa tanaman dari beberapa klon karet.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Produksi dan Percobaan Pusat Penelitian Karet, Sembawa, Banyuasin, Sumatera Selatan pada bulan Mei sampai Juni 2023. Penelitian ini dilaksanakan dengan metode

survei lapangan dengan mengambil sampel lilit batang tanaman karet yang telah memasuki akhir masa produktifnya dan akan ditebang. Lokasi penelitian ini merupakan perkebunan karet yang didominasi oleh tanah Ultisol dengan tekstur lempung liat berpasir (Sahuri, 2017), dengan pH sekitar 4,5 dan bobot isi sekitar 1,35 g/cm<sup>3</sup> (Khasanah et al., 2008).

Klon tanaman karet yang diamati dalam penelitian ini terdiri atas klon BPM 1 (perlakuan A), klon campuran (BPM 24, PB 260, dan GT1) (perlakuan B), dan klon IRR 39 (perlakuan C). Perlakuan A, B, dan C merupakan tanaman karet yang ditanam pada tahun 1995, 1996, dan 1997 berturut-turut. Jumlah sampel untuk perlakuan A adalah 90 tanaman yang disampling dari populasi tanaman yang berjumlah 1350 batang (3 ha). Sampel pada perlakuan B berjumlah 150 tanaman yang mewakili total

populasi sebanyak 2.487 tanaman pada areal seluas 11,3 ha. Jumlah sampel untuk perlakuan C adalah 381 tanaman yang disampling dari populasi tanaman yang berjumlah 7240 batang (18,1 ha).

Parameter pengamatan pada penelitian ini adalah lilit batang pada ketinggian setinggi dada manusia (Sone et al., 2014). Data lilit batang tersebut kemudian dikonversi menjadi diameter batang, yang diperlukan untuk menentukan biomassa tanaman menggunakan rumus allometri. Rumus allometri yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumus allometri yang dipublikasikan oleh Sone et al. (2014), karena biomassa yang akan ditentukan adalah biomassa total dari seluruh organ tanaman karet. Rumus allometri tersebut disajikan pada persamaan 1.

$$\text{Biomassa Tanaman (kg/tanaman)} = 0.144 \times D^{2,40} \dots\dots\dots 1)$$

Keterangan : D = Diameter batang pada ketinggian 100 cm di atas pertautan okulasi

Untuk perhitungan serapan karbon tanaman, kandungan C-organik tanaman karet diadopsi dari hasil penelitian Kusdiana et al. (2015), yang menyatakan bahwa kandungan C-organik pada beberapa klon tanaman karet adalah 56,8 %. Serapan karbon tanaman karet dapat dihitung dengan melakukan perkalian antara kandungan C-organik jaringan tanaman (%) dengan biomassa tanaman (kg) sehingga didapatkan nilai serapan karbon oleh tanaman (kg C/tanaman). Jumlah karbon yang diserap tanaman dapat dikonversi menjadi jumlah CO<sub>2</sub> yang diserap tanaman dengan faktor pengali 3,66 (Kusdiana et al., 2015).

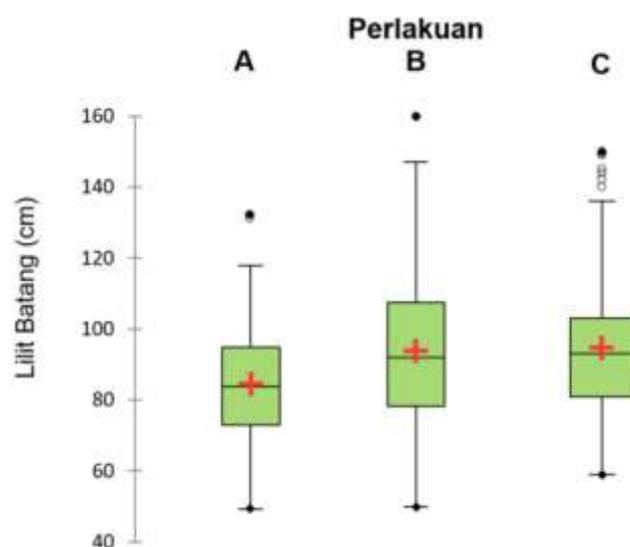
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa pada saat tanaman memasuki masa penebangan karena tidak produktif lagi, lilit batang yang dicapai oleh masing-masing klon karet bervariasi. Hasil pengukuran lilit batang beberapa klon karet pada saat akan ditebang disajikan pada

Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa lilit batang tanaman karet yang terdapat dalam perlakuan A, B, dan C bervariasi. Rerata lilit batang tertinggi (94,69 cm) terdapat pada perlakuan C yang terdiri atas klon IRR 39, sedangkan rerata lilit batang terendah (84,38 cm) terdapat pada perlakuan A yang terdiri atas klon BPM 1. Hal ini disebabkan karena IRR 39 tergolong ke dalam klon lateks-kayu dengan pertumbuhan yang tergolong cepat (Saputra et al., 2017), sedangkan klon BPM 1 dilaporkan mempunyai laju pertumbuhan sedang (Purwaningrum et al., 2023). Selain itu, perlakuan B menunjukkan variasi lilit batang yang paling tinggi dari pada perlakuan yang lain. Pada perlakuan B, lilit batang yang paling tinggi adalah 160 cm, sedangkan yang paling rendah adalah 50 cm. Sementara itu, rerata lilit batang perlakuan B adalah 93,73 cm dengan standar deviasi 18,82 cm.

Data lilit batang ketiga perlakuan seperti yang disajikan pada Gambar 1



Gambar 1. Lilit batang (cm) beberapa klon tanaman karet pada saat tiba waktu *replanting*.  
 Figure 1. Stem girth (cm) of several rubber tree clones at replanting time

diperlukan untuk menentukan biomassa tanaman setelah data lilit batang tersebut dikonversi menjadi data diameter batang. Data rerata lilit batang, diameter batang, dan biomassa tanaman yang dihitung berdasarkan rumus allometri yang dipublikasikan oleh Sone et al. (2014)

disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa rerata lilit batang, diameter batang, dan biomassa tanaman perlakuan B dan C lebih tinggi dari pada perlakuan A, walaupun tanaman karet pada perlakuan B dan C lebih tua satu dan

Tabel 1. Hasil pengamatan lilit batang (cm) dan perhitungan diameter batang (cm) serta biomassa tanaman (kg)

Table 1. Observation results of stem girth (cm) and calculation results of stem diameter (cm) as well as plant biomass (kg)

Perlakuan	Lilit batang (cm)	Diameter Batang (cm)	Biomassa (kg)
A	84,38 b	26,85 b	412,68 b
B	93,73 a	29,82 a	532,09 a
C	94,69 a	30,13 a	541,10 a

Keterangan :

Rerata yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya beda nyata menurut uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada tingkat kepercayaan 95%.

Perlakuan A = Klon BPM 1

Perlakuan B = Campuran klon BPM 24, PB 260, dan GT1

Perlakuan C = Klon IRR 39

Remarks :

Means followed by different alphabets in the same column indicate significant difference between treatments analysed by Least Significance Difference (LSD) Test at 95% of confidence interval.

Treatment A = Clone BPM 1

Treatment B = Mixed clone between BPM 24, PB 260, dan GT1

Treatment C = Clone IRR 39irth (cm) and calculation results of stem diameter (cm) as well as plant biomass (kg)

dua tahun berturut-turut dibandingkan tanaman karet pada perlakuan A. Hal ini menunjukkan bahwa laju asimilasi tanaman karet pada perlakuan B dan C lebih tinggi dari pada laju asimilasi tanaman karet pada perlakuan A. Hal ini juga berarti bahwa serapan karbon tanaman karet pada perlakuan B dan C lebih tinggi dari pada perlakuan A. Hasil perhitungan serapan

karbon tanaman karet (yang tersimpan dalam akar, batang, cabang, dan daun) pada perlakuan A, B, dan C disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa total serapan karbon baik dalam bentuk C maupun CO<sub>2</sub> yang tersimpan dalam akar, batang, cabang, dan daun untuk perlakuan

Tabel 2. Hasil perhitungan serapan karbon oleh beberapa klon tanaman karet yang tersimpan pada akar, batang, cabang, dan daun

Table 2. Calculation results of carbon sequestration of some rubber clones that translocated in root, stem, branch, and leaves

Perlakuan	Serapan C (kg C/tanaman/siklus)	Serapan CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /tanaman/siklus)	Serapan CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /tanaman/tahun)	Serapan CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /ha/tahun)
Treatments	C sequestration (kg C/plant/cycle)	CO <sub>2</sub> sequestration (kg CO <sub>2</sub> /plant/cycle)	CO <sub>2</sub> sequestration (kg CO <sub>2</sub> /plant/year)	CO <sub>2</sub> sequestration (kg CO <sub>2</sub> /ha/year)
A	234,40 b	857,93 b	30,64 b	15.320,18 b
B	302,22 a	1.106,15 a	40,96 a	20.484,32 a
C	307,35 a	1.124,90 a	43,26 a	21.632,70 a

Keterangan :

Rerata yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya beda nyata menurut uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada tingkat kepercayaan 95%.

Perlakuan A = Klon BPM 1

Perlakuan B = Campuran klon BPM 24, PB 260, dan GT1

Perlakuan C = Klon IRR 39

Asumsi, jumlah pohon karet per hektar = 500 batang

Remarks :

Means followed by different alphabets in the same column indicate significant difference between treatments analysed by Least Significance Difference (LSD) Test at 95% of confidence interval.

Treatment A = Clone BPM 1

Treatment B = Mixed clone between BPM 24, PB 260, dan GT1

Treatment C = Clone IRR 39

Assumption, number of rubber tree per hectare = 500 trees

B dan C lebih tinggi dari pada perlakuan A. Serapan karbon tertinggi terdapat pada perlakuan C yang mencapai 21.632,70 kg/ha/tahun, sedangkan perlakuan A hanya mencapai 15.320,18 kg/ha/tahun. Tingginya serapan karbon pada perlakuan C (klon IRR 39) menyebabkan klon IRR 39 mempunyai pertumbuhan yang sangat jagur. Pada umur 4,5 tahun, klon ini dapat mencapai lilit batang 45 cm (Darajat & Sayurandi, 2019). Selain itu, menurut

Boerhendhy (2013) klon ini mempunyai laju pertumbuhan sebesar 13,53 cm/tahun pada masa TBM (tanaman belum menghasilkan) dan 4,58 cm/tahun pada masa TM (tanaman menghasilkan).

Selain serapan karbon yang tersimpan pada akar, batang, cabang, dan daun, serapan karbon oleh tanaman karet juga disimpan dalam lateks yang dipanen oleh petani karet. Dari hasil pengamatan di

lapangan, jumlah serapan karbon yang tersimpan dalam lateks pada perlakuan A, B, dan C disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa serapan karbon dalam bentuk unsur C maupun senyawa CO<sub>2</sub> yang tersimpan pada lateks pada perlakuan A adalah yang paling

Tabel 3. Serapan karbon tanaman karet yang tersimpan dalam lateks  
Table 3. Carbon sequestration of rubber tree translocated in latex

Perlakuan	Total Hasil (kg)	Luas (ha)	Produktivitas (kg/ha/siklus)	Produktivitas (kg/ha/tahun)	Serapan C (kg/ha/tahun)	Serapan CO <sub>2</sub> (kg/ha/tahun)
Treatments	Yield Total (kg)	Area (ha)	Productivity (kg/ha/cycle)	Productivity (kg/ha/year)	C sequestration (kg/ha/year)	CO <sub>2</sub> sequestration (kg/ha/year)
A	267,994	9,7	27.628,25	986,72	868,32	3183,83
B	318,461	14,3	22.207,88	822,51	723,81	2653,98
C	351,055	17,0	20.650,29	794,24	698,93	2562,75

Keterangan :

Perlakuan A = Klon BPM 1

Perlakuan B = Campuran klon BPM 24, PB 260, dan GT1

Perlakuan C = Klon IRR 39

Remarks :

Treatment A = Clone BPM 1

Treatment B = Mixed clone between BPM 24, PB 260, dan GT1

Treatment C = Clone IRR 39

tinggi dari pada perlakuan B dan C. Hal ini dapat terjadi karena perlakuan A terdiri atas klon BPM 1 yang produktivitas nya paling tinggi (986,72 kg/ha/tahun) dari pada perlakuan B yang terdiri atas klon campuran (822,51 kg/ha/tahun) dan perlakuan C yang terdiri atas klon IRR 39 (794,24 kg/ha/tahun). Semakin tinggi produksi lateks per satuan luas per satuan waktu, semakin tinggi pula serapan karbon per satuan luas per satuan waktu yang terjadi. Hal ini disebabkan karena dalam lateks yang diproduksi tersebut terdapat kandungan karbon organik (unsur C) sekitar 88% dari bobot karet kering yang dihasilkan (Sone et al., 2014).

Dari Tabel 2 dan 3, serapan total karbon yang tersimpan pada bagian akar, batang, cabang, daun, dan lateks yang dihasilkan oleh tanaman karet dapat diketahui dengan menjumlahkan serapan karbon oleh bagian-bagian tanaman karet yang disajikan pada kedua tabel tersebut. Total serapan karbon tanaman karet (total yang tersimpan pada bagian akar, batang, cabang, daun, dan lateks) pada perlakuan A, B, dan C disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa total serapan karbon pada seluruh bagian tanaman pada perlakuan C (klon IRR 39) adalah yang paling tinggi dari pada perlakuan A (klon BPM1) dan B (klon campuran). Hal ini disebabkan karena klon IRR 39 mempunyai lilit batang dan biomassa yang paling tinggi dari pada perlakuan B dan C. Tabel 4 juga menunjukkan bahwa total biomassa bagian akar, batang, cabang, dan daun jauh lebih tinggi dari pada biomassa akumulasi lateks yang dihasilkan. Oleh karena itu, walaupun serapan karbon yang tersimpan dalam lateks pada perlakuan A adalah yang paling tinggi, namun serapan total karbon pada seluruh bagian tanaman yang tertinggi dihasilkan oleh perlakuan C. Tingginya serapan karbon oleh tanaman karet menjadikan perkebunan karet dapat berperan positif dalam memerangi fenomena pemanasan global yang terjadi saat ini.

## KESIMPULAN

Perkebunan karet dapat berperan positif dalam menyerap gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) dari atmosfer dan turut berperan

Tabel 4. Serapan karbon total tanaman karet  
 Table 4. Total carbon sequestration of rubber tree

Perlakuan	Serapan CO <sub>2</sub> pada bagian akar, batang, cabang, dan daun (kg/ha/tahun)	Serapan CO <sub>2</sub> pada lateks (kg/ha/tahun)	Total serapan CO <sub>2</sub> tanaman karet (kg/ha/tahun)
Treatments	CO <sub>2</sub> sequestered and translocated in root, stem, branch, and leaves (kg/ha/year)	CO <sub>2</sub> sequestered and translocated latex (kg/ha/year)	Total CO <sub>2</sub> sequestered by rubber tree (kg/ha/year)
A	15.320,18	3.183,83	18.504,01
B	20.484,33	2.653,98	23.138,31
C	21.632,71	2.562,75	24.195,46
Rerata	19.145,74	2.800,19	21.945,93

Keterangan :

Perlakuan A = Klon BPM 1

Perlakuan B = Campuran klon BPM 24, PB 260, dan GT1

Perlakuan C = Klon IRR 39

Remarks :

Treatment A = Clone BPM 1

Treatment B = Mixed clone between BPM 24, PB 260, dan GT1

Treatment C = Clone IRR 39

dalam mencegah semakin parahnya fenomena pemanasan global yang terjadi saat ini. Secara umum, jumlah CO<sub>2</sub> yang dapat diserap oleh perkebunan karet tersebut adalah sekitar 21.945,93 kg/ha/tahun. Jumlah serapan CO<sub>2</sub> oleh tanaman karet ini tercermin dari biomassa yang dihasilkan oleh tanaman karet. Klon IRR 39 (perlakuan C) dapat menyerap CO<sub>2</sub> dengan jumlah yang paling tinggi (24.195,46 kg/ha/tahun) dibandingkan dengan klon BPM 1, BPM 24, PB 260, dan GT1 (perlakuan A dan B).

Darojat, M. R., & Sayurandi, S. (2019). STATUS KLON-KLON KARET SERI IRR HASIL KEGIATAN PEMULIAAN INDONESIA DAN ADOPSINYA DI PERKEBUNAN KARET INDONESIA. *Perspektif*, 17 ( 2 ) , 101 – 116 . <https://doi.org/10.21082/psp.v17n2.2018.101-116>

Islam, S. M. Z., & Ullah, M. R. (2017). Allometric relationships for estimating stem volume of rubber tree (*Hevea brasiliensis* muell-arg.) in Bangladesh. *Open Access Journal of Science*, Volume 1 ( I s s u e 1 ) , 17 – 21 . <https://doi.org/10.15406/oajs.2017.01.00006>

#### DAFTAR PUSTAKA

Boerhendhy, I. (2013). PENGGUNAAN STIMULAN SEJAK AWAL PENYADAPAN UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI KLON IRR 39. *Jurnal Penelitian K a r e t* , 117 – 126 . <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v31i2.139>

- Khasanah, N., Wijaya, T., June, T., Lusiana, B., & Van Noordwijk, M. (2008). Growth of Rubber (*Hevea brasiliensis*) in Monoculture and Mixed Systems with Acacia (*Acacia mangium*) A Case Study in Sembawa, South Sumatra: II. Simulation Using WaNuLCAS Model. *Indonesian Journal of Natural Rubber Research*, 26(1), Article 1.
- Kusdiana, A. P. J., Alamsyah, A., Hanifarianty, S., & Wijaya, T. (2015). Estimation CO<sub>2</sub> Fixation by Rubber Plantation. Conference of The 2nd International Conference on Agriculture, Environment, and Biological Sciences ICAEBS'15, 16–18. <http://dx.doi.org/10.17758/IAA.ST.A0715018>
- Lindsey, R. (2023). Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide | NOAA Climate.gov. <http://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>
- Mohajan, H. K. (2011). Greenhouse Gas Emissions Increase Global Warming. *International Journal of Economic and Political Integration*, 1(2), 21-34.
- Priyadarshan, P. M. (2017). *Biology of Hevea Rubber*. Springer Science+Business Media.
- Purwaningrum, Y., Asbur, Y., & Royo, B. B. (2023). Pengaruh Panjang Alur Sadap dan Stimulant Gas Terhadap Fisiologi dan Produksi Lateks Tanaman Karet Klone BPM. Prosiding Seminar Nasional dalam Rangka Dies Natalis ke-47 UNS Tahun 2023: Akselerasi Hasil Penelitian dan Optimalisasi Tata Ruang Agraria untuk Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan, 7, 18–25.
- Sahuri, S. (2017). MODEL PENDUGAAN VOLUME POHON KARET SAAT PEREMAJAAN DI SEMBAWA, SUMATERA SELATAN. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 14(2), 141 – 155 . <https://doi.org/10.20886/jpht.2017.14.2.141-155>
- Saputra, J., Wijaya, T., Ardika, R., & Stevanus, C. T. (2017). Pengujian Adaptabilitas Beberapa Klone Karet Pada Elevasi Tinggi. *Jurnal Penelitian Karet*, 35(1), 15–22. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpki.v1i1.281>
- Satakhun, D., Chayawat, C., Sathornkich, J., Phattalerphong, J., Chantuma, P., Thaler, P., Gay, F., Nouvellon, Y., & Kasemsap, P. (2019). Carbon sequestration potential of rubber-tree plantation in Thailand. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 526(1), 012036 . <https://doi.org/10.1088/1757-899X/526/1/012036>
- Sone, K., Watanabe, N., Takase, M., Hosaka, T., & Gyokusen, K. (2014). Carbon Sequestration, Tree Biomass Growth and Rubber Yield of PB260 Clone of Rubber Tree (*Hevea brasiliensis*) in North Sumatra. *Journal of Rubber Research*, 17(2), 115–127.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant physiology* (3rd ed.). Sinauer Associates.