

## HUBUNGAN FAKTOR LINGKUNGAN DAN ALIRAN LATEKS TERHADAP PRODUKSI KARET PADA AWAL MUSIM GUGUR DAUN ALAMI

*Correlation Between Environmental Factors and Latex Flow on Rubber Production at the Beginning of Natural Leaf Fall*

**Radite Tistama<sup>1</sup> dan Muhammad Danu Hasbunallah<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Karet, Jl. Raya Palembang – Pangkalan Balai Km. 29, Sembawa, Banyuasin, 30963 Sumatera Selatan

<sup>2</sup>Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam negeri Raden Fatah Palembang, Jl. Prof. KH. Zainal Abidin Fikri Km 3,5 Palembang, 30126 Sumatera Selatan  
Email: raditetistama@gmail.com

Diterima 23 April 2025 / Direvisi 14 Mei 2025 /Disetujui 15 Juni 2025

### **Abstrak**

Faktor internal yang berpengaruh terhadap produksi karet adalah kadar karet kering (KKK), indeks penyumbatan dan kondisi kanopi tanaman karet sedangkan faktor eksternal kondisi lingkungan seperti kadar air tanah dan kelembaban nisbi, serta interaksi kedua faktor tersebut. Dinamika perubahan musim berpengaruh terhadap produksi karet. Penelitian observasi ini bertujuan mengkaji hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi produksi karet pada awal musim gugur daun alami. Pengamatan dilaksanakan selama satu bulan menjelang gugur alami pada bulan Juli 2023, di Kebun Percobaan Sembawa, Sumatera Selatan. Kondisi tanaman karet selama pengamatan mulai periode gugur alami dan sedang terpapar oleh penyakit gugur daun sekunder. Tiga jenis klon karet yang diobservasi termasuk ke dalam kelompok klon metabolisme medium yaitu IRR 112, IIR 118 dan BPM 107, tahun tanam 2010, dengan posisi sadapan di B0-2. Parameter yang diamati meliputi indeks penyumbatan, KKK, luas kanopi dan kelembaban nisbi. Data yang diperoleh dianalisis korelasi dan regresi antar parameter tersebut. Indeks penyumbatan berkorelasi nyata dengan produksi karet, sedangkan KKK tidak nyata korelasinya dengan produksi karet. Indeks penyumbatan berkorelasi positif dengan KKK, yaitu

semakin meningkat KKK menyebabkan aliran lateks lebih pendek. Luas kanopi berpengaruh terhadap peningkatan KKK tetapi kurang berpengaruh terhadap lamanya aliran lateks. Pada awal musim kemarau dan tanaman terpapar penyakit daun, kelembaban nisbi berkorelasi negatif dengan KKK dan luas kanopi.

Kata kunci: indeks penyumbatan, luas kanopi, KKK, aliran lateks, musim kemarau

### **Abstract**

*The internal factors influencing rubber production include dry rubber content (DRC), plugging index and canopy condition of the rubber trees. Meanwhile, the external factors include environmental conditions such as soil water content and relative humidity, as well as the interaction between these two factors. The dynamics of seasonal changes affect rubber production. This observational study aimed to examine the relationship between factors that affect rubber production at the beginning of natural leaf fall. Observations were carried out for one month before natural leaf fall in July 2023, in Sembawa Experiment Plantation, South Sumatra. The condition of rubber plants during observations starting from the natural leaf fall period and being exposed to secondary leaf fall disease. The three types of rubber clones observed were included in the medium metabolism clone group, namely IRR 112, IIR 118 and BPM 107, planting year 2010, with*

*tapping position at B0-2. The parameters observed included the plugging index, DRC, canopy area and relative humidity. The data obtained were analyzed for correlation and regression between these parameters. The plugging index was significantly correlated with rubber production, while the DRC was not significantly correlated with rubber production. The plugging index was positively correlated with DRC, the higher the DRC caused the latex flow to be shorter. The canopy area affected the increase in DRC but had less effect on the duration of latex flow. At the beginning of the dry season and when plants were exposed to leaf diseases, relative humidity was negatively correlated with both DRC and canopy area.*

*Keywords: plugging index, canopy area, rubber content, latex flow, dry season*

### **Pendahuluan**

Sel latisifer atau pembuluh lateks tanaman karet berperan untuk tempat biosintesis dan akumulasi bioaktif di dalam sitoplasmanya. Senyawa bioaktif tersebut bersifat autotoksik, hidrofobik tinggi seperti alkaloid, komponen fenol dan karet yang menjadi salah sistem pertahanan tanaman karet (Yamashita dan Takahashi, 2020). Dari semua spesies tanaman penghasil karet alam *Hevea brasiliensis* adalah spesies utama yang saat ini mendominasi suplai karet alam global. Hal ini didukung dengan aktivitas seleksi klon produksi yang mempunyai potensi lebih tinggi untuk memenuhi permintaan dunia, dan saat ini pemuliaan karet sudah memasuki di generasi ke empat (Daslin 2014; Darojat & Sayurandi 2018).

Kajian fisiologis dan molekuler telah memperkaya pemahaman dalam seleksi klon yang dikembangkan sebagai bagian dari mitigasi perubahan iklim global terutama kekeringan (Hee Kim & Moo Lee, 2023), serangan penyakit baru (Lahlali *et al.*, 2024) dan daya adaptasi tanaman. Salah satu parameter yang diduga kuat dipengaruhi perubahan iklim adalah perubahan evapotranspirasi yang dapat dilihat dari penurunan kelembaban dan peningkatan

evapotranspirasi (Ling *et al.*, 2022). Serangan penyakit jenis baru sangat terkait dengan kesesuaian kondisi ekosistem untuk perkembangan *strain* patogen baru, dapat mempercepat penyebarannya, serta perubahan interaksi inang dengan patogen (Singh *et al.*, 2023). Kejadian penyakit gugur daun yang menyerang perkebunan karet di berbagai negara diduga kuat salah satunya disebabkan oleh perubahan iklim.

Penyakit gugur daun sekunder terjadi selama 5 tahun terakhir di hampir semua negara penghasil karet (International Rubber Study Group, 2021; Association of Natural Rubber Producing Country, 2021). Gugur daun sekunder telah mempengaruhi produktivitas karet termasuk perubahan puncak produksi dan perubahan gugur alami. Tanaman karet dipanen sepanjang tahun dengan hasil lateksnya mengikuti dinamika kondisi tanaman karet, siklus perubahan musim dan interaksi keduanya. Perubahan-perubahan ini tentu saja juga mempengaruhi metabolisme lateks dan metabolisme lainnya di dalam jaringan tanaman karet secara umum. Dua hal yang terkait produksi karet adalah aktivitas metabolisme lateks dan lama aliran lateks (Tistama, 2013; Florez-Velasco *et al.*, 2024) serta beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Aktivitas metabolisme tanaman karet sangat tergantung pada karakter klon karet (Woelan *et al.*, 2014). Beberapa klon dikategorikan sebagai metabolisme tinggi, sedang, dan rendah yang didasarkan pada lateks diagnosis (Sumarmadji *et al.*, 2004), dan klasifikasi sifat ini dijadikan dasar dalam menetapkan sistem panen lateks di perkebunan karet (Sumarmadji *et al.*, 2005).

Faktor lain pendukung produksi lateks selain kemampuan biosintesis adalah lama aliran lateks dan kecepatan aliran lateks. Lama aliran lateks ditentukan oleh seberapa cepat pembuluh lateks mengalami penyumbatan dan juga kecepatan aliran, sedangkan kecepatan aliran dan indeks penyumbatan dipengaruhi oleh kondisi fisiologis tanaman, musim (Sayurandi *et al.*, 2017) dan aplikasi stimulan (Atminingsih *et al.*, 2016). Hasil meta-analisis terhadap semua parameter

fisiologi lateks menunjukkan bahwa terdapat dua parameter fisiologi yang dapat memberikan gambaran kuat kondisi fisiologis tanaman karet yaitu sukrosa dan fosfat inorganik (Pi), sedangkan thiol dan *total solid content* (TSC) atau kadar karet kering memiliki determinasi yang lemah terhadap fisiologi lateks (Junaidi *et al.*, 2023).

Pada awal gugur daun tanaman karet mengalami dua perubahan mendasar yang berhubungan dengan produksi yaitu berkurangnya proses fotosintesis, dan berkurangnya ketersediaan air tanah. Pada kondisi demikian produksi karet mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan bulan-bulan sebelumnya. Kajian mengenai korelasi beberapa faktor produksi terhadap hasil karet pada kondisi tanaman optimal dan kondisi lingkungan mendukung sudah banyak dilakukan. Sedangkan interaksi faktor-faktor produksi dan lingkungan dalam keadaan metabolisme tanaman karet rendah belum dilakukan. Faktor-faktor produksi yang berpengaruh meliputi aliran lateks, indeks penyumbatan, KKK, serta kondisi kanopi. Sedangkan faktor eksternal yang berhubungan dengan produksi meliputi kelembaban nisbi dan kadar air tanah. Penelitian observasi singkat ini bertujuan untuk mengetahui korelasi beberapa parameter yang berpengaruh terhadap produksi lateks pada beberapa klon karet pada awal gugur daun alami.

### Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Pusat Penelitian Karet Sembawa, Afdeling I dan di Laboratorium Fisiologi Tanaman Pusat Penelitian Karet Sembawa, Kecamatan Sembawa, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Penelitian menggunakan tiga klon karet yaitu klon IRR 112, IRR 118, BPM 107, tahun tanam 2010 atau umur 13 tahun dan disadap pada posisi panel sadap B0-2. Ketiga jenis klon dikategorikan ke dalam kelompok metabolisme medium. Pengamatan indeks penyumbatan dilakukan mulai 1 Juli hingga 31 Juli 2023. Pada masing-masing klon

diamati dilakukan pengulangan sebanyak tiga ulangan dengan memilih tiga pohon secara acak. Pemilihan pohon ditentukan berdasarkan keseragaman lilit batang, rata-rata 55,7 cm diukur dari ketinggian 100 cm dari pertautan okulasi. Pada saat observasi ini dilaksanakan, kondisi tanaman karet masih terpapar oleh serangan penyakit gugur daun *Pestalotiopsis*. Serangan penyakit ini telah tercatat sejak 2019, dan hingga penelitian ini berlangsung belum dilakukan pengendalian secara intensif. Tingkat serangan penyakit gugur daun selama 3 bulan sebelum pengamatan tergolong ringan dengan luas penutupan tajuk 60 - 70%. Curah hujan rata-rata selama penelitian 27,4 mm, dengan jumlah hujan 7 hari/bulan, rata-rata temperatur 28,2 °C (suhu maksimum 32,3 °C dan minimum 24,1 °C), lama penyinaran 6,2 jam, dengan rata-rata kelembaban nisbi 81%.

Pengamatan parameter produksi meliputi indeks penyumbatan, KKK dan produksi per pohon per sadap (g/p/s). Penyadapan dilaksanakan pagi hari di mulai jam 06.00 WIB menggunakan sistem sadap S2D3 yaitu irisan setengah spiral dengan frekuensi tiga hari sadap tanpa aplikasi stimulan. Setelah disadap lateks ditampung menggunakan tabung reaksi plastik dengan perlakuan lama aliran lateks yaitu 5, 10, 20, 30, 60, dan 120 menit. Volume lateks diukur menggunakan gelas ukur 50 ml. Indeks penyumbatan diperoleh dari perbandingan volume lateks 5 menit pertama dengan volume total lateks (Milford 1969) dengan persamaan sebagai berikut:

$$IP = \frac{V_5}{V_t} \times 100\% \quad (1)$$

IP = Indeks Penyumbatan (%)

V<sub>5</sub> = volume lateks 5 menit awal (ml)

V<sub>t</sub> = volume lateks total (ml)

Pengamatan KKK menggunakan pendekatan *total solid content* (TSC) dilakukan pada enam perlakuan 5, 10, 20, 30, 60, dan 120 menit pada tiga kali penyadapan. Setiap

perlakuan terdiri dari 3 pohon sampel yang dijadikan satu kemudian ditimbang sebanyak 10 gram dengan menggunakan cawan petri dan kemudian ditambah asam format ( $\text{CH}_2\text{O}_2$ ) konsentrasi 30% sebanyak 2-3 ml. Cawan petri kemudian dimasukkan ke dalam oven selama 12 jam pada suhu  $110^\circ\text{C}$ . Kadar karet kering ditentukan dengan rumus kadar karet sebagai berikut :

$$TSC = \frac{B_k}{B_b} \times 100\% \quad (2)$$

TSC = *Total solid content (%)*

$B_k$  = Berat sampel kering (g)

$B_b$  = Berat Lateks sampel Basah (g)

Berdasarkan kadar karet yang telah diperoleh, produksi karet ditentukan dengan mengalikan berat lateks total dan kadar karet kering kemudian dibagi dengan jumlah pohon. Persamaan untuk menghitung produksi disajikan sebagai berikut:

*Produksi karet =*

$$\frac{\text{Bobot lateks (g)} \times \text{Kadar karet kering (\%)}}{\text{jumlah pohon disadap}} \quad (3)$$

Luas kanopi diukur bersamaan dengan pengukuran produksi menggunakan aplikasi *Smartphone (Adelaide Viticanopy)* dikeluarkan oleh (Apple Inc., Cupertino, CA, USA). Software ini mengukur perbandingan luas daun dengan luas tanah, porositas kanopi dan arsitektur kanopi (Fuentes *et al.*, 2015). Pengukuran dilaksanakan di tiga titik pada masing-masing jenis klon.

Data kelembaban diperoleh dari pengukuran *Automatic Weather Station (AWS)* di Pusat Penelitian Karet Sembawa. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis korelasi dan regresi menggunakan *Software Microsoft Office Excel* (Microsoft Corporation, USA).

## Hasil dan Pembahasan

### Korelasi Faktor-Faktor Lingkungan dan Aliran Lateks terhadap Produksi Karet

Korelasi antara hasil karet dengan faktor-faktor produksi dan lingkungan pada awal

gugur daun bervariasi yaitu berkorelasi positif atau negatif dan berkorelasi nyata atau tidak nyata (Tabel 1). Korelasi nyata antara dua faktor menunjukkan pengaruh langsung satu dengan yang lain, sedangkan korelasi tidak nyata menunjukkan bahwa kedua faktor tidak berpengaruh langsung. Indeks penyumbatan berkorelasi negatif terhadap produksi karet yang berarti semakin rendah IP, maka produksi lateks yang diperoleh semakin tinggi. Parameter yang mempunyai hubungan yang nyata dengan IP adalah kelembaban nisbi. Peningkatan kelembaban nisbi akan diikuti penurunan IP yang menunjukkan aliran lateks lebih lama dan produksi lebih tinggi. Kadar karet kering tidak nyata berpengaruh terhadap produksi karet, demikian halnya dengan kanopi juga tidak berpengaruh nyata terhadap produksi karet. Kanopi berkorelasi positif terhadap KKK yaitu semakin luas kanopi akan meningkatkan kandungan karet dalam lateks. Di sisi lain kanopi berkorelasi negatif terhadap kelembaban nisbi. Hal tersebut berkaitan dengan fakta mengapa kenaikan kelembaban tidak berpengaruh nyata terhadap produksi karet.

Produksi secara umum dipengaruhi oleh kemampuan melakukan metabolisme dan lama aliran lateks. Metabolisme lateks melibatkan suplai bahan baku gula yang diproduksi dari daun, aktivitas berbagai enzim mulai dari jalur glikolisis, jalur mevalonat (Velasco *et al.*, 2024), dan juga jalur sintesis polyisoprena (Uthup *et al.*, 2019), serta signal transduksi yang melibatkan hormon jasmonat (Long *et al.*, 2021). Aktivitas metabolisme biasanya diindikasikan dari kandungan gula, fosfat organik dan kadar karet di dalam lateks (Tistama, 2013). Sementara aliran lateks dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti ketersediaan air tanah (Cahyo *et al.*, 2024), kelembaban udara dan faktor cuaca lainnya. Siklus tahunan perkebunan menunjukkan bahwa bulan Juli merupakan awal produksi menurun karena gugur daun alami sudah dimulai, dan kadar air tanah juga menurun (Ardika *et al.*, 2011). Semenjak serangan gugur daun sekunder 2019, kondisi kanopi atau tajuk tanaman karet di bulan Juli kurang rapat

dibandingkan dengan bulan yang sama sebelum terserang penyakit gugur daun sekunder, dan pembentukan daun baru masih berlanjut. Untuk mengetahui hubungan

masing-masing faktor terhadap produksi karet dan menduga produksi karet pada kondisi tertentu, maka data-data parameter ini selanjutnya dianalisis regresinya.

Tabel 1. Analisis korelasi Produksi Karet dengan Beberapa Faktor Pendukung Produksi Karet

	Produksi	IP	KKK	Kelembaban	Luas Kanopi
Produksi	1				
IP	-0,599	1			
Kadar Karet	0,106	0,237	1		
Kelembaban	0,302	-0,781	-0,506	1	
Luas Kanopi	0,266	0,283	0,853	-0,545	1

### Pengaruh Indeks Penyumbatan dan Kadar Karet Kering Terhadap Produksi Karet

Seperi telah dijelaskan sebelumnya bahwa produksi karet berkorelasi nyata seberapa lama lateks mengalir. Aliran lateks dari ketiga klon karet yang observasi juga menunjukkan pola yang bervariasi (Gambar 1, atas), demikian halnya dengan pola IP-nya (Gambar 1, bawah). Meskipun pada awal penyadapan laju aliran lateks klon IRR 112 dan BPM 107, tetapi lebih rendah dibandingkan IRR118 lebih cepat menurun. Laju aliran lateks IRR 118 tinggi di awal yaitu 12,24 ml pada 5 menit pertama, tetapi dalam 30 menit lajunya tinggal 50% dan tinggal 1,75 ml di 120 menit. Sementara dua klon lainnya laju aliran lateksnya relatif stabil dari pengamatan awal hingga akhir yaitu 5,5 ml tiap pengamatan. tetapi laju aliran lateks kedua relatif stabil hingga 2 jam pengamatan. Pola aliran lateks ini sangat menarik untuk mempelajari karakter klon. Lamanya aliran lateks yang menjadi salah satu faktor utama berpengaruh terhadap IP, yaitu makin panjang aliran lateks maka produksi karetnya semakin banyak. Hubungan yang nyata antara IP dengan produksi karet ini dapat dijadikan parameter IP sebagai salah satu variabel penting di dalam seleksi klon produksi tinggi karena IP ini diduga kuat bersifat genetik.

Pada kondisi awal gugur daun klon IRR 118 mempunyai nilai rata-rata indeks penyumbatan 32,41% atau 2 kali lebih tinggi dengan klon IRR 112 dan BPM 107 (Tabel 2).

Dari sisi pola IP di IRR 118 sepanjang pengamatan selalu tinggi dengan fluktuasi di kisaran 19,3 - 37,3%, sebaliknya IRR 112 dan BPM 107 lebih rendah fluktuasinya yaitu 15,2 - 19,2% (Gambar 1, bawah). Jika dibandingkan dengan IP rata-rata klon karet sepanjang tahun, nilai IP menjelang gugur daun lebih tinggi. Indeks penyumbatan rata-rata sepanjang tahun IRR 112 dan 118 berturut turut adalah 9,7% dan 12,5% (Daslin dan Pasaribu 2015), sedangkan BPM 107 belum ada informasi mengenai nilai IP. Peningkatan IP saat awal gugur daun sebesar IRR 112 adalah 58,9% dan IRR 118 meningkat 38,9%. Variasi IP juga terjadi pada beberapa genotipe tanaman karet hasil persilangan dua klon komersial yaitu 8,41 – 32,39% pada musim hujan, dan berkurangnya kadar air tanah dan kelembaban menjadi pemicu berkurangnya lama aliran lateks hingga di atas 50% (Sayurandi *et al.*, 2017).

Pada saat daun mulai gugur, produksi karet setiap sadapan antar ketiga klon bervariasi. Selama delapan kali pengamatan produksi cenderung menurun (Gambar 2). Rata-rata produksi IRR 112 lebih tinggi dibandingkan klon lainnya yaitu 21,4 g/p/s diikuti BPM 107 sebesar 16,18 g/p/s, dan paling rendah produksinya IRR 118 yaitu 11,1 g/p/s. Produksi tersebut relatif lebih rendah dibandingkan potensi produksi IRR 112, IRR 118 dan BPM 107 berturut-turut sebesar 35,7 g/p/s, 32,8 g/p/s dan 32,2 g/p/s

(Lasminingsih, 2015). Martini *et al.* (2021) melaporkan bahwa produksi rata-rata klon IRR 112 selama setahun produksi IRR 112 pada panel B0-2 sebesar 30 g/p/s. Penurunan produksi karet ini sangat erat hubungannya dengan peningkatan IP saat awal gugur daun, dan diduga berkorelasi dengan menurunnya kadar air tanah karena rendahnya intensitas curah hujan di bulan Juni dan Juli.

Fluktuasi produksi tiap-tiap penyadapan selama 1 bulan pengamatan ini belum diketahui faktor-faktor yang mempengaruhinya. Diduga produksi ini terkait dengan kadar air tanah, perubahan kelembaban atau suhu harian yang berpengaruh terhadap evaporasi tanaman karet. Sahuri (2024) menyebutkan bahwa evapotranspirasi paling kuat hubungan terhadap hasil karet dibandingkan curah hujan dan kadar air tanah. Evapotranspirasi dipengaruhi beberapa faktor yaitu radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara (Febriana *et al.*, 2018).

Tabel 2. Rata-rata Indeks Penyumbatan tiga klon karet selama tujuh pengamatan penyadapan menggunakan frekuensi sadap D3

Klon	Indeks Penyumbatan (%)
IRR 112	16,48 <sup>a</sup>
IRR 118	32,41 <sup>b</sup>
BPM 107	16,51 <sup>a</sup>

Keterangan : angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, berbeda tidak nyata pada  $P = 0,05$

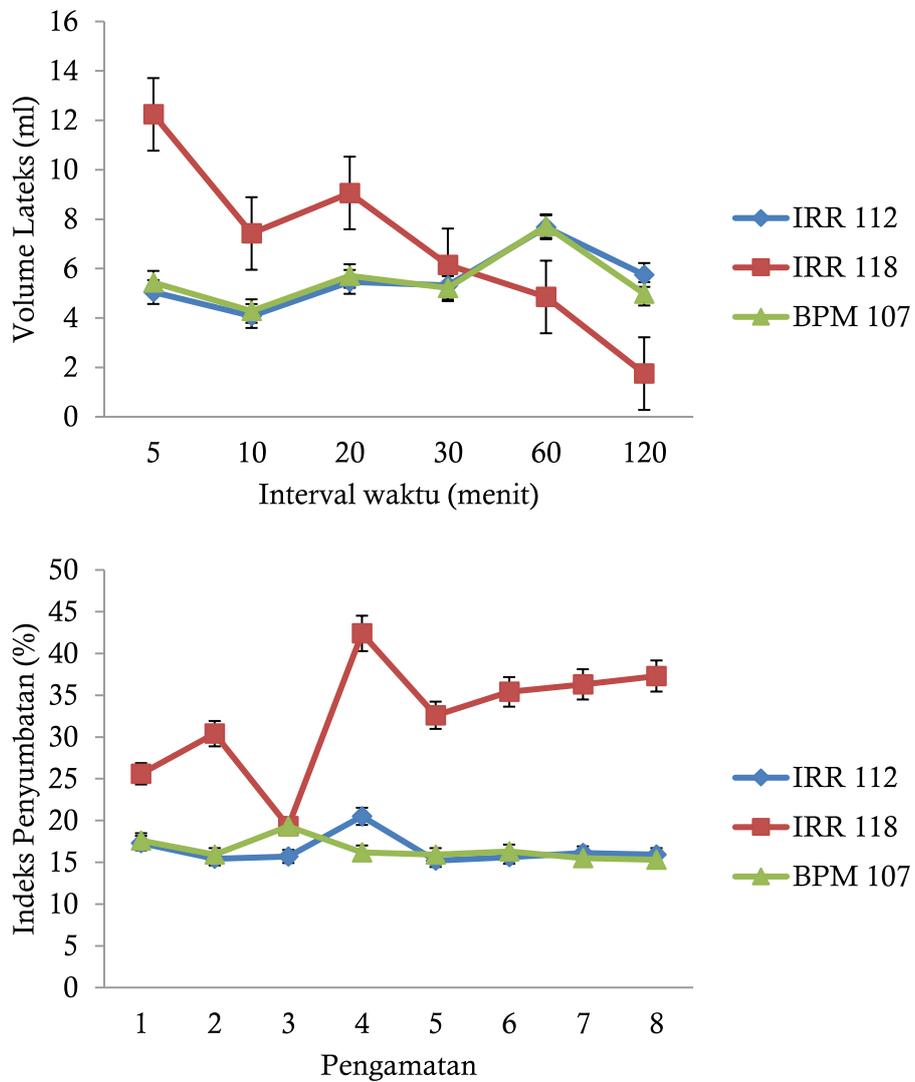
Indeks penyumbatan semakin kecil apabila tanaman karet distimulansia dengan etepon. Etepon memicu peningkatan faktor antikoagulasi meningkat sehingga lateks lebih stabil sehingga aliran lateks semakin panjang (Tistama, 2013). Stimulan etefon diketahui sebagai bahan aktif untuk meningkatkan produksi karet pada perkebunan karet. Atminingsih *et al.* (2016) melaporkan terjadinya penurunan IP hingga mencapai 50% sebagai respon tanaman karet terhadap

aplikasi stimulansia konsentrasi 2,5%. Jika konsentrasi stimulansia dinaikan 5% maka IP sedikit menurun dibandingkan konsentrasi 2,5% atau bisa dikatakan peningkat responnya tidak nyata. Hal ini juga menguatkan pemahaman teknis di lapangan bahwa penambahan konsentrasi stimulansia tidak selalu nyata meningkatkan produksi karet dan ini belum termasuk mempertimbangkan aspek biayanya.

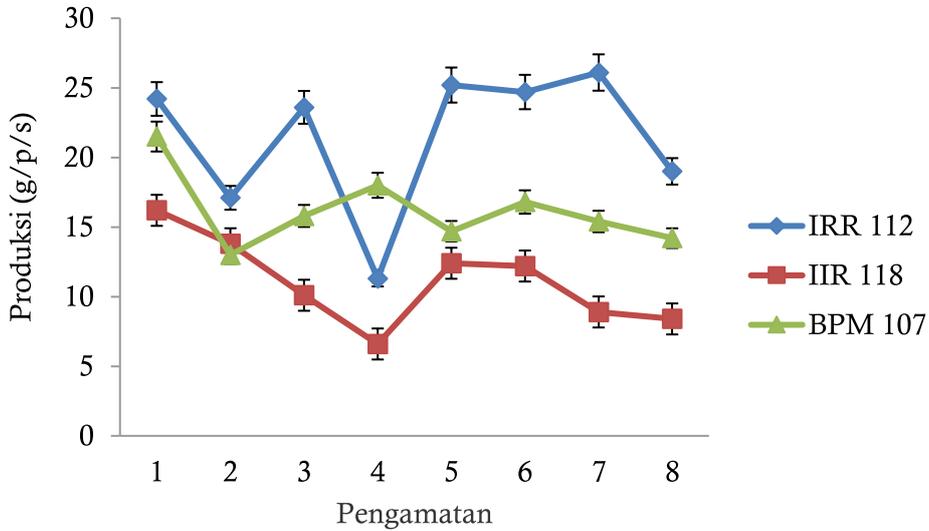
Beberapa parameter klimatologi selama penelitian ini relatif lebih tinggi dibandingkan bulan Juni, seperti curah hujan, hari hujan dan temperatur. Kondisi klimatologi bulan Juni sebelum penelitian curah hujan rata-rata selama penelitian 9,8 mm/hari, dengan jumlah hujan 6 hari/bulan, rata-rata temperatur 28,4 °C (suhu maksimum 32,8 °C dan minimum 24,1 °C), dengan rata-rata kelembaban nisbi 81%, dan lama penyinaran 6 jam. Curah hujan di Juni sangat rendah dibandingkan Juli, yang erat hubungannya kadar air tanah dan diduga dengan pola penurunan produksi selama bulan Juli.

Dalam periode tahunan, fluktuasi produksi karet setiap bulan bervariasi antar klon tetapi memiliki pola yang hampir sama (Moreno *et al.*, 2005). Fluktuasi produksi karet dipengaruhi oleh musim hujan dan kemarau. Pola produksi untuk wilayah Sumatera Selatan mulai terjadi penurunan produksi di awal kemarau bulan Juli dan mencapai produksi terendah di September ketika terjadi pembentukan daun baru. Produksi mulai meningkat saat musim hujan bulan Oktober dan mencapai puncak produksi di Maret - April (Ardika *et al.*, 2017).

Kadar karet dalam lateks merupakan salah satu produk akhir dari jalur mevalonat yang menggambarkan seberapa aktif metabolisme lateks suatu klon karet. Klon IRR 112, IRR 118 dan BPM 107 mempunyai kadar karet yang bervariasi dalam berbagai waktu aliran lateks (Tabel 3). Pola semua klon yang diuji adalah kadar karet cenderung menurun seiring dengan lamanya aliran lateks dengan mengikuti persamaan  $y = -3,833\ln(x) + 52,33$  dengan koefisien determinasi 0,91. Tingginya penurunan kadar karet tiap waktu juga



Gambar 1. Laju aliran lateks tiga klon karet yang ditunjukkan oleh volume yang diperoleh dari tiap interval waktu pengukuran (atas) dan pola indeks penyumbatan tiga klon karet selama 7 kali penyadapan dengan frekuensi D3. Bar menunjukkan standar *error* (bawah)



Gambar 2. Hasil karet gram/pohon per sadap (g/p/s) tiap-tiap klon yang disadap dengan sistem S2D3 tanpa stimulan pada delapan kali penyadapan. Bar menunjukkan standar *error*

bervariasi antar klon, dengan selisih antara 5 menit pertama dengan 120 menit berturut-turut 11,02%, 19,71%, dan 10,55% (Tabel 3).

Kecepatan dan lamanya aliran lateks ini dipengaruhi oleh kondisi agroklimat saat pengukuran, dan dalam penelitian ini dilaksanakan di bulan Juli yang sudah masuk musim kering. Selama pengamatan

penyadapan, kadar karet tiap-tiap klon mengalami fluktuasi (Gambar 3). Fluktuasi kadar karet setiap kali penyadapan belum diketahui secara spesifik penyebabnya. Sementara, kadar karet kering bulanan tanaman karet telah diketahui karena dipengaruhi oleh kadar air tanah di perkebunan (Cahyo *et al.*, 2024). Sebelumnya

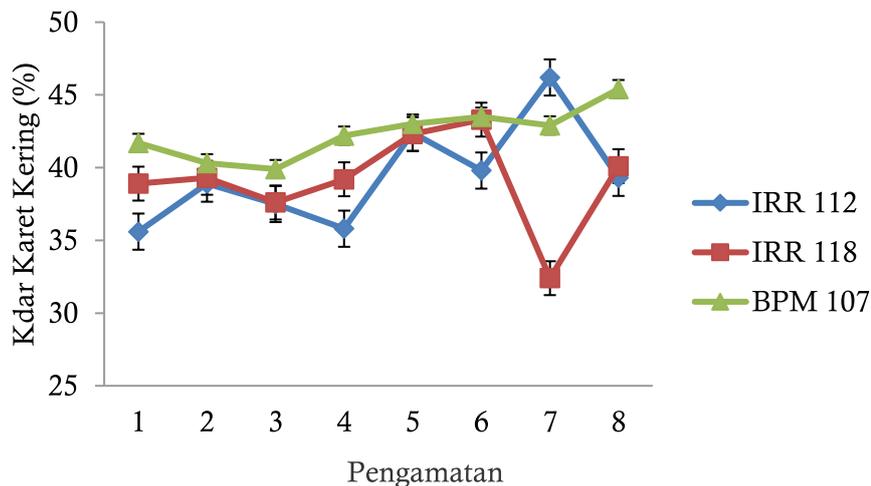
Tabel 3. Rata – rata kadar karet tiga klon karet selama aliran lateks menggunakan sistem sadap S2D3 tanpa stimulan

Interval Waktu (menit)	Kadar Karet Kering (%)		
	IRR 112	IRR 118	BPM 7
5	43,18 <sup>bc</sup> ± 1,5	47,92 <sup>c</sup> ± 1,6	48,10 <sup>c</sup> ± 1,2
10	38,87 <sup>b</sup> ± 1,8	44,27 <sup>bc</sup> ± 2,8	47,35 <sup>c</sup> ± 2,4
20	37,47 <sup>b</sup> ± 2,8	39,51 <sup>b</sup> ± 2,1	42,34 <sup>bc</sup> ± 1,0
30	37,37 <sup>b</sup> ± 5,1	37,50 <sup>b</sup> ± 3,6	41,65 <sup>bc</sup> ± 3,0
60	43,06 <sup>bc</sup> ± 4,1	35,46 <sup>ab</sup> ± 3,9	39,34 <sup>b</sup> ± 2,6
120	32,16 <sup>ab</sup> ± 1,0	28,21 <sup>a</sup> ± 2,5	37,55 <sup>b</sup> ± 2,3
Rata-Rata KKK	38,69 ± 2,73	39,07 ± 2,75	42,72 ± 2,08

Keterangan : angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, berbeda tidak nyata pada P= 0,05

Moreno *et al.*, (2005) telah melaporkan adanya variasi kadar karet tiap-tiap bulan terjadi pada semua klon karet yang dipengaruhi oleh suhu dan ketersediaan air tanah. Faktor eksternal tersebut juga mempengaruhi perubahan fisiologis yang berhubungan dengan metabolisme karet seperti *influx* sukrosa yang mempengaruhi metabolisme lateks dan *influx* air yang mempengaruhi lama aliran lateks. *Influx* sukrosa diatur oleh dua jenis protein transporter memberan latisifer yang mengatur influk sukrosa ke dalam sel-sel latisifer yaitu HbSUT1A dan HbSUT2A (Dusotoit-Coucaud *et al.*, 2009), sedangkan keseimbangan air diatur oleh aquaporin dan X-intrinsic Protein (Lopez *et al.*, 2016).

Kandungan karet di dalam lateks mempengaruhi nilai IP dengan pengaruh positif terhadap tingginya nilai IP atau dengan kata lain semakin tinggi kadar karet, maka aliran lateks semakin pendek (Gambar 4). Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Waidyanatha dan Pathiratne (1971) memperoleh hasil bahwa IP berkorelasi positif dengan kadar karet. Kenaikan kadar karet cenderung memperlambat aliran lateks dan lateks lebih cepat mengalami koagulasi, sehingga secara akumulasi hasil karet juga menurun. Tanaman karet yang diaplikasi dengan stimulan etilen cenderung IP-nya lebih rendah, tetapi diikuti dengan kadar karet yang lebih rendah (Emuedo *et al.*, 2017). Persamaan



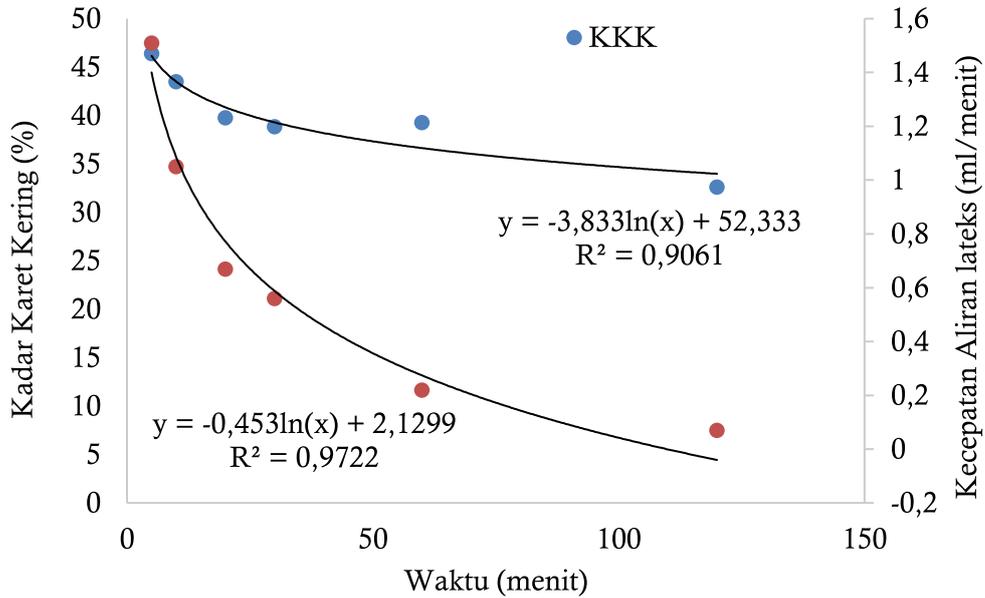
Gambar 3. Fluktuasi kadar karet kering selama sistem penyadapan S2D3 tanpa stimulan

yang menggambarkan hubungan kedua variabel kadar karet dengan IP adalah  $y = 7,5736\ln(x) - 21,901$  dengan koefisien determinasi 0,53. Koefisien determinasi ini relatif masih rendah karena jumlah data yang dianalisis masih kurang banyak dan perlu diobservasi korelasi kedua parameter ini diberbagai kondisi iklim.

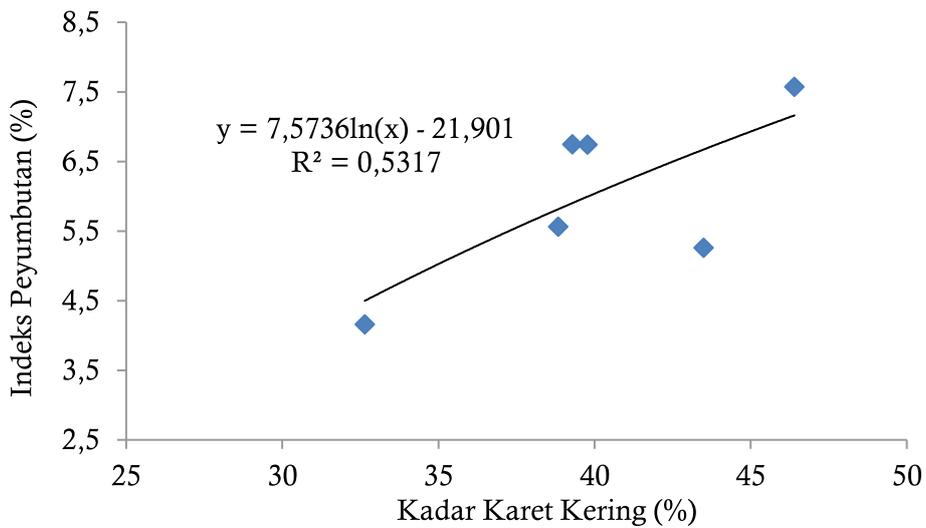
### Kelembaban Nisbi

Peubah cuaca penting untuk diamati terkait dengan aktivitas fisiologis tanaman. Salah satu yang diamati rutin adalah kelembaban nisbi, dan beberapa peubah yang mempengaruhi

kelembaban seperti intensitas hujan dan hari hujan. Kelembaban nisbi berkorelasi negatif terhadap IP yang berarti semakin meningkat kelembaban nisbi maka indeks penyumbatan semakin kecil. Di areal pengamatan indeks penyumbatan dua klon kurang dipengaruhi oleh kelembaban nisbi seperti IRR 112 dan BPM 107, sementara pada IRR 118 kelembaban nisbi berpengaruh kuat terhadap IP dengan determinasi  $R^2=0,64$ . Hal ini mengindikasikan bahwa sifat lateks IRR 118 kemungkinan memerlukan kondisi kelembaban tinggi agar lateks tidak mudah mengalami koagulasi dan lama aliran



Gambar 4. Perubahan kadar karet dan kecepatan aliran lateks tiga klon karet selama 120 menit

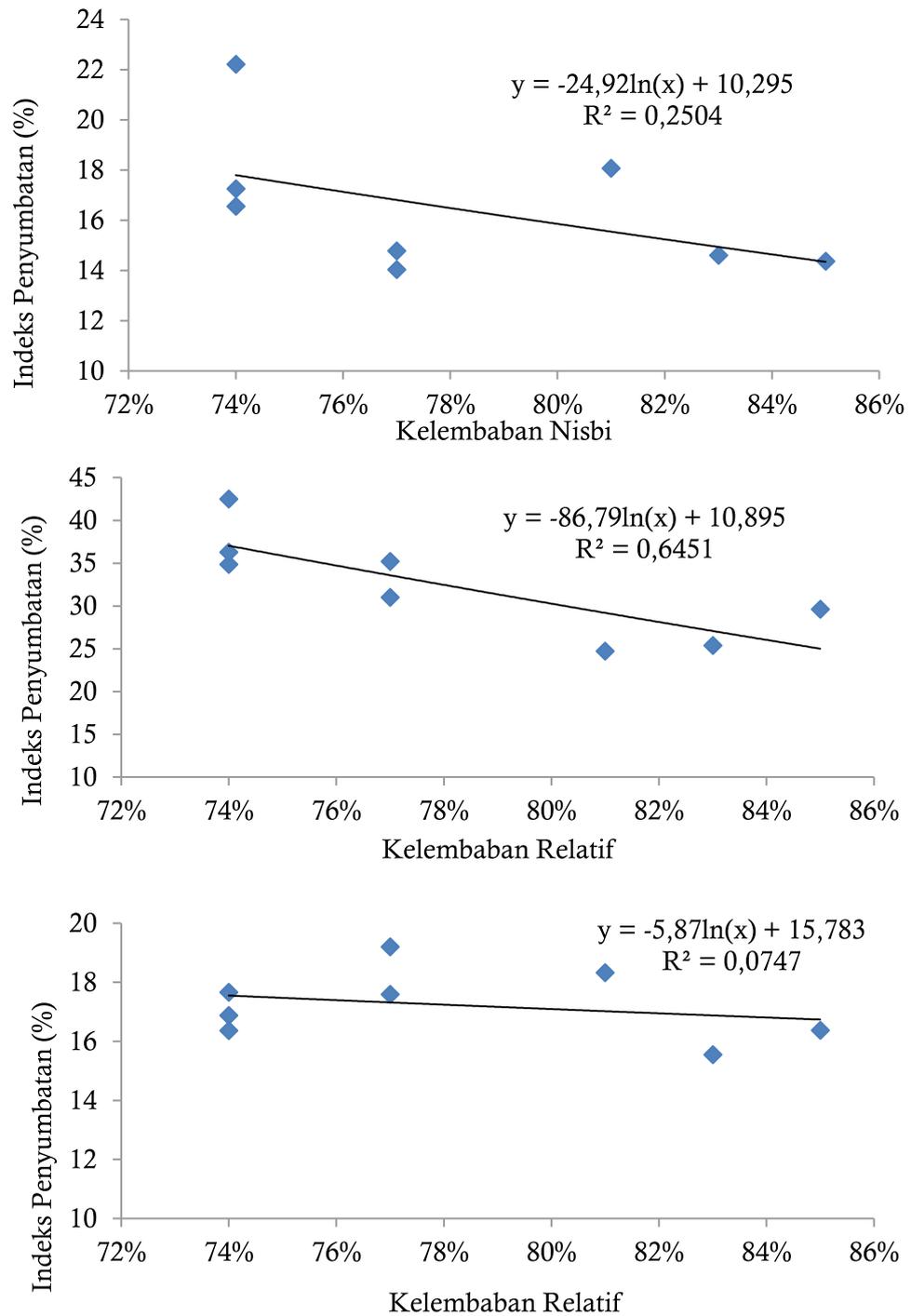


Gambar 5. Pola hubungan antara Index Penyumbatan lateks dengan KKK klon karet, yang menunjukkan peningkatan KKK menyebabkan aliran lateks lebih cepat berhenti.

lateksnya lebih panjang. Namun demikian, penelitian lebih panjang dan lokasi yang variatif diperlukan untuk membuktikan asumsi ini. Regresi peubah IP pada klon IRR 118 dengan kelembaban nisbi  $y = -86,79\ln(x)+10,895$  dengan koefisien 0,645

(Gambar 6 tengah). Tipologi klon seperti IRR 118 mungkin lebih sesuai di areal dengan kelembaban tinggi wilayah basah. Klon ini juga memiliki keunggulan berupa daya adaptasi di lahan gambut yang ketebalannya mencapai 1,5 m (Saputra *et al.*, 2022).

Hubungan faktor lingkungan dan aliran lateks terhadap produksi karet pada awal musim gugur daun alami



Gambar 6. Regresi antara kelembaban nisbi dengan IP pada klon IRR 112 (atas), IRR 118 (tengah), dan BPM 107 (bawah).

### Luasan Kanopi

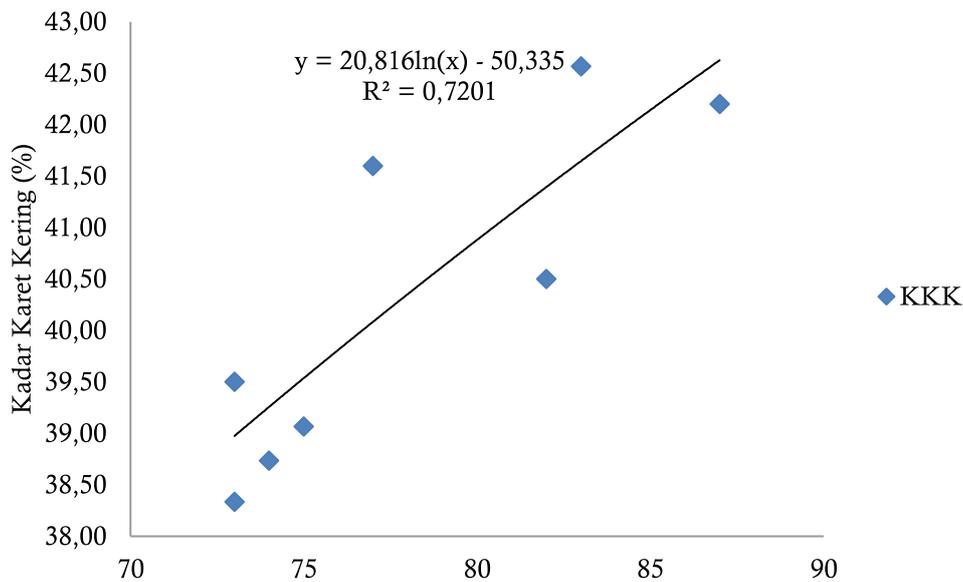
Luas kanopi dari ketiga klon selama observasi tidak terlalu variasi dengan rata-rata IRR 112 yaitu 70,9%, diikuti IRR 118 yaitu 64,2% dan terakhir BPM 107 seluas 61,9%. Secara visual meskipun kanopi cukup luas tetapi kondisi daunnya tidak terlalu rapat dibandingkan pada saat sebelum serang penyakit gugur daun *Pestalotiopsis*. Analisis regresi menunjukkan bahwa kanopi berpengaruh terhadap kadar padatan total dengan determinasi  $R^2=0,72$  (Gambar 7). Namun demikian, luas kanopi dan kadar karet dalam observasi relatif ini kurang berpengaruh terhadap produksi karet. Hal tersebut kemungkinan karena lama aliran lateks yang singkat akibat rendahnya curah hujan di bulan Juni dan Juli sehingga jumlah air yang diserap oleh tanaman karet menjelang memasuki kemarau juga menurun. Konsumsi air tanah tanaman karet bulan Juli lebih rendah dibandingkan bulan-bulan sebelumnya yang berdampak pada penurunan produksi karet (Ardika *et al.*, 2011).

Kanopi sebagai kesatuan jaringan daun tempat terjadi fotosintesis, respirasi dan transpirasi. Kecenderungan luasan kanopi berkorelasi positif terhadap kenaikan produksi karet. Kanopi tanaman karet di saat menjelang kemarau tidak rapat karena sebagian daun gugur karena berkurangnya kadar air tanah dan sebagian daun gugur disebabkan oleh serangan penyakit gugur daun. Penelitian sebelumnya telah mengkonfirmasi bahwa bulan Juli secara alami Indeks Luas Daun (ILD) tanaman karet mulai menurun nyata dan diiringi penurunan produksi karet (Ardika *et al.*, 2011). Saat kemarau kanopi yang cenderung menipis menyebabkan produksi bahan baku dari fotosintesis untuk karet menurun. Selain itu penurunan kadar air tanah sejak awal kemarau berpengaruh terhadap intensitas fotosintesis. Iida *et al.* (2015) melaporkan pada musim kemarau transpirasi tanaman mencapai titik terendah salah satunya dikarenakan penutupan stomata. Pada kondisi stomata menutup, *influx* CO<sub>2</sub> ke dalam jaringan daun menjadi rendah sehingga produksi sukrosa juga menurun. Pada musim

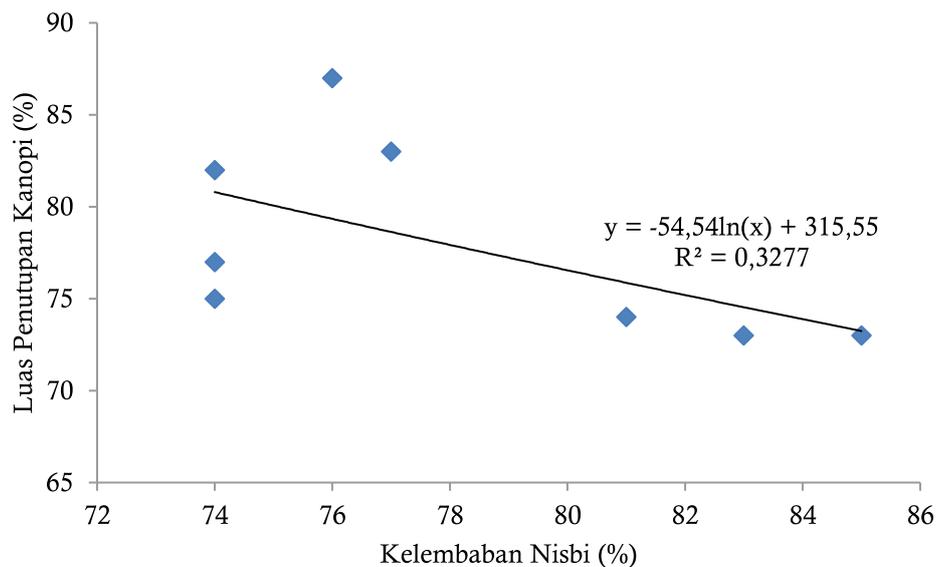
penghujan, kondisi kanopi yang baik berpengaruh terhadap tekanan turgor fluem (TTF) terutama pada tengah malam, sehingga hasil lateksnya paling tinggi (Feng *et al.*, 2014). Kumagai *et al.* (2013) melakukan stimulasi dengan mengatur kanopi dan menjaga kadar air tanah untuk mendapatkan produksi karet yang optimal dan diperoleh hasil produksi karet yang meningkat.

Rendahnya kontribusi luas kanopi terhadap produksi dapat dikaitkan dengan aktivitas fotosintesis pada saat menjelang gugur daun sudah menurun dan sebagian sukrosa diarahkan dalam bentuk amilum sebagai cadangan energi yang disimpan di dalam kulit untuk bahan baku pembentukan daun baru. Penurunan fotosintesis disebabkan penurunan pembentukan klorofil (Danniswari *et al.*, 2019). Lemahnya determinasi ini bisa juga disebabkan beberapa faktor seperti transpirasi. Pada kondisi cahaya penuh dan kelembaban rendah memicu tanaman untuk meningkatkan transpirasinya. Oleh karena itu peningkatan luas tajuk tidak selalu diikuti penambahan produksi lateks yang nyata. Bahkan Yang *et al.* (2019) melaporkan bahwa semakin rapat populasi dan tajuk tanaman karet justru produksi karet menurun, karena sebagian daun yang tidak mendapatkan sinar matahari menjadi jaringan *sink*.

Luas penutupan kanopi dan kelembaban nisbi mempunyai hubungan timbal balik. Selama 5 tahun terakhir perkebunan karet telah terinfestasi secara intensif oleh penyakit gugur daun *Pestalotiopsis* sehingga kanopi tidak seluas sebelum terserang penyakit ini. Peningkatan kelembaban nisbi menyebabkan penurunan luas kanopi (Gambar 8). Kecenderungan penurunan luas kanopi pada kelembaban tinggi diduga disebabkan oleh peningkatan intensitas serangan penyakit gugur daun sekunder. Penyakit ini menyerang daun yang sudah tua terutama daun di bagian bawah (Damiri *et al.*, 2022). Kelembaban merupakan faktor lingkungan penting yang mendukung perkembangan berbagai penyakit tanaman, mempengaruhi proses penting seperti evapotranspirasi, transpirasi, dan konduktansi stomata pada tanaman inang,



Gambar 7. Regresi antara KKK dengan kanopi klon-klon karet.



Gambar 8. Regresi kelembaban nisbi terhadap luas penutupan kanopi klon karet.

perkecambahannya, infeksi, dan kelangsungan hidup patogen tanaman (Dixit *et al.*, 2023). Secara umum, tingkat kelembaban yang tinggi cenderung mendorong perkembangan dan penyebaran penyakit tanaman, yang disebabkan oleh jamur dan bakteri, dan di sisi lain mengurangi efektivitas mekanisme resistensi inang dan tindakan pengendalian

(Lim *et al.*, 2023). Namun, dampak kelembaban terhadap penyakit tanaman dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti jenis klon dan stadium patogen, tanaman inang, dan interaksinya dengan variabel iklim lain seperti suhu dan curah hujan (Dixit *et al.*, 2023).

### Kesimpulan

Produksi karet pada saat memasuki musim kemarau cenderung menurun dikarenakan indeks penyumbatan yang meningkat. Pola hubungan kadar karet kering dengan indeks penyumbatan yaitu peningkatan kadar karet kering menyebabkan koagulasi lateks lebih cepat sehingga lamanya aliran lateks lebih pendek dan IP juga bertambah. Kelembaban nisbi kurang berpengaruh langsung terhadap produksi karet tetapi mempengaruhi beberapa faktor-faktor produksi seperti indeks penyumbatan, kadar karet kering, dan luas kanopi. Peningkatan luas kanopi tanaman karet akan memicu peningkatan kadar karet kering, tetapi lemah pengaruhnya terhadap lamanya aliran lateks. Kelembaban nisbi yang tinggi cenderung berkorelasi negatif terhadap luas kanopi karet yang erat hubungannya dengan peningkatan intensitas serangan penyakit gugur daun sekunder.

### Daftar Pustaka

- Aji M., Supijatno S., Santosa E. 2021. Produksi Klon IRR 112 Pada Sistem Sadap Yang Berbeda. *J. Penelitian Karet*, 39(1): 11 – 20 .  
<https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v39i1.766>.
- An F., Lin W., Cahill D. Rookes J., Kong L. 2014. Variation of Turgor Pressure in *Hevea brasiliensis*: Impementation for Latex Yield and Tapping System Optimazation. *Industrial and Crop Products*. 3 : 182 – 187 .  
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.016>.
- Andrianto M., Sinurat I., Junaidi, Rachmawan A., Tistama R. 2022. The effect of the Ethephon Concentration on Yield and Latex Physiology of Newly Open Tapping Rubber Tree in Secondary Leaf Fall Disease Affected Area. *J. Nat Rubb Res.*, 40 ( 2 ) : 63 – 67 .  
<http://dx.doi.org/10.22302/ppk.jpk.v40i2.819>.
- Ardika R. Cahyo A.N., Wijaya T., 2011. Wintering and Yield Dynamics on Various Rubber Clones and Their Relationship to Soil Water Content. *Indonesian Natural Rubber Journal*, 29(2): 102–109.
- Ardika R., Cahyo A.N., Wijaya T. 2017. Dinamika Gugur Daun dan Produksi Berbagai Klon Karet Kaitannya dengan Kandungan Air Tanah. *Jurnal Penelitian K a r e t* , 29 ( 2 ) : 102 .  
<http://dx.doi.org/10.22302/jpk.v29i2.242>
- Association of Natural Rubber Producing Countries. 2021. Rubber Market Inteligent Report. <https://www.anrpc.org>.
- Atminingsih, Naiptupulu, Siregar T.H.S. 2016. Influence of Stimulant Concentrations on Latex Physiology of Several Rubber Clones (*Hevea brasiliensis*, Muell Arg). *Indonesian J. Nat. Rubb Res.*, 34(1): 13 -24. <http://doi.org/https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v34i1.219>
- Cahyo A.N., Ardika R., Wijaya A. 2024. Relationship between Soil Water Content and Dry Rubber Content of Rubber Tree's Latex. *Warta Perkaretan*. 43(1): 17 -28. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(89\)80142-7](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(89)80142-7)
- Damiri N., Pratama Y., Febbiyanti T.R., Rahim S.E., Astuti D.T., Purwanti Y. 2022. Pestalotiopsis sp. infection causes leaf fall disease of new arrivals in several clones of rubber plants. *Biodeversitas*, 23(8): 3943 – 3949. DOI: 10.13057/biodiv/d230811.
- Darojat M.R., Sayurandi. 2018. The Status of IRR Series Rubber clones from Indonesia Breeding Activities ans Its Adoption in Indonesia Rubber Plantation. *Perspektif* 179 ( 2 ) : 101 – 116 . D O I : <http://dx.doi.org/10.21082/psp.v17n2.2018>.
- Daslin A., Pasaribu S.A., 2015. Adaptation Test of IRR Series Rubber Clones at Dry Climate Sungei Baleh Asahan District North Sumatra. *J. of Nat. Rubb. Res.* 33(1): 25 –34.
- Daslin, A. 2014. Perkembangan Penelitian klon Karet unggul Seri 100 sebagai Penghasil Lateks dan Kayu. *Warta Perkaretan* 33(1) : 1 -10 .  
<http://doi.org/1022302/ppk.wp.v33i.44>.

- de Bei, R., Fuentes, S., Gilliam, M., Tyerman, S., Edwards, E., Bianchini, N., Smith, J., Collins, C. 2016. VitiCanopy: A free computer App to estimate canopy vigor and porosity for grapevine. *Sensors* 16(4): E 5 8 5 .  
<https://doi.org/10.3390/s16040585>
- Dixit, S., Sivalingam, P. N., Baskaran, R. M., Senthil-Kumar, M., & Ghosh, P. K. 2024. Plant responses to concurrent abiotic and biotic stress: unravelling physiological and morphological mechanisms. *Plant Physiology Reports*, 29(1): 6-17.
- Dusotoit-Coucaud A, Brunel N, Kongsawadworakul P, Viboonjun U, Lacoite A, Julien JL, Chrestin H, Sakr S. 2009. Sucrose importation into laticifers of *Hevea brasiliensis*, in relation to ethylene stimulation of latex production. *Ann Bot*, 104 (4) : 635 - 47 .  
<http://doi.org/10.1093/aob/mcp150>.  
Epub 2009 Jun 30. PMID: 19567416; PMCID: PMC2729633.
- Emuedo O.A., Omokhafa K.O., Ohimhena F.U., Uzunuigbe E.O., Uwumarongie A.M.D., Chukwuka A.N., Ugiagbe-Ekue U., Omorogbe J.A., Ehiwe D. 2017. Basal Studies of Mortex as a latex stimulant of *Hevea brasiliensis*. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 4(12):472-476.
- Fibriana R., Ginting Y.L., Ferdiansyah E., Mubarak S. 2018. Analisis Besar atau Laju Evapotranspirasi pada Daerah Terbuka. *Agrotekma*, 2(2): 130 – 137.
- Ginting C., Astuti Y.T.M. 2017. Penggunaan Infus Nutrisi untuk Meningkatkan Produksi Karet. *Agroista Jurnal Agroteknologi*, 01(2): 163 – 170.
- Hee Kim K., & Mon Lee Byung. 2023. Effects of Climate Change and Drought Tolerance on Maize Growth. *Plants*, 12(3548): 20 p a g e s .  
<https://doi.org/10.3390/plants12203548>
- Iida S., Shimizu T., Tamai K., Kabeya N., Shimizu A., Ito E., Ohnoku Y., Chann S., keth N. 2015. Interrelationships among dry season leaf fall, leaf flush and transpiration: insights from sap flux measurements in a tropical dry deciduous forest. *Ecohydrology*, 9 ( 3 ) : 4 7 2 - 4 8 6 .  
<http://doi.org/10.1002/eco.1650>
- International Rubber Study Group. 2021. *R u b b e r I n d u s t r y R e p o r t*.  
<https://www.rubberstudy.org/reports>.
- Junaidi J., Clément-Vidal A., Nuringtyas T.R., Gohet G., Subandiyah S., Montoro P. 2023. A meta-analysis of latex physiology studies reveals limited adoption and difficulties to interpret some latex diagnosis parameters in *Hevea brasiliensis*. *Hayati*, 30(2): 358 – 371.  
<http://doi.org/10.4308/hjb.30.2.358-371>.
- Kumagai T., Mudd R.G., Miyasawa Y., Liu W., Giambelluca T.W., Kobayasi N., Lim T.K., Jumora M., Matsumoto K., Hunag M., Chen Q. Ziegler A., Yin S. 2013. Simulation of canopy CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O fluxes for a rubber (*Hevea brasiliensis*) plantation in central Cambodia: The effect of the regular spacing of planted trees. *Ecological Modelling*, 265: 124 – 135 .  
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.06.011>
- Lahlali, R., Taoussi M., Laasi S.E., Gachara G., Ezzaaggari R., Belabess Z., Aberkani K., Assougamen A., Meddich A., El-Jarroudi M., Barka E.A., 2024. Effects of climate change on plant pathogens and host-pathogen interactions. *Crop and Environment*, 3(3):159 – 170 .  
<https://doi.org/10.1016/j.crope.2024.05.003>
- Lasminingsih M. 2015. Rekomendasi Klon karet Periode 2010 – 2014. Leaflet. Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet

- Lim, J. A., Yaacob, J. S., Mohd Rasli, S. R. A., Eyahmalay, J. E., El Enshasy, H. A., & Zakaria, M. R. S. (2023). Mitigating the repercussions of climate change on diseases affecting important crop commodities in Southeast Asia, for food security and environmental sustainability—A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6: 1030540. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1030540>
- Ling Z., Shi Z., Gu S., Wang T. 2022. Impact of Climate Change and Rubber (*Hevea brasiliensis*) Plantation Expansion on Reference Evapotranspiration in Xishuangbanna, Southwest China. *Frontier in Plant Science*, 13:830519. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.830519>
- Long X, Li H, Yang J, Xin L, Fang Y, He B, Huang D, Tang C. 2019. Characterization of a vacuolar sucrose transporter, HbSUT5, from *Hevea brasiliensis*: involvement in latex production through regulation of intracellular sucrose transport in the bark and laticifers. *BMC Plant Biol.*;19(1):591. <http://doi.org/10.1186/s12870-019-2209-9>
- Long X., Fang Y., Qin Y., Yang J., Xiao X. 2021. Latex-specific transcriptome analysis reveals mechanisms for latex metabolism and natural rubber biosynthesis in laticifers of *Hevea brasiliensis*. *Industrial Crops and Pruducts* (171): <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113835>
- Lopez D., Mariuwa B.A., Brown D., Stephane-Vanisse J. 2016. The *Hevea brasiliensis* XIP aquaporin subfamily: genomic, structural and functional characterizations with relevance to intensive latex harvesting. *Plant Molecular Biology*, 91(4-5): 1 – 14. <http://doi.org/10.1007/s11103-016-0462-y>
- Milford, G. (1969). Latex vessel plugging, its importance to yield and clonal behaviour. *J. of the Rubb. Res. Institute of Malaya*, 21, 274-281.
- Moreno R.M.B., Ferreira M.,Goncalves P.S., Mattoso L.H.C. 2005. Tecnology Properties of Latex and Natural Rubber of *Hevea brasiliensis* Clones. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 62(2) : 122-126. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000200005>
- Saputra J., Ardika R., Stevanus C.T. 2022. Produksi Tanaman Karet Klon IRR 118 di Lahan Gambut. *Warta Perkaretan*, 41(2): 61 – 68. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v41i2.905>
- Sayurandi, Wirnas D., Woelan S. 2017. The Genotype x Season Interaction of Latex Physiology Characters and Yield Potential of Some Rubber Genotypes Crossing Result in 1992. *Warta Perkaretan* 36(2): 99 – 112.
- Singh B.K., Delgado-Baquerizo M., Egidi E., Guiradi E., Leach J.E., Liu H., Trivendi P. 2023. *Natures Review Microbiology*, 21: 640 – 656. <https://doi.org/10.1038/s41579-023-00900-7>.
- Sumarmadji, Siregar T.H.S., Junaidi U. 2005. Optimasi produktivitas klon karet melalui berbagai sistem eksploitasi. *Prosiding Lokakarya Nasional Pemuliaan Tanaman Karet*. hal: 123 – 140.
- Sumarmadji, Siswanto, Yahya S., 2004. Penggunaan Parameter Fisiologi Lateks untuk Penentuan Sistem Eksploitasi Tanaman Karet. *Jurnal Penelitian Karet*, 22(1): 41 – 52.
- Tang C, Huang D, Yang J, Liu S, Sakr S, Li H, Zhou Y, Qin Y. 2010. The sucrose transporter HbSUT3 plays an active role in sucrose loading to laticifer and rubber productivity in exploited trees of *Hevea brasiliensis* (Para rubber tree). *Plant, Cell and Environment*. 33(10) :1708–1720. <http://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02175>.
- Tistama R. 2013. Peran seluler etilen eksogenus terhadap peningkatan produksi lateks pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis* L.). *Warta Perkaretan*, 32(1): 25 – 37.

- Uthup T.K., Rajamani A., Ravindar M., Saha T. 2019. Distinguishing CPT gene family members and vetting the sequence structure of a putative rubber synthesizing variant in *Hevea brasiliensis*. *Gene*, 689: 183 – 193. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2018.12.001>
- Velasco N.F., Ramos V.F., Magnitsky S., Lopez HB. 2024. Ethylene and jasmonate as stimulants of latex yield in rubber trees (*Hevea brasiliensis*): Molecular and physiological mechanisms. A systematic approximation review. *Advanced Agrochem*, 3 ( 4 ) : 279 - 288 . <https://doi.org/10.1016/j.aac.2024.07.003>
- Waidyanatha UP, Pathiratne LSS. 1971. Studies on latex flow patterns and plugging indices of clones. *Journal of Rubber Research Institute of Sri Lanka*, 48 :47-55.
- Woelan S., Sayurandi, Irwansyah E. 2014. Keragaman Genetik Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis*) dari hasil persilangan interspesifik. *Jurnal Penelitian Karet*, 32(2): <https://doi.org/10.22302/jpk.v32i2.157>
- Yamashita S., and Takahashi. 2020. Molecular Mechanisms of Natural Rubber Biosynthesis. In *The Annual Review of Biochemistry is online at biochem.annualreviews.org*. 89: 821-851. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-013118-111107>.
- Yang X., Blagodatsky S., Maronh C., Liu H., Galbon R., Xu J., Cadisc G. 2019. Climbing the mountain fast but smart: Modeling rubber tree growth and latex yield under climate change. *Forest Ecology and Management*, 439: 55 - 69 . <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100285>



PUSAT PENELITIAN KARET