

Aktivitas Superoksida Dismutase dan Fisiologi Lateks Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) PB260 dan RRIM 921 Kering Alur Sadap Parsial dengan Pemberian Zat Pengatur Tumbuh

The Activities of Superoxide dismutase and Latex Physiology In Rubber Plants (Hevea brasiliensis Muell Arg.) PB 260 and RRIM 921 Suffering Partially Tapping Panel Dryness (TPD) Applied with Plant Growth Regulator

Ulfa Anggraini, Rosmayati, Revandy I.M. Damanik

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian USU, Medan, 20155.

*Corresponding author: Ulfa.anggraini31@gmail.com

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the effect of plant growth regulators on the activity of enzyme superoxide dismutase and the physiology of partially Tapping Panel Dryness (TPD) the clones quick starter (PB260) and a slow starter (RRIM 921) of rubber plant. This research was conducted at the Research Estate and Laboratory of Physiological Research Center, Rubber Research Centre, Sungei Putih, Galang, Deli Serdang - North Sumatra, from March until June 2016. The completely randomized design was used with three factors: the first factor was the clones of rubber plants (PB260 and RRIM 921), the second factor was the plant condition (Healthy and TPD or conditions), and the third factor was the formula. The Parameters observed were superoxide dismutase (SOD), Thiol, Sucrose, and Inorganic Phosphate. The result showed that the clone of rubber plants was significantly affected the thiol's, sucrose's and inorganic phosphate in rubber. condition plant and the formula significantly affected the sucrose's. Interaction between clone and formula significantly affected the sucrose's. The Interaction between clone, plant variety, and formula significantly affected the sucrose's and the enzyme superoxide dismutase (SOD).

Keywords : plant growth regulator, plant physiology, rubber, SOD

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian zat pengatur tumbuh terhadap aktivitas enzim Superoksida Dismutase dan Fisiologi Tanaman karet KAS Parsial klon *quick starter* (PB260) dan *slow starter* (RRIM 921). Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan, Laboratorium Fisiologis Balai Penelitian Sungai Putih, Pusat Penelitian Karet, Galang, Deli Serdang - Sumatera Utara, pada Maret sampai dengan Juni 2016, menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan tiga faktor yaitu faktor pertama klon tanaman karet (PB260 dan RRIM 921), faktor kedua kondisi tanaman (Sehat dan Kas atau sakit), dan faktor ketiga formula tanaman. Peubah amatan adalah Superoksida Dismutase (SOD), Thiol, Sukrosa, dan Fosfat Anorganik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa klon tanaman karet berbeda sangat nyata terhadap kadar thiol, sukrosa dan fosfat anorganik pada lateks. Kondisi tanaman dan formula berbeda sangat nyata terhadap sukrosa. Interaksi diantara ketiganya klon, kondisi tanaman dan formula berbeda sangat nyata terhadap sukrosa, serta enzim superoksida dismutase (SOD) berbeda nyata terhadap perlakuan interaksi klon, kondisi tanaman dan formula.

Kata kunci : fisiologi tanaman, karet, SOD, zat pengatur tumbuh.

PENDAHULUAN

Karet alam merupakan salah satu komoditi pertanian yang penting. Di

Indonesia karet merupakan salah satu hasil pertanian terkemuka karena banyak menunjang perekonomian Negara. Luas lahan yang dimiliki Indonesia mencapai 2,7 – 3 juta

hektar. Ini merupakan lahan karet yang terluas didunia (Zuhra, 2006).

Pertumbuhan tanaman karet berkaitan dengan ukuran lilit batang, tebal kulit dan produksi lateks yang paling sering diamati (Woelan *et al.*, 2005). Sayangnya, produksi lateks yang dicapai masih tergolong rendah, karena masih kurangnya penerapan teknologi budidaya karet, gangguan cuaca, iklim serta hama dan penyakit (Nurhayati *et al.*, 2004). Jumlah dan waktu curah hujan juga menjadi faktor yang menentukan produksi karena mempengaruhi hari sadap dan lamanya menyadap pada hari sadap (Siregar, 2012).

Banyaknya faktor yang menjadi daya hambat dalam pemuliaan tanaman baik dari segi kualitatif maupun kuantitatif menyebabkan produktivitas lateks menurun (Ardika *et al.*, 2011).

Selain dari pada itu, penyebab lain menurunnya produksi karet yaitu gangguan Kering Alur Sadap (KAS) (Andriyanto dan Tistama, 2014). Kering Alur Sadap (KAS) adalah gangguan fisiologis yang dapat mengakibatkan tanaman karet tidak mampu memproduksi lateks bila disadap tetapi pohon dan bidang sadap tampak sehat, yang seolah tanpa gangguan (Jacob *et al.*, 1989).

Beberapa fisiologis tanaman karet yang berkaitan dengan produksi lateks diantaranya adalah kadar thiol, indeks penyumbatan, kadar sukrosa, kadar fosfat anorganik, dan indeks produksi (Milford *et al.*, 1969; Novalina, 2009). Menurut Senevirathna *et al.*, (2007) tingginya angka persentase KAS terdapat pada klon metabolisme tinggi (*quick starter*) dibandingkan klon metabolisme rendah (*slow starter*). Seiring dengan peningkatan KAS maka akan diikuti dengan menurunnya produksi lateks.

Penyebab utamanya adalah over exploitation (eksploitasi berlebihan) yang memicu peningkatan senyawa radikal bebas yang menyebabkan koagulasi lateks didalam pembuluh lateks (Andriyanto dan Tistama, 2014). Gumpalan karet didalam latisifer akan menyumbat aliran lateks lainnya atau memicu terbentuknya jaringan tilasoid. Kondisi inilah yang disebut KAS Parsial. Pada kondisi tidak stres (tidak terganggu), senyawa radikal bebas

atau *Reaktif Oksigen Species*, terdapat keseimbangan antara proses pembentukan dan pemusnahan ROS. Sementara pada keadaan stres (terdapat gangguan), pembentukan ROS lebih tinggi dibandingkan dengan pemusnahannya (Mitchel dan Contran, 2008).

Tingkat tinggi ROS akan menyebabkan kematian sel (Rejeb *et al.*, 2014). Akibatnya sistem pertahanan tubuh tanaman terpacu untuk bekerja keras memusnahkan radikal bebas (ROS) tersebut. Antioksidan enzimatis dan non-enzimatis merupakan sistem pertahanan yang dapat bekerja menekan ROS yang berlebihan (Mitchel dan Contran, 2008).

Superoksida dismutase (SOD) merupakan salah satu enzim antioksidan penting yang berasal dari tubuh tanaman karet itu sendiri, berefek sangat kuat dan merupakan pertahanan tubuh garis pertama dalam mengatasi stres oksidatif (Rajkumar *et al.*, 2008).

Upaya pencegahan KAS telah banyak dilakukan guna untuk mempertahankan produksi, salah satunya dilakukan dengan pemberian nutrisi sesuai anjuran yang tepat. Berdasarkan penelitian sebelumnya penggunaan zat pengatur tumbuh NAA dan Asam askorbat memberikan kontribusi dalam pencegahan KAS Total pada tanaman karet. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk mengkaji pengaruh pemberian kombinasi zat pengatur tumbuh (NAA dan asam askorbat) pada tanaman karet klon *quick starter* dan klon *slow starter* terhadap aktivitas enzim superoksida dismutase (SOD) dan fisiologis tanaman guna pemulihan KAS sebagian (parsial) yang terdapat pada tanaman karet tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian kombinasi zat pengatur tumbuh terhadap aktivitas superoksida dismutase dan fisiologi lateks pada tanaman karet *quick starter* dan *slow starter* Kering Alur Sadap (KAS) sebagian (parsial).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan, Laboratorium Fisiologi, Pusat

Penelitian Karet Sungei Putih, Kecamatan Galang, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara dengan ketinggian ± 54 m dpl. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2016 sampai bulan Juni 2016.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah klon tanaman karet PB 260 (*quick starter*) dan RRIM 921 (*slow starter*) tahun tanam 2006 - 2007 pada Kebun Percobaan Pusat Penelitian Karet sungai Putih, cat minyak, tiner, bahan kimia untuk analisis fisiologi dan analisis *superoksida dismutase* (SOD), bahan kimia untuk pembuatan zat pengatur tumbuh (NAA + Ascorbit Acid), aquadest, aluminium foil, dan bahan lainnya yang mendukung penelitian.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spidol, meteran, kuas, tali plastik, pisau sadap, tube dan tips, sentrifius, tabung reaksi, gelasukur, spektrofotometer, mikropipet, kamera, pinset, gunting, timbangan, spatula, glassware, dan alat lainnya yang mendukung penelitian.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga faktor perlakuan yaitu :

Faktor I: Klon Tanaman

K₁: PB 260 (*quick starter*)

K₂: RRIM 921 (*slow starter*)

Faktor II: Kondisi Tanaman Karet

J₁: Sehat

J₂: KAS parsial

Faktor III: Formula Pada Tanaman

Z₀: Tanpa Formula

Z₁: Formula (NAA + Asorbit Acid)

Sehingga diperoleh kombinasi perlakuan sebagai berikut :

K₁J₀Z₀ K₁J₁Z₀ K₂J₀Z₀ K₂J₁Z₀

K₁J₀Z₁ K₁J₁Z₁ K₂J₀Z₁ K₂J₁Z₁

Jumlah ulangan : 3

Jumlah tanaman per perlakuan : 1

Jumlah kombinasi perlakuan : 8

Jumlah seluruh tanaman : 24

Data hasil penelitian dianalisis dengan sidik ragam model sebagai berikut :

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk}$$

$$i = 1, 2 \quad j = 1, 2 \quad k = 1, 2$$

Dimana :

Y_{ijkl} = nilai pengamatan sampel ke-l yang memperoleh kombinasi perlakuan ke-i (perlakuan faktor K), ke-j (perlakuan faktor J) dan ke-k (perlakuan faktor Z)

μ = rata-rata umum

α_i = pengaruh aditif taraf ke-i dari faktor K

β_j = pengaruh aditif taraf ke-j dari faktor J

γ_k = pengaruh aditif taraf ke-k dari faktor Z

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi taraf ke-i faktor K dan taraf ke-j faktor J

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = pengaruh interaksi taraf ke-i faktor K dan taraf ke-k faktor Z

$(\beta\gamma)_{jk}$ = pengaruh interaksi taraf ke-j faktor J dan taraf ke-k faktor Z

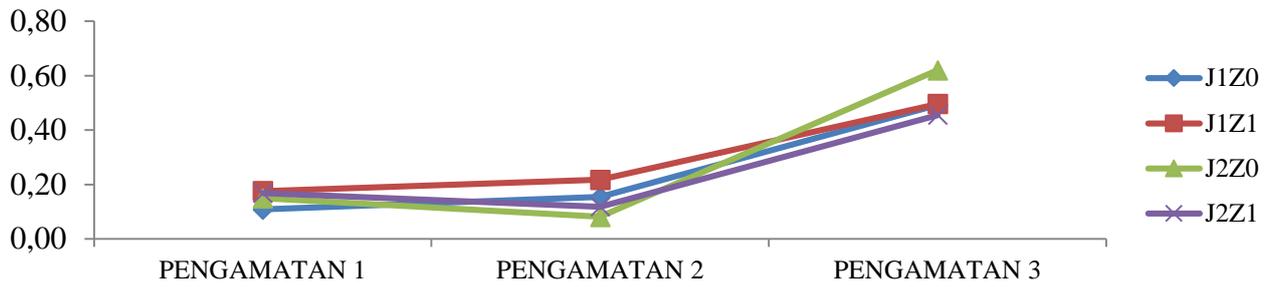
$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = pengaruh interaksi taraf ke-i faktor K; taraf ke-j faktor J dan taraf ke-k; Faktor Z

Jika perlakuan (Klon yang diuji, kondisi tanaman dan Formula) berbeda nyata dalam sidik ragam maka dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada $\alpha = 5\%$ (Steel and Torrie, 1991).

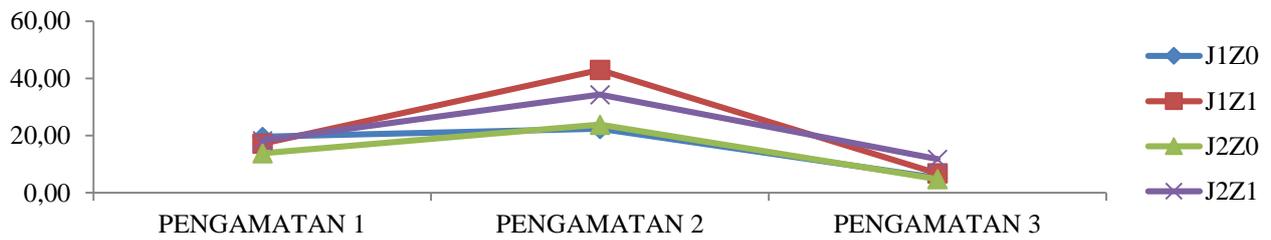
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji sidik ragam pada diketahui bahwa lateks klon tanaman karet mempunyai kandungan Thiol, Pi dan Sukrosa yang berbeda sangat nyata, tetapi tidak berbeda nyata terhadap Aktivitas Enzim Superoksida Dismutase (SOD). Kondisi tanaman, formula (NAA dan Askorbit Acid), interaksi antara klon dengan kondisi tanaman berbeda sangat nyata terhadap kandungan sukrosa hanya pada pengamatan ke-1. Interaksi antara klon dengan formula berbeda sangat nyata terhadap kandungan Pi pada pengamatan ke-2, kandungan sukrosa pada pengamatan ke-1 dan pada pengamatan ke-2. Interaksi antara kondisi tanaman dengan pemberian formula berbeda sangat nyata terhadap kandungan sukrosa pada pengamatan ke-2. Interaksi antara klon, kondisi tanaman, dengan pemberian formula berbeda sangat nyata terhadap kandungan sukrosa pada pengamatan ke-1 setelah aplikasi dan terhadap aktivitas enzim superoksida dismutase (SOD) pada pengamatan ke-3.

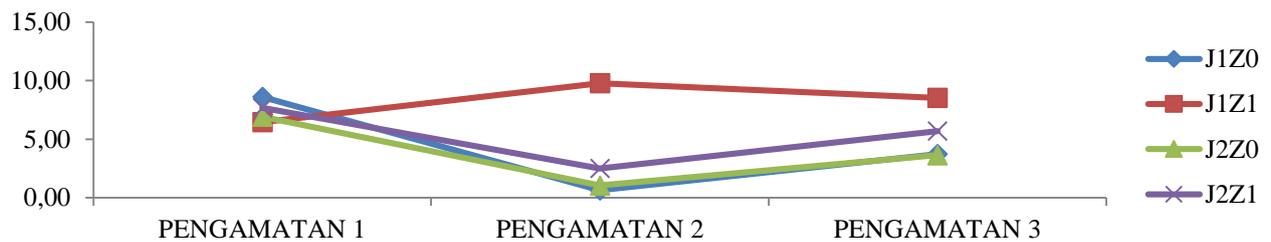
A) KandunganThiol



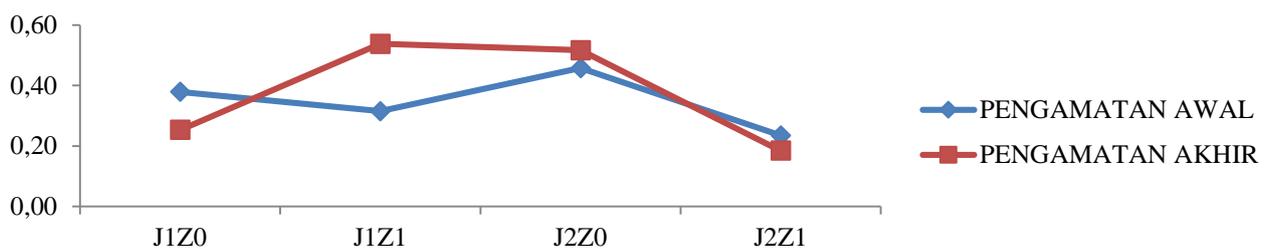
B) Kandungan Fosfat anorganik(Pi)



c) Kandungan Sukrosa

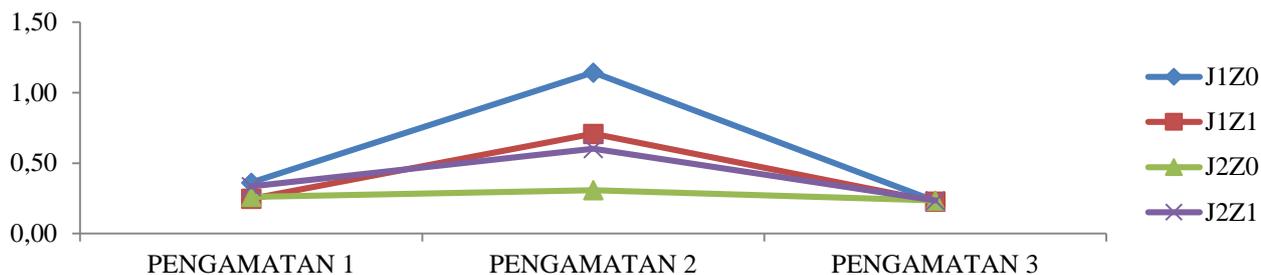


d) Aktivitas superoksida dismutase (SOD)

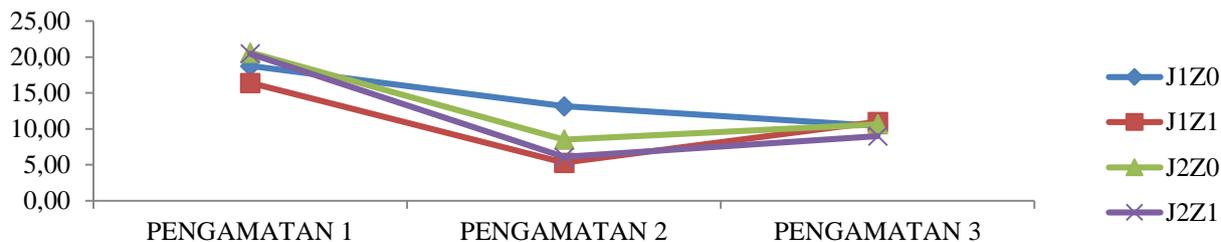


Grafik. Rataan pengamatan pada Klon PB260 dengan peubah amatan Thiol, Fosfat Anorganik (Pi), Sukrosa dan Superoksida Dismutase (SOD) pada pengamatan ke-1, ke-2 dan ke-3 terhadap pemberian formula pada kondisi tanaman sehat dan KAS.

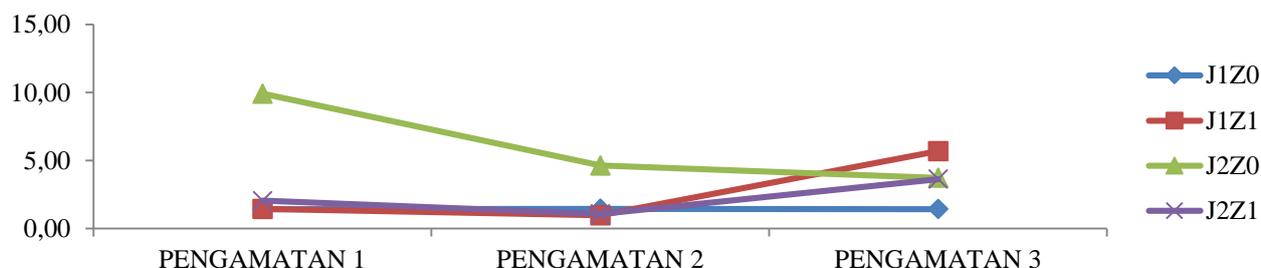
A) kandungan Thiol



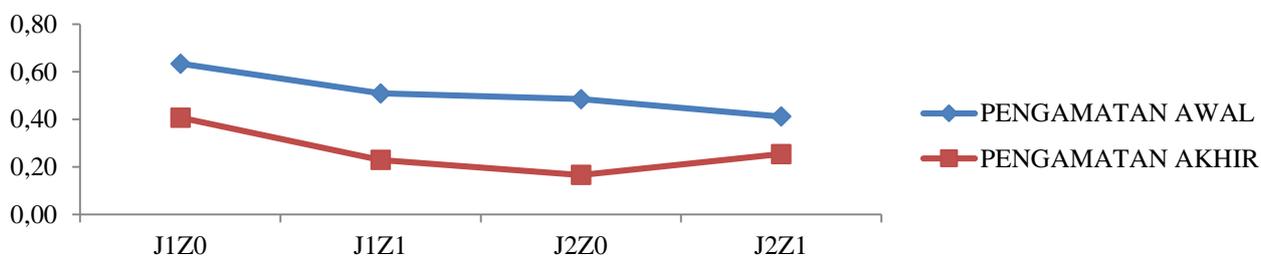
B) kandungan Fosfat anorganik (Pi)



C) kandungan Sukrosa



D) Aktivitas superoksida dismutase (SOD)



Grafik. Rataan pengamatan pada Klon RRIM 921 dengan peubah amatan Thiol, Fosfat Anorganik (Pi), Sukrosa dan Superoksida Dismutase (SOD) pada pengamatan ke-1, ke-2 dan ke-3 terhadap emberian formula pada kondisi tanaman sehat dan KAS.

Berdasarkan hasil pengamatan ke-1 dan ke-2 terhadap peubah amatan thiol, diketahui bahwa klon berpengaruh nyata terhadap klon metabolisme tinggi (K1=PB260) berbeda sangat nyata dengan metabolisme rendah (K2=RRIM 921) pada tanaman karet, hal ini diduga adanya aktivitas metabolisme yang berlebihan kandungan thiol pada klon PB260 (*Quick Starter*). Oleh sebab itu dapat dikatakan pada klon PB260 lebih rentan terserang KAS. Hal ini sesuai dengan

literatur Tistama *et al* (2006) yang menyatakan bahwa adanya, thiol dan ATP pada tanaman yang sehat lebih tinggi daripada tanaman yang terserang KAS.

Berdasarkan hasil pengamatan pada peubah amatan fosfat anorganik (Pi) pada pengamatan ke-1 tidak berbeda nyata terhadap klon, kondisi tanaman, dan formula, sedangkan pada pengamatan ke-2 dan ke-3 setelah aplikasi berbeda sangat nyata terhadap klon dan interaksi antara klon dan formula.

Peubah kandungan Pi, sangat dipengaruhi kondisi fisiologis dan metabolisme selama pembentukan daun-daun baru. Pada masa pembentukan daun, Pi sebagian ditranslokasikan ke jaringan meristem pucuk yang mempengaruhi kandungan Pi didalam lateks. Hal ini sesuai dengan literatur D'Auzac, 1989; Sumarmadji dan Tistama (2004) yang menyatakan bahwa kadar Pi (phospat anorganik) menggambarkan ketersediaan energi pada sel-sel pembuluh lateks untuk mengubah sukrosa menjadi partikel karet. Kisaran optimal kadar Pi adalah 10-20 mM, sehingga apabila tanaman mempunyai kadar Pi <10 mM metabolisme menjadi kurang, tetapi jika kandungan Pi > 20 mM berarti tanaman mengalami over metabolisme atau serangan penyakit.

Seperti halnya kandungan Thiol, kandungan sukrosa juga bervariasi pada tiap-tiap pengamatan kadar sukrosa pada pengamatan ke-1 berbeda sangat nyata terhadap klon, kondisi tanaman, dan formula begitu pula dengan interaksinya, tetapi pada pengamatan ke-2 terlihat hanya berbeda sangat nyata pada interaksi antara klon dengan kondisi tanaman, klon dengan formula dan kondisi tanaman dengan formula, pada pengamatan ke-3 kandungan sukrosa tidak berbeda nyata pada semua perlakuan. Kandungan sukrosa selama percobaan pada klon metabolisme rendah (RRIM 921) lebih rendah nilai sukrosanya daripada metabolisme tinggi (PB260). Selain itu kandungan sukrosa tanaman yang sehat lebih rendah dibandingkan dengan tanaman yang terserang KAS. Klon metabolisme tinggi lebih rentan terkena KAS, karena nilai kadar sukrosanya lebih tinggi, sedangkan metabolisme rendah kadar sukrosanya lebih rendah sehingga dalam pemulihan KAS memiliki respon yang lebih aktif. Akan tetapi hal ini bukan menjadi faktor utama dalam penentuan KAS, sebab sukrosa bisa saja tidak digunakan untuk diubah menjadi produk lateks oleh fosfat anorganik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Krisnakumar *et al* (2001) bahwa KAS lebih dikarenakan oleh adanya gangguan reaksi pada biosintesis lateks dan pada proses setelah terbentuknya partikel karet.

Formula berpengaruh nyata terhadap sukrosa dan Pi setelah pengamatan ke-2 setelah aplikasi, sedangkan tidak berpengaruh nyata terhadap thiol. Sukrosa lebih dipengaruhi oleh perlebar stadia pembuluh daun. Martin dan Zieri (2003) menyatakan bahwa jumlah jaringan sklerenkim daun yang berbeda pada tiap klon, merupakan indikasi dari ketahanan klon terhadap kekeringan. Dengan kata lain, faktor anatomi daun juga turut menentukan perbedaan jumlah daun rontok. Hal ini juga diperkuat hasil penelitian Wibowo (2016) yang menyatakan bahwa metabolisme, pemberian NAA, dan nutrisi tidak berbeda nyata terhadap thiol. dikarenakan metabolismenya belum berjalan dengan normal sehingga lintasan biosintesis untuk thiol yang berfungsi sebagai antioksidan belum terpengaruh oleh faktor perlakuan.

Aktivitas enzim superoksida dismutase berbeda sangat nyata terhadap klon pada pengamatan awal sedangkan pada pengamatan akhir aktivitas enzim superoksida dismutase (SOD) berbeda sangat nyata terhadap interaksi klon, kondisi tanaman dan formula. Aktivitas enzim SOD lebih tinggi pada klon *quick starter* dibandingkan klon *slow starter* tanaman karet. Hal tersebut diduga sebagai upaya tanaman mengatasi kondisi cekaman stres oksidatif. Sumarmadji *et al* (2004) menyatakan bahwa thiol berfungsi mengaktifkan enzim-enzim yang berperan dalam kondisi cekaman lingkungan. Sharma dan Dubey (2005) juga menyatakan peningkatan kegiatan SOD dihubungkan dengan menurunnya kadar H₂O₂ dengan meningkatkan aktivitas antoksi dan serta beberapa senyawa non enzimatik. Dengan melihat kadar H₂O₂ dan senyawa antioksidan SOD diharapkan dapat mengetahui sejauh mana tanaman beradaptasi mengatasi cekaman.

Hasil pengamatan yang dilakukan diketahui bahwa aktivitas enzim superoksida dismutase tertinggi pada klon PB260 (4,47 unit/mg protein) pada tanaman sehat dengan pemberian formula daripada klon RRIM 921 (3,17 unit/mg protein) pada tanaman sehat tanpa pemberian formula. Hal ini menunjukkan pada tanaman sehat aktifitas

superoksida dismutase lebih respon dalam menekan cekaman oksidatif dibandingkan pada tanaman KAS. Hal ini sesuai dengan pendapat Nurhayati *et al* (2011) yang menyatakan bahwa superoksida merupakan suatu radikal bebas yang molekulnya memiliki elektron berpasangan. Molekul sangat reaktif sehingga dapat melukai molekul didalam sel-sel tubuh tanaman. Enzim SOD mengkatalis perubahan superoksida menjadi hidrogen peroksida dan oksigen, SOD dalam struktur proteinnya berubah dari struktur primer kesekunder.

Klon PB 260 (*quick starter*) dan RRIM 921(*slow starter*) berpengaruh nyata terhadap peubah amatan thiol, fosfat anorganik (Pi), dan sukrosa serta aktivitas superoksida dismutase (SOD) sedangkan interaksi klon dan pemberian formula berpengaruh nyata pada peubah amatan fosfat anorganik (Pi) dan sukrosa serta interaksi ketiganya berpengaruh nyata hanya pada peubah amatan fisiologi yaitu sukrosa pada pengamatan ke-1 dan aktivitas superoksida dismutase pada pengamatan akhir. Pemberian formula berpengaruh terhadap pemulihan KAS setelah aplikasi terutama pada kandungan sukrosa. Hal ini diduga karena ditunjukkan dengan adanya faktor lingkungan yang terjadi yaitu masa gugur daun yang menyebabkan aktivitas metabolisme tanaman mempengaruhi fisiologi dan aktiivtas enzim SOD tanaman itu sendiri, sehingga dalam pengupayaan KAS dibutuhkan waktu yang lebih intensif untuk meningkatkan metabolisme pada klon *quick starter* dan *slow starter* dalam pengupayaan pencegahan KAS tersebut. Diperkuat dengan hasil pengamatan Siregar (2014) menyatakan bahwa klon PB 260 mengalami jumlah daun gugur yang lebih tinggi hingga April, tetapi pada bulan Mei hingga Agustus, RRIC 100 mengalami gugur daun yang lebih tinggi, terdapat dua kemungkinan yang menyebabkan perbedaan ini, pada PB260 umumnya lebih tebal dan lebat berkonsentrasi kepada jumlah yang gugur lebih banyak dan memiliki respon yang cepat terhadap perubahan curah hujan.

SIMPULAN

Aktivitas enzim superoksida dismutase dipengaruhi oleh interaksi klon, kondisi tanaman, dan formula, pada masa gugur daun pengamatan akhir dengan perlakuan pemberian formula pada tanaman sehat. Fisiologi lateks tanaman karet berpengaruh nyata terhadap Thiol, Sukrosa dan Pi dipengaruhi oleh Klon tanaman karet, Kondisi tanaman dan pemberian Formula. Tanaman karet klon *quick starter* (PB260) dan *slow starter* (RRIM 921) memiliki perbedaan pada semua peubah amatan fisiologi (thiol, sukrosa dan fosfat anorganik) dan dipengaruhi oleh peubah tersebut serta lingkungan (masa gugur daun).

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, M. dan R. Tistama. 2014. Perkembangan dan Upaya Pengendalian Kering Alur Sadap (KAS) pada Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis*. Warta Perkaretan, 33(2); 2014.
- Ardika, R., A. N. Cahyo dan T. Wijaya. 2011. Dinamika Gugur Daun dan Produksi Berbagai Klon Karet Kaitannya Dengan Kandungan Air Tanah. Balai Penelitian Sembawa. Palembang.
- D'Auzac. J and J. L. Jacob. 1989. The composition of lateks *Hevea brasiliensis* as a laticiferous cytoplasm in J. D'Auzac, J. L. Jacob and H. Chrestin (eds). Physiology of Rubber Tree Latekx. Boca Raton, CRC Press.
- Jacob, J. L. , J. C. Prevot and R. G. O. Kekwick 1989. Bark Dryness: Histological, Cytological and Biochemical Aspects. IRCA – CIRAD – France. Proc. of the IRRDB Workshop on Tree Dryness. Ed. Foo, K. Y. and P. G. Chuah. Penang: 20-32.
- Krishnakumar, R., Mathew. R., Sreelatha S, Jacob J. 2005. Ethylene and Oxidative stress in *Hevea brasiliensis*. India : kottayam.

- Martin, M.B.G. and Zieri, R. 2003. Leaf anatomy of rubber-tree clones. *Scie. Agricul. (Piracicaba, Brazilia.)* 60 (4), 11.
- Milford. G. F. J, E. C. Paardekooper, C. V. Ho. 1969. Latekx Vessel plugging; its importance to yield and clonal behavior. *J. Rubb. Res of Malaysia*, 21(2),274-282.
- Mitchell R. N. Dan Contran R.S. 2008. Cell Injury, Cell Death, and Adaptations. In: Kumar, Abas, Fausto, Mitchell, editors. *Basic Pathology*. Ed.8th. Philadelphia: Elsevier Saunders. P. 1-30.
- Novalina. 2009. Deteksi marka genetik yang terpaut dengan komponen produksi lateks pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) melalui pemetaan QTL. (Disertasi). Program Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Nurhayati, A. Situmorang, Z. R. Djafar dan Suparman. 2004. Faktor Lingkungan Dan Model Peramalan Penyakit Gugur Daun Karet *Corynespora*. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Nurhayati, S., T. Kisananto dan M. Syaifuddin. 2011. Superoksida Dismutase (SOD). *Iptek Ilmiah Populer*. Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi-Batan. Jakarta.
- Rajkumar S., Praveen M.R., Gajjar D., Vasawada A.R., Alapure B., Patel D., dan Kapur S. 2008. Activitas of superoxide dismutase isoenzymes in epithel cells derived from different types of age-related cataract. *J Cataract Refrat Surg*, 34: 470-474
- Rejeb, I.B., Pastur V., and Mauch-Mani B. 2014. Plant Response to Simultaneous Biotic and Abiotic Stress Molecular Mechanisms. University Of Nechatel. Switzerland.
- Senevirathna, A. M. W. K., S. Wilbert, S. A. P. S.Perera, and A. K. H. S. Wijesinghe. 2007. Can tapping panel dryness of rubber (*Hevea brasiliensis*) be minimised at field level with better management. *Jurnal of rubber Research Institute of Sri Langka*.
- Sharma, P. and R. S. Dubey. 2005. Drought Induces Oxidative Stress and Enhances The Activities of Antioxidant Enzyme in Growing Rice Seedings. *Plant Growth Regul* 46.209-221.
- Siregar, T. H. S. 2012. Pemanfaatan Data Iklim untuk meningkatkan Produksi Perkebunan : Kasus Perkebunan Karet. Makalah *pada Penyuluhan Pengamat Cuaca/ iklim BMKG Stasiun Klimatologi Kelas I Sampali*. Medan.
- Siregar, T. H. S. 2014. Pola Musiman Produksi dan Gugur Daun Pada Klon PB260 dan RRIC 100. *Jurnal Penelitian Karet*. 32(2): 88-97.
- Steel, R. G. D and J. H. Torrie. 1991. Prinsip dan Prosedur Statistika. Suatu pendekatan biometrik. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Sumarmadji dan R. Tistama. 2004. Deskripsi Klon Karet Berdasarkan Karakter Fisiologi Lateks Untuk Menetapkan Sistem Eksploitasi Yang sesuai. *Jurnal Penelitian Karet*, 22 (1) : 27 – 40
- Sumarmadji, Siswanto dan S. Yahya. 2004. Penggunaan parameter fisiologi lateks untuk penentuan sistem eksploitasi tanaman karet. *J. Penelitian Karet*. 22 (1) : 41-52.
- Tistama, R., Sumarmadji, dan Siswanto. 2006. Kejadian Kering Alur Sadap (KAS) dan Teknik Pemulihannya Pada Tanaman Karet. *Prosiding Lokakarya Nasional Budidaya Tanaman Karet*, 274 – 285.
- Wibowo, A. 2016. Pengaruh Pemberian NAA (*Naphtalene-3-acetic Acid*) dan Nutrisi Terhadap Pemulihan Kering Alur Sadap (KAS) pada Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) Quick

straret dan Slow starter. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Woelan, S., Aidi-Daslin., I. Suhendry, dan M. Lsminingsih. 2005. Evaluasi Keragaan Klon karet IRR seri 100 dan 200 . Pros. Lak. Nas. Pemuliaan Tanaman Karet 2005, 38-61.

Zuhra, C.F. 2006. Karet. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. USU. Medan.