

TINJAUAN BIBLIOMETRIK PENELITIAN MENGENAI KERING ALUR SADAP PADA TANAMAN KARET

Bibliometric Review of Research on Tapping Panel Dryness in Rubber Plant

Junaidi

Unit Penelitian Karet Sungei Putih, Pusat Penelitian Karet
Galang, Deli Serdang, Po. Box 1415 Medan 20001
E-mail: junaidi.puslitkaret@gmail.com

Diterima 26 Juli 2021 / Direvisi 29 Agustus 2021 / Disetujui 3 Oktober 2021

Abstrak

Kering Alur Sadap (KAS) menyebabkan penurunan hasil lateks yang signifikan. Penelitian mengenai KAS terus dilakukan di banyak lembaga penelitian maupun di perguruan tinggi. Artikel ini menyajikan hasil analisis bibliometrik terhadap penelitian-penelitian mengenai KAS yang diterbitkan di jurnal-jurnal terindeks Scopus. Total 251 artikel tentang KAS diterbitkan sejak tahun 1991 sampai 2022 (bulan Juli). Kata kunci spesifik yang paling banyak digunakan adalah *gene expression*, *transcriptome*, *ethylene*, dan *ethephon*. *Multiple Component Analysis* (MCA) menunjukkan tema yang sedang berkembang saat ini meliputi *genes*, *genomics*, dan *Euphorbiaceae* (studi pada spesies penghasil karet alam selain *H. brasiliensis*). Relung penelitian yang masih dapat dieksplor meliputi *proteomics*, *protein analysis*, dan *mass spectrometry*. Namun demikian, penelitian mengenai penanganan KAS masih terbatas dan sangat potensial untuk diteliti. Analisis molekuler merupakan strategi utama untuk mempelajari KAS saat ini sehingga perlu dipertimbangkan bagi lembaga penelitian dalam pengembangan laboratorium dan sumber daya manusia yang relevan. Tantangan bagi peneliti adalah membangun jaringan dan kolaborasi dengan berbagai institusi penelitian dan perguruan tinggi dengan beragam latar belakang keahlian.

Kata kunci: *Hevea brasiliensis*, publikasi ilmiah, perkembangan topik, relung penelitian

Abstract

Tapping Panel Dryness (TPD) leads to a significant decrease in latex yield. Research on TPD has been being conducted in many research institutions and universities. This article presents the results of a bibliometric analysis of studies on TPD published in Scopus indexed journals. A total of 251 articles related to TPD research were published from 1991 to 2022 (July). The most widely used specific keywords are gene expression, transcriptome, ethylene, and ethephon. Multiple Component Analysis (MCA) shows currently emerging themes includes genes, genomics, and Euphorbiaceae (study on other natural rubber-producing species). Research niches that can still be explored were proteomics, protein analysis, and mass spectrometry. Nonetheless, research on TPD cure is still limited and has the potential to be investigated. Molecular analysis is the main approach for studying TPD recently; thus, it have to be considered for research institutions in the development of relevant laboratories and human resources. The challenge for researchers is to establish networks and collaborations with various research institutions and universities with divers expertise backgrounds.

Keywords: Hevea brasiliensis, scientific publication, topical evolution, research niche

Pendahuluan

Kering Alur Sadap (KAS) adalah gangguan fisiologis pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) dimana tanaman tidak mengeluarkan lateks ketika disadap.

Diperkirakan 12 – 50 % dari seluruh populasi tanaman karet di dunia mengalami KAS baik pada stadium ringan maupun berat (Chen *et al.*, 2003). Penurunan hasil lateks akibat KAS dilaporkan dapat mencapai 40 % dari produksi normal (Gébelin *et al.*, 2013). KAS disebabkan oleh akumulasi berlebihan dari senyawa *Reactive Oxygen Species* (ROS) (Annamalainathan *et al.*, 2001) yang diinduksi oleh penyadapan dan stimulasi etefon yang berlebihan (Putranto *et al.*, 2015). Kejadian KAS diprediksi terus meningkat seiring meluasnya penggunaan klon metabolisme tinggi yang rentan KAS (Junaidi, 2020) dan perubahan iklim global yang meningkatkan potensi cekaman lingkungan (Junaidi, 2019). Meskipun telah banyak diteliti, masih banyak hal yang belum diketahui mengenai KAS termasuk cara penanggulangannya. Sejauh ini, modifikasi sistem sadap dan aplikasi stimulasi etefon menjadi upaya paling efektif untuk mencegah kejadian KAS.

Di era internet saat ini, publikasi ilmiah dapat diakses di seluruh belahan dunia. Bibliometrik adalah analisis statistik terhadap data bibliografi misalnya kata kunci, sitasi, tahun terbit, penulis, dan institusi penulis pada satu atau beberapa topik tertentu. Analisis bibliometrik dapat mengidentifikasi perkembangan penelitian pada subjek tertentu, termasuk mengenai KAS (Ellegaard & Wallin, 2015; Donthu *et al.*, 2021). Metode ini sedikit berbeda dengan meta-analysis yang mengekstrak data hasil penelitian atau pengamatan dari artikel yang telah diterbitkan dan kemudian dianalisis kembali secara statistik untuk mendapatkan pemahaman yang lebih luas terhadap satu topik tertentu.

Scopus adalah sebuah situs pangkalan data abstrak dan sitasi yang memiliki reputasi sangat baik. Jurnal-jurnal yang terindeks Scopus dinilai memiliki standar yang tinggi dan sering dijadikan sebagai standar publikasi ilmiah bagi perguruan tinggi dan lembaga penelitian. Sehingga, artikel-artikel yang dipublikasikan di jurnal-jurnal terindeks Scopus dinilai layak untuk digunakan dalam analisis bibliometrik.

Artikel ini menyajikan hasil analisis

bibliometrik terhadap penelitian-penelitian mengenai KAS yang terbit di jurnal-jurnal terindeks Scopus. Analisis ditujukan terutama untuk mengetahui kata kunci populer yang digunakan oleh penulis dan mengetahui topik penelitian yang potensial untuk dieksplorasi. Hasil analisis ini bermanfaat bagi peneliti, akademisi, lembaga penelitian dan pemangku kepentingan dalam menyusun dan mengembangkan program penelitian mengenai KAS.

Bahan dan Metode

Studi bibliometrik dilaksanakan pada bulan Juli 2022. Artikel ilmiah mengenai penelitian KAS diperoleh dari Scopus dengan kata kunci: *TITLE-ABS-KEY(hevea OR "natural rubber" OR "Hevea brasiliensis") AND ("tapping panel dryness")*. Proses pencarian tidak menggunakan batasan rentang tahun publikasi. Metadata diunduh dalam format .csv dan .ris. Data .csv digunakan untuk analisis bibliometrik sedangkan data .ris diekspor ke sitasi manajer Mendely (Mendeley Ltd., Amsterdam).

Analisis data dilakukan dengan perangkat lunak statistik R (*The R Foundation*) dan R Studio (R Studio, Boston) menggunakan *package library* (bibliometrix) dan *biblioshiny* (Aria & Cuccurullo, 2017). Analisis yang dilakukan meliputi publikasi per tahun, jurnal yang paling relevan dan paling banyak disitasi, kata kunci yang paling banyak digunakan, perkembangan topik penelitian, dan *Multiple Component Analysis* (MCA).

Hasil dan Pembahasan

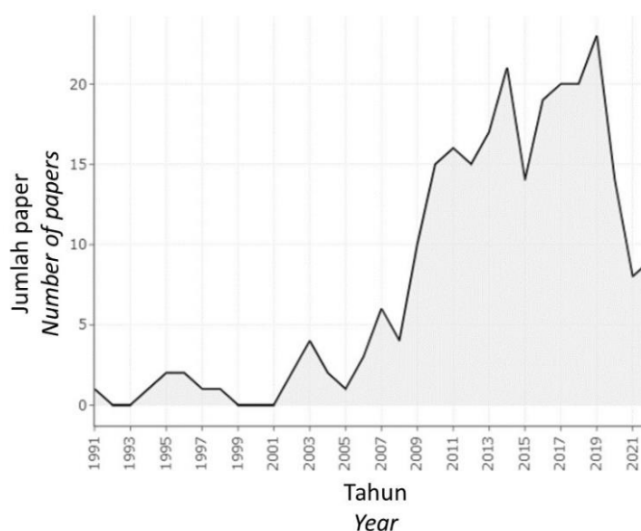
Publikasi mengenai Kering Alur Sadap

Dari penelusuran literatur diperoleh 251 artikel ilmiah terkait dengan KAS yang terbit mulai tahun 1991 sampai 2022 (Gambar 1). Total 762 penulis terlibat dalam artikel yang dianalisis. Dari 251 artikel jurnal, hanya 10 artikel yang ditulis oleh satu orang (*single-authored document*), sisanya merupakan artikel yang ditulis oleh lebih dari satu orang (rata-rata

5,69 penulis per artikel). Hal ini menunjukkan kecenderungan kolaborasi antar peneliti dalam pelaksanaan penelitian dan publikasi ilmiah di bidang KAS.

Publikasi mengenai KAS meningkat signifikan pada periode tahun 2009 sampai 2019 dengan jumlah publikasi tertinggi mencapai 23 artikel (tahun 2019). Pada tahun 2020 jumlah artikel menurun menjadi 14

artikel, sedangkan pada tahun 2021 dan 2022 (sampai bulan Juli) kembali turun menjadi 8 dan 9 artikel. Penurunan drastis kemungkinan dipengaruhi oleh pandemi Covid-19 dimana banyak kegiatan penelitian tertunda sehingga mempengaruhi jumlah publikasi termasuk seminar dan konferensi ilmiah (Panthee & Tiwari, 2020; Bray *et al.*, 2022).

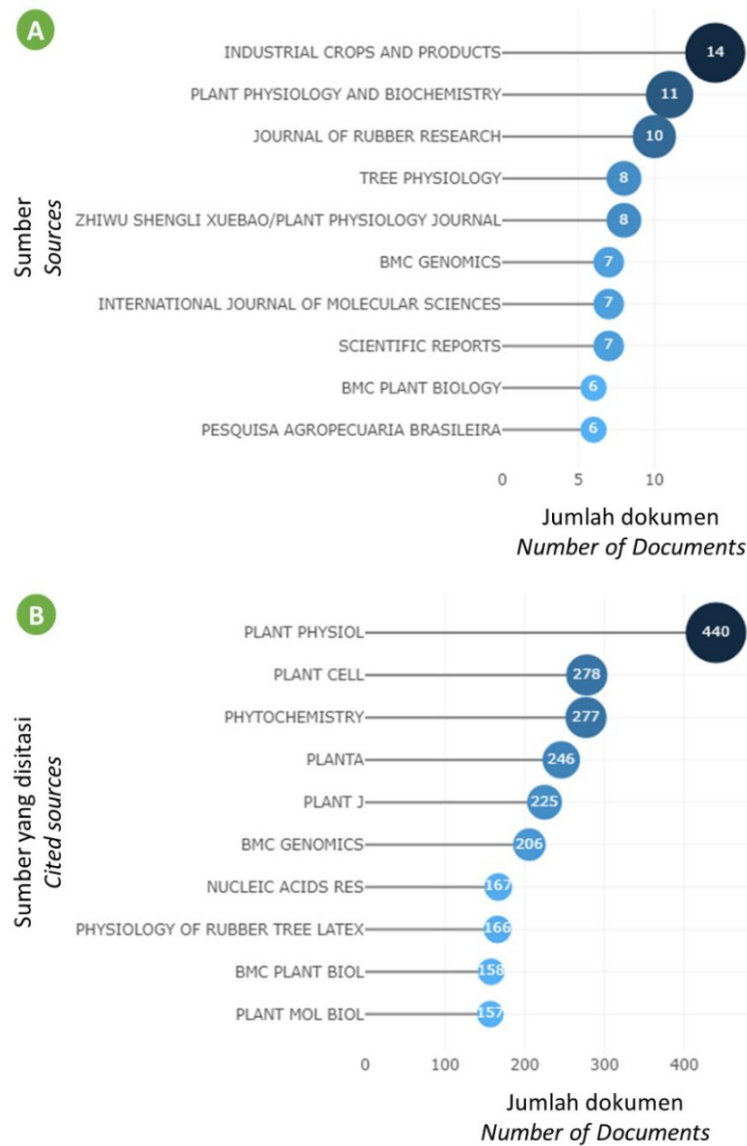


Gambar 1. Jumlah publikasi ilmiah per tahun mengenai Kering Alur Sadap yang terbit di jurnal-jurnal terindeks Scopus pada tahun 1991 sampai 2022

Sebanyak 614 kata kunci digunakan oleh penulis untuk mendeskripsikan artikel ilmiah mengenai KAS dengan total referensi mencapai 14.957 artikel. Artikel-artikel tersebut terbit di jurnal-jurnal dengan *impact factor* (IF) tinggi dengan rata-rata 16,97 sitasi per artikel. Jurnal yang paling banyak mempublikasikan penelitian mengenai KAS adalah *Industrial Crop and Product* (Belanda; IF 1,00; 14 artikel), *Plant Physiology and Chemistry* (Perancis; IF 0,98; 11 artikel), *Journal of Rubber Research* (Malaysia; IF 1,07; 10 artikel), *Tree Physiology* (Inggris; IF 1,18; 8 artikel), dan *Plant Physiology Journal* (China; IF 0,16; 8 artikel) (Gambar 2A). Adapun jurnal yang paling sering disitasi pada artikel mengenai KAS antara lain *Plant Physiology* (Amerika Serikat; IF 2,33; 440

sitasi), *Plant Cell* (Amerika Serikat; IF 3,74; 278 sitasi), *Phytochemistry* (Inggris; IF 0,76, 277 sitasi), *Planta* (Jerman, IF 0,97; 246 sitasi), dan *Plant Journal* (Inggris, IF 2,1, 225 sitasi) (Gambar 2B).

Dari sepuluh jurnal yang paling banyak mempublikasikan artikel mengenai KAS dan paling banyak disitasi, sebagian besar berasal dari negara-negara non penghasil karet seperti Inggris, Perancis, Amerika Serikat, dan Belanda, hanya satu jurnal dari negara penghasil karet yaitu *Journal of Rubber Research* yang diterbitkan oleh Lembaga Getah Malaysia yang terindeks Scopus. Di Indonesia, hanya *Jurnal Biodiversitas* (diterbitkan oleh Universitas Sebelas Maret, Surakarta) yang terideks Scopus dan terdeteksi pernah menerbitkan artikel mengenai KAS (1



Gambar 2. Sepuluh jurnal berdasarkan jumlah publikasi (A) dan jumlah sitasi terbanyak (B)

artikel). Sebenarnya, publikasi mengenai KAS banyak dijumpai di jurnal-jurnal di luar Scopus, misalnya Rubber Science (India; Webs of Sciences) dan jurnal-jurnal mengenai tanaman karet termasuk Jurnal Penelitian Karet yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian Karet (Indonesia) namun tidak termasuk dalam analisis bibliometrik. Di beberapa negara penghasil karet, misalnya Vietnam dan Kamboja, bahkan tidak menerbitkan publikasi ilmiah secara periodik sehingga sulit diketahui

perkembangan penelitian KAS di negara tersebut.

Perkembangan Topik Penelitian

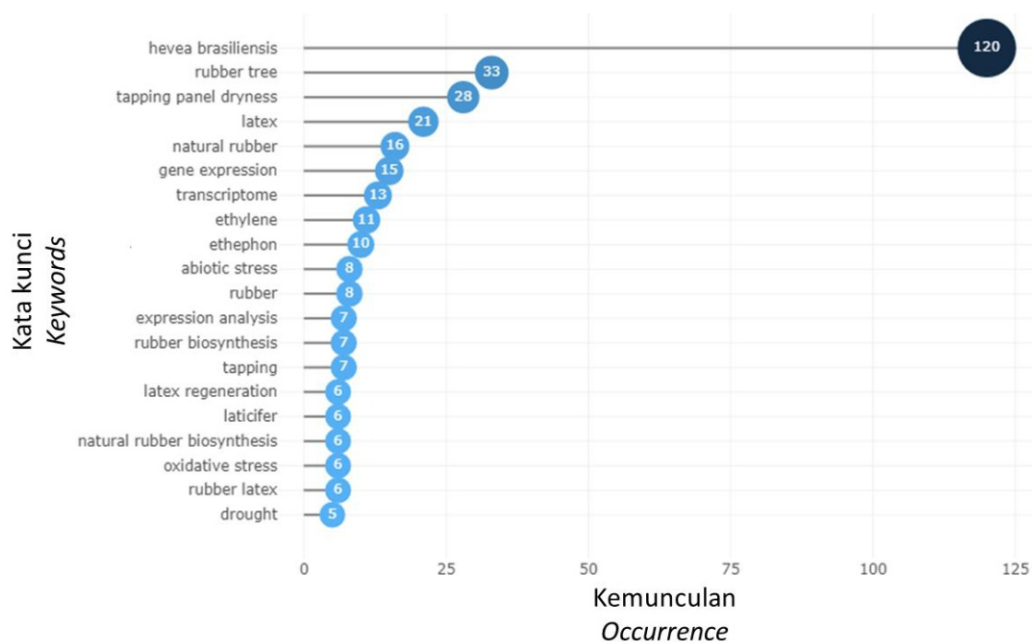
Selain kata kunci umum yang merepresentasikan penelitian pada tanaman karet seperti *Hevea brasiliensis* (120), *rubber tree* (33), *tapping panel dryness* (28), *latex* (21), dan *natural rubber* (16), kata kunci spesifik yang paling banyak digunakan adalah *gene expression* (15), *transcriptome* (13), *ethylene* (11), dan

ethephon (10). Hal ini mengindikasikan bahwa penelitian mengenai KAS terutama mengarah pada identifikasi, karakterisasi dan regulasi gen-gen terkait KAS serta efek penggunaan stimulan etefon sebagai sarana optimalisasi produksi lateks.

Penelitian KAS terus mengalami perkembangan. Pada periode 1991–2012 topik yang sering muncul adalah *rubber practice protein*, *rubber elongation factor*, *phloem necrosis*, dan *reading frame encoding* (Gambar 3). Pada periode ini upaya identifikasi penyebab KAS berfokus pada karakterisasi patogen yang ditularkan secara mekanis seperti virus atau fitoplasma. Penelitian etiologi yang dilakukan oleh Pellegrin *et al.* (2007) tidak menemukan patogen biologis yang menyebabkan nekrosis batang yang gejalanya mirip dengan gejala KAS tingkat parah. Hingga saat ini, sebagian besar peneliti berpendapat bahwa KAS bukan merupakan penyakit yang disebabkan oleh patogen, melainkan gangguan fisiologis akibat penyadapan dan stimulasi etefon yang berlebihan. Namun demikian, perkembangan penelitian pada tingkat proteomik menunjukkan bahwa terjadi peningkatan

protein dengan bobot molekul 26-kDa dan 14,5-kDa secara dramatis pada tanaman yang mengalami KAS serta perubahan kecil pada protein 55-kDa, 34-kDa dan 21-kDa. Protein dengan bobot molekul 26-kDa diketahui terkait erat dengan proses koagulasi lateks, sedangkan protein 14,5-kDa terakumulasi pada kondisi KAS yang parah (Dian *et al.*, 1995). Tanaman yang mengalami KAS memiliki potensi sianogenik (HCNp) yang lebih tinggi daripada tanaman sehat dan dapat menjadi penanda struktural KAS awal (de Fay *et al.*, 2010). Lebih lanjut, penelitian dengan menggunakan fosfor radioaktif (³²P) menunjukkan bahwa pada tanaman yang mengalami KAS sebagian dan KAS total, mekanisme transportasi xilem dan floem tetap aktif namun biosintesis dan regenerasi lateks terganggu (Joseph & Sureshkumar, 2012).

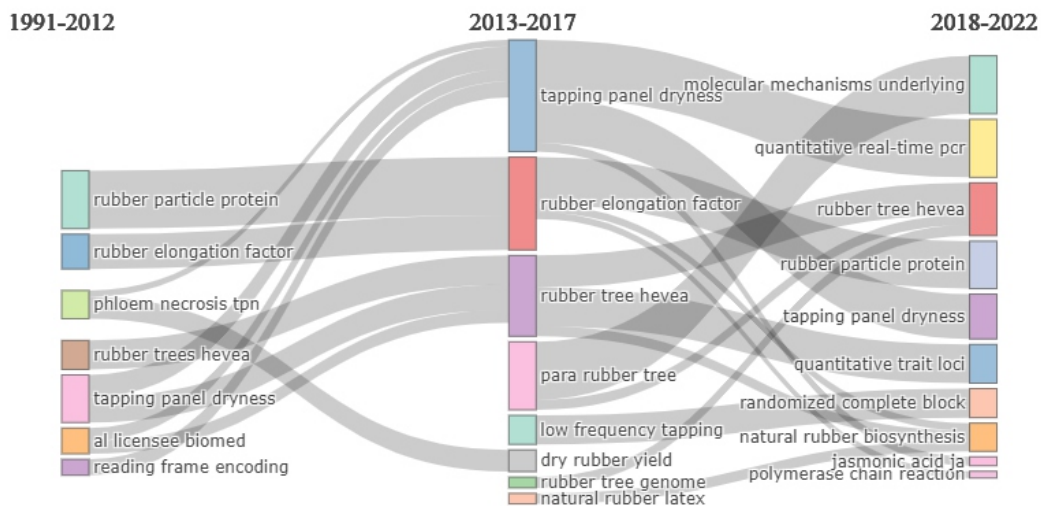
Dari 251 artikel mengenai KAS dalam studi bibliometrik ini, hanya dua artikel yang mengindikasikan keterlibatan patogen dalam kejadian KAS. Pertama yaitu penelitian di India oleh Kumar *et al.* (2015) yang menunjukkan hubungan KAS dengan salah satu virus dari kelompok *potato spindle tuber*



Gambar 3. Kata kunci terbanyak yang digunakan dalam artikel mengenai Kering Alur Sadap

viroid (PSTVd). Setelah diinokulasikan, lebih dari 95% tanaman sampel yang mengalami KAS terindikasi virus ini. Penelitian lainnya dilakukan di China oleh Li *et al.* (2020) melalui sekuen genom lengkap dan menemukan virus yang memiliki kemiripan dengan virus dari

genus *Capillovirus*. Virus baru ini diberi nama “*rubber tree virus 1* (RTV1)”. Meskipun pendapat bahwa virus sebagai penyebab KAS belum diterima secara luas, namun kedua penelitian ini memberi landasan penelitian penyebab patogenik KAS.



Gambar 3. Perkembangan topik penelitian Kering Alur Sadap

Pada periode 2013–2017, topik penelitian yang paling sering dipublikasikan adalah *rubber elongation factor*, *low frequency tapping*, dan *rubber tree genome*. Beberapa hasil penelitian penting pada periode ini ada artikel yang dipublikasikan oleh Liu *et al.* (2015) yang melaporkan bahwa pada pohon yang terkena KAS, ekspresi sebagian besar gen terkait dengan biosintesis lateks dan sintesis jasmonat sangat terhambat dan kemungkinan merupakan penyebab langsung KAS. Penelitian Li *et al.* (2016) menunjukkan bahwa KAS adalah proses kompleks yang melibatkan banyak gen. Ekspresi gen-gen terkait KAS secara signifikan meningkat pada delapan gene ontology (GO) dan lima jalur Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG) yang terkait erat dengan metabolisme Reactive Oxygen Species (ROS), programmed cell death (PCD), dan biosintesis karet. Produksi karet yang rendah kemungkinan disebabkan oleh ketersediaan isopentenil difosfat (IPP) yang terbatas dan penurunan ekspresi gen pasca IPP pada jalur biosintesis karet.

Zhang *et al.* (2017) menyatakan bahwa KAS terjadi akibat akumulasi ROS. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa aktivitas enzim respiratory burst oxidase homologs (RBOHs) pada membran luar lutoid memicu akumulasi ROS dan pecahnya lutoid (lutoid bursting) (Chrestin *et al.*, 1984). Proses ini menyebabkan penggumpalan lateks in situ disusul kemudian dengan pembentukan jaringan tilosoid yang merupakan cikal bakal terjadinya KAS (de Fay & Jacob, 1989; de Fay, 2011). Jika cekaman oksidatif berlanjut, maka kerusakan sel latisifer akan meluas. Hal ini yang menyebabkan KAS dapat menyebar dalam satu panel sadap (Andriyanto dan Tistama, 2014; Nugrahani *et al.*, 2016). Namun demikian, belum ditemukan bukti bahwa KAS dapat menular dari satu pohon ke pohon lain. Putranto *et al.* (2015) melaporkan bahwa frekuensi penyadapan dan stimulasi ethephon yang tinggi menginduksi terjadinya KAS lebih cepat pada klon metabolisme lateks tinggi, sedangkan pada klon metabolisme lateks rendah lebih lambat. Pohon yang terkena KAS memiliki jumlah

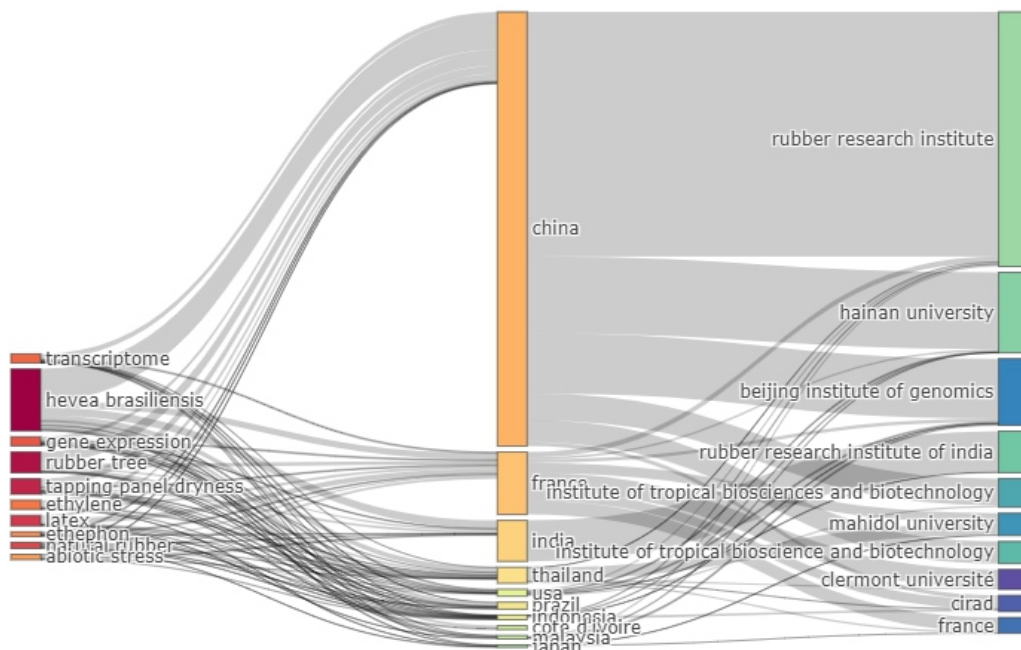
pembuluh latisifer yang lebih sedikit dibandingkan dengan pohon yang sehat yang menunjukkan adanya modifikasi aktivitas kambium.

Penelitian-penelitian terbaru (2018–2022) terutama didominasi oleh topik mengenai *molecular mechanism*, *rubber particle protein*, *natural rubber biosynthesis*, dan *jasmonic acid*. Beberapa temuan penting di antaranya hasil penelitian Montoro *et al.* (2018) yang menunjukkan bahwa sebanyak 728 gen terkait pelukaan dan regulasi jasmonate mengalami penurunan ekspresi pada tanaman yang mengalami KAS. Liu *et al.* (2019) melaporkan bahwa gen *HbMC1* terkait dengan KAS. *HbMC1* diregulasi oleh faktor pemicu KAS termasuk pelukaan (penyadapan), etefon dan hidrogen peroksida (H₂O₂). Tingkat ekspresi *HbMC1* meningkat seiring dengan tingkat keparahan KAS. Penelitian lain oleh Yuan *et al.* (2019) menunjukkan peran gen glutaredoxins (*GRXs*) sebagai respons terhadap KAS dan berbagai cekaman. Ekspresi gen *HbSRGRX1* menurun secara signifikan pada pohon-pohon yang mengalami

KAS dan dipengaruhi oleh pelukaan, H₂O₂, dan beberapa hormon. Penelitian Tistama *et al.* (2019) menunjukkan bahwa kadar fosfat anorganik di lateks dan kulit kayu pada tanaman yang mengalami KAS menurun, sedangkan kadar sukrosa relatif konstan. Aktivitas peroksidase di lateks dan kulit kayu berkorelasi negatif dengan stadium KAS. Penurunan kadar fosfat anorganik dan aktivitas peroksidase dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat keparahan KAS pada tanaman karet.

Tantangan dan Prospek Penelitian

Berdasarkan analisis bibliometrik, diketahui bahwa sebagian besar artikel ditulis oleh peneliti dari China, Perancis, dan India. Negara lain yang aktif meneliti KAS di antaranya adalah Thailand, Amerika Serikat, Indonesia, Pantai Gading, Malaysia, dan Jepang (Gambar 4). Para peneliti dari China terafiliasi pada tiga institusi yaitu *Rubber Research Institute of China*, *Hainan University*, dan *Beijing Institute of Genomics*, sedangkan peneliti dari Perancis berkolaborasi hampir di

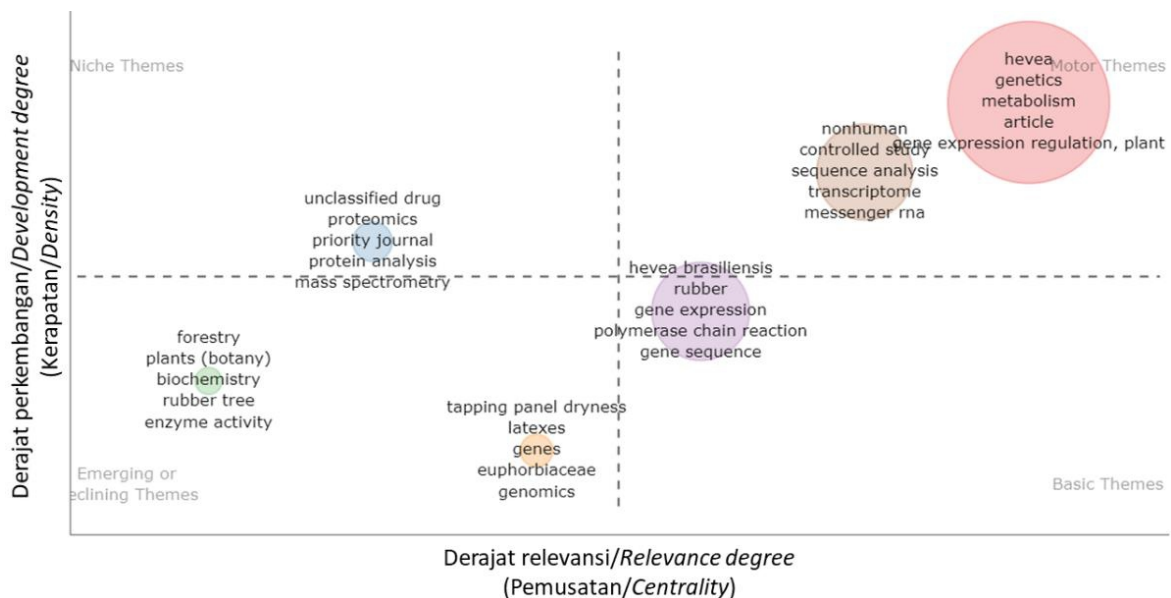


Gambar 4. Negara dan institusi yang paling aktif dalam penelitian Kering Alur Sadap

seluruh institusi penelitian. Peneliti dari negara lainnya memiliki jangkauan kolaborasi yang lebih sempit termasuk Indonesia yang hanya terhubung dengan *Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement* (Cirad) dan *Rubber Research Institute of China*. Hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi peneliti Indonesia untuk membangun jaringan dan berkolaborasi dengan peneliti dari berbagai negara dan latar belakang keahlian. Hasil studi ini juga menunjukkan bahwa analisis molekuler adalah strategi utama untuk mempelajari KAS saat ini. Hal ini dapat menjadi pertimbangan bagi lembaga penelitian dalam pengembangan laboratorium dan sumber daya manusia yang memadai.

Hasil analisis bibliometrik dapat digunakan oleh peneliti untuk membantu menemukan topik yang relevan dan sebagai pertimbangan dalam penyusunan rencana penelitian (Ellegaard & Wallin, 2015; Donthu *et al.*, 2021). *Multiple Component Analysis*

(MCA) terhadap kata kunci yang digunakan mengidentifikasi tema-tema dasar (*basic themes*) yaitu *gene expression*, *gene sequence*, dan *polymerase chain reaction* (PCR), sedangkan tema-tema pendorong (*motor themes*) meliputi *genetics*, *metabolism*, *gene expression regulation*, *sequence analysis*, *transcriptome*, dan *messenger RNA* (Gambar 5). Penelitian KAS saat ini mengarah pada identifikasi, karakterisasi, dan regulasi gen-gen terkait dengan oksidatif stress sehingga peneliti dituntut familiar dengan metode analisis molekuler. Dari kata kunci yang sering muncul dalam publikasi mengenai KAS, tema-tema yang sedang berkembang saat ini meliputi *genes*, *genomics*, dan *Euphorbiaceae* (studi pada spesies penghasil karet alam selain *H. brasiliensis*), sedangkan topik yang mulai ditinggalkan antara lain *botany*, *biochemistry*, dan *enzyme activity*. Relung penelitian yang masih dapat dieksplor meliputi *proteomics*, *protein analysis*, dan *mass spectrometry*.



Gambar 5. *Multiple Component Analysis* kata kunci yang terkait dengan Kering Alur Sadap

KAS disebabkan oleh akumulasi ROS akibat cekaman oksidatif. Namun demikian, penelitian mengenai antioksidan masih terbatas. Beberapa artikel mengenai peran antioksidan (pada level gen) di antaranya artikel dari Huang *et al.* (2018) yang melaporkan peran penting gen metallothionein (*HbMT*) dalam regenerasi lateks serta adaptasi spesies melalui regulasi homeostasis ROS. Ekspresi *HbMT2b* menurun secara signifikan dalam lateks setelah perlakuan penyadapan dan ethephon yang memicu stres. Namun demikian, penelitian mengenai aplikasi antioksidan eksogen dan pengaruhnya terhadap kesembuhan KAS belum banyak dilakukan. Aplikasi asam askorbat dilaporkan dapat membantu penyembuhan KAS ringan (Satrio *et al.*, 2016; Lubis & Tistama, 2021), namun hasil ini masih perlu diteliti lebih lanjut. Sejauh ini, penanggulangan KAS secara kuratif hanya berupa pengerokan (membuang kulit yang mati) dan pemberian senyawa oleokimia untuk membantu pembentukan kulit baru yang sehat (Andriyanto dan Tistama, 2014; Nugrahani *et al.*, 2016). Upaya meminimalisir kejadian KAS dapat dilakukan dengan pemantauan kondisi fisiologis tanaman melalui diagnosis lateks (Junaidi *et al.*, 2022). Pada tanaman yang terindikasi kelelahan fisiologis, intensitas penyadapan termasuk aplikasi stimulan etefon harus disesuaikan untuk menghindari KAS. Atsin *et al.* (2014) menyatakan bahwa salah satu upaya menghindari kejadian KAS adalah dengan penerapan sistem sadap frekuensi rendah.

Kesimpulan

Sebanyak 251 artikel ilmiah terkait penelitian Kering Alur Sadap (KAS) yang diterbitkan di jurnal-jurnal terindeks Scopus dari tahun 1991 sampai 2022 (bulan Juli). Selain kata kunci umum seperti *Hevea brasiliensis*, *rubber tree*, *tapping panel dryness*, *latex*, dan *natural rubber*, kata kunci spesifik

yang paling banyak muncul adalah *gene expression*, *transcriptome*, *ethylene*, dan *ethephon*. Penelitian mengenai KAS terutama bertujuan mengidentifikasi penyebab patogenik KAS (pada level viroid) serta karakterisasi dan regulasi gen dan protein pada tanaman yang mengalami KAS. Penelitian mengenai penanggulangan KAS masih terbatas dan sangat potensial untuk dieksplorasi. Analisis molekuler merupakan strategi utama untuk mempelajari KAS saat ini sehingga perlu dipertimbangkan bagi lembaga penelitian dalam pengembangan laboratorium dan sumber daya manusia yang relevan. Tantangan bagi peneliti adalah membangun jaringan dan kolaborasi dengan berbagai institusi penelitian dan perguruan tinggi dengan beragam latar belakang keahlian.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Defritus Aldrin Punuf, Dosen Universitas Nusa Cendana, Kupang, atas diskusi dan saran selama penulisan artikel ini.

Daftar Pustaka

- Andriyanto, M., & Tistama, R. (2014). Perkembangan dan upaya pengendalian kering alur sadap (KAS) pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis*). *Warta Per karetan*, 33(2), 89–102. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v33i2.54>
- Annamalainathan, K., Krishnakumar, R., & Jacob, J. (2001). Tapping-induced changes in respiratory metabolism, ATP production and reactive oxygen species scavenging in *Hevea*. *Journal of Rubber Research*, 4(4), 245–254.
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>

- Atsin, G. J. O., Soumahin, E. F., Kouakou, H. T., Coulibaly, L. F., Traore, S. M., Alle, J. Y., N'Guessan, A. É. B., Kouame, C., & Obouayeba, S. (2014). Impact of reduced tapping frequency on agronomic, physiological and biochemical aspects of clone PB 260 of *Hevea brasiliensis* in the centre west of Cote D'Ivoire. *Journal of Rubber Research*, 17(1), 45–56.
- Bray, H. J., Stone, J., Litchfield, L., Britt, K. L., Hopper, J. L., & Ingman, W. V. (2022). Together alone: going online during COVID-19 is changing scientific conferences. *Challenges*, 13(1), 7. <https://doi.org/10.3390/challe13010007>
- Chen, S., Peng, S., Huang, G., Wu, K., Fu, X., & Chen, Z. (2003). Association of decreased expression of a Myb transcription factor with the TPD (tapping panel dryness) syndrome in *Hevea brasiliensis*. *Plant Molecular Biology*, 51(1), 51–58. <https://doi.org/10.1023/A:1020719420867>
- Chrestin, H., Bangratz, J., d'Auzac, J., & Jacob, J. L. (1984). Role of the lutoidic tonoplast in the senescence and degeneration of the laticifers of *Hevea brasiliensis*. *Zeitschrift Für Pflanzenphysiologie*, 114(3), 261–268. [https://doi.org/10.1016/s0044-328x\(84\)80020-3](https://doi.org/10.1016/s0044-328x(84)80020-3)
- de Fay, E. (2011). Histo- and cytopathology of trunk phloem necrosis, a form of rubber tree (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.) tapping panel dryness. *Australian Journal of Botany*, 59(6), 563. <https://doi.org/10.1071/BT11070>
- de Fay, E., & Jacob, J. L. (1989). The bark dryness disease (brown-bast) of *Hevea*: symptomatology, histology, and cytological aspects. In J. D'Auzac, J. L. Jacob, & H. Chrestin (Eds.), *Physiology of Rubber Tree Latex* (pp. 407–430). CRC Press.
- de Fay, E., Moraes, L. A. C., & de Figueiredo Moraes, V. H. (2010). Cyanogenesis and the onset of tapping panel dryness in rubber tree. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 45(12), 1372–1380. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2010001200006>
- Dian, K., Sangare, A., & Diopoh, J. K. (1995). Evidence for specific variation of protein pattern during tapping panel dryness condition development in *Hevea brasiliensis*. *Plant Science*, 105(2), 207–216. [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(94\)04034-6](https://doi.org/10.1016/0168-9452(94)04034-6)
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133(March), 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Ellegaard, O., & Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact? *Scientometrics*, 105(3), 1809–1831. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1645-z>
- Gébelin, V., Leclercq, J., Kuswanhadi, Argout, X., Chaidamsari, T., Hu, S., Tang, C., Sarah, G., Yang, M., & Montoro, P. (2013). The small RNA profile in latex from *Hevea brasiliensis* trees is affected by tapping panel dryness. *Tree Physiology*, 33(10), 1084–1098. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpt076>
- Huang, Y., Fang, Y., Long, X., Liu, L., Wang, J., Zhu, J., Ma, Y., Qin, Y., Qi, J., Hu, X., & Tang, C. (2018). Characterization of the rubber tree metallothionein family reveals a role in mitigating the effects of reactive oxygen species associated with physiological stress. *Tree Physiology*, 38(6), 911–924. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpy003>

- Joseph, M., & Sureshkumar, P. (2012). Translocation and accumulation of phosphorus applied to healthy and brown bast affected rubber (*Hevea brasiliensis*) trees. *Journal of Rubber Research*, 15(4), 265–272.
- Junaidi. (2019). Tantangan budidaya karet dalam kondisi perubahan iklim global. *Warta Perkaretan*, 38(2), 91–108. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v38i2.657>
- Junaidi. (2020). Transformasi sistem pemanenan latex tanaman karet: review. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 16(1), 1–10. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2020.16.11>
- Junaidi, J., Clément-Vidal, A., Nuringtyas, T. R., Gohet, E., Subandiyah, S., & Montoro, P. (2022). A meta-analysis of latex physiology studies reveals limited adoption and difficulties to interpret some latex diagnosis parameters in *Hevea brasiliensis*. *Hayati Journal of Biosciences*, 30(2), 358–371. <https://doi.org/10.4308/hjb.30.2.358-371>
- Kumar, A., Pandey, D. M., Abraham, T., Mathew, J., Jyothsna, P., Ramachandran, P., & Malathi, V. G. (2015). Molecular characterization of viroid associated with tapping panel dryness syndrome of *Hevea brasiliensis* from India. *Current Science*, 108(8), 1520–1527. <https://doi.org/10.18520/cs/v108/i8/1520-1527>
- Li, D., Wang, X., Deng, Z., Liu, H., Yang, H., & He, G. (2016). Transcriptome analyses reveal molecular mechanism underlying tapping panel dryness of rubber tree (*Hevea brasiliensis*). *Scientific Reports*, 6(5), 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep23540>
- Li, Z., Wang, H., Zhao, R., Zhang, Z., Xia, Z., Zhai, J., & Huang, X. (2020). Complete genome sequence of a novel capillovirus infecting *Hevea brasiliensis* in China. *Archives of Virology*, 165(1), 249–252. <https://doi.org/10.1007/s00705-019-04459-8>
- Liu, H., Wei, Y., Deng, Z., Yang, H., Dai, L., & Li, D. (2019). Involvement of HbMC1-mediated cell death in tapping panel dryness of rubber tree (*Hevea brasiliensis*). *Tree Physiology*, 39(3), 391–403. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpy125>
- Liu, J.-P., Xia, Z.-Q., Tian, X.-Y., & Li, Y.-J. (2015). Transcriptome sequencing and analysis of rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell.) to discover putative genes associated with tapping panel dryness (TPD). *BMC Genomics*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1562-9>
- Lubis, A. F., & Tistama, R. (2021). Improvement of physiological condition and latex flow of rubber clones affected by tapping panel dryness in response to combination naphthalene acetic acid, ascorbic acid, and nutrition treatments. *Jurnal Penelitian Karet*, 39(2), 129–138. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v39i2.800>
- Montoro, P., Wu, S., Favreau, B., Herlinawati, E., Labrune, C., Martin-Magniette, M.-L., Pointet, S., Rio, M., Leclercq, J., Ismawanto, S., & Kuswanhadi. (2018). Transcriptome analysis in *Hevea brasiliensis* latex revealed changes in hormone signalling pathways during ethephon stimulation and consequent Tapping Panel Dryness. *Scientific Reports*, 8, 8483. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26854-y>
- Nugrahani, M. O., Rouf, A., Berlian, I., & Hadi, H. (2016). Kajian fisiologi kering alur sadap pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis*). *Warta Perkaretan*, 35(2), 135. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v35i2.91>
- Panthee, D. R., & Tiwari, K. R. (2020). The impact of Covid-19 on agricultural research. In B. Sharma & A. P. Adhikari (Eds.), *Covid-19 Pandemic and Nepal: Issue and Perspectives* (pp. 52–61). Asta-Ja USA.

- Pellegrin, F., Duran-Vila, N., Van Munster, M., & Nandris, D. (2007). Rubber tree (*Hevea brasiliensis*) trunk phloem necrosis: Aetiological investigations failed to confirm any biotic causal agent. *Forest Pathology*, 37(1), 9–21. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2007.00471.x>
- Putranto, R.-A., Herlinawati, E., Rio, M., Leclercq, J., Piyatrakul, P., Gohet, E., Sanier, C., Oktavia, F., Pirrello, J., Kuswanhadi, & Montoro, P. (2015). Involvement of ethylene in the latex metabolism and tapping panel dryness of *Hevea brasiliensis*. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(8), 17885–17908. <https://doi.org/10.3390/ijms160817885>
- Satrio, N., Rosmayati, Kardhinata, E. H., Tistama, R., & Fipriani, A. (2016). Pengaruh asam askorbat untuk penyembuhan kering alur sadap parsial tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) pada klon PB 260 dan IRR 42. *Jurnal Agroekoteknologi*, 4(4), 2400–2406.
- Tistama, R., Siregar, A. P. M., Ade Fipriani, L., & Junaidi. (2019). Physiological status of high and low metabolisme *Hevea* in the difference stage of tapping panel dryness. *Biodiversitas*, 20(1), 267–273. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200143>
- Yuan, K., Guo, X., Feng, C., Hu, Y., Liu, J., & Wang, Z. (2019). Identification and analysis of a CPYC-Type Glutaredoxin associated with stress response in rubber trees. *Forests*, 10(2), 12–15. <https://doi.org/10.3390/f10020158>
- Zhang, Y., Leclercq, J., & Montoro, P. (2017). Reactive oxygen species in *Hevea brasiliensis* latex and relevance to tapping panel dryness. *Tree Physiology*, 37(2), 261–269. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpw106>