

DI SEBALIK KEKAYAAN INDUSTRI GETAH MALAYSIA: MENGANALISIS RANJAU PENGUSAHA KECIL DARI SISI KITARAN BIOJISIM

Nur Haffizah Azhar¹
Arniza Ghazali¹,
Marcin Zbeic²,
Mohd Nor Zamri Mat Amin³

Corresponding author: Arniza Ghazali (emel: arniza@usm.my)

Abstrak

Analisis ekonomi kitaran bagi industri getah mendapati jurang nilai eksport segmen penanaman (≈RM4 bilion) dan segmen pembuatan produk berasaskan getah dan kayu getah (≈RM80 bilion). Disebabkan junaman harga getah asli, hasil eksport yang dibahagikan antara 450 000 penoreh ini hanya menterjemahkan kehidupan di bawah paras kemiskinan. Justeru itu kajian ini memperhalusi cabaran-cabaran yang mendepani pengusaha kecil getah yang dapat dipadankan dengan solusi berkisar ekonomi kitaran atau pengurusan secara kecekapan sumber. Analisis mendapati pekebun kecil dibebani kos operasi yang tinggi dan hal ini merupakan penghalang utama produktiviti. Demi meningkatkan pendapatan, akses kepada klon yang produktif wajar disegerakan. Penambahbaikan dasar percukaian ke atas getah import perlu timbang tara pihak berwajib dan peralihan kepada penggunaan mesin torehan dan mesin mudah alih dalam pemprosesan getah merupakan pendekatan yang perlu disegerakan. Memperkenalkan pengurusan sumber produktif dan pertanian getah moden berpulangan tinggi melalui program TVET yang mensasarkan golongan belia dari keluarga pengusaha kecil getah dapat menarik generasi muda kepada segmen hulu. Pembelajaran berterusan adalah wajib untuk memungkinkan inovasi, merealisasikan ekonomi kitaran dan menambahbaik pendapatan pengusaha kecil ke arah mengekalkan industri getah Malaysia. Tindakan segera dan pendekatan bersifat transformatif perlu diambil bagi kelangsungan industri getah negara.

Kata kunci: Biojisim; Simbiosis industri; Model Perniagaan; Getah; Bioekonomi kitaran

¹Pusat Pengajian Teknologi Industri, Universiti Sains Malaysia

²Institute of Wood Sciences and Furniture, Warsaw University of Life Sciences (WULS)

³Malaysian Timber Industrial Board (MTIB)

Abstract

A cyclical economic analysis for the rubber industry found a gap in the export value of the planting segment (≈RM4 billion) and the manufacturing segment of rubber and rubber-based products (≈RM80 billion). Due to the increase in the price of natural rubber, the export revenue divided between these 450 000 tappers only translates to living below the poverty level. Therefore, this study refines the challenges faced by small rubber entrepreneurs that can be matched with solutions around the cyclical economy or resource efficiency management. The analysis found that smallholders are burdened with high operating costs and this is the main barrier to productivity. In order to increase income, access to productive clones should be expedited. The improvement of the taxation policy on imported rubber needs arbitration by the authorities and the transition to the use of tapping machines and mobile machines in rubber processing is an approach that needs to be expedited. Introducing productive resource management and high-return modern rubber farming through TVET programs targeting youth from small rubber business families can attract the younger generation to the upstream segment. Continuous learning is mandatory to enable innovation, realize the circular economy and improve the income of small entrepreneurs towards sustaining the Malaysian rubber industry. Immediate action and a transformative approach must be taken for the survival of the country's rubber industry.

Keywords: *Biomass; Industrial symbiosis; Business Model; Rubber; A cyclical bioeconomy*

Pengenalan dan Sorotan Kajian

Ekonomi Kitaran bagi Sektor Pertanian

Malaysia adalah antara pemain global dalam industri getah yang membolehkan pengguna menikmati produk berasaskan getah. Peningkatan permintaan telah menyebabkan kemunculan getah sintetik melengkap fungsi getah asli dalam kepelbagaian sektor terutamanya kepada industri otomotif, peralatan militari, sukan dan seumpamanya.

Di sebalik kekayaan dari hasil komoditi getah (Jadual 1), tersembunyi pengusaha ladang yang hidup di bawah paras kemiskinan akibat penurunan harga getah, masalah logistik, kekurangan tenaga mahir dan usia pekebun yang semakin tua (Ng & Hamdan, 2020). Isu-isu tersebut perlu ditentukan secara jelas untuk memajukan industri getah secara maksimum. Kelembapan segmen penanaman getah global tercetus akibat isu kejatuhan harga komoditi getah secara tidak terkawal dan hal ini diburukkan lagi oleh krisis ekonomi dunia, konflik antara kuasa besar dan perubahan iklim bumi yang mempengaruhi hasil tanaman. Walaupun diselubungi pelbagai

cabaran sehingga 60% ladang getah tidak dapat diusahakan, pengusaha kecil (pekebun yang mengusahakan tanah kurang daripada 10 hektar) kekal berperanan sebagai penyumbang 95% getah asli negara (Ng & Hamdan, 2020). Kajian ini menganalisis dan mengesyorkan solusi sejajar dengan prinsip bioekonomi kitaran iaitu pengurusan secara kecekapan-sumber, pemerksaan ilmu pengetahuan, kemahiran dan kesedaran sebagai mekanisme pemangkin kemajuan sektor industri getah.

Jadual 1: Hasil Komoditi Pertanian Negara

KOMODITI PERLADANGAN		KELUASAN (1000 ha)	HASIL EKSPORT (RM, MILLION)
1.	Produk Minyak Sawit	5730 (Statista, 2022a)	102 000 (MPIC, 2021).
2.	Getah	1137 (Bernama, 2022b)	4 568 (MRC, 2022; Tiseo, 2022)
	- Getah Asli (Sektor huluan)		71 000 (Jaafar, 2022)
	- Produk Getah (Sektor hiliran)		8 000-9 000 (WWF, 2021)
	- Produk Kayu Getah (Sektor hiliran)		
3.	Padi	596 (MPIC, 2021)	48 (OEC, 2020).
4.	Koko	180	6 900-7 470 (TE, 2021) (Statista, 2022b)
5.	Buah-buahan Tropika	375	1 124 (TBP, 2020)

Analisis menunjukkan kemunculannya amalan ekonomi kitaran pada abad ke-20 dengan matlamat mengurangkan sisa, mengurangkan pelepasan gas rumah hijau dan meminimumkan penggunaan sumber asli. Sejajar dengan hasil ekonomi negara yang memberangsangkan (Jadual 1), Malaysia menjadi pengguna tenaga ketiga terbesar di Asia Tenggara (Hashim *et al.*, 2018) yang meletakkannya di posisi kritikal untuk terlibat menjayakan ekonomi kitaran.

Dengan peningkatan populasi global dan pertambahan permintaan terhadap bahan serta perkhidmatan, sumber pengurusan kitaran menjadi penentu kos sosial, ekonomi karbon, dan kecekapan sumber (Chaturvedi *et al.*, 2017; Guillot, 2022; Vance *et al.*, 2022) sebagai petunjuk kepada kelestarian. Sejajar dengan usaha melaksanakan pengurusan kecekapan sumber, pemanjangan jangka hayat produk, sisa-sifar dan sasaran pelepasan gas rumah hijau yang rendah merupakan sasaran utama. Setakat ini, dunia terus merekodkan peningkatan pelepasan gas rumah hijau walaupun pelbagai langkah kawalan dan pemantauan diwujudkan. Hal ini melambangkan pertumbuhan kadar perindustrian yang tinggi. Pengurusan bersifat linear yang melibatkan penggunaan bahan asli diikuti oleh penghasilan produk yang

berakhir dengan pelupusan menyebabkan kadar peningkatan sisa di tempat pelupusan dan rentetan kesan negatif daripada pelupusan.

Pemerangkapan gas rumah hijau, (Shameer *et al.*, 2020) yang sebahagian besarnya karbon dioksida (CO₂) (EPA, 2020) menyebabkan keasidan yang memusnahkan struktur semulajadi laut dan organisma hidup (Stager, 2012). Gangguan ekosistem semula jadi, penyejukan yang tidak terkawal, (Konapa *et al.*, 2020) dan pencairan ais yang berpunca daripada pemanasan bumi menjadi faktor ketidaktentuan iklim yang berulang seperti kemarau, banjir dan bencana alam. Hal ini turut menjejaskan sektor pertanian (Ali *et al.*, 2020).

Bioekonomi kitaran atau *circular bioeconomy* (CBE) merupakan salah satu strategi menyelamatkan bumi daripada pemanasan yang berpunca daripada pengurusan sumber secara ekonomi linear. Pengurusan sumber kitaran direka untuk memajukan perindustrian. Kriteria kebolehkitaran semula produk, pelepasan gas rumah hijau, ketahanan, jejak karbon, jejak ekologi dan kebolehbaikan yang memungkinkan pelanjutan jangka hayat produk menjadi indikator sasaran. Prinsip ekonomi kitaran mempunyai persamaan dengan konsep kitaran hayat "*cradle-to-cradle*" iaitu perlanjutan jangka hayat sesuatu produk dengan menjadikannya bahan mentah bagi proses pembuatan seterusnya. bagi kefungisian lain atau proses kitar-semula.

Pernyataan Masalah dan Objektif

Export getah asli Malaysia bernilai USD1.1 bilion (Workman, 2022) tidak menterjemahkan pemulihan nasib 450 000 pengusaha kecil getah tempatan (Ng & Hamdan, 2020) walaupun golongan ini menyumbang lebih 95% sumber getah asli. Berbeza dengan segmen hulu kelapa sawit, industri penanaman getah juga menghasilkan kayu getah sebagai bahan asas sektor pembuatan perabot dengan nilai eksport berbilion dolar. Pengurusan ini menubuhkan industri getah sebagai pelaksana ekonomi kitaran negara tetapi terus menyembunyikan penderitaan pengusaha kecil yang seolah-olah terputus daripada rangkaian nilai tersebut. Dalam hal ini, World Wildlife Foundation (WWF) turut mezhahirkan kebimbangan terhadap ketirisan (WWF, 2021) pada rantai jualan getah. Rasionalnya, isu ini berada dalam radar kawalan kita sekiranya dilihat sebagai isu penyelarasan pengeluaran getah yang tidak cekap (Ali *et al.*, 2021a) dan segmen penanaman getah perlu diaktifkan sepenuhnya bagi memacu industri getah asli negara.

Analisis ini meneliti faktor kekangan produktiviti pengusaha kecil getah untuk mengarahkan mereka kepada tindakan segera dan strategi jangka panjang bagi menambah baik nasib segmen penanaman getah bagi kelangsungan penghasilan getah asli. Dengan berbuat demikian, analisis ini menjawab dua persoalan (1) apakah faktor yang mengekang produktiviti pengusaha getah dan (2) bagaimanakah prinsip kecekapan sumber ekonomi kitaran dapat diterapkan untuk mengurangkan beban pengusaha kecil getah sekaligus meningkatkan produktiviti.

Metodologi

Analisis metatesis yang dijalankan telah menggunakan data daripada pelbagai literatur dan analisis kontekstual. Proses analisis dijalankan dalam tiga fasa; literatur bioekonomi kitaran (CBE) dan sains biojisim (sains pemprosesan) diikuti dengan pembangunan kerangka biokomoditi-proses-produk (BPP) serta adaptasi perbatuan penting dua projek European Commission, hasil keterlibatan terus penulis dalam dua projek; *Improving Malaysia's Higher Education in Wood and Furniture Industry 4.0* (MAKING4.0) dan projek *Promoting Education, Training and Skills Across Bioeconomy* (PETSAB) yang dianggotai oleh orang-orang Eropah sebagai perintis amalan bioekonomi kitaran dan pemerkasaan prinsip tersebut melalui sektor pendidikan. Mekanisme suntikan dianalisis dan dicadangkan untuk adaptasi ke dalam industri getah dan kayu getah Malaysia.

Analisis literatur

Sejarah dan amalan bioekonomi kitaran dikaji melalui analisis konsep dan amalan yang berkaitan dengan pengurusan biojisim pertanian. Artikel ilmiah berkaitan penggunaan biojisim dan cabaran-cabaran yang dihadapi menjadi rujukan dalam proses membangunkan model pengurusan bioekonomi kitaran (CBE). Titik penjanaan sisa atau produk sampingan yang dikenalpasti dan ditanda pada model CBE kemudiannya disasarkan kepada suatu proses atau produk yang boleh dipasarkan dengan merumuskan talian biokomoditi-proses-produk (BPP) bagi membina kerangka dengan paparan pelbagai talian BPP. Pelbagai bahan rujukan berkisar aplikasi biojisim telah dianalisis bagi pembangunan kerangka BPP.

Analisis literasi terhadap getah sebagai komoditi pertanian bukan makanan diteliti untuk memastikan kewujudan titik penjanaan sisa dan mengenalpasti potensi penggunaannya. Titik persempadanan antara model pengurusan kitaran berasaskan makanan dan bukan makanan dianalisis dan dibincangkan secara kontekstual.

Strategi menerapkan konsep CBE juga diekstrak daripada pembelajaran berterusan di beberapa platform. Penyertaan dalam seminar *PETSAB* oleh Suruhanjaya Eropah memberikan dapatan yang berguna. Pengalaman pembelajaran daripada pengajaran rintis dan penyampaian modul kurikulum juga dianalisis sebagai ikhtiar memperkasakan generasi muda dalam kalangan pengusaha kecil getah.

Pengusaha Kecil

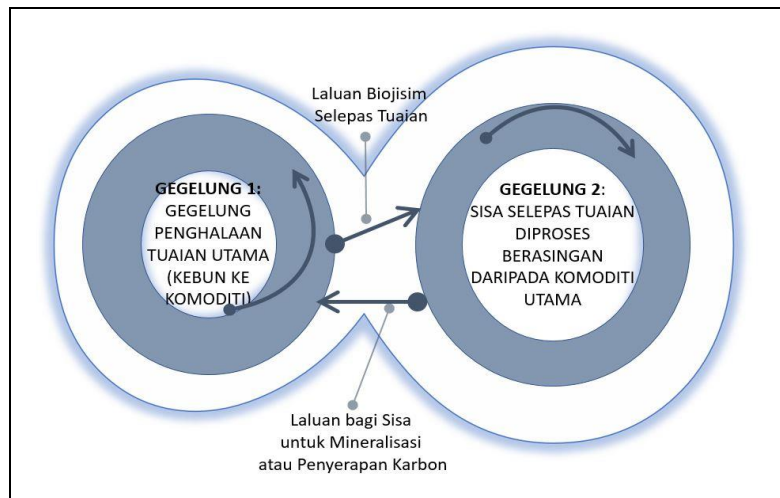
Istilah pengusaha kecil merujuk kepada pekebun yang mengusahakan tanah kurang daripada 10 hektar. Penanam getah dan pekebun kecil merupakan golongan yang dirujuk sebagai "pengusaha kecil" yang menjadi tulang belakang kepada pendapatan utama negara melalui industri getah. Analisis mengesahkan kesahihan cabaran-

cabaran yang dihadapi oleh pengusaha kecil di Malaysia dan keselarian dengan paparan di media massa terkini. Kesulitan tersebut diklasifikasi dari sisi kelemahan dan ancaman, yang memungkinkan pemetaan kepada kekuatan dan peluang sebagai solusi yang berpadanan. Strategi ini dibincangkan dari perspektif kecekapan pengurusan sumber sejajar dengan prinsip bioekonomi kitaran dan praktikal pelaksanaan, iaitu pendekatan segera dan pendekatan bersifat transformatif yang menuntut usaha jangka-panjang.

Model Kitaran dan Pembangunan Kerangka BPP

Fokus analisis kitaran diletakkan pada pengurusan sisa ladang, terutamanya kayu getah yang bertindak sebagai bahan mentah bagi industri perabot. Analisis dijalankan bagi mengenalpasti kemungkinan memulihkan nasib pengusaha kecil getah melalui penggunaan sisa kayu getah.

Bagi mematuhi konsep pengurusan ekonomi kitaran, titik pembentukan sisa (juga dikenali sebagai biojisim atau komoditi) dikenalpasti dengan panduan model kitaran pada Rajah 1. Sisa ini dijadikan bahan mentah atau pemula tindak balas sesuatu proses. Setiap bahan mentah disalurkan kepada suatu proses untuk membina rangkaian biokomoditi-proses-produk (BPP). Oleh itu, beberapa rangkaian BPP dipaparkan pada satu kerangka. Keutamaan diberikan kepada produk yang telah dikomersial seperti perabot dan produk berprestasi setara dengan produk di pasaran.



Rajah 1: Konsep visualisasi umum pengurusan sumber kitaran. Komoditi yang berpotensi bagi penghasilan produk ditunjukkan dengan abjad A hingga L. Imej sisa diletakkan pada gegelung sebagai panduan bagi pembangunan BPP

Kerangka yang mengambilkira kitaran bahan tuaian utama (gegelung di sebelah kiri) dan kitaran sisa ladang secara berkembar membentuk gegelung di sebelah kanan. Dua kitaran ini menghasilkan model lemniskat seperti paparan Rajah 1. Spesifik terhadap produk sampingan daripada kebun getah, hanya kitaran kayu getah (*rubberwood*) yang tersisa di ladang getah ditunjukkan pada kerangka BPP. Simbiosis industri yang menjadi tunggak bioekonomi kitaran membentuk kitaran sebelah kanan iaitu sektor pembuatan.

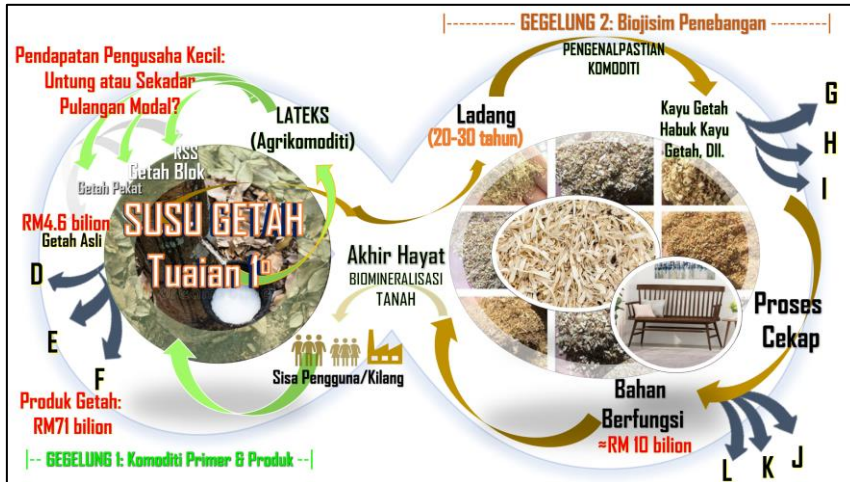
Suntikan Ilmu Bioekonomi Kitaran kepada Kumpulan Sasaran

Analisis perbatuan projek dan mekanisme penyebaran ilmu yang digunapakai dalam projek MAKING4.0 telah dijalankan. Projek tajaan Kesatuan Eropah terhadap perkembangan kurikulum program kerja kursus siswazah bertujuan untuk membawa industri perabot kepada pelaksanaan industri 4.0. Mekanisme infusi pengetahuan diteliti dan disesuaikan bagi sektor penanaman getah. Perancangan strategi suntikan ilmu prelu dinyatakan bagi mengenalpasti sumber tenaga pakar yang dilatih, fasiliti, pencapaian dan hala tuju pendidikan bagi menentukan sejauh mana kita boleh mentransformasikan amalan pengurusan sumber industri getah. Sebagai perintis yang menjuarai amalan dan pengajaran bioekonomi kitaran, pihak EU mengenalpasti keperluan kurikulum untuk mengubah pola pemikiran masyarakat dalam pengurusan sumber.

Analisis dan Perbincangan

Pengorbanan Penguasaha Ladang Getah Merealisasikan Bioekonomi Kitaran

Analisis model pada Rajah 2 memperlihatkan sumber pendapatan daripada getah asli, produk berasaskan getah asli dan produk daripada sisa ladang getah pada usia pasca-pengeluaran lateks. Pada gegelung 2, biojisim daripada penebangan kayu getah (Rajah 2) menunjukkan hasil ≈RM10 bilion daripada export perabot kayu getah.



Rajah 2: Model lemniskat hasil pengasingan gegelung berkembar tuaian utama dan produk sampingan. Pembangunan model telah memanfaatkan dapatan Riches dan Gooding, 1952; Shameer et al., 2020; Bernama, 2022b; Ganesh, 2022; Solhi, 2022.

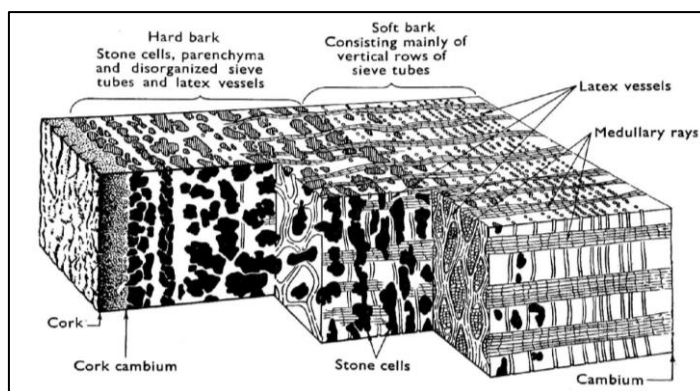
Pada komoditi utama, proses menoreh getah secara langsung bebas daripada pelepasan disebabkan oleh operasi manusia dan tidak terkumpul, sisa kulit kayu diasingkan. Kemahiran penorehan pokok getah menyumbang kepada penyerapan karbon sebagai sisa tidak dikumpulkan secara sistematik untuk kegunaan lain. Sisa torehan mengembalikan nutrien yang diperlukan kepada tanah apabila terbiodegradasi, tidak hanya menyumbang humus kepada tanah malah turut memberikan mineral yang sesuai untuk khasiat tanaman yang berterusan. Gegelung kiri menunjukkan perjalanan tuaian utama, manakala gegelung kanan menandakan produk sampingan yang pernah disalurkan ke tapak pelupusan sampah, dibakar, dijual sebagai kayu api dan pada skala kecil, digunakan dalam pembuatan perabot. Kini, sisa secara aktif disalurkan kepada pembuatan perabot pada anggaran nilai RM1000 setiap tan. Sama ada dari gegelung kanan atau kiri, komoditi bukan makanan memerlukan langkah pemprosesan tambahan sebelum penyerapan karbon kepada tanah. Sementara itu, produk berasaskan getah kebiasaannya dipanjangkan hayatnya melalui penggunaan lanjut. Tayar terpakai boleh dijadikan penghadang jalan (*divider*) dan pemprosesan kimia dan mekanikal memungkinkan pengusaha kebun getah menceburi bidang penghasilan karbon hitam yang juga mempunyai nilai komersial yang tinggi.

Pengusaha Kecil Menanggung Kos Yang Besar

Pengusaha kecil bertanggungjawab terhadap pertumbuhan getah dan produktiviti estet. Hasil estet bergantung kepada komitmen tenaga mahir dalam kalangan

penoreh, operator mesin dan pengusaha ladang. Tidak semudah yang dibayangkan, menoreh getah memerlukan disiplin diri dan kemahiran bagi memastikan aktiviti dijalankan pada waktu yang tepat dan pemotongan senipis 1.5 mm dari lilitan kritikal yang dipanggil kambium. Kemahiran menoreh dapat memastikan pengeluaran lateks yang berterusan dan mengelak kos rawatan yang terpaksa ditanggung sekiranya berlaku kerosakan sel yang menghentikan eksudasi lateks. Penoreh getah berkemahiran dibayar lebih untuk menarik mereka ke sektor pekerjaan yang juga berisiko tinggi.

Rajah 3 menunjukkan anatomi kulit kayu getah yang dihasilkan semula daripada Riches dan Gooding (1952). Dalam proses penorehan yang sebenar, sistem pengumpulan tersuai digunakan untuk pengaliran secara optimum dan bagi mengumpulkan lateks yang akhirnya keras menjadi “cup lump”.



Rajah 3: Sempadan kulit-lateks-kambium yang menuntut kemahiran torehan adalah umpama *debarking* atau proses nyah kulit secara cermat sepanjang 20 tahun tempoh menoreh. Imej daripada Riches dan Gooding (1952).

Penorehan selama 20 tahun mengurangkan kandungan lateks dan menyingkirkan sebahagian struktur permukaan kulit kayu, dan hal ini memudahkan pemprosesan kayu getah kepada bentuk yang lebih mesra untuk dieksport. Pra-pemprosesan tandan segar buah kelapa sawit (FFB) bagi penghasilan tandan buah kosong (EFB) meningkatkan nilai biojisim dan menjadikan EFB lebih praktikal untuk diangkut dan disimpan dengan lebih lama. EFB yang lebih sesuai dieksperimentasi kepada produk bernilai tambah (Ghazali *et al.*, 2021a; Ghazali *et al.*, 2021b) membolehkan penjimatan air dan tenaga berbanding penggunaan FFB yang lebih heterogen dan memerlukan air, bahan kimia dan tenaga secara intensif. Dari sisi ini, proses penorehan telah meningkatkan kecekapan pemprosesan kayu getah sebagai barang dagangan untuk dieksport atau dijadikan perabot. Memandangkan proses penjagaan pokok getah melibatkan kos tertentu, kayu getah yang ditebang perlu diberikan nilai harga yang berpatutan sebagai bayaran balik kepada pengusaha kecil.

Penyerahan secara percuma adalah satu perkara yang tidak adil kepada para pekebun. Penilaian kualiti diperlukan untuk mengimbangi RM1300 setiap tan kayu getah (MTIB, 2022) yang wajar dinaikkan daripada nilai semasa bagi menyalurkan keuntungan yang lebih tinggi kepada pengusaha ladang.

Dengan pengorbanan besar daripada pengusaha kecil, segmen pembuatan perabot dapat menjimatkan kos penyingkiran kulit kayu, kos penyelenggaraan mesin penyingkir kulit dan melaksanakan proses kecekapan sumber melalui habuk kayu getah. Sisa gergaji sebagai produk sampingan yang diperoleh daripada pemprosesan kayu getah adalah bahan mentah yang berguna dalam pembuatan produk panel seperti penghasilan bod gentian. Sisa pemprosesan habuk gergaji kayu getah yang lebih heterogen sesuai bagi penghasilan tenaga bio. Kerangka BPP (Rajah 4) memberi idea untuk penggunaan sisa kebun getah yang mendapat liputan kajian saintifik.

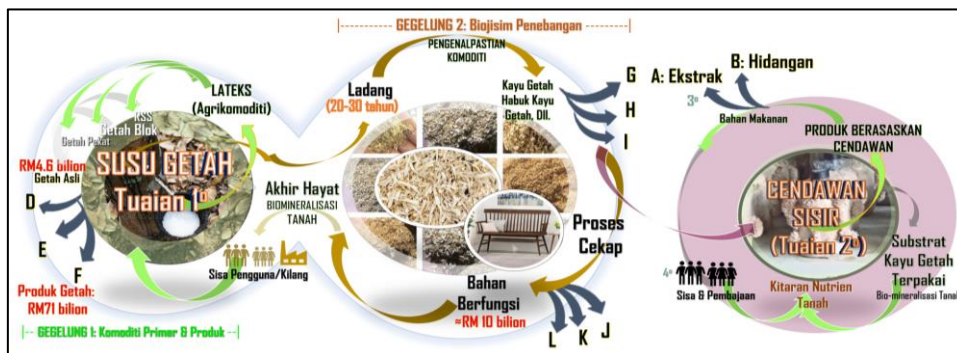


Rajah 4: Kerangka BPP bagi kayu getah bagi produk komersial bernilai tinggi. Rumusan daripada dapatan Ali et al., 2021b; Humberthon et al., 2015; Jawjit et al., 2010; Kumar et al., 2006; Saito, 2018; Shameer et al., 2020; Starpicks, 2022.

Sifat estetik kayu getah yang memikat hati pengguna menjadikan Malaysia dan Thailand bukan sahaja pengeluar getah penting dunia tetapi juga peraih keuntungan daripada industri pembuatan perabot kayu getah. Nilai komoditi yang terkandung dalam kayu getah dan habuk kayu getah membuktikan kecekapan luar biasa menghampiri kriteria bebas sisa (Kumar et al., 2006; Humberton et al., 2015; Oldertreon et al., 2016) sebagai komoditi contoh bagi ekonomi kitaran.

Penternakan Cendawan Sisir atau kulat sisir, *Schizophyllum commune*, boleh diusahakan oleh pekebun kecil getah menggunakan pokok getah yang tersisa selepas tempoh produktif menghasilkan susu getah. Dalam hal ini, penggunaan

halusan kayu getah sebagai substrat pertanian dapat dijadikan model bagi pertanian bertingkat yang mengurangkan kebergantungan terhadap tanah. Kajian perubatan yang membuktikan manfaat anti-kanser yang terdapat pada kulat sisir (Wongaem *et al.*, 2021) juga memungkinkan pekebun getah memperluaskan pendapatan melalui promosi bahan teraputik bagi perubatan alternatif. Diversifikasi aktiviti perladangan getah tersebut juga memungkinkan simbiosis industri yang menghubungkan model asal pada Rajah 2 kepada model kitaran bioekonomi produk berasaskan makanan tanpa gegelung kanan pada Rajah 5.



Rajah 5: Kemunculan gegelung ke tiga hasil diversifikasi aktiviti penanaman menggunakan habuk kayu getah. Penanaman Cendawan Sisir boleh dilakukan secara berintegrasi (*Integrated Business Model, IBM*) atau secara simbiosis industri (*Open Business Model, OBM*).

Di samping itu, sisa kayu biasa digunakan sebagai sumber tenaga bio (Ali *et al.*, 2020). Habuk gergaji daripada proses kayu getah juga diaplikasikan sebagai karbon teraktif yang bernilai tinggi dengan kualiti yang setanding dengan gred komersial (Kumar *et al.*, 2006). Potensi penggunaan habuk gergaji kayu getah sebagai karbon teraktif memberikan harapan bagi penyelesaian isu pelepasan gas rumah hijau melalui asap lembaran getah (RSS), getah pekat dan penghasilan blok getah seperti yang telah diterangkan oleh Jawjit dan rakan-rakan (2010). Situasi ini membuktikan manfaat model ekonomi kitaran sebagai penunjuk arah sumber kekayaan yang besar daripada produk sampingan G, H dan I untuk menghasilkan produk yang boleh dipasarkan J, K dan L, yang digambarkan dalam Rajah 2, 4 dan 5.

Ekonomi Kitaran: Sokongan Separa Segmen Hiliran

Analisis menunjukkan beban serampang tiga mata ditanggung oleh pengusaha kecil getah dunia dan merumuskan peluang dan kekuatan yang boleh dimanfaatkan untuk meningkatkan penglibatan pengusaha getah semaksimum mungkin di sektor hiliran. Cabaran-cabaran yang dihadapi oleh penoreh getah juga termasuk pengusaha kecil ialah kos pengoperasian, kecederaan, penyakit dan stamina atas faktor usia.

Memandangkan modal operasi dan penyelenggaraan tinggi, penurunan harga getah dunia memberikan tamparan hebat kepada pengusaha ladang kecil. Kos pembajaan, bahan kimia rumpai dan pengangkutan lateks (“Mobiliti”, Rajah 6) serta pemprosesan menafikan pendapatan tinggi bagi penoreh getah dan hal ini tidak menarik generasi baru untuk terus berkecimpung dalam sektor penanaman getah. Rajah 6 mengklasifikasikan bebanan yang dapat diringankan dengan segera sebagai “Kekurangan”. Setiap cabaran daripada kekurangan pada Rajah 6 boleh ditangani dengan “Kekuatan” kerana kemudahan, insentif dan teknologi yang telah sedia-ada. Pendekatan bersifat transformatif yang memakan masa sebelum dapat dilaksanakan dirangkum sebagai “Peluang”.



Rajah 6: Kekuatan dan peluang yang boleh dimanfaatkan dalam menangani kelemahan dan cabaran industri huluan getah. Rumusan berasaskan pelaporan (Noraida & Abdul Rahim, 2015; Tan et al., 2019; Kamil et al., 2020; Raghavendran, 2020; Bernama 2022b; Ng & Hamdan, 2022; Yang et al., 2022).

Jentera Mudah Alih

Peralihan kepada penggunaan mesin torehan mudah-alih dapat mengurangkan kos berkait rapat dengan penyelenggaraan kebun dan pekerja. Aktiviti menoreh yang dilakukan secara laju dapat memastikan daya pengeluaran yang tinggi dan mengurangkan kebergantungan terhadap tenaga manusia. Proses torehan yang kurang meletihkan ini merupakan inovasi milenium (Kamil et al., 2020; Raghavendran, 2020) yang sedia digunakan dalam sektor getah. Penerapan proses penorehan yang lebih cekap membolehkan pengurangan saiz buruh, yang

seterusnya dapat mengurangkan kos buruh dan kos penjimatan ini perlu dibandingkan dengan kos baharu daripada penyelenggaraan dan bahan api mesin torehan getah. Penorehan menggunakan alat kawalan jauh memerlukan inovasi, modal dan infrastruktur digital, yang tidak mungkin dapat diwujudkan segera walaupun sudah dibangunkan di China. Sistem analog (Kamil *et al.*, 2020; Raghavendran, 2020) yang telah membantu pengusaha kecil getah di negara seperti China dan India perlu diadaptasi. Dalam hal ini, Yang dan rakan-rakan (2022) membentangkan beberapa pilihan kaedah torehan robotik dan membandingkan literatur amalan torehan getah secara torehan tradisional dan torehan menggunakan mesin yang jauh lebih produktif dan meringankan tugas torehan. Dengan perancangan yang lebih terkoordinasi, pegawai-pegawai Lembaga Getah Malaysia boleh terlebih dahulu dilatih menggunakan teknologi maju ini dan menurunkan ilmu tersebut kepada para pekebun kecil.

Mesin bagi menghasilkan getah lapis, *Rubber Smoked Sheet* (RSS) didatangkan dengan pelbagai konfigurasi khas dengan pilihan pengeluaran 100 ke 1200 kg/jam. Penggunaan jentera secara berintegrasi dengan ladang getah dapat mengurangkan kebergantungan kepada kilang-kilang. Analisis ekonomi diperlukan untuk mengesahkan keuntungan, kerugian dan kadar pulangan. Jentera bersepadu untuk pemrosesan kayu getah yang ditebang juga adalah salah satu cara untuk meningkatkan keuntungan. Kayu pra-proses dapat dipasarkan pada harga yang lebih tinggi. Walaubagaimanapun, hal ini tertakluk kepada kemampuan pengusaha kecil. Analisis ekonomi bagi proses alternatif ini turut perlu diteliti. Kerangka BPP khusus bagi pilihan pra-pemrosesan kayu getah atau sejauh mana pemrosesan boleh dijalankan, diperincikan dan dianalisis bagi memperoleh pilihan terbaik sebagai penyelesaian yang menguntungkan.

Intervensi Pihak Berwajib

Antara isu teknikal yang memerlukan campur tangan kerajaan ialah pagedaran klon getah produktif, kawalan harga getah dan cukai penggunaan dan kemasukan getah import. Klon produktif dapat meningkatkan penghasilan lateks daripada yang sedia ada iaitu 30% kepada 50% dengan peningkatan genetik biosintesis poli-isoprena (Sugebo *et al.*, 2022). Memandangkan kesesuaian menoreh pada usia pokok matang (lima hingga tujuh tahun), dengan menanam klon getah hari ini memungkinkan peningkatan penghasilan kepada 50% pada 2027. Dengan intervensi terdahulu (Jentera bersepadu ladang), kos pembajaan dan kawalan rumpai mungkin boleh ditanggung. Penambahbaikan dalam agronomik adalah penting untuk produktiviti pokok getah. Gabungan intervensi yang dinyatakan menyasarkan penghasilan lateks secara teori sebanyak 7 000-12 000 kg/ha/tahun (Ali *et al.*, 2020; Sugebo *et al.*, 2022) daripada klon getah.

Pemasaran getah asli melalui sistem “Broker” atau “Dealer” merupakan punca harga getah menjadi rendah. Seseorang perantara akan membeli getah asli pada harga lantai yang membolehkan pemprosesan lanjut mengaut keuntungan yang tinggi. Getah yang diproses disalurkan kepada sektor pembuatan (tayar, contohnya) melalui kontrak perjanjian. Penstrukturan semula rantaian nilai boleh menyelesaikan isu secara tempatan dan perspektif global tentang kawalan harga, melangkaui prinsip permintaan dan penawaran. Hal ini perlu diperhalusi di peringkat kementerian komoditi dan perindustrian. Pensijilan “Kelestarian Industri” juga boleh dijadikan prasyarat FSC (*Forestry Stewardship Council*) dan dapat memberikan arahan tidak langsung kepada sektor pembuatan bagi mematuhi ketetapan rantaian bekalan yang jelas. Pendekatan ini perlu diwujudkan demi memartabatkan usaha dan kegigihan pengusaha kecil penanaman getah. Dalam kekaburan sistem rantaian bekalan sedia ada, harga menjadi parameter di luar kawalan dan digunakan sebagai penetapan piawai dan hala tuju produktiviti bagi pengusaha kecil.

Dasar percukaian yang ketat ke atas getah asli yang diimport untuk segmen hiliran membolehkan kawalan terhadap permintaan lateks tempatan. Pembuatan produk berasaskan getah dan kayu getah perlu diikat dengan komitmen untuk membeli komoditi tempatan secara langsung daripada pengusaha ladang getah bagi membolehkan pengusaha ladang meraih keuntungan yang lebih. Pengurangan cukai boleh ditawarkan sebagai insentif kepada kumpulan solidariti segmen hiliran yang membeli terus komoditi daripada pengusaha kecil.

Peningkatan Kemahiran: Model Perniagaan Berasaskan Getah

Model bisnes adalah perspektif terkini untuk menilai keuntungan, nilai produk dan kreativiti strategi pemasaran nilai (Lange, 2022). Disebabkan aplikasi getah dan kayu getah yang sangat luas, pengetahuan berkaitan reka bentuk produk, pemasangan, dan percetakan 3D amat berguna kepada pengusaha kecil untuk menerokai pembuatan dan pemasaran produk. Reka bentuk luar biasa yang terhasil melalui cetakan 3D perabot merupakan cara untuk menjana keuntungan melalui tawaran kelainan rekabentuk kepada pengguna. Kebolehtindanan, pemasangan sendiri (DIY) dan kepelbagaian fungsi merupakan ciri terkini yang melariskan produk di pasaran. Era pandemik Covid-19 juga telah mencanangkan peningkatan pendapatan negara melalui pemasaran dalam talian sebanyak 30% (Bernama, 2022c) dan perkembangan ini perlu menjadi pembuka-mata kepada semua sektor pembangunan dan pemasaran produk. Model perniagaan “*Add-on*” dan “*Bundle sale*” juga menarik perhatian pengguna dan model “*User-design*” yang kian popular bakal mendominasi pasaran pada fasa Industri 5.0 kelak.

Tempoh peningkatan kemahiran, yang dijadualkan pada musim tiada penorehan getah seperti musin hujan, perlu dimanfaatkan bagi mendapatkan pendedahan kepada strategi mempelbagaikan pendapatan. Pengeluaran karbon hitam yang

daripada tayar terpakai adalah potensi sektor pembuatan yang boleh diterokai. Pada masa ini, India mendahului pengeluaran karbon hitam global. Pada 2019, Malaysia mengeksport getah sebatian karbon hitam kepada 36 negara termasuk Rusia (WITS, 2022), sekaligus melengkapkan bioekonomi kitaran getah.

Pendidikan-Anjakan daripada ekonomi linear kepada bioekonomi kitaran

Program pendidikan dan latihan teknikal dan vokasional (TVET) yang merupakan aliran pendidikan yang secara dinamik ke arah negara berkemahiran tinggi dan berpendapatan tinggi (Krishnan, 2020) boleh dimanfaatkan sebagai strategi jangka panjang untuk memberi impak kepada generasi peneraju industri getah yang akan datang. Program ini berpotensi dikembangkan ke peringkat universiti penyelidikan getah bagi menghasilkan pelapis industri getah moden, berinovasi dan penghasil teknologi. Estet sebagai rumah hijau untuk eksperimen pertumbuhan, kejuruteraan genetik pokok getah akan menghasilkan peningkatan melalui inovasi bagi merapatkan jurang antara praktis dan teori. Manakala terbitan produk baharu daripada sisa produk berasaskan getah mesti disepadukan ke dalam kurikulum.

Pendidikan: Pemerkasaan Industri Getah

Berkesinambungan daripada program TVET, pendidikan peringkat universiti boleh direka bentuk bagi menghasilkan juru fikir dalam kejuruteraan genetik dan robotik yang juga antara pemacu industri getah yang telah dikenalpasti ("Peluang", Rajah 6). Modal insan dan isu keselamatan yang diketengahkan pada Rajah 6 boleh dipinda melalui sistem automasi dan digital industri 4.0. Peningkatan kemahiran berterusan ke arah industri 4.0 akan mengurangkan kebergantungan kepada tenaga manusia, meningkatkan kualiti melalui kejituan dan ketepatan pengeluaran dan mengurangkan isu keselamatan dalam pengurusan konvensional.

Sepertimana dapatan projek MAKING4.0, pengurusan sumber cekap melalui model bisnes CBE dapat mempertingkatkan keuntungan dengan mengoptimumkan sumber dan mengurangkan pembaziran. Wacana PETSAB pula mencadangkan program ijazah tinggi bagi bioekonomi kitaran dan mengesyorkan etika dan integriti sebagai kursus yang wajar diberikan penekanan. Idea terakhir itu amat penting dan mampu merealisasikan "Kelestarian Industri" yang dicadangkan sebelum ini. Sekaligus, pendekatan ini membetulkan isu ketelusan dan kebolehsasaran dalam penyumberan luar getah asli.

Pemahaman asas tentang proses dan fenomena dalam sistem ekonomi kitaran memerlukan ilmu kimia, biologi, kejuruteraan, ekonomi industri dan ekologi. Sektor getah Malaysia memerlukan pendidikan pelbagai disiplin untuk mengubah amalan linear kepada segmen pertanian getah kitaran. Modul MAKING4.0 menekankan penambahbaikan berterusan untuk menerima pakai i4.0 (Modul 6). Sementara itu,

wacana intelek Suruhanjaya Eropah melalui seminar penutup PETSAB menyetengahkan pembelajaran berterusan untuk memupuk keserasian budaya bioekonomi kitaran (Janzik, 2022). Seterusnya, pelbagai mod penerokaan pengetahuan ditakrifkan secara nyata. Kedalaman dan keluasan penguasaan ilmu akan berbeza-beza mengikut keperluan yang berbeza-beza. Pembangunan-semula kemahiran melalui TVET dan pengajian sarjana muda mampu menampilkan pemimpin industri getah melalui pengajian di peringkat pascasiswazah.

Universiti teknikal yang ditetapkan untuk menyediakan komuniti pengamal yang berpengetahuan antara pengusaha kecil getah akan melahirkan lebih banyak inovasi yang dimodelkan oleh pengkaji terdahulu (Kamil et al., 2020; Raghavendra, 2020; Yang et al., 2022). Pendidikan sebagai strategi transformasi, sememangnya dapat menyediakan pelan hala tuju yang jelas bagi merealisasikan masa depan pengusaha kecil getah yang lebih baik.

Kesimpulan dan Cadangan

Sumbangan besar industri getah kepada hasil pendapatan negara dan pengilangan barangan global merupakan nikmat dari hasil bumi yang perlu diagihkan secara saksama kepada pihak yang berhak dan berkepentingan. Di sebalik pergolakan ekonomi global, kemerosotan harga getah asli dan cabaran yang belum terlambat untuk ditangani, pengusaha kecil terus menyumbang 95% hasil keuntungan getah asli negara. Cabaran-cabaran yang dihadapi oleh pengusaha kecil boleh dibantu dengan memudahkan akses kepada jentera yang sesuai dan klon getah produktif untuk menghasilkan getah yang lebih baik demi peningkatan produktiviti dan pendapatan. Analisis bioekonomi kitaran menunjukkan potensi penajaan pendatan besar pengusaha kecil getah melalui penggunaan habuk kayu getah sebagai substrat penanaman cendawan sisir kerana nilai teraputik yang dimiliki komoditi makanan tersebut. Kepelbagaian mata pencarian daripada hasil getah memerlukan usaha jangka panjang melalui peningkatan kemahiran dan pendidikan berterusan mengenai ekonomi kitaran. Sama ada pendekatan segera atau strategi jangka panjang, pemerksaan segmen getah hulu merupakan realiti yang perlu disokong semua pihak demi kelangsungan industri getah negara. Untuk mempercepatkan transformasi, campur tangan kerajaan dan semua pihak berkepentingan diperlukan untuk bekerja secara sinergi ke arah ekonomi kitaran dan kestabilan, bak kata pepatah, bersatu kita teguh, bercerai kita roboh.

Penghargaan

Projek yang dibiayai melalui geran 1001/PTEKIND/8001162 menutup tirai dengan topik bioekonomi kitaran selaras dengan objektif projek menerapkan nilai kemanusiaan dalam proses perindustrian dan *United Nation's Sustainable Development Goal 12, (SDG12), Responsible Consumption and Production.*

Rujukan

- Ali M. F., Akber, M. A., & Abdul Aziz, A. (2020). Assessing Yield and Yields Stability of Heavea Clones in the Southern and Central Regions of Malaysia. *Agronomy*, 127: 102449.
- Ali, M. F., Akber, M. A., & Abdul Aziz, A. (2021a). The dynamics of rubber production in Malaysia: Potential Impacts, challenges and proposed interventions. *Forest Policy and Economics*, 127: 102449.
- Ali, L., Ahmed Baloch, K., Palamanit, A., Raza, S.A., Laohaprapanon, S., & Techato, K. (2021b). Physicochemical Characterisation and the Prospects of Biofuel Production from Rubberwood Sawdust and Sewage Sludge. *Sustainability*, 13: 5942. <https://doi.org/10.3390/su13115942>
- Bernama. (2022a). *Malaysia's palm oil potential remains intact despite softening CPO prices – The Edge Markets*. Akses daripada https://www.theedgemarkets.com/article/zuraida-malaysias-palm-oil-potential-remains-intact-despite-softening-CPO-prices#.Yvm_bMk4dH4.whatsapp
- Bernama. (2022b). *About 400 000 hectares of rubber plantations in Malaysia inactive, with inconsistent production, says minister*. Malay Mail. Akses daripada <https://malaymail.com/news/money/2022/03/13/about-400000-hectares-of-rubber-plantations-in-Malaysia-inactive-with-incon/2047219>
- Bernama. (2022c). *Perniagaan dalam talian tumbuh pesat*. Harian Metro. Akses daripada <https://www.hmetro.com.my/bisnes/2021/01/664332/perniagaan-dalam-talian-tumbuh-pesat>
- Chaturvedi, A., Gaurav, J. K., & Gupta, P. (2017). *The Many Circuits of a Circular Economy*, STEPS Working Paper 94, Brighton: STEPS Centre.
- CIFOR, Centre for International Forestry Research. (2022). *Bioeconomy Solutions. Circular Bioeconomy*. Akses daripada <https://www.cifor.org/cbe>
- EPA, U. S. Environmental Protection Agency (2020). *Overview of Greenhouse Gases* <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- Ganesh, S. (2022). *Msia plans to export RM19b timber products by 2025*. New Straits Times. Akses daripada <https://www.nst.com.my/news/nation/2022/04/787312/msia-plans-export-rm19b-timber-products-2025>

- Ghazali, A., Mohd Salleh, R., Ahmad, M. Q., Azhar, N. H., & Malik, M. F. A. (2021a). Capturing Anthocyanin Immobilization on Rice Through the Ultra-High Resolution Electron Lenses. *Malaysian Journal of Microscopy*, 17(2): 20-31.
- Ghazali, A., Azhar, N. H., Mahmud, S., Muhd Khairudin, M. F. A., Ahmad, I., Rafatullah, M., Zaini, M. A. A., & Yusof, Y. (2021b). Delaminated Cells for Nano-Enabled Inkjet Printability. *Cellulose Chemistry Technology*, 55(9-10): 1071-1081.
- Guillot, J. D. (2022). Circular Economy: Definition, Importance and Benefits. *European Parliament Article*, 14: 41, 201510201ST005603.
- Hashim, A. H., Chong, H. X., & Che W. S. (2018). Young Consumers' Perception towards Zero-waste. *Malaysian Journal of Consumer and Family Economics*, 21: 65-77.
- Humberto, J. E. J., Ohto, J. M., & Ballarin, A. W. (2015). Potential of rubberwood (*Hevea brasiliensis*) for structural use after the period of latex extraction: a case study in Brazil. *J. Wood Science*, 61: 384-390.
- Jaafar, F. (2022). *Rubber Exports Hit RM71 Billion in 2021*. The Malaysian Reserve. Akses daripada <https://themalaysianreserve.com/2022/03/14/rubber-exports-hit-rm71bil-in-2021>
- Janzik, I. (2022). Interdisciplinary Education for the Bioeconomy: Embedding the mindset the mindset of the bioeconomy in the curricula of Higher Education programmes. Promoting Education, Training and Skills Across the Bioeconomy (completion seminar).
- Jawjit, W., Kooze, C., & Rattanapan, S. (2010). Greenhouse Gas Emission from Rubber Industry in Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 18(5): 403-411. <https://doi.org/10.1016/j.jcleapro.200912.003>
- Kamil, M. F. M., Zakaria, W. N. W, Tomari, M. R. M., Tee, K. S., & Zainal, N. (2020). Design of Automated Rubber Tapping Mechanism. International Conference on Technology. *Engineering and Sciences (ICTES) IOP Conf Series Materials Science Engineering*, 917: 012016. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/917/012016>
- Konapala, G., Mishra, A.K., Wada, Y. *et al.* (2020). Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation. *Nat Commun* 11, 3044. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16757-w>

- Krishnan, D. V. (2020). *Malaysia TVET Initiative Proven a Success*. New Straits Times. SEAVET, Southeast Asia TVET Platform Home News. Akses daripada <https://sea-vet.net/news/799-malaysia-s-tvet-initiative-proven-a-success>
- Kumar, B. G. P., Shivakamy, K., Miranda, L. R., & Velan, M. (2006). Preparation of steam-activated carbon from rubberwood sawdust (*Heavea brasiliensis*) and its adsorption kinetics. *Journal of Hazardous Materials*, B136: 922-929.
- Lange, L. (2022). Business Models, Including Higher Value Products for the New Circular, Resource-Efficient Biobased Industry. *Frontiers in Sustainability – Perspective*. <https://doi.org/10.3389/frsus.2022.789435>
- MPIC, Ministry of Plantation Industries and Commodities. (2021). *Cocoa Industry*. Akses daripada <https://www.mpic.gov.my/mpi/en/cocoa-industry#:~:text=The%20coca%20plantation%20area%20in%202021%20is%20%2C955,bean%20grinding%20target%20in%202021%20is%20335%2C000%20tonnes>
- MRC, Malaysian Rubber Council. (2022). *Industry Overview*. Akses daripada https://www.myrubbercouncil.com/industry/malaysia_production.php
- MTIB, Malaysian Timber Industrial Board. (2022). *Timber Prices – MTIB*. Akses daripada <https://www.mtib.gov.my/en/services/promotion/timber-prices>
- Ng, J., & Hamdan, M. A. (2020). *Cover Story: The plight of Malaysia's rubber smallholders*. The Edge Malaysia. Akses daripada https://www.theedgemarkets.com/article/cover-story-plight-malaysia-rubber-smallholders#.Yx_xb1pSFPO.whatsapp
- Noraida, A. W., & Abdul Rahim, A. S. (2014). Supply of Rubber Wood Log in Malaysia. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 4(6): 361-371.
- OEC (2020). Rice in Malaysia. Observatory of Economic Complexity. <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/rice/reporter/mys#:~:text=About,-%23permalink%20to%20section&text=Exports%20In%202020%2C%20Malaysia%20exported%20product%20in%20Malaysia>
- Oldertrean, K., Kittikun, A. H., Phongpaichit, S., Riyajan, S., & Teanpaisal, R. (2016). Treatment of rubberwood (*Heavea brasiliensis*) (Willd. Ex A. Juss.) Mull. Arg. with maleic anhydride to prevent moulds. *Journal of Forest Science*, 62(7): 314-321. <https://doi.org/10.17221/109/2015-JFS>

- Pena, C., Civit, B., Gallego-Schmid, A., Druckman, A., Caldiera-Pires, A., Weidema, B., Mieras, E., Wag, F., Fava, J., Canals, L. M., Cordella, M., Arbuckle, P., Valdivia, S., Fallaha, S., & Motta, W. (2020). Using Lifecycle assessment to achieve a circular economy. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(2): 215-220. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01856-z>
- Raghavendra, P. S. A. (2020). Rubber Tapping Machine. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(6):1235-1238.
- Riches, J. P., & Gooding, E. G. B. (1952). Studies in the Physiology of Latex I. Latex Flow on Tapping – Theoretical Considerations. *The New Phytologist*, 51(1):1-10.
- Saito, O. (2018). Chapter 15 – National Strategy Options for Japan, +`Science for Sustainable Societies – Biofuels and Sustainability: Holistic Perspectives for Policy-making, Takeuchi, K., Syiroyama, H., Saito, O., Matsuura, M. (eds.) Springer, Japan.
- Shameer, S., Buddolla, V., & Lian, B. (2020). Oxalate-carbonate Pathway - Conversion and Fixation of Soil Carbon – A Potential Scenario for Sustainability. *Frontiers in Plant Science*, 11: 591297. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.591297>
- Solhi, F. (2022). *Malaysia gained RM17.9 billion from timber exports in 2021*. New Straits Times. Akses daripada <https://www.nst.com.my/news/nation/2022/01/763184/malaysia-gained-rm179-billion-timber-exports-2021>
- Starpicks. (2022). *MIACES offers the Agri commodity sector new market opportunities*. The Star. Akses daripada <https://www.thestar.com.my/news/nation/2022/07/18/miaces-offers-the-agricommodity-sector-new-market-opportunities>
- Stager, C. (2012). What Happens AFTER Global Warming? *Nature Education Knowledge* 3(10):7.
- Statista. (2022a). *Size of areas planted for palm oil Malaysia 2012-2021*. Akses daripada <https://www.statista.com/statistics/1198337/malaysia-size-of-areas-planted-forpalm-oil/>
- Statista. (2022b). *Export value of cocoa and cocoa based products from Malaysia 2019-2022*. Akses daripada <https://www.statista.com/statistics/1338110/malaysia-export-value-of-cocoa-and-cocoa-based-products/>

- Sugebo, B., B., Yebeyen, D., & Adugna, A. (2022). Latex Yield Variation among *Hevea brasiliensis* clones grown under the agro climate South-West Ethiopia. *Trees, Forest and People*, 9: 100285.
- Tan, P. L., Sahul Hamid, Z. N. S. H., & Abdul-Hamid, N. (2019). Intergenerational Social Economic Mobility among Rubber Tappers in Baling, Malaysia. *Malaysian Journal of Consumer and Family Economics*, 22(1): 1-10.
- TBP, The Borneo Post. (2020). *Export value of Malaysias tropical fruits on the rise* ahmad hamzah. Akses daripada <https://www.theborneopost.com/2020/09/24/export-value-of-malaysias-tropical-fruits-on-the-rise-ahmad-hamzah/>
- TE, TradingEconomics. (2021). *Malaysia Exports of Cocoa and Cocoa Preparations*. Akses daripada <https://tradingeconomics.com/malaysia/exports/cocoa-cocoa-preparations>
- Tiseo, I. (2022). *Value of Natural Rubber exports from Malaysia 2016-2021*. Statista. Akses daripada <https://www.Statista.com>
- Vance, C., Sweeney, J., & Murphy, F. (2022). Space, Time and sustainability: The status and future of life cycle assessment frameworks for novel biorefinery system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 159: 112259
- Wautelet, T. (2018). The Concept of Circular Economy: Its Origin and Its Evolution. Working Paper. <https://doi.org/10.13140./TG.2.2.17021.87523>
- WITS, World International Trade Solutions. (2022). *Rubber; unvulcanised, compounded with carbon black or silica, in primary forms or in plates, sheets or strip imports from Malaysia in 2019*. Akses daripada <https://wits.worldbank.org>
- Wongaem, A., Reamtong, O., & Karnchanatat, A. (2021). Antioxidant Properties of peptides obtained from the split gill mushroom (*Schizophyllum commune*). *Journal of Food Science and Technology*, 58(2), 680-691.
- Workman, D. (2022). *Natural Rubber Exports by Country*. Akses daripada <https://www.worldstopexports.com/natural-rubber-exports-country/>
- WWF, World Wildlife Fund. (2021). *Key Messages: Natural Rubber Report September 2021*.
- Yang, H., Sun, Z., Liu, J., Zhang, Z., & Zhang, X. (2022). The Development of Rubber Tapping Machines in Intelligent Agriculture. *Applied Sciences*, 12, 9304.