

Peran Cengkih Hutan dalam Strategi Pengembangan Perkebunan Cengkih Adaptif terhadap Perubahan Iklim

Sheny Kaihatu^{1*}, Risma Suneth¹, Edwin Waas¹, Maryam Nurdin², Wahid³, Astrid da Costa⁴, Procula R Matitaputty⁴, Rosniyati Suwarda⁵, Kardiyono⁶

¹Pusat Riset Tanaman Perkebunan-BRIN,

²Pusat Riset Ekonomi Perilaku dan Sirkuler-BRIN,

³Pusat Riset Tanaman Pangan

⁴Pusat Riset Peternakan-BRIN

⁵Pusat Riset Teknologi Manufaktur Peralatan-BRIN

⁶Kementerian Pertanian

*Email Korespondensi: shen001@brin.go.id

Abstrak

Maluku memiliki salah satu plasma nutfah cengkih lokal yang oleh masyarakat setempat disebut sebagai cengkih Hutan. Cengkih Hutan tergolong cengkih tipe liar yang ditemukan di beberapa wilayah di Pulau Ambon, Maluku. Perubahan iklim saat ini ditandai oleh peningkatan suhu global, perubahan pola curah hujan, serta meningkatnya frekuensi kejadian cuaca ekstrem telah menjadi tantangan serius bagi keberlanjutan produksi tanaman cengkih (*Syzygium aromaticum* L.) Kondisi tersebut berpotensi menurunkan pertumbuhan, produktivitas, dan kualitas hasil cengkih. Pengembangan varietas cengkih yang adaptif terhadap perubahan iklim menjadi salah satu strategi utama untuk mempertahankan produktivitas dan stabilitas produksi. Dalam konteks tersebut, cengkih hutan memiliki peran penting sebagai sumber plasma nutfah yang menyimpan keragaman genetik dan karakter adaptif yang berpotensi dimanfaatkan dalam program pemuliaan tanaman. Artikel review ini bertujuan untuk mengkaji dan mensintesis berbagai hasil penelitian mengenai potensi cengkih hutan sebagai sumber daya genetik dalam pengembangan varietas cengkih adaptif terhadap perubahan iklim. Kajian dilakukan melalui penelusuran dan analisis literatur yang mencakup aspek keragaman genetik, adaptasi terhadap cekaman lingkungan, ketahanan terhadap hama dan penyakit. Hasil kajian menunjukkan bahwa cengkih hutan memiliki potensi sebagai sumber gen toleransi terhadap kekeringan, suhu tinggi, dan kondisi lingkungan marginal, serta berperan dalam memperluas basis genetik varietas budidaya. Pemanfaatan cengkih hutan melalui eksplorasi, karakterisasi, konservasi, dan integrasi dengan teknologi pemuliaan modern dapat mendukung percepatan perakitan varietas cengkih yang lebih adaptif, produktif, dan berkelanjutan. Oleh karena itu, pelestarian dan pemanfaatan sumber daya genetik cengkih hutan perlu menjadi bagian penting dalam strategi pengembangan perkebunan cengkih di era perubahan iklim.

Kata kunci: Cengkih Hutan, Varietas, Adaptif, Perubahan Iklim

Abstract

Maluku possesses one of the local clove germplasms known by local communities as Forest Clove. Forest Clove is classified as a wild-type clove found in several areas on Ambon Island, Maluku. Current climate change, characterized by rising global temperatures, changes in rainfall patterns, and an increasing frequency of extreme weather events, has become a serious challenge to the sustainability of clove production (*Syzygium aromaticum* L.). These conditions have the potential to reduce the growth, productivity, and quality of clove yields. The development of climate-adaptive clove varieties is one of the main strategies for maintaining productivity and production stability. In this context, forest clove plays an important role as a germplasm resource that preserves genetic diversity and adaptive traits with potential applications in plant breeding programs. This review article aims to examine and synthesize various research findings regarding the potential of forest clove as a genetic resource for developing climate-adaptive clove varieties. The review was conducted through the exploration and analysis of literature covering aspects of genetic diversity, adaptation to environmental stresses, and resistance to pests and diseases. The findings indicate that forest clove has potential as a source of genes for tolerance to drought, high temperatures, and marginal environmental conditions, while also contributing to the expansion of the genetic base of cultivated varieties. The utilization of forest clove through exploration, characterization, conservation, and integration with modern breeding technologies can support the accelerated development of clove varieties that are more adaptive, productive, and sustainable. Therefore, the conservation and utilization of forest clove genetic resources should become an important component of clove plantation development strategies in the era of climate change.

Keywords: Forest Clove, Variety, Adaptive, Climate Change

PENDAHULUAN

Cengkih (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis Indonesia yang memiliki nilai ekonomi, sosial, dan budaya yang tinggi. Indonesia dikenal sebagai pusat asal sekaligus pusat keragaman genetik cengkih, terutama di Kepulauan Maluku yang merupakan habitat alami spesies ini. Kepulauan Maluku, yang mencakup Provinsi Maluku dan Provinsi Maluku Utara di Indonesia, dianggap sebagai pusat asal-usul cengkih dunia (Sundari dkk. 2019; Tamnge & Yusnaini 2021; Mahulette dkk. 2022; Naziella dkk. 2022). Wilayah Kepulauan Maluku diyakini memiliki keragaman cengkih yang signifikan karena perannya sebagai pusat penyebaran cengkih (Alfian dkk. 2019; Hariyadi dkk. 2020; Kembauw dkk. 2021a, 2021b; Wattimena dkk. 2023).

Eksplorasi mengenai keragaman cengkih sebelumnya telah dilakukan di Provinsi Maluku, yang menghasilkan identifikasi beberapa varietas cengkih lokal, antara lain Tuni, Boiselang, Red Zanzibar, White Zanzibar, Bogor, Jinten, Tae, Damar, Cengkih Hutan, dan Raja Mahulette dkk. (2022).

Selain memenuhi kebutuhan industri rokok kretek, cengkih juga dimanfaatkan sebagai bahan baku industri farmasi, kosmetik, pangan, dan minyak atsiri karena kandungan senyawa bioaktif utamanya, yaitu eugenol Salsabila *et al.*, (2023). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa cengkih memiliki kandungan fitokimia dan aktivitas biologis dan daun cengkeh yang sangat beragam sehingga prospeknya terus berkembang di berbagai sektor industri. daun cengkeh mengandung senyawa metabolit sekunder seperti eugenol, flavonoid, tanin, saponin, dan terpenoid yang memiliki potensi aktivitas antimikroba dan antijamur (Rohmah *et al.*, 2018; Tandaju *et al.*, 2017).

Sektor khususnya pertanian cengkih memiliki peranan penting dalam perekonomian Indonesia, khususnya di daerah pedesaan yang banyak memiliki masyarakat yang profesi sehari-harinya adalah seseorang petani Firmansyah, R., *et al.*, (2025). Meskipun memiliki peranan yang sangat penting bagi perekonomian nasional, produktivitas perkebunan cengkih Indonesia masih menghadapi berbagai kendala. Tantangan utama sistem pertanian cengkih saat ini meliputi penuaan tanaman berakibat pada penurunan produktivitas, penggunaan benih yang belum seragam, serangan organisme pengganggu tanaman, serta semakin besarnya tekanan akibat perubahan iklim. Perubahan pola curah hujan, peningkatan suhu udara, dan meningkatnya frekuensi kejadian iklim ekstrem telah memengaruhi proses fisiologis tanaman, terutama pembungaan dan pembentukan bunga, sehingga menyebabkan fluktuasi produksi yang cukup tinggi.

Komoditas pertanian, khususnya cengkih, sangat bergantung pada iklim yang stabil, dan merupakan salah satu komoditas yang paling terdampak Onyeneke dkk., (2023). Cuaca ekstrem mengganggu proses pembungaan dan pascapanen, sehingga menurunkan kandungan minyak atsiri serta

hasil panen secara keseluruhan (Ardiansa dkk., 2025). Penelitian menunjukkan bahwa fase pembungaan cengkih sangat dipengaruhi oleh kombinasi musim hujan dan periode kering yang sesuai; perubahan pola tersebut dapat mengganggu ekspresi gen pembungaan dan keseimbangan fitohormon tanaman.

Dalam menghadapi tantangan tersebut, pengembangan varietas cengkih yang adaptif terhadap perubahan iklim menjadi salah satu strategi yang sangat penting. Upaya tersebut memerlukan sumber daya genetik yang memiliki keragaman tinggi agar tersedia sifat-sifat unggul seperti toleransi terhadap kekeringan, efisiensi penggunaan air, ketahanan terhadap penyakit, serta kemampuan berproduksi pada kondisi lingkungan yang berubah. Salah satu sumber daya genetik yang sangat potensial adalah cengkih hutan yang masih tumbuh secara alami di berbagai kawasan hutan Maluku.

Jenis cengkeh hutan biasanya tumbuh secara alami di dalam hutan dan selama beberapa tahun terakhir ini ketika berbuah, dipanen oleh masyarakat petani setempat untuk dipasarkan. Proses panen dilakukan secara destruktif (merusak) dengan cara memangkas cabang, kemudian pemetikan buah dilakukan di permukaan tanah. Terdapat sebagian petani melakukan pemanenan tanaman cengkeh hutan dengan cara menebang pohon cengkeh dimaksud. Dalam perkembangannya ditemukan tanaman cengkeh hutan tumbuh alami dalam kebun campuran (*agroforestry*) milik masyarakat Kamsurya M *et al.*, (2025).

Cengkih hutan merupakan bagian penting dari plasma nutfah Indonesia yang menyimpan keragaman genetik tinggi akibat proses evolusi alami selama ratusan tahun. Populasi alami tersebut diperkirakan memiliki gen-gen adaptif yang mampu bertahan pada berbagai kondisi lingkungan sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai tetua dalam program pemuliaan tanaman. Pemanfaatan plasma nutfah lokal tidak hanya mendukung pengembangan varietas unggul, tetapi juga menjadi bagian penting dalam konservasi keanekaragaman hayati nasional dan pembangunan perkebunan berkelanjutan.

Sejalan dengan meningkatnya ancaman perubahan iklim global, strategi pengembangan perkebunan cengkih tidak lagi hanya berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga harus memperhatikan aspek ketahanan ekosistem, konservasi sumber daya genetik, dan keberlanjutan sistem produksi. Dalam konteks adaptasi terhadap perubahan iklim, pengembangan perkebunan cengkih memerlukan pendekatan yang lebih komprehensif, tidak hanya melalui penerapan teknologi budidaya, tetapi juga melalui penyediaan benih unggul yang memiliki keragaman genetik luas, pemanfaatan plasma nutfah cengkih hutan, penguatan sistem perbenihan, serta penerapan praktik budidaya yang adaptif terhadap kondisi agroklimat setempat. Strategi tersebut diharapkan mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan, menjaga stabilitas produksi, dan mendukung keberlanjutan sistem perkebunan cengkih Indonesia di masa mendatang.

Makalah ini dibuat dengan tujuan untuk mengkaji potensi cengkih hutan sebagai sumber plasma nutfah, menjelaskan pengaruh perubahan iklim terhadap budidaya cengkih, menganalisis peran cengkih hutan dalam program pemuliaan tanaman dan merumuskan strategi pengembangan perkebunan cengkih yang adaptif terhadap perubahan iklim.

TINJAUAN PUSTAKA

Cengkih (*Syzygium aromaticum*)

Cengkih termasuk dalam famili *Myrtaceae* dan merupakan tanaman rempah asli Indonesia yang telah lama menjadi komoditas perdagangan internasional. Tanaman ini berasal dari Kepulauan Maluku dan kemudian menyebar ke berbagai wilayah tropis. Seluruh bagian tanaman cengkeh—termasuk bunga, gagangannya, dan daun—mengandung minyak atsiri, dengan kadar tertinggi terdapat pada bunganya (12–15%), diikuti gagang (4–4,5%) dan daun (2–2,4%). Minyak ini dikenal sebagai minyak atsiri cengkeh atau eugenol. Eugenol dari cengkeh dapat diubah menjadi senyawa turunan seperti 4-Allyl-2-methoxy-6-sulfonicphenol dan 4-Allyl-2-methoxy-6-aminophenol yang memiliki potensi aplikasi dalam industri makanan, farmasi, dan kosmetik (Amin S dan Rudi Guspihana, 2025).

Selain bunga kering sebagai produk utama, daun, batang, dan buah cengkih juga mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder yang memiliki nilai ekonomi tinggi, terutama eugenol, eugenol asetat, dan β -caryophyllene. Daun cengkih yang sebelumnya dianggap sebagai limbah pertanian diketahui kaya akan minyak atsiri dengan konsentrasi eugenol yang tinggi, menjadikannya bahan baku potensial untuk produk kesehatan yang lebih terjangkau (A.A. Istri Mirah Dharmadew *et al.*, 2025).

Cengkih Hutan Sebagai Plasma Nutfah

Plasma nutfah merupakan sumber daya genetik yang menjadi dasar dalam pengembangan varietas unggul tanaman. Cengkih hutan adalah populasi cengkih yang masih tumbuh secara alami di habitat hutan dan berfungsi sebagai plasma nutfah yang krusial karena menyimpan keanekaragaman genetic dan sifat-sifat unggul alami terutama di Kepulauan Maluku Kamsurya M *et al.*, (2025). Populasi ini mempunyai tingkat variasi genetik yang relatif tinggi karena mengalami proses seleksi alam dalam jangka waktu panjang. Keragaman tersebut tercermin pada karakter morfologi, fisiologi, fenologi, serta kemungkinan variasi genetik yang dapat dimanfaatkan dalam program pemuliaan.

Pemanfaatan plasma nutfah cengkih hutan menjadi sangat penting untuk memperluas dasar genetik varietas budidaya yang saat ini relatif sempit, karena cengkih hutan memiliki substansi pembawa sifat keturunan (genetik) yang penting untuk perbaikan dan kelangsungan hidup tanaman cengkih budidaya di masa depan. Cengkih hutan memiliki keragaman genotipe yang sangat luas dibandingkan

cengkeh yang telah dibudidayakan secara monokultur. Keragaman ini menjadi sumber sifat resistensi terhadap hama dan penyakit.

Plasma nutfah liar sangat dibutuhkan dalam program pemuliaan untuk menyilangkan cengkeh budidaya agar lebih tahan terhadap kekeringan, serangan patogen/hama, atau perubahan iklim. Eksplorasi, karakterisasi, evaluasi, konservasi, dan pemanfaatan plasma nutfah merupakan tahapan yang saling berkaitan dalam menghasilkan varietas unggul yang memiliki produktivitas tinggi sekaligus adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan.

Perubahan Iklim dan Dampaknya terhadap Perkebunan Cengkih

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan terbesar bagi sektor pertanian dan perkebunan. Perubahan iklim yang dimaksud adalah perubahan iklim yang terjadi diatas rata-rata kondisi udara normal atau kondisi udara ekstrim. Peningkatan suhu global, perubahan pola curah hujan, meningkatnya frekuensi kekeringan, serta kejadian cuaca ekstrem menyebabkan perubahan kondisi tumbuh tanaman (Amirudin dan Buhari Umasugi.,2023).

Pada tanaman cengkih, perubahan iklim mempengaruhi proses fisiologis seperti fotosintesis, respirasi, pembentukan bunga, dan perkembangan buah. Pembungaan cengkih memerlukan keseimbangan antara musim hujan dan periode kering selama sekitar dua hingga tiga bulan. Gangguan terhadap pola tersebut dapat menghambat pembentukan bunga dan menyebabkan fluktuasi produksi.

Pemuliaan Tanaman untuk Adaptasi Perubahan Iklim

Pemuliaan tanaman merupakan pendekatan utama dalam menghasilkan varietas yang mampu beradaptasi terhadap perubahan iklim. Pemuliaan tanaman adalah kunci utama dalam menciptakan varietas yang tangguh menghadapi perubahan iklim Byrne PF. (2023). Melalui persilangan, rekayasa genetika, dan bioteknologi, para ilmuwan mengembangkan tanaman dengan daya tahan lebih baik terhadap kekeringan, suhu ekstrem, salinitas tinggi, serta serangan hama dan penyakit.

Program pemuliaan modern memanfaatkan kombinasi seleksi fenotipik dan teknologi molekuler seperti marka SSR, SNP, serta analisis genom untuk mempercepat identifikasi gen-gen unggul. Dalam konteks cengkih, cengkih hutan berpotensi menjadi tetua persilangan karena diduga memiliki sifat toleran terhadap cekaman lingkungan, efisiensi penggunaan air, dan ketahanan terhadap penyakit. Integrasi antara eksplorasi plasma nutfah, konservasi, pemuliaan berbasis marka molekuler, dan sistem perbenihan menjadi fondasi penting dalam menghasilkan varietas unggul adaptif.

Strategi Pengembangan Perkebunan Cengkih Adaptif

Strategi pengembangan perkebunan cengkih adaptif berfokus pada mitigasi perubahan iklim dan fluktuasi pasar. Langkah utamanya meliputi penerapan teknologi budidaya tahan iklim, diversifikasi

produk turunan (seperti minyak atsiri dan farmasi), serta penguatan manajemen rantai pasok untuk menjamin stabilitas pendapatan petani Syarifah AA *et al.*, (2025).

Pengembangan perkebunan cengkih adaptif yang berkelanjutan dapat diwujudkan melalui pilar-pilar strategis yaitu adaptasi iklim dan teknologi budidaya (pemilihan bibit unggul, sistem agroforesti serta pengelolaan tanah dan air), Diversifikasi produk dan Nilai tambah (Pengolahan minyak atsiri dan diversifikasi pasar) serta Penguatan Kelembagaan dan Finansial Petani (Koperasi petani dan Akses Informasi Pasar) dan paling penting adalah dukungan pemerintah dan Kebijakan (Subsidi & Pelatihan dan Infrastruktur Distribusi). Sinergi antara pemerintah, lembaga penelitian, perguruan tinggi, industri, dan masyarakat menjadi faktor kunci dalam mewujudkan sistem perkebunan yang produktif, tangguh, dan berkelanjutan.

PEMBAHASAN

Perubahan Iklim Dan Tantangan Pengembangan Perkebunan Cengkih

Perubahan iklim merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi keberlanjutan sektor perkebunan di daerah tropis dan sudah tentu sangat mengancam produksi cengkih karena tanaman ini sangat sensitif terhadap fluktuasi cuaca ekstrem seperti kekeringan panjang dan curah hujan tinggi (Hatu *et al.*, 2024). Peningkatan suhu permukaan bumi, perubahan pola curah hujan, meningkatnya frekuensi kekeringan, serta kejadian cuaca ekstrem telah mengubah kondisi lingkungan tumbuh berbagai komoditas perkebunan, termasuk cengkih (*Syzygium aromaticum*). Perubahan tersebut tidak hanya memengaruhi produktivitas tanaman, tetapi juga kualitas hasil panen, siklus musim bunga yang tidak menentu, efisiensi penggunaan air, serta dinamika serangan hama dan penyakit Hatu *et al.*, (2024).

Tantangan utama yang dihadapi dalam pengembangan perkebunan cengkih akibat dinamika iklim antara lain:

- Siklus berbunga terganggu. Pembentukan bunga membutuhkan keseimbangan antara periode hujan dan periode kering. Curah hujan yang terlalu tinggi pada fase inisiasi bunga dapat menghambat diferensiasi bunga, sedangkan kekeringan yang berkepanjangan menyebabkan cekaman air yang berujung pada gugurnya bunga dan bakal buah. Kondisi ini mengakibatkan fluktuasi produksi yang cukup besar dari tahun ke tahun.
- Stres Kekeringan. Curah hujan yang tidak merata dan kemarau berkepanjangan memicu cekaman kekeringan, yang menghambat proses fotosintesis, menyebabkan kerontokan bunga dan daun, bahkan mematikan pohon cengkih

- Curah hujan ekstrem dan Kelembaban Tinggi. Hujan lebat di luar musim panen tidak hanya merusak bunga cengkih tetapi juga menjadikan tanah menjadi lembab dan memicu pertumbuhan dan perkembangan penyakit akar dan jamur
- Hama dan Penyakit. Kenaikan suhu global menciptakan lingkungan yang ideal bagi penyebaran dan perkembangan hama penggerek batang dan penyakit busuk akar
- Kualitas Minyak Atsiri. Perubahan pola iklim dapat mempengaruhi kadar senyawa kimia (eugenol) dalam bunga dan daun serta akan berpotensi menurunkan kualitas dan harga jual minyak atsiri dipasaran.

Selain mempengaruhi fase reproduktif, peningkatan suhu udara juga berpengaruh terhadap:

- Laju respirasi. Kenaikan suhu akan mempercepat laju respirasi. Jika laju respirasi lebih cepat daripada pembentukan energi melalui fotosintesis maka tanaman akan mengalami defisit energi dan akan mempengaruhi pembentukan senyawa metabolit sekunder seperti eugenol.
- Efisiensi fotosintesis. Meskipun peningkatan kadar CO₂ di awal dapat memacu fotosintesis, suhu ekstrem di atas rentang optimum (seringkali di atas 35°C) dan kekeringan menyebabkan stomata menutup. Penutupan ini membatasi pasokan CO₂, menurunkan rasio efisiensi fotosintesis, dan merusak enzim serta klorofil.
- Keseimbangan hormon tanaman. Stres akibat perubahan iklim, seperti kekeringan (*drought*) dan suhu tinggi, memicu ketidakseimbangan hormon. Stres memicu lonjakan Asam Absisat (ABA) untuk menutup stomata, yang sering kali diiringi dengan penurunan hormon pertumbuhan seperti *Giberelin* (GA). Eugenol sendiri dapat bertindak sebagai sinyal stres yang merangsang peningkatan hormon adaptasi.
- Pembentukan metabolit sekunder seperti eugenol. Sebagai minyak atsiri esensial yang dihasilkan dari jalur fenilpropanoid, produksi eugenol sangat dipengaruhi oleh stres. Stres ringan hingga sedang (seperti kekeringan awal atau fluktuasi suhu) mungkin mendorong peningkatan produksi eugenol sebagai mekanisme pertahanan. Namun, dalam kondisi cekaman ekstrem seperti kekeringan parah, gelombang panas, dan radiasi UV yang berlebihan, kapasitas daun menurun drastis dan menekan pembentukan eugenol.

Stres lingkungan memicu penurunan produksi metabolit sekunder secara drastis dalam jangka panjang (Mansinhos *et al.*, 2024). Oleh karena itu, strategi adaptasi tidak cukup hanya melalui perbaikan teknik budidaya, tetapi juga memerlukan pengembangan varietas yang memiliki kemampuan beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang berubah.

Cengkih Hutan Sebagai Sumber Plasma Nutfah

Cengkih hutan merupakan populasi alami cengkih yang masih ditemukan di beberapa kawasan hutan di Kepulauan Maluku. Populasi tersebut terbentuk melalui proses evolusi dan seleksi alam dalam waktu yang sangat panjang sehingga memiliki keragaman genetik yang relatif tinggi dibandingkan dengan varietas budidaya. Populasi cengkeh hutan merupakan salah satu sumber plasma nutfah yang sangat penting karena masih mempertahankan variasi genetik alami yang belum banyak mengalami seleksi manusia (Cortes *et al.*, 2014)

Sebagai plasma nutfah, cengkih hutan memiliki nilai strategis karena menjadi sumber alel yang dapat dimanfaatkan dalam program pemuliaan tanaman. Variasi genetik yang terdapat pada populasi alami memberikan peluang untuk memperoleh karakter-karakter unggul, seperti toleransi terhadap kekeringan, efisiensi penggunaan air, ketahanan terhadap penyakit, kemampuan beradaptasi pada berbagai tipe tanah, serta stabilitas produksi pada kondisi iklim yang berubah.

Karakterisasi plasma nutfah dilakukan melalui pendekatan morfologi, agronomi, fisiologi, biokimia, dan molekuler.

Karakter morfologi yang diamati antara lain tinggi tanaman, bentuk dan ukuran tajuk, bentuk daun, warna pucuk, ukuran bunga dan buah, jumlah bunga per tandan, karakter percabangan, waktu berbunga, produktivitas dan kandungan minyak atsiri. Sementara itu, karakter fisiologi meliputi efisiensi penggunaan air, laju fotosintesis, kandungan klorofil, dan respons terhadap cekaman kekeringan.

Keberadaan plasma nutfah cengkih hutan juga memiliki nilai konservasi yang tinggi karena merupakan sumber daya genetik yang tinggi dan tidak dapat digantikan apabila terjadi kehilangan populasi akibat deforestasi, kebakaran hutan, atau alih fungsi lahan. Oleh karena itu, eksplorasi, karakterisasi, konservasi dan pemanfaatan cengkih hutan harus menjadi bagian integral dari program pemuliaan dan pengelolaan sumber daya genetik cengkih di Indonesia.

Keragaman Genetik Cengkih Hutan

Keragaman genetik adalah variasi susunan gen atau alel yang terdapat di dalam maupun antar populasi suatu spesies dan merupakan faktor fundamental dalam keberhasilan program pemuliaan tanaman. Keragaman genetik merupakan aset penting karena menentukan potensi peningkatan produktivitas, kualitas hasil, serta ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik. Semakin tinggi keragaman genetik suatu populasi, semakin besar peluang memperoleh kombinasi sifat unggul yang diinginkan.

Pada populasi cengkih hutan, keragaman terlihat pada berbagai karakter, antara lain:

- ukuran dan bentuk daun;
- warna pucuk daun muda;
- bentuk tajuk dan percabangan;
- ukuran bunga dan jumlah bunga per tandan;
- kandungan minyak atsiri, terutama eugenol;
- umur mulai berbunga; dan
- kemampuan beradaptasi terhadap kondisi lingkungan (Tahan kekeringan, efisiensi penggunaan air, adaptasi pada tanah miskin hara)

Analisis keragaman genetik saat ini semakin berkembang dengan pemanfaatan teknologi marka molekuler seperti *Simple Sequence Repeat* (SSR), *Single Nucleotide Polymorphism* (SNP), dan analisis sekuens DNA. Marka tersebut mampu mengidentifikasi hubungan kekerabatan antaraksesi secara lebih akurat dibandingkan karakter morfologi yang sering dipengaruhi oleh lingkungan.

Informasi mengenai keragaman genetik sangat penting untuk menentukan tetua persilangan, menghindari penyempitan basis genetik, dan menjaga kemurnian varietas dalam sistem perbenihan karena selain nilai strategis, keragaman genetik cengkih hutan menghadapi berbagai ancaman antara lain alih fungsi lahan hutan, penebangan pohon induk, fragmentasi habitat, eksploitasi tanpa usaha konservasi dan perubahan iklim (Muhammed *et al.*, 2026)

Peran Cengkih Hutan dalam Pemuliaan Tanaman

Cengkih hutan (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry) memiliki peran yang sangat penting dalam program pemuliaan tanaman karena merupakan sumber plasma nutfah yang menyimpan keragaman genetik alami. Pemuliaan tanaman bertujuan menghasilkan varietas unggul yang memiliki produktivitas tinggi, mutu hasil yang baik, tahan terhadap hama dan penyakit, serta mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan.

Cengkih hutan mempunyai potensi besar sebagai donor gen atau tetua persilangan untuk memperluas latar belakang genetik varietas budidaya karena menyimpan sifat-sifat adaptif yang berkembang melalui seleksi alam. Program pemuliaan dapat dilakukan melalui tahapan:

1. eksplorasi plasma nutfah;
2. karakterisasi morfologi dan molekuler;
3. evaluasi karakter unggul;
4. seleksi tetua;
5. persilangan terkontrol;

6. seleksi keturunan;
7. uji adaptasi multilokasi; dan
8. pelepasan varietas unggul.

Integrasi teknologi bioteknologi, seperti marka SSR, mempercepat proses seleksi karena identifikasi individu yang membawa gen unggul dapat dilakukan sejak fase bibit tanpa harus menunggu tanaman memasuki fase produksi.

Cengkih hutan memiliki peran yang sangat strategis dalam pemuliaan tanaman karena merupakan sumber keragaman genetik yang kaya dan relatif belum mengalami penyempitan genetik. Populasi ini menyediakan donor gen untuk meningkatkan produktivitas, mutu minyak atsiri, ketahanan terhadap hama dan penyakit, serta kemampuan adaptasi terhadap perubahan iklim.

Konservasi Cengkih Hutan

Konservasi merupakan langkah penting untuk menjamin keberlanjutan pemanfaatan plasma nutfah. Upaya konservasi dapat dilakukan melalui dua pendekatan utama. Pada cengkih hutan, konservasi memiliki beberapa fungsi utama, yaitu:

- menjaga keberlangsungan populasi alami;
- mencegah terjadinya erosi genetik;
- menyediakan sumber gen bagi program pemuliaan tanaman;
- mempertahankan keseimbangan ekosistem hutan tropis;
- mendukung penelitian bioteknologi dan genetika tanaman.

Konservasi in situ dilakukan dengan mempertahankan populasi cengkih hutan pada habitat alaminya sehingga proses evolusi dan adaptasi tetap berlangsung secara alami.

Konservasi ex situ dilakukan melalui pembangunan kebun koleksi, bank plasma nutfah, kultur jaringan, dan penyimpanan materi genetik. Pendekatan ini memberikan jaminan bahwa sumber daya genetik tetap tersedia apabila populasi alami mengalami kerusakan.

Kombinasi kedua pendekatan tersebut menjadi strategi yang paling efektif dalam menjaga keberlanjutan sumber daya genetik cengkih sebagai asset genetic nasional yang mendukung pengembangan perkebunan cengkih di Indonesia secara berkelanjutan.

Strategi Pengembangan Perkebunan Cengkih Adaptif Terhadap Perubahan Iklim

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan utama dalam pengembangan perkebunan cengkih (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry). Peningkatan suhu global, perubahan pola curah hujan, meningkatnya frekuensi kekeringan, serta kejadian cuaca ekstrem dapat memengaruhi pertumbuhan vegetatif, pembungaan, pembentukan bunga, produktivitas, dan kualitas hasil cengkih.

Pengembangan perkebunan cengkik adaptif memerlukan pendekatan yang bersifat terpadu mulai dari konservasi hingga hilirisasi.

Strategi pengembangan perkebunan cengkik yang adaptif terhadap perubahan iklim memerlukan pendekatan terpadu yang menggabungkan inovasi genetik, perbaikan sistem perbenihan, penerapan budidaya berkelanjutan, konservasi sumber daya alam, pemanfaatan teknologi digital, serta penguatan kelembagaan petani. Dalam konteks Indonesia, cengkik hutan memiliki peran sentral sebagai sumber *plasma nutfah* karena menyediakan keragaman genetik yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan varietas cengkik yang lebih toleran terhadap kekeringan, suhu tinggi, dan cekaman biotik. Dengan dukungan penelitian berbasis genomik, seleksi berbantuan marka molekuler, serta kebijakan yang mendukung konservasi dan hilirisasi hasil penelitian, pengembangan perkebunan cengkik adaptif terhadap perubahan iklim dapat meningkatkan produktivitas, daya saing, dan keberlanjutan industri cengkik nasional. Kerangka strategi pengembangan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Komponen Strategis	Tujuan
Pemuliaan tanaman	Menghasilkan varietas adaptif terhadap perubahan iklim
Konservasi plasma nutfah	Menjaga sumber keragaman genetik
Sistem perbenihan	Menyediakan benih unggul bermutu
Good Agricultural Practices	Meningkatkan efisiensi budidaya
Konservasi tanah dan air	Mengurangi dampak kekeringan
Agroforestri	Meningkatkan ketahanan ekosistem
Pengendalian Hama Terpadu	Mengurangi risiko kehilangan hasil
Digital farming	Mendukung pengambilan keputusan berbasis data
Penguatan kelembagaan	Meningkatkan kapasitas adaptasi petani
Riset dan inovasi	Menghasilkan teknologi adaptasi baru

Implikasi Terhadap Ketahanan Perkebunan Nasional

Pemanfaatan cengkik hutan sebagai sumber plasma nutfah memberikan manfaat strategis dalam mendukung ketahanan perkebunan nasional. Varietas adaptif yang dihasilkan diharapkan mampu mempertahankan produktivitas pada kondisi iklim yang berubah, mengurangi risiko gagal panen, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, serta memperkuat daya saing komoditas cengkik Indonesia di pasar global.

Selain manfaat ekonomi, konservasi cengkik hutan juga mendukung pelestarian keanekaragaman hayati, menjaga keseimbangan ekosistem hutan tropis, serta memperkuat upaya mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Oleh karena itu, pemanfaatan cengkik hutan harus dilakukan secara berkelanjutan melalui keseimbangan antara konservasi dan pemanfaatan sehingga sumber daya genetik tersebut tetap tersedia bagi generasi mendatang.

KESIMPULAN

Keberlanjutan pengembangan perkebunan cengkik saat ini menghadapi berbagai tantangan, terutama akibat perubahan iklim yang ditandai dengan peningkatan suhu udara, perubahan pola curah hujan, meningkatnya kejadian kekeringan, dan semakin tingginya intensitas serangan organisme pengganggu tanaman yang berdampak pada penurunan produktivitas, ketidakstabilan pembungaan, serta meningkatnya risiko kegagalan panen. Cengkik hutan dapat dimanfaatkan dalam upaya konservasi sumberdaya genetik baik secara in situ maupun ex situ. Strategi pengembangan perkebunan cengkik adaptif terhadap perubahan iklim perlu dilaksanakan secara terpadu melalui eksplorasi plasma nutfah, karakterisasi morfologi dan molekuler, pemuliaan berbasis marka molekuler, penyediaan benih unggul bersertifikat, penerapan teknologi budidaya spesifik lokasi, serta penguatan kelembagaan petani. Kolaborasi antara pemerintah, lembaga penelitian, perguruan tinggi, sektor swasta, dan masyarakat menjadi faktor penting dalam mewujudkan sistem perkebunan cengkik yang produktif, tangguh, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- A.A. Istri Mirah Dharmadewi, Kadek Yuniari Suryatini, I. Gusti Ayu Rai, I.W. Suanda, Gusti Agung Gede Wiadnyana, I.G.A. Trisna Jayantika. 2025. Uji Efektivitas Ekstrak Daun Cengkik (*Syzygium aromaticum* L.) dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Apergillus Niger*. Jurnal Sains dan Teknologi.14(2): 211-217. DOI : <https://doi.org/10.23887/jst-undiksha.v14i2.96348>
- A Alfian, A S Mahulette, M Zainal, Hardin and A H Bahrin. 2019. Morphological character of raja clove (*Syzygium aromaticum* L . Merr & Perry.) native from Ambon Island. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 343, 012150. doi: [10.1088/1755-1315/343/1/012150](https://doi.org/10.1088/1755-1315/343/1/012150).
- Amiruddin dan Umasugi, B. (2023). Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Cekaman Kekeringan pada Tanaman Perkebunan di Pulau Ternate. Jurnal Pedontropika: Jurnal Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, 9 (1), 22-27. DOI: <http://dx.doi.org/10.26418/pedontropika.v9i1.73649>
- Ardiansa, F., Sabaruddin, L., & Alam, S. (2025). The Effect of Rainfall Anomalies on the Productivity of Clove Plants (*Syzygium aromaticum*) and Management Strategies in Southeast Sulawesi. International Journal of Science, Technology & Management, 6(1), 288–297. <https://doi.org/10.46729/ijstm.v6i1.1219>
- Asri Subkhan Mahulette, Anggra Alfian, Suyadi, Supriyanto, Jonner Situmorang, Avia Jolanda Matatula, Abdul Karim Kilkoda, Jeanne Ivonne Nendissa, Anna Yuliana Wattimena. Type and morphological character of local clove (*Syzygium aromaticum*) from Maluku, Indonesia. Biodiversitas, 23(3), pp.1301–1309. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230314>
- Azzahra Amalia Syarifah * , Eko Yuliarsha Sidhi, Nina Lisanty, Agustia Dwi Pamujiati. 2025. Rantai Nilai Agribisnis Komoditas Cengkik di Kabupaten Trenggalek. Jurnal Agro Industri Perkebunan. 13(2): 125-140. <https://doi.org/10.25181/jaip.v13i2.4133>

- Baiq Adinda Aurelia Salsabila, Amira Fathin Nabila Yusuf, Adinda Citra Renda Gading , Anandito Prabuningrat, Mahacita Andanalusia. *Jurnal Biologi tropis*. 23(1): 169-173. DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v23i1.4561>
- Byrne PF. 2023. Plant breeding for climate change: Opportunities for adaptation and mitigation. In: Volk GM, Moreau TL, Byrne PF. *Conserving and Using Climate-Ready Plant Collections*. Fort Collins, Colorado: Colorado State University. Available from: <https://colostate.pressbooks.pub/climatereadyplantcollections/chapter/plant-breeding-for-climate-change/>
- Cortés-Rojas DF, de Souza CR, Oliveira WP. 2014. Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pac J Trop Biomed*. 4(2): 90-6. doi: [10.1016/S2221-1691\(14\)60215-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(14)60215-X).
- Darwati, Ireng. 2017. *Penekanan Fluktuasi Produksi Cengkeh (Syzygium aromaticum) dengan Mekanisme Fisiologi*. Perspektif, 16(2): 93–101.
- Esther Kemabauw, Asri S mahulette, Anna Yuliana Wattimena, dan Rein Estefanus Senewe. 2021. Analisis Rantai Pasok Komoditas Cengkih Hutan di Maluku. *Journal of Agricultural Socio-Economics (JASE)*, 2(2): 81-87. DOI: <https://doi.org/10.33474/jase.v2i2.13083>
- Fadila Tamnge & Yusnaini. 2019. Kajian etnobotani dan konservasi cengkih Afo di Ternate. *Techno: Jurnal Penelitian*, 8(2): 318–327. DOI: <https://doi.org/10.33387/tjp.v8i2.1385>
- Hariyadi, A S Mahulette , S Yahya and A Wachjar. 2019. Measuring the potential of biomass, carbon storage, and carbon sink of forest cloves. *The 1st International Seminar on Natural Resources and Environmental Management (ISenREM 2019)*, 399, 012063. doi: [10.1088/1755-1315/399/1/012063](https://doi.org/10.1088/1755-1315/399/1/012063).
- Ines Mansihot, Sandra Goncalves and Anabela Romano. 2024. How climate change-related abiotic factors affect the production of industrial valuable compounds in Lamiaceae plant species: a review. *Front Plant Sci*. 15:1370810. doi: [10.3389/fpls.2024.1370810](https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1370810)
- Marwanyani Kamsurya, Samin Botanri, Kamaruddin. 2025. Domestikasi Tanaman Cengkeh Hutan di Pulau Ambon: Telaah Terhadap *Syzygium obtusifolium* L. *Journal of Science and Technology*. 5(2): 121-130. [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Jurnal+Juste+Yani+Edit+5+2%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Jurnal+Juste+Yani+Edit+5+2%20(2).pdf)
- Naziella, Wintari Taurina, W. & Mohamad Andrie. 2022. Characterization of the manufacturing process simplicia *Syzygium aromaticum* as raw material for wound healing drug preparations. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research (JSSCR)*, 4(2):.354–362. DOI: <https://doi.org/10.37311/jsscr.v4i2.14184>
- Onyeneke, C. J., Umeh, G. N., & Onyeneke, R. U. (2023). Impact of Climate Information Services on Crop Yield in Ebonyi State, Nigeria. *Climate*, 11(1): 1–16. <https://doi.org/10.3390/cli11010007>
- Qing Xue, Zedong Xiang, Shengguang Wang, Zhufeng Cong, Peng Gao & Xiaonan Liu. 2022. Recent advances in nutritional composition, phytochemistry, bioactive, and potential applications of *Syzygium aromaticum* L. (*Myrtaceae*). *Frontiers in Nutrition*, 9. DOI: [10.3389/fnut.2022.1002147](https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1002147)

- Rauf A. Hatu, Sainudin Latore , Sahrain Bumulo, Prasetyo Satingi. 2024. Kebertahanan petani cengkeh: Studi kasus di Desa Linawan, Kecamatan Pinolosian, Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan. *Sosiologi Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat SJPPM*. 2(1): 1-13. <http://ejurnal.fis.ung.ac.id/index.php/sjppm/about>
- Rifki Firmansyah, Ellys Rachman, Andi Yusuf Katili. 2025. Faktor-Faktor Penghambat Pemberdayaan Petani Cengkih di Desa Dolong A Kecamatan Walea Kepulauan Kabupaten Too Una-Una. *Public Inspiration: Jurnal Administrasi Publik*. 10(2): 142-151. <https://ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/public-inspiration>
- Rohmah, Z., Purnomo, H., & S Puspitasari, R. (2018). Aktivitas antioksidan dan analisis kandungan senyawa fenolik pada ekstrak etanol berbagai bagian tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum*). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 21(3), 117–123. <https://doi.org/10.14710/jksa.21.3.117-123>.
- Saeful Amin dan Rudi Guspihana. 2025. Tinjauan Kimia Medisinal Potensi Ekstrak Minyak Atsiri Cengkeh (*Syzygium Aromaticum*) Bagi Kesehatan. *Journal of Public Health Science (JoPHS)*. 2(2): 153-159. <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/10.+Saeful+Amin+.pdf>
- Sundari, Nurhasanah, Abdu Mas'ud, Mohamad Amin, Estri Laras Arumingtyas, Rodiyati Azrianingsih. 2019. Update phylogenetic information of the local varieties of cloves (*Syzygium aromaticum*) from North Maluku, Indonesia based on ITS sequences. *Biodiversitas*, 20(6): 1510–1515. DOI: [10.13057/biodiv/d200604](https://doi.org/10.13057/biodiv/d200604)
- Tandaju, R. P., Manginsela, E. P., & Waney, N. F. L. (2017). Dampak Alih Fungsi Lahan Pertanian Cengkeh Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Petani. *Agri Sosioekonomi*, 13(3A). <https://doi.org/10.35791/agrsosek.13.3A.2017.18017>.
- Muhammed Azharudheen T.P, Muhammed Nissar V.A, T.E. Sheeja. 2026. Genome-wide discovery, characterization, and validation of novel SSR markers in clove (*Syzygium aromaticum*) and their application in genetic analysis. *BMC Plant Biol* <https://doi.org/10.1186/s12870-026-09078-5>
- Wattimena, A. Y., Mahulette, A. S., Makaruku, M. H., & Lating, M. F. A. (2023). Morphological Character of Clove “Raja” (*Syzygium aromaticum* L.), Endemic to Maluku, Indonesia. *Journal of Tropical Crop Science*, 10(01): 71–78. <https://doi.org/10.29244/jtcs.10.1.71-78>