

## **ANALISIS SINERGI PERTAMINA DAN TOYOTA DALAM PENGEMBANGAN BIOETANOL: PERSPEKTIF EKONOMI INDUSTRI UNTUK DIVERSIFIKASI ENERGI HIJAU**

**Mifta Khussania**

Program Studi Ekonomi Syari'ah, Sekolah Tinggi Islam Kendal

\*Email Korespondensi: [saniasakira752@gmail.com](mailto:saniasakira752@gmail.com)

**Abstrak** - Studi ini menganalisis kolaborasi antara Pertamina dan Toyota dalam merintis pengembangan bioetanol sebagai alternatif untuk diversifikasi energi yang ramah lingkungan di Indonesia. Mengingat pertumbuhan permintaan energi global yang pesat dan ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil yang semakin berkurang, kerjasama ini diharapkan dapat memperkuat ketahanan energi nasional dan mendorong peralihan ke sumber energi terbarukan. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kualitatif deskriptif, dengan metode studi literatur yang mengumpulkan data sekunder terkait kerjasama antara kedua perusahaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sinergi ini dapat meningkatkan efisiensi pembakaran mesin dan mengurangi emisi gas buang, serta membangun ekosistem yang saling mendukung dari penyediaan bahan baku hingga distribusi. Dengan adanya dukungan dari kebijakan pemerintah yang berkelanjutan, pengembangan bioetanol berpotensi menjadi salah satu pilar penting dalam menciptakan pasar energi yang lebih berkelanjutan. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis berupa pemaparan pola kolaborasi antara sektor energi nasional dan industri otomotif global yang dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam pengembangan energi hijau di Indonesia. Relevansi kerja sama antara Pertamina dan Toyota terletak pada kemampuan sinerginya dalam menghubungkan ketersediaan bioetanol dengan dukungan teknologi kendaraan, sehingga mendorong percepatan pemanfaatan energi terbarukan serta penguatan ekosistem energi yang berkelanjutan dan aplikatif.

**Kata kunci:** Bioethanol, Pertamina, Toyota, Energi hijau, Diversifikasi energi

**Abstract** - This study analyzes the collaboration between Pertamina and Toyota in pioneering the development of bioethanol as an alternative for environmentally friendly energy diversification in Indonesia. Given the rapid growth in global energy demand and the decreasing dependence on fossil fuels, this collaboration is expected to strengthen national energy security and encourage the transition to renewable energy sources. The approach used in this study is descriptive qualitative, with a literature study method that collects secondary data related to the collaboration between the two companies. The results show that this synergy can improve engine combustion efficiency and reduce exhaust emissions, as well as build a mutually supportive ecosystem from raw material supply to distribution. With the support of sustainable government policies, bioethanol development has the potential to become an important pillar in creating a more sustainable energy market. This study provides a practical contribution by explaining the collaboration pattern between the national energy sector and the global automotive industry that can be used as a reference in the development of green energy in Indonesia. The relevance of the collaboration between Pertamina and Toyota lies in its synergistic ability to connect the availability of bioethanol with vehicle technology support, thereby encouraging the acceleration of renewable energy utilization and strengthening a sustainable and applicable energy ecosystem.

**Keywords:** Bioethanol, Pertamina, Toyota, Green Energy, Energy Diversification

### **PENDAHULUAN**

Kebutuhan energi global terus meningkat, dan hingga kini bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi utama yang menggerakkan berbagai sektor penting, termasuk transportasi, industri, dan

pembangkit listrik. Ketergantungan yang besar terhadap bahan bakar fosil membuat banyak negara, termasuk Indonesia, menghadapi tantangan serius dalam menjaga keberlanjutan energi nasional (Fitriyatus Sa'adah, A., Fauzi, A., & Juanda, 2017). Namun, pemanfaatan bahan bakar fosil menimbulkan berbagai masalah. Cadangan minyak, gas, dan batu bara semakin menipis akibat konsumsi yang terus bertambah, sementara proses regenerasinya tidak dapat mengimbangi tingkat pemakaian. Selain itu, penggunaan energi fosil menghasilkan polusi udara dan emisi gas rumah kaca yang memperburuk pemanasan global.

Jika energi fosil benar-benar habis, dampaknya akan sangat luas, mulai dari naiknya biaya produksi industri, terganggunya aktivitas transportasi, hingga melemahnya pasokan listrik nasional. Kondisi ini dapat memengaruhi stabilitas ekonomi serta memperlambat pembangunan berbagai sektor. Oleh sebab itu, diperlukan sumber energi alternatif yang lebih bersih, terbarukan, dan dapat diandalkan. Salah satu solusi yang banyak dikembangkan adalah bioetanol. Sebagai bahan bakar terbarukan, bioetanol mampu menjadi pelengkap bahkan pengganti sebagian bahan bakar fosil. Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan bioetanol karena ketersediaan biomassa yang melimpah, seperti tebu, singkong, jagung, serta limbah lignoselulosa (I. G. Wiratmaja & E. Elisa, 2023). Bioetanol menawarkan sejumlah manfaat, antara lain meningkatkan performa mesin, menurunkan emisi, dan lebih aman digunakan karena memiliki titik nyala lebih tinggi. Campuran bensin bioethanol terbukti menghasilkan torsi dan daya yang lebih baik serta konsumsi bahan bakar yang lebih efisien, terutama pada putaran mesin tinggi.

Melihat berbagai potensi tersebut, penelitian mengenai pengembangan bioetanol menjadi semakin penting. Selain untuk diversifikasi energi, kajian ini juga diperlukan untuk mendorong lahirnya inovasi industri hijau yang dapat memperkuat ketahanan energi nasional. Sinergi antara perusahaan energi dan produsen otomotif menjadi strategi penting dalam mempercepat pemanfaatan bioetanol. Kolaborasi antara perusahaan energi (Pertamina) dan industri otomotif (Toyota) dapat dilakukan melalui penyelarasan standar mutu bahan bakar bioetanol dengan pengembangan teknologi mesin kendaraan. Perusahaan energi bertanggung jawab dalam memastikan pasokan dan kualitas bioetanol, sedangkan produsen otomotif mengoptimalkan rancangan mesin agar sesuai dengan penggunaan campuran bioetanol. Kerja sama ini juga mencakup pelaksanaan uji coba kendaraan serta penguatan infrastruktur pendukung guna mempercepat penerapan bioetanol secara luas dan berkesinambungan.

Menurut Sasongko & Setiyono (2024) dari limbah kulit siwalan atau biomassa lainnya memiliki potensi besar sebagai alternatif terhadap energi fosil yang semakin menipis (M. A. P. Sasongko & A. Setiyono, 2024). Penelitian lain juga menegaskan bahwa campuran bioethanol dan bensin mampu meningkatkan performa mesin dan menurunkan emisi, sehingga layak dikembangkan sebagai bagian dari transisi menuju energi terbarukan di Indonesia. Hasil penelitian Farhani (2023) menunjukkan bahwa sekam padi yang merupakan limbah pertanian juga dapat diolah menjadi bioetanol melalui proses hidrolisis dan fermentasi (Farhani, I., Sawitri, I., Hariningsih, P. D., Farida, I., & Sumarna, 2023). Selain itu, penelitian I Gede Wiratmaja (2023) menyatakan bahwa pencampuran bioetanol dengan bensin mampu meningkatkan angka oktan, memperbaiki proses pembakaran, serta menurunkan emisi CO dan HC

Kolaborasi Pertamina dan Toyota dalam mengembangkan bioetanol menjadi salah satu langkah strategis yang patut dianalisis. Kerja sama ini diharapkan mampu membuka peluang baru dalam pengembangan energi hijau sekaligus memberikan nilai tambah bagi industri energi dan otomotif di Indonesia. Dalam upaya mendorong peralihan menuju energi yang berkelanjutan, kerja sama antara Pertamina dan Toyota memiliki posisi strategis karena mampu mengintegrasikan ketersediaan bahan bakar terbarukan dengan pengembangan teknologi kendaraan yang kompatibel. Sinergi ini berperan penting dalam menjawab tantangan dominasi energi fosil di sektor transportasi, sekaligus mempercepat pemanfaatan bioetanol sebagai alternatif energi yang lebih efisien, rendah emisi, dan mendukung penguatan ketahanan energi hijau di Indonesia. Berdasarkan kajian-kajian tersebut, penulis akan membahas "Analisis Sinergi Pertamina dan Toyota dalam Pengembangan Bioetanol: Perspektif Ekonomi Industri untuk Diversifikasi Energi Hijau".

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menerapkan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi literatur, karena kajian berfokus pada penelusuran dan analisis mendalam terhadap data sekunder mengenai kolaborasi Pertamina NRE dan Toyota dalam pengembangan industri bioetanol di Indonesia. Seluruh data diperoleh dari jurnal ilmiah, laporan resmi pemerintah, dokumen perusahaan, serta pemberitaan ekonomi yang kredibel, sehingga memberikan gambaran komprehensif mengenai dinamika kerja sama tersebut. Analisis dilakukan dengan menggunakan perspektif ekonomi industri, terutama konsep

integrasi vertikal, efisiensi pasar, dan inovasi teknologi hijau. Proses analisis mencakup identifikasi konteks industri dan peran kedua perusahaan dalam ekosistem energi dan otomotif nasional, pengaitan teori yang relevan, sintesis temuan literatur, serta penyusunan kesimpulan dan rekomendasi berdasarkan kombinasi teori dan data empiris. Proses analisis literatur dilaksanakan melalui beberapa tahap, dimulai dengan penetapan kata kunci yang berkaitan dengan bioetanol, transisi energi, serta kerja sama antara industri energi dan otomotif. Selanjutnya, sumber pustaka diseleksi berdasarkan tingkat kesesuaian dengan topik penelitian, kredibilitas sumber publikasi, dan kebaruan tahun terbit. Literatur yang terpilih kemudian diklasifikasikan sesuai dengan fokus pembahasan. Tahap berikutnya adalah sintesis informasi dengan melakukan perbandingan antar temuan dari berbagai sumber untuk menemukan pola, persamaan, maupun perbedaan hasil penelitian. Hasil sintesis tersebut dianalisis menggunakan pendekatan ekonomi industri guna memperoleh gambaran yang menyeluruh mengenai peran serta dampak kolaborasi Pertamina dan Toyota dalam pengembangan bioetanol di Indonesia.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Sinergi Pertamina dan Toyota dalam Pengembangan Ekosistem Bioetanol

Kolaborasi antara Pertamina dan Toyota ini mulai muncul sejak keduanya melaksanakan uji coba penggunaan bioetanol pada kendaraan di ajang GIIAS pada tahun 2024. Inisiatif ini kemudian berkembang menjadi kerja sama terstruktur yang menekankan pembentukan rantai ekosistem bioetanol, mulai dari penyediaan bahan baku, peningkatan kapasitas produksi, pengujian performa mesin, hingga penyaluran bahan bakar ke konsumen. Pertamina melalui Pertamina NRE turut memperkuat sisi hulu dengan memanfaatkan fasilitas produksi bioetanol seperti pabrik molase di Glenmore, Banyuwangi, untuk memenuhi kebutuhan uji kendaraan Toyota yang kompatibel (Laily Agustina Rahmawati, 2020).

Kerja sama ini mencerminkan integrasi antara sektor energi dan industri otomotif. Pertamina memperoleh kepastian permintaan untuk produk bioetanol, sedangkan Toyota mendapatkan jaminan ketersediaan bahan bakar alternatif yang mendukung pengembangan teknologi kendaraan berbasis energi lebih bersih. Tujuan utama kemitraan ini adalah mendorong percepatan adopsi energi rendah karbon, menekan penggunaan BBM fosil, serta memperkuat agenda dekarbonisasi transportasi nasional (Putri Dwi Ananda, Masthura, 2023).

Kerja sama kedua perusahaan menunjukkan pentingnya koordinasi lintas sektor untuk mempercepat pengembangan energi baru. Tanpa kepastian suplai dan permintaan, industri seperti bioetanol sulit tumbuh. Sinergi antara Pertamina dan Toyota menjadi bukti bahwa integrasi antara pelaku energi dan otomotif sangat berpengaruh terhadap keberhasilan transisi menuju energi hijau.

Di luar aspek teknis dan ketersediaan pasokan, kolaborasi antara Pertamina dan Toyota turut berkontribusi dalam mendukung pembentukan regulasi dan standar nasional terkait pemanfaatan bioetanol. Data yang dihasilkan dari kegiatan uji coba kendaraan dapat dimanfaatkan sebagai dasar pertimbangan pemerintah dalam merumuskan kebijakan pencampuran bioetanol pada bahan bakar bensin, termasuk ketentuan emisi, spesifikasi kendaraan, serta skema insentif bagi pelaku industri dan konsumen. Dengan demikian, kerja sama ini memiliki implikasi strategis tidak hanya pada tingkat industri, tetapi juga pada penguatan kebijakan energi terbarukan.

Selain itu, kemitraan ini membuka peluang pengembangan industri bioetanol yang berbasis pada sumber daya domestik. Penggunaan bahan baku lokal, seperti molase tebu dan biomassa lainnya, berpotensi meningkatkan nilai tambah sektor pertanian dan agroindustri sekaligus menekan ketergantungan terhadap impor energi fosil. Keterlibatan produsen otomotif memberikan kepercayaan pasar terhadap keberlanjutan pengembangan bioetanol, sehingga mampu mendorong masuknya investasi pada teknologi produksi dan sistem distribusi.

Secara umum, kerja sama Pertamina dan Toyota menegaskan bahwa pengembangan bioetanol memerlukan pendekatan terpadu. Sinergi antara perusahaan energi, industri otomotif, dan dukungan kebijakan menjadi faktor kunci dalam membangun ekosistem energi hijau yang berkelanjutan. Pola kolaborasi ini dapat dijadikan model bagi kemitraan lintas sektor lainnya dalam mempercepat transisi energi serta memperkuat ketahanan energi nasional.

### 2. Dampak Sinergi Bioethanol Dalam Mendorong Energi Transportasi Hijau

Pemanfaatan bioetanol sebagai campuran bahan bakar kendaraan memberikan kontribusi nyata terhadap upaya diversifikasi energi. Bioetanol yang berasal dari sumber biomassa local seperti tebu, singkong, hingga limbah pertanian yang berpotensi menggantikan sebagian konsumsi bensin dan menurunkan ketergantungan terhadap bahan bakar impor. Sejumlah kajian juga menunjukkan bahwa bioetanol meningkatkan kualitas pembakaran, memperbaiki angka oktan, serta membantu mengurangi

emisi gas buang seperti CO dan hidrokarbon (Intan Farhani, Indah Sawitri, Pramita Desi Hariningsih, Ida Farida, 2025). Sinergi antara Pertamina dan Toyota turut memperkuat langkah menuju bauran energi yang lebih ramah lingkungan. Dengan tersedianya kendaraan yang kompatibel dan pasokan bahan bakar alternatif yang stabil, pemerintah terdorong untuk mengembangkan regulasi terkait blending bioetanol, memberikan insentif produksi, serta menyiapkan infrastruktur pendukung. Selain itu, pemanfaatan bioetanol dari bahan baku lokal akan menambah ketahanan energi karena tidak terlalu terpengaruh fluktuasi pasar minyak dunia (Putri Dwi Ananda, Masthura, 2023). Pengembangan bioetanol terbukti membantu menjaga ketahanan energi nasional sekaligus mendorong pemanfaatan energi yang lebih ramah lingkungan. Dengan tersedianya biomassa dalam negeri serta dukungan dari sektor otomotif, proses transisi energi bisa berlangsung lebih cepat. Namun, keberhasilan program ini sangat bergantung pada konsistensi kebijakan pemerintah dan kesiapan industri dalam meningkatkan kapasitas produksinya.

Di samping manfaat ekologis, pengembangan bioetanol melalui kerja sama lintas sektor juga memberikan dampak ekonomi yang cukup besar, terutama bagi sektor pertanian dan industri pengolahan biomassa. Kebutuhan bahan baku bioetanol seperti tebu dan singkong dapat meningkatkan nilai ekonomi komoditas lokal serta menciptakan lapangan kerja baru, khususnya di wilayah pedesaan. Dengan demikian, pengembangan bioetanol tidak hanya berperan dalam menekan emisi, tetapi juga berkontribusi pada pembangunan ekonomi yang berkelanjutan berbasis sumber daya dalam negeri.

Dari perspektif teknologi kendaraan, pemanfaatan bioetanol mendorong peningkatan inovasi mesin agar lebih kompatibel dengan bahan bakar berbasis nabati. Kolaborasi antara produsen otomotif dan penyedia energi memungkinkan pengembangan kendaraan berbahan bakar fleksibel yang mampu menggunakan berbagai kadar campuran bioetanol tanpa menurunkan kinerja mesin. Inovasi ini menjadi strategi penting dalam memperluas penggunaan energi terbarukan di sektor transportasi yang selama ini masih didominasi oleh bahan bakar fosil. Lebih lanjut, penerapan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif sejalan dengan komitmen nasional dalam menurunkan emisi gas rumah kaca dan mendukung agenda transisi energi. Mengingat sektor transportasi merupakan salah satu penyumbang emisi terbesar, penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar campuran dinilai sebagai solusi transisi yang relatif cepat dan lebih mudah diterapkan dibandingkan pengembangan kendaraan listrik yang membutuhkan investasi infrastruktur yang besar.

Namun demikian, pelaksanaan program bioetanol tetap menghadapi sejumlah tantangan, antara lain keberlanjutan pasokan bahan baku, efisiensi biaya produksi, serta potensi konflik dengan kebutuhan pangan. Oleh sebab itu, sinergi antara pemerintah, BUMN energi, industri otomotif, dan sektor pertanian menjadi faktor penentu keberhasilan pengembangan bioetanol secara berkelanjutan. Dengan dukungan kebijakan yang konsisten dan kesiapan industri, bioetanol berpotensi menjadi komponen utama dalam mewujudkan sistem transportasi yang ramah lingkungan sekaligus memperkuat ketahanan energi nasional.

### **3. Tantangan dan Peluang Pengembangan Bioetanol**

Dalam praktiknya, pengembangan bioetanol tidak terlepas dari berbagai hambatan. Tantangan terbesar berada pada biaya produksi yang masih cukup tinggi serta kebutuhan proses pengolahan lignoselulosa yang memerlukan teknologi pretreatment dan hidrolisis enzimatis yang kompleks (Cahyaning Rini Utami, Hapsari Titi Palupi, 2024). Selain itu, ketergantungan terhadap musim, variasi pasokan bahan baku, serta keterbatasan fasilitas penyimpanan dan distribusi menambah beban industri ini. Konflik penggunaan lahan antara kebutuhan pangan dan energi juga menjadi isu yang sering muncul. Walaupun demikian, peluang pengembangan bioetanol di Indonesia sangat besar. Melimpahnya limbah pertanian membuka kesempatan untuk menghasilkan bioetanol tanpa mengganggu sektor pangan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa ampas tebu dapat diolah melalui hidrolisis enzimatis menjadi gula yang siap difermentasi menjadi etanol (Farhani, I., Sawitri, I., Hariningsih, P. D., Farida, I., & Sumarna, 2023).

Walaupun masih menghadapi berbagai kendala teknis maupun struktural, bioetanol tetap memiliki peluang yang sangat besar untuk dikembangkan. Dengan dorongan penelitian, pemanfaatan limbah biomassa, serta kebijakan pemerintah yang mendukung, sektor ini berpotensi tumbuh menjadi salah satu pilar energi masa depan. Beragam tantangan dapat ditekan melalui penguatan rantai pasok biomassa dan peningkatan efisiensi dalam teknologi produksinya.

Selain hambatan yang telah disebutkan, bahwa ada salah satu tantangan utama dalam produksi bioetanol adalah pengolahan biomassa lignoselulosa seperti ampas pisang dan sekam padi, karena struktur kompleksnya yang memerlukan proses pretreatment dan hidrolisis efektif sebelum fermentasi etanol dapat dilakukan (Priharto et al., 2025). Misalnya, penelitian produksi bioetanol dari

batang pisang menunjukkan pentingnya optimalisasi kondisi enzimatik dan pretreatment untuk meningkatkan hasil fermentasi. Ada pula kajian terhadap sekam padi menunjukkan bahwa keberhasilan proses pretreatment sangat menentukan efisiensi pemecahan selulosa menjadi gula fermentabel, yang merupakan tahapan penentu dalam produksi bioetanol (Puspitasari, 2020).

Dalam konteks pasokan bahan baku, sejumlah studi menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi besar dari berbagai limbah pertanian seperti batang pisang, sekam padi, limbah kopi, dan singkong, namun ketersediaan dan kontinuitas pasokan masih menjadi tantangan operasional (Haikal Azmi, Nazla Fauziyah Octaviani, 2025). Variasi seasonal dan distribusi biomassa yang tidak merata dapat berdampak pada stabilitas produksi dan perencanaan kapasitas pabrik bioetanol sehingga perlu adanya sistem rantai pasok biomassa yang lebih terintegrasi.

Tantangan struktural lain berkaitan dengan keekonomian produksi bioetanol, di mana sebagian besar studi desain pabrik bioetanol di Indonesia mencatat bahwa biaya produksi masih tergolong tinggi dibandingkan dengan harga BBM fosil, terutama ketika mempertimbangkan investasi dalam teknologi pretreatment dan fermentasi skala besar (Natalia Sihombing, 2025). Kendala ini diperparah oleh fakta bahwa hanya sebagian kecil pabrik di Indonesia yang mampu menghasilkan bioetanol fuel grade sesuai standar BBM, sementara banyak fasilitas industri masih memproduksi untuk penggunaan non-fuel atau skala kecil (Khabibulloh et al., 2024).

Namun, peluang pengembangan bioetanol di Indonesia sangat besar. Artikel kajian literatur menunjukkan bahwa bioetanol memiliki potensi sebagai alternatif energi masa depan, khususnya sebagai bahan bakar utama kendaraan di Indonesia, dengan keunggulan dalam meningkatkan performa mesin dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Selain itu, penelitian pengabdian masyarakat juga menggarisbawahi peluang pemberdayaan petani melalui pelatihan pengolahan bioetanol dari sumber lokal seperti ubi jalar, yang menambah aspek ekonomi komunitas sekaligus memanfaatkan limbah pertanian secara lebih optimal.

Pendekatan biorefinery dengan memanfaatkan limbah pertanian seperti kulit kopi juga dilaporkan sebagai inovasi yang dapat meningkatkan nilai tambah biomassa, membuka peluang produk sampingan yang bernilai tinggi di luar bioetanol, dan meningkatkan keberlanjutan sistem produksi energi terbarukan ini (Haikal Azmi, Nazla Fauziyah Octaviani, 2025). Sinergi antara penelitian akademik, kebijakan pemerintah mengenai pencampuran bioetanol dalam BBM, serta pengembangan teknologi produksi skala industri menjadi pendorong penting bagi pertumbuhan bioetanol di masa depan.

#### **4. Perspektif Ekonomi Industri dalam Kolaborasi Bioetanol**

Dalam pandangan ekonomi industri, kolaborasi antara Pertamina dan Toyota ini sebagai strategi untuk mengurangi ketidakpastian pasar dalam pengembangan energi terbarukan. Produsen bioetanol memerlukan kepastian permintaan agar investasi pabrik dan teknologi dapat dikembalikan, sedangkan produsen kendaraan memerlukan jaminan pasokan bahan bakar untuk memastikan penerapan teknologi mesin berbasis campuran etanol. Kerja sama ini mengurangi biaya transaksi, menyelaraskan kebutuhan kedua industri, dan membuka ruang bagi inovasi teknologi. Jika pasar bioetanol terus berkembang, pelaku baru dari sektor pertanian, logistik, hingga manufaktur komponen energi hijau akan masuk. Hal ini mendorong persaingan sehat yang dapat memperbaiki efisiensi biaya dan mempercepat inovasi. Pemerintah memegang peran penting dalam mengatur pasar agar tidak didominasi oleh sedikit pelaku sehingga perkembangan industri tetap inklusif dan berkelanjutan.

Dilihat dari perspektif ekonomi industri, bentuk kolaborasi semacam ini memperlihatkan bahwa integrasi vertikal (yaitu koordinasi atau penyatuan pelaku di berbagai tahap rantai produksi agar alur pasok lebih efisien dan stabil) dapat menjadi strategi penting untuk membuka sekaligus menstabilkan pasar energi baru. Ketika kebutuhan produsen energi dan industri otomotif diselaraskan, ketidakpastian pasar dapat berkurang karena kedua pihak memiliki kepastian permintaan dan pasokan. Selain itu, koordinasi yang lebih erat memungkinkan munculnya inovasi yang lebih cepat mulai dari pengembangan teknologi mesin yang kompatibel hingga peningkatan kualitas bahan bakar terbarukan. Kolaborasi ini juga menciptakan ruang berkembangnya ekosistem energi terbarukan yang lebih sehat, karena investasi menjadi lebih terarah, proses distribusi lebih efisien, dan peluang pertumbuhan sektor energi bersih semakin luas.

Dalam kajian ekonomi industri, kolaborasi antara pelaku energi dan otomotif seperti Pertamina dan Toyota bukan sekadar strategi teknis, tetapi juga merupakan bentuk strategic coordination untuk mengurangi risiko pasar dan menciptakan kepastian investasi dalam sektor energi terbarukan. Dalam pasar bioetanol yang masih berkembang, tingkat ketidakpastian permintaan dan pasokan menjadi hambatan utama bagi investor karena investasi di teknologi produksi bioetanol memerlukan modal awal yang besar dan periode pengembalian modal yang panjang. Kepastian permintaan yang muncul dari

adanya janji kolaborasi antara produsen kendaraan dan penyedia bahan bakar membantu menurunkan risiko ini dan memperkuat sinyal pasar yang dibutuhkan oleh pelaku industri (Priharto et al., 2025).

Kolaborasi antara Pertamina dan Toyota dalam pengembangan bioetanol dapat dianalisis menggunakan kerangka teori ekonomi industri, khususnya melalui konsep integrasi vertikal, koordinasi strategis, dan keterkaitan antarsektor. Dalam perspektif ekonomi industri, integrasi vertikal tidak selalu diwujudkan dalam bentuk kepemilikan langsung, tetapi juga dapat terjadi melalui kerja sama strategis yang memungkinkan koordinasi antara pelaku di berbagai tahapan rantai nilai. Pada kasus ini, Pertamina berperan pada sisi hulu dan tengah sebagai penyedia serta pengembang bahan bakar bioetanol, sementara Toyota berperan pada sisi hilir melalui pengembangan teknologi kendaraan yang kompatibel dengan bahan bakar tersebut. Pola kerja sama ini mencerminkan bentuk integrasi vertikal tidak langsung yang bertujuan mengurangi ketidakpastian pasokan, menekan biaya transaksi, serta meningkatkan efisiensi produksi dan distribusi energi. Selain itu, teori koordinasi strategis dalam ekonomi industri menjelaskan bahwa kolaborasi antarperusahaan dapat menjadi alternatif terhadap persaingan murni, terutama dalam industri yang membutuhkan investasi besar dan pengembangan teknologi jangka panjang. Sinergi antara Pertamina dan Toyota memungkinkan adanya penyesuaian strategi antara sektor energi dan otomotif, khususnya dalam pengembangan standar bahan bakar dan spesifikasi teknis mesin kendaraan. Koordinasi ini penting untuk meminimalkan risiko kegagalan pasar, seperti ketidaksesuaian antara ketersediaan bahan bakar bioetanol dan teknologi kendaraan yang mampu menggunakannya secara optimal.

Keterkaitan antarsektor dalam kolaborasi ini juga dapat dipahami melalui konsep spillover teknologi dan inovasi. Kerja sama lintas sektor antara perusahaan energi dan otomotif mendorong terjadinya transfer pengetahuan dan teknologi, baik dalam pengembangan kualitas bioetanol maupun dalam penyesuaian desain mesin kendaraan. Inovasi pada sektor energi, seperti peningkatan efisiensi dan stabilitas kualitas bioetanol, akan berdampak langsung pada sektor otomotif melalui pengembangan mesin yang lebih ramah lingkungan dan efisien. Sebaliknya, kebutuhan teknis dari industri otomotif mendorong sektor energi untuk menyesuaikan standar produksinya, sehingga tercipta hubungan timbal balik yang saling menguntungkan.

Dalam konteks industri di Indonesia, kolaborasi antara Pertamina dan Toyota juga memiliki implikasi strategis terhadap pengembangan industri nasional dan transisi energi. Sinergi ini tidak hanya berkontribusi pada pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, tetapi juga membuka peluang pengembangan industri bioenergi berbasis sumber daya domestik. Dari sudut pandang ekonomi industri, kolaborasi lintas sektor ini berpotensi meningkatkan daya saing industri nasional melalui penciptaan ekosistem inovasi yang terintegrasi antara sektor energi dan otomotif.

Dengan demikian, penerapan teori ekonomi industri dalam menganalisis kolaborasi Pertamina dan Toyota menunjukkan bahwa kerja sama lintas sektor dapat menjadi instrumen strategis untuk mendorong efisiensi, inovasi, dan keberlanjutan industri. Pembahasan ini mempertegas bahwa teori ekonomi industri tidak hanya relevan secara konseptual, tetapi juga aplikatif dalam menjelaskan dinamika praktik industri dan pengembangan teknologi di Indonesia.

Dari perspektif ekonomi industri, kolaborasi semacam ini juga dapat dilihat sebagai bentuk integrasi vertikal yakni koordinasi antara rantai pasok hulu dan hilir yang bergerak menuju koordinasi yang lebih efisien. Integrasi vertikal ini menciptakan keuntungan kompetitif yang dikenal dalam teori ekonomi industri karena dapat menurunkan biaya transaksi dan mengurangi biaya ketidakpastian pasokan, sehingga mendorong efisiensi operasional dan stabilitas harga di pasar bioetanol. Ketika produsen bioetanol dan OEM (Original Equipment Manufacturer) kendaraan menyalurkan kebutuhan mereka, fluktuasi pasar dapat diminimalkan karena kedua belah pihak memiliki kepastian yang lebih tinggi terhadap permintaan dan pasokan produk masing-masing.

Perkembangan pasar bioetanol yang berkelanjutan dapat mendorong masuknya aktor baru di berbagai segmen industri, termasuk sektor pertanian yang memasok bahan baku, sektor logistik yang menangani distribusi biomassa dan bioetanol, serta industri manufaktur komponen teknologi lainnya. Masuknya pelaku baru ini dapat meningkatkan kompetisi sehat, yang dalam teori ekonomi industri dikenal sebagai contestable market pasar yang terbuka bagi pemain baru sehingga mendorong efisiensi biaya, inovasi teknologi, serta diversifikasi produk energi terbarukan.

Dalam konteks kebijakan publik, intervensi pemerintah memiliki peran strategis untuk memastikan bahwa pasar tidak didominasi oleh kelompok tertentu yang kuat (market power) sehingga menyulitkan persaingan dan berpotensi menghambat pertumbuhan industri bioetanol yang inklusif. Regulasi yang tepat dapat mengatur standar kualitas bioetanol, memberikan insentif kepada pelaku kecil dan menengah, serta mendorong alokasi sumber daya yang lebih efisien di seluruh rantai nilai bioetanol. Bentuk kebijakan seperti mandat pencampuran bioetanol dalam BBM juga menciptakan

policy certainty yang lebih kuat sehingga perusahaan dapat merencanakan investasi jangka panjang dengan lebih percaya diri.

Kolaborasi industri yang dipadukan dengan keterlibatan pemerintah dan akademisi juga mempercepat knowledge sharing dan inovasi teknologi. Koordinasi yang lebih erat membuka peluang pengembangan mesin kendaraan yang lebih kompatibel dengan bioetanol dan peningkatan kualitas proses produksi bioetanol itu sendiri, termasuk optimasi proses fermentasi dan efisiensi distribusi. Hal ini selaras dengan pendekatan ekonomi industri yang menekankan pentingnya hubungan antara struktur pasar, perilaku pelaku, dan performa industri secara keseluruhan dengan kolaborasi antar sektor menjadi katalisator inovasi dan penetrasi pasar dalam sektor energi baru terbarukan.

Kolaborasi semacam ini tidak hanya memperkuat pasar bioetanol secara langsung, tetapi juga berkontribusi terhadap perluasan ekosistem energi bersih yang lebih luas, yang mencakup inovasi teknologi, investasi modal, serta penciptaan lapangan kerja baru dalam rantai nilai energi hijau. Hal ini sejalan dengan tujuan strategis ekonomi yang lebih besar untuk mentransisikan sistem energi nasional menuju sumber energi yang berkelanjutan, mandiri, dan kompetitif di tengah tantangan global seperti fluktuasi harga minyak dan perubahan iklim.

## KESIMPULAN

Kolaborasi antara Pertamina dan Toyota menunjukkan bahwa kerja sama lintas sektor merupakan elemen strategis dalam mempercepat pengembangan dan diversifikasi energi hijau di Indonesia. Kemitraan ini tidak hanya berfokus pada pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif, tetapi juga berperan dalam membangun ekosistem industri yang terintegrasi, mulai dari penyediaan bahan baku, proses produksi, pengujian performa kendaraan, hingga penyaluran ke pasar. Sinergi antara sektor energi dan otomotif mampu menciptakan kepastian pasar yang dibutuhkan untuk mendorong pengembangan bioetanol secara berkelanjutan.

Dari perspektif ekonomi industri, kerja sama Pertamina dan Toyota mencerminkan bentuk koordinasi strategis yang dapat menekan biaya transaksi, meningkatkan efisiensi rantai pasok, serta mempercepat inovasi teknologi ramah lingkungan. Kepastian permintaan dan pasokan yang dihasilkan dari kolaborasi ini juga memberikan sinyal positif bagi pelaku usaha dan investor, sehingga berpotensi mendorong keterlibatan aktor lain dalam rantai nilai bioetanol, termasuk sektor pertanian, distribusi, dan industri pengolahan biomassa. Selain memberikan manfaat lingkungan, pengembangan bioetanol berbasis sumber daya lokal turut meningkatkan nilai tambah komoditas domestik serta memperkuat ketahanan energi nasional.

Untuk mempercepat adopsi bioetanol di Indonesia, diperlukan dukungan kebijakan yang lebih konsisten dan terarah. Pemerintah disarankan untuk memperkuat regulasi mandatori penggunaan bioetanol, memberikan insentif fiskal dan nonfiskal bagi produsen serta pengguna bioetanol, serta memastikan kesiapan infrastruktur distribusi dan standar kualitas bahan bakar. Di sisi industri, diperlukan peningkatan investasi pada riset dan pengembangan teknologi produksi bioetanol serta pengembangan mesin kendaraan yang semakin kompatibel dan efisien. Selain itu, perlu didorong kolaborasi lintas sektor yang lebih luas, tidak hanya antara sektor energi dan otomotif, tetapi juga dengan sektor pertanian, riset, dan keuangan, guna membangun ekosistem bioenergi yang berkelanjutan. Dengan sinergi kebijakan dan kolaborasi yang berkelanjutan, bioetanol berpotensi menjadi salah satu pilar utama dalam mendukung transisi energi dan pengembangan industri hijau di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cahyaning Rini Utami, Hapsari Titi Palupi, E. E. (2024). Produksi Bioetanol dari Hidrolisat Ampas Tebu Sistem Selulase B. Subtilis dengan Variasi Waktu dan Jenis Inokulum. *Indonesian Sugar Research Journal (ISRJ)*, 4(2).
- Farhani, I., Sawitri, I., Hariningsih, P. D., Farida, I., & Sumarna, O. (2023). Bioethanol dari Limbah Sekam Padi sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal ENGINE: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 9(1).
- Fitriyatus Sa'adah, A., Fauzi, A., & Juanda, B. (2017). Kebutuhan energi global terus meningkat, dan hingga kini bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi utama yang menggerakkan berbagai sektor penting, termasuk transportasi, industri, dan pembangkit listrik. Ketergantungan yang besar terhadap bahan bakar. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 17(2), 118–137.
- Haikal Azmi, Nazla Fauziah Octaviani, M. (2025). Inovasi Produksi Bioetanol Berbasis Lignoselulosa Limbah Kulit Kopi ( *Coffea sp.* ) dengan Konsep Biorefinery Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Current Biochemistry*, 12(1).

- I. G. Wiratmaja & E. Elisa. (2023). Kajian Peluang Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Utama Kendaraan Masa Depan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 8(1).
- Intan Farhani, Indah Sawitri, Pramita Desi Hariningsih, Ida Farida, O. S. (2025). Bioetanol dari Limbah Sekam Padi sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal ENGINE: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 9(1), 9–16.
- Khabibulloh, M. J. M., Suhartatik, N., & Mustofa, A. (2024). Masa Depan dan Pengembangan Bioetanol di Indonesia The Future and Development of Bioethanol in Indonesia. *AGRITEKNO:Jurnal Teknologi Pertanian*, 13(September), 210–223.
- Laily Agustina Rahmawati. (2020). Studi Literatur Produksi Bioethanol dari Ampas Tebu dengan Metode Pyrolysis. *Jurnal EnviScience*, 4(1), 46–57.
- M. A. P. Sasongko & A. Setiyono. (2024). Inovasi Peralite dan Bioetanol dari *Borassus flabellifer* Linnaeus ( Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi). *Homepage*, 58(3), 127–136.
- Natalia Sihombing, R. N. T. (2026). Prarancangan Pabrik Bioetanol Dari Singkong Dengan Proses Fermentasi Kapasitas 35.000 Ton/Tahun. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, 7(1), 81–86.
- Priharto, N., Setiawan, A., & Astuti, D. I. (2025). Optimized bioethanol production from banana stem waste via simultane - ous saccharification and fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. *Indonesian Journal of Biotechnology*, 30(1), 56–67. <https://doi.org/10.22146/ijbiotech.98638>
- Puspitasari, Y. W. (2020). The Optimazion of Bioethanol Production from Rice Husk using Simultaneous Saccharification and Fermentation Methods. *Indonesian Journal of Chemistry and Environment*, 3(2), 39–44.
- Putri Dwi Ananda, Masthura, A. H. D. (2023). Pemanfaatan Tongkol Jagung Dan Ampas Tebu Dalam Pembuatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Redoks*, 8(2), 135–140.