



Green Innovation Meets Artificial Intelligence: The Strategic Function of Intellectual capital in Emerging Economies

Tri Wahyudi^{1*}, Edy Arisondha², Hana Solihat³, Aliffa Rhevalina Titiantono⁴

^{1,3,4} Akuntansi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

² Keuangan Perbankan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

E-mail Correspondence: tri.wahyudi@untirta.ac.id

Abstract

This study examines the impact of Green product innovation and the adoption of Artificial Intelligence (AI) on competitive advantage, with an emphasis on the moderating role of intellectual capital (IC). Drawing from the Resource-Based View (RBV) framework, the research explores how companies transform intangible assets into strategic capabilities in response to sustainability pressures and digital transformation. A survey was conducted with 150 managers from 60 manufacturing firms in Indonesia, and the data were analyzed using Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). The results show that both green innovation and AI adoption significantly and positively influence competitive advantage. Furthermore, intellectual capital strengthens the effect of green innovation, although it does not show significant moderating effects on AI adoption. These findings highlight the importance of knowledge-based resources specifically human, structural, and relational capital in realizing the strategic benefits of innovation. While AI offers strategic value, its impact is more dependent on organizational readiness and digital infrastructure rather than traditional forms of intellectual capital. This study contributes to the RBV theory by demonstrating the interaction between internal capabilities and innovation strategies in emerging market contexts. Practical implications suggest that firms need to invest not only in innovation but also in developing internal knowledge systems to enhance long-term competitiveness. The limitations of this study lie in its cross-sectional design and the conventional measurement of intellectual capital. Future research is recommended to explore long-term effects and develop digital-based dimensions of intellectual capital.

Keywords: *Artificial Intelligence, Competitive Advantage, Green Innovation, Intellectual capital, Sustainability*

Abstrak

Penelitian ini mengkaji pengaruh inovasi produk ramah lingkungan dan adopsi kecerdasan buatan (AI) terhadap keunggulan bersaing, dengan menekankan peran moderasi dari *intellectual capital* (IC). Mengacu pada pendekatan *Resource-Based View* (RBV), studi ini mengeksplorasi bagaimana perusahaan

mengubah aset tidak berwujud menjadi kapabilitas strategis sebagai respons terhadap tekanan keberlanjutan dan transformasi digital. Survei dilakukan terhadap 150 manajer dari 60 perusahaan manufaktur di Indonesia, dan data dianalisis menggunakan *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa inovasi hijau dan adopsi AI berpengaruh signifikan dan positif terhadap keunggulan bersaing. Selain itu, *intellectual capital* memperkuat pengaruh inovasi hijau, meskipun tidak menunjukkan efek moderasi yang signifikan terhadap adopsi AI. Temuan ini menekankan pentingnya sumber daya berbasis pengetahuan khususnya modal manusia, struktural, dan relasional dalam mewujudkan manfaat strategis dari inovasi. Meskipun AI menawarkan nilai strategis, dampaknya lebih bergantung pada kesiapan organisasi dan infrastruktur digital dibandingkan dengan bentuk IC tradisional. Studi ini memberikan kontribusi teoritis terhadap RBV dengan menunjukkan interaksi antara kapabilitas internal dan strategi inovasi di pasar negara berkembang. Implikasi praktisnya adalah bahwa perusahaan perlu berinvestasi tidak hanya pada inovasi, tetapi juga pada pengembangan sistem pengetahuan internal untuk memperkuat daya saing jangka panjang. Keterbatasan penelitian ini terletak pada desain *cross-sectional* dan pengukuran IC yang masih konvensional. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi efek jangka panjang dan mengembangkan dimensi IC berbasis digital.

Kata kunci: Adopsi AI, Daya saing, Inovasi hijau, *Intellectual capital*, Keberlanjutan

PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur dewasa ini menghadapi tekanan ganda yang berasal dari tuntutan keberlanjutan global dan percepatan transformasi digital. Dalam konteks ini, strategi bisnis tidak lagi hanya berfokus pada efisiensi biaya atau ekspansi pasar, melainkan juga mencakup penerapan inovasi ramah lingkungan dan integrasi teknologi canggih seperti *Artificial Intelligence* (AI). Inovasi produk hijau dan adopsi AI dianggap sebagai kekuatan transformatif yang dapat memperkuat posisi bersaing perusahaan, terutama dalam lingkungan pasar yang dinamis dan penuh ketidakpastian (C.-H. V Chen & Chen, 2021; Fernando et al., 2019).

Di Indonesia, sektor manufaktur menyumbang lebih dari 20% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan menjadi tulang punggung agenda pembangunan nasional. Pemerintah melalui cetak biru "*Making Indonesia 4.0*" mendorong transformasi industri yang berfokus pada efisiensi energi, pengurangan emisi, serta digitalisasi proses produksi (ERIA, 2023). Namun demikian, keberhasilan dalam

mengadopsi inovasi hijau dan teknologi digital sangat dipengaruhi oleh kesiapan sumber daya internal, khususnya modal intelektual. Modal intelektual mencakup pengetahuan kolektif, keahlian teknis, sistem organisasi, dan jaringan eksternal yang memungkinkan perusahaan untuk memanfaatkan inovasi secara strategis (Cabrilo & Dahms, 2020).

Walaupun kajian terdahulu telah membahas pengaruh inovasi hijau dan teknologi terhadap keunggulan bersaing, sebagian besar masih bersifat terpisah dan belum mempertimbangkan secara integratif peran pemoderasi dari modal intelektual. Padahal, integrasi antara inovasi produk yang berorientasi lingkungan dan adopsi AI membutuhkan kemampuan organisasi dalam menginternalisasi pengetahuan, membangun sistem yang adaptif, serta menjalin hubungan eksternal yang produktif. Oleh karena itu, studi ini berangkat dari kebutuhan untuk mengisi kesenjangan teoretis dan empiris terkait sinergi antara inovasi berkelanjutan dan kecanggihan teknologi, serta bagaimana modal intelektual berperan dalam memperkuat efek strategis dari kedua pendekatan tersebut.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh langsung dari inovasi produk hijau dan adopsi AI terhadap keunggulan bersaing, serta mengkaji apakah modal intelektual memperkuat hubungan tersebut. Studi ini difokuskan pada perusahaan manufaktur di Indonesia, mengingat perannya yang signifikan dalam transformasi industri nasional dan tantangan yang dihadapi dalam mengintegrasikan praktik keberlanjutan dan digitalisasi.

Kontribusi yang ditawarkan penelitian ini bersifat multidimensi. Secara teoretis, studi ini memperkaya kerangka *Resource-Based View* (RBV) dengan menggabungkan dimensi keberlanjutan dan digitalisasi dalam model keunggulan bersaing berbasis sumber daya. Secara praktis, temuan penelitian ini memberikan panduan bagi pengambil keputusan dalam merancang strategi inovasi yang selaras dengan kapasitas pengetahuan organisasi. Dalam konteks Indonesia, studi ini menjadi relevan secara kontekstual karena mencerminkan tantangan dan peluang yang dihadapi perusahaan manufaktur di negara berkembang yang sedang bertransisi menuju ekonomi berkelanjutan dan berbasis teknologi tinggi.

Teori *Resource-Based View* (RBV) menekankan pentingnya sumber daya internal yang memiliki karakteristik VRIN (*valuable, rare, inimitable, non-substitutable*) sebagai dasar pencapaian keunggulan bersaing yang berkelanjutan (Barney, 1991). Dalam konteks transformasi hijau dan digital, inovasi produk ramah lingkungan serta adopsi teknologi AI diposisikan sebagai sumber daya strategis yang dapat meningkatkan daya saing, selama perusahaan mampu mengelolanya dengan baik melalui modal intelektual (Hitt et al., 1998).

Green product innovation didefinisikan sebagai penciptaan produk dan layanan yang dirancang untuk meminimalkan dampak lingkungan melalui efisiensi penggunaan sumber daya, desain ramah lingkungan, dan pengurangan limbah (Fernando et al., 2019). Pendekatan ini telah terbukti meningkatkan posisi kompetitif perusahaan melalui efisiensi operasional, loyalitas pelanggan, dan pemenuhan regulasi lingkungan (Afeltra et al., 2022; Camilleri, 2022). Berdasarkan perspektif RBV, inovasi hijau memiliki nilai strategis karena sulit ditiru, tidak mudah digantikan, dan relevan dalam konteks industri berkelanjutan (Lozano & Collazzo, 2021).

Sementara itu, *AI adoption* memberikan peluang untuk menciptakan efisiensi proses, personalisasi layanan, dan pengambilan keputusan berbasis data besar. Namun demikian, efektivitas implementasi AI sangat tergantung pada kesiapan organisasi baik dari sisi teknologi maupun sumber daya manusia (Awad, 2024; Z. Chen et al., 2021). Teknologi AI dianggap sebagai sumber daya VRIN bila didukung oleh infrastruktur digital yang memadai dan budaya organisasi yang mendukung pembelajaran berkelanjutan (Zhao & Dong, 2025).

Modal intelektual, yang terdiri dari human capital, structural capital, dan relational capital, memainkan peran penting sebagai penguat (moderator) dalam hubungan antara strategi inovasi dengan keunggulan bersaing. Modal ini memungkinkan perusahaan untuk menginternalisasi hasil inovasi, menyesuaikan proses, dan menjalin hubungan eksternal yang mendorong difusi inovasi secara efektif (Cabrilo & Dahms, 2020; Indrawati et al., 2024). Dengan demikian, perusahaan yang memiliki modal intelektual yang kuat cenderung lebih mampu

menerjemahkan inisiatif green innovation dan AI *adoption* menjadi keunggulan strategis.

Hipotesis dalam penelitian ini:

H₁ : *Green product innovation* berpengaruh positif terhadap keunggulan bersaing.

H₂ : AI *adoption* berpengaruh positif terhadap keunggulan bersaing.

H_{3a} : Modal intelektual memperkuat hubungan antara *green product innovation* dan keunggulan bersaing.

H_{3b} : Modal intelektual memperkuat hubungan antara AI *adoption* dan keunggulan bersaing.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksplanatori yang bertujuan menguji hubungan sebab-akibat antar variabel. Fokus utama adalah menganalisis pengaruh langsung dari *green product innovation* dan AI *adoption* terhadap keunggulan bersaing, serta mengevaluasi peran moderasi dari *intellectual capital* dalam hubungan tersebut.

Populasi dalam studi ini adalah perusahaan manufaktur yang beroperasi di Indonesia. Teknik *purposive sampling* digunakan untuk memilih perusahaan yang secara aktif mengimplementasikan strategi inovasi ramah lingkungan dan teknologi berbasis AI. Kriteria pemilihan mencakup keterlibatan manajemen dalam pengambilan keputusan strategis serta aksesibilitas untuk partisipasi survei. Sebanyak 150 responden dari 60 perusahaan dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner daring, yang ditujukan kepada manajer tingkat menengah dan atas yang memahami strategi inovasi perusahaan.

Seluruh variabel dalam penelitian ini dioperasionalisasikan berdasarkan konstruk yang telah mapan di literatur terdahulu. Setiap variabel laten diukur secara reflektif melalui beberapa indikator. Definisi operasional untuk masing-masing variabel disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Definisi Operasional Variabel

Konstruk	Definisi Operasional	Indikator	Sumber
Inovasi Produk Hijau (GPI)	Proses perancangan dan pengembangan produk yang bertujuan mengurangi dampak lingkungan	Desain ramah lingkungan, produksi rendah emisi, kemasan dapat didaur ulang	Fernando et al. (2019); Lozano & Collazzo (2021)
Adopsi Kecerdasan Buatan (AIA)	Penggunaan sistem berbasis AI untuk mendukung pengambilan keputusan, operasional, atau interaksi dengan pelanggan	Penggunaan <i>machine learning</i> , otomatisasi proses bisnis, analitik berbasis AI	Chen et al. (2021); Csaszar et al. (2024)
Modal Intelektual (IC)	Kumpulan sumber daya tak berwujud yang mencakup modal manusia, struktural, dan relasional	Keterampilan karyawan, sistem teknologi informasi, kolaborasi eksternal	Cabrilo & Dahms (2020); Desoky & Mousa (2020)
Keunggulan Bersaing (CA)	Kemampuan perusahaan yang dipersepsikan mampu unggul dibandingkan pesaing	Loyalitas pelanggan, kepemimpinan inovasi, keunggulan biaya	Barney (1991); Hitt et al. (1998)

Instrumen penelitian disusun berdasarkan konstruk yang telah tervalidasi dalam literatur sebelumnya, termasuk indikator dari Cabrilo & Dahms (2020), Chen et al. (2021), Fernando et al. (2019). Semua item diukur menggunakan skala *Likert* lima poin, mulai dari 1 (sangat tidak setuju) hingga 5 (sangat setuju). Untuk memastikan keandalan dan validitas, pengujian model pengukuran dilakukan melalui evaluasi reliabilitas komposit, validitas konvergen, dan validitas diskriminan.

Analisis data dilakukan dengan pendekatan *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM) menggunakan perangkat lunak *SmartPLS* versi 4.0. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam mengakomodasi model kompleks dengan jumlah sampel yang relatif kecil serta kemampuannya dalam mengestimasi efek interaksi (moderasi). Evaluasi model dilakukan melalui dua tahap, yaitu model pengukuran (*outer model*) dan model struktural (*inner model*).

Model pengukuran dievaluasi berdasarkan nilai *outer loading* (> 0.70), *Average Variance Extracted* ($AVE > 0.50$), dan reliabilitas komposit ($CR > 0.70$). Model struktural dinilai melalui nilai koefisien determinasi (R^2), *effect size* (f^2), *predictive relevance* (Q^2), serta nilai *Standardized Root Mean Square Residual* (SRMR) untuk menguji kelayakan model secara keseluruhan.

Untuk menguji efek moderasi dari *intellectual capital*, pendekatan produk-indikator digunakan dengan membentuk variabel interaksi antara IC dan masing-masing variabel independen. Signifikansi moderasi diuji menggunakan teknik *bootstrapping* dengan 5.000 resampling. Interpretasi hasil moderasi dilakukan melalui analisis slope sederhana untuk melihat kekuatan dan arah pengaruh dalam berbagai tingkat modal intelektual.

Dengan strategi metodologis ini, penelitian diharapkan mampu mengungkap secara empiris bagaimana peran modal intelektual dapat memperkuat manfaat strategis dari inovasi hijau dan penerapan AI dalam konteks industri manufaktur Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini secara sistematis membahas temuan penelitian untuk menjawab empat rumusan masalah dan menguji empat hipotesis yang diajukan, yaitu mengenai pengaruh *green product innovation* (H₁), *AI adoption* (H₂), serta peran moderasi *intellectual capital* (H_{3a} dan H_{3b}) terhadap keunggulan bersaing.

Penelitian ini mengumpulkan data dari para manajer dan eksekutif yang berasal dari 60 perusahaan manufaktur di Indonesia. Secara keseluruhan, diperoleh sekitar 150 tanggapan, dengan tiap perusahaan diwakili oleh dua hingga lima responden. Keragaman sektor ini memperkuat validitas eksternal hasil penelitian, sehingga temuan dapat digeneralisasi pada berbagai sub-sektor industri manufaktur di negara berkembang (lihat Tabel 2).

Tabel 2. Distribusi Responden Berdasarkan Sektor Industri

No	Sektor	Frekuensi	Persentase (%)
1	Otomotif	9	15.0
2	Elektronik	7	11.7
3	Makanan dan Minuman	10	16.7
4	Farmasi (termasuk herbal)	9	15.0
5	Tekstil dan Aksesori	9	15.0
6	Kimia dan Petrokimia	7	11.7
7	Pertambangan dan Energi	7	11.7
8	Bahan Bangunan	2	3.2
	Total	60	100

Terkait fokus inovasi, sebagian besar perusahaan menunjukkan perhatian utama pada pengembangan produk ramah lingkungan, dengan proporsi sebesar 46,7 persen. Sementara itu, adopsi kecerdasan buatan (AI) menempati posisi berikutnya dengan persentase 16,6 persen. Pola ini mencerminkan kecenderungan yang semakin meningkat di kalangan pelaku industri manufaktur untuk merespons tantangan lingkungan dan perkembangan teknologi melalui strategi inovasi yang terarah dan berkelanjutan.

Dalam pengujian model struktural, tidak ditemukan masalah multikolinearitas karena semua nilai Variance Inflation Factor (VIF) berada di bawah 5. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.644 menunjukkan bahwa 64.4% varians dalam *competitive advantage* dapat dijelaskan oleh *green innovation*, *AI adoption*, dan *intellectual capital* beserta interaksinya. Nilai Q^2 sebesar 0.232 menunjukkan relevansi prediktif yang memadai, dan SRMR sebesar 0.023 mengindikasikan kesesuaian model yang baik.

Analisis model pengukuran menunjukkan bahwa semua konstruk memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas yang disyaratkan. Nilai *Composite Reliability* (CR) dan *Cronbach's Alpha* (CA) untuk semua variabel berada di atas 0.70, mengindikasikan konsistensi internal yang sangat baik. Validitas konvergen diperoleh melalui nilai AVE di atas 0.50, dan validitas diskriminan dikonfirmasi dengan nilai HTMT yang berada di bawah 0.90. Semua indikator memiliki nilai *outer loading* di atas 0.70, memperkuat keabsahan konstruk pengukuran dalam model. (lihat Tabel 3).

Tabel 3. Evaluasi Model Pengukuran: Reliabilitas dan Validitas

<i>Construct</i>	<i>Cronbach's Alpha (CA)</i>	<i>Composite Reliability (CR)</i>	<i>Average Variance Extracted (AVE)</i>
Inovasi Produk Hijau (GPI)	0.896	0.950	0.627
Adopsi Kecerdasan Buatan (AIA)	0.863	0.866	0.631
Modal Intelektual (IC)	0.919	0.961	0.657
Keunggulan Bersaing (CA)	0.815	0.877	0.672

Pengujian hipotesis menunjukkan bahwa inovasi produk hijau dan adopsi kecerdasan buatan (AI) secara signifikan meningkatkan keunggulan bersaing perusahaan (lihat Tabel 4). Hasil ini mendukung Hipotesis H₁ dan H₂ yang dikembangkan dalam penelitian. Selain itu, ditemukan bahwa *intellectual capital* (IC) secara signifikan memoderasi hubungan antara inovasi hijau dan keunggulan bersaing (H_{3a} didukung). Namun, IC tidak berperan signifikan sebagai moderator dalam hubungan antara adopsi AI dan keunggulan bersaing (H_{3b} tidak didukung).

Hasil analisis PLS-SEM menunjukkan bahwa di antara strategi inovasi yang diuji, inovasi produk hijau memiliki pengaruh paling kuat terhadap keunggulan bersaing. Temuan ini sejalan dengan kerangka teori *Resource-Based View* (RBV) serta sejumlah bukti empiris sebelumnya (Afeltra et al., 2022; Mehmood, 2024).

Inovasi hijau tidak hanya merespons tekanan regulasi dan lingkungan, tetapi juga menciptakan kapabilitas khas yang memperkuat nilai tambah dan diferensiasi perusahaan. Koefisien jalur yang tinggi dan signifikan secara statistik untuk inovasi hijau menunjukkan adanya pengaruh langsung yang kuat terhadap keunggulan strategis.

Sebaliknya, meskipun adopsi AI juga memberikan kontribusi positif terhadap keunggulan bersaing, nilai koefisiennya lebih rendah dibandingkan inovasi hijau. Hal ini menunjukkan bahwa dampak AI mungkin lebih kontekstual, bergantung pada kesiapan infrastruktur digital dan kapabilitas internal perusahaan. Temuan ini selaras dengan literatur sebelumnya yang menekankan pentingnya kesiapan teknologi dan kapasitas analitik dalam memaksimalkan manfaat dari adopsi AI (Mehmood, 2024).

Analisis moderasi memberikan dukungan parsial terhadap peran IC. IC memperkuat hubungan antara inovasi hijau dan keunggulan bersaing, terutama pada perusahaan yang memiliki sistem internal yang terstruktur, SDM yang kompeten, dan hubungan eksternal yang kuat. Namun, peran moderasi IC dalam hubungan AI dan keunggulan bersaing tidak terbukti signifikan. Temuan ini mengindikasikan bahwa ukuran tradisional IC (*human, structural, dan relational capital*) mungkin belum mampu menangkap kebutuhan dinamis dari inovasi berbasis AI, khususnya di pasar negara berkembang. Dalam konteks ini, efektivitas

AI lebih ditentukan oleh kesiapan digital, kapasitas infrastruktur data, dan fleksibilitas organisasi (Lozano & Collazzo, 2021).

Secara keseluruhan, hasil ini merefleksikan perlunya redefinisi peran IC dalam era digital. Meskipun IC tetap menjadi fondasi penting, nilai strategisnya kini tergantung pada integrasinya dengan kapabilitas digital. Studi mendatang disarankan untuk mengeksplorasi bentuk baru modal intelektual, seperti literasi algoritmik dan jaringan kolaborasi digital, guna menangkap dinamika daya saing jangka panjang (Mehmood, 2024).

Tabel 4. Ringkasan Hasil Pengujian Hipotesis

Hipotesis	Jalur Hubungan	β	t_{value}	p_{value}	Keputusan
H1	GPI → CA	0.367	4.502	< 0.000	Diterima
H2	AIS → CA	0.256	3.704	< 0.000	Diterima
H3a	GPI × IC → CA	0.130	4.500	< 0.000	Diterima
H3b	AIA × IC → CA	0.053	1.041	0.134	Tidak Diterima

1. Pengaruh *Green Product Innovation* Terhadap Keunggulan Bersaing (H_1)

Hasil pengujian hipotesis menunjukkan bahwa *green product innovation* (H_1) memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap keunggulan bersaing perusahaan, dengan nilai koefisien $\beta = 0.367$ dan tingkat signifikansi $p < 0.001$ (lihat Tabel 4). Temuan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi penerapan inovasi produk hijau, semakin besar pula keunggulan strategis yang diperoleh perusahaan. Inovasi produk hijau tidak hanya menjadi respons terhadap tekanan regulasi atau permintaan konsumen yang sadar lingkungan, tetapi juga menjadi sumber keunggulan kompetitif yang sulit ditiru, sesuai dengan perspektif *Resource-Based View* (RBV) (Barney, 1991).

Temuan ini mendukung dan memperkuat hasil studi Afeltra et al, (2022) dan Mehmood (2024) yang menyatakan bahwa keberhasilan inovasi hijau tidak hanya meningkatkan efisiensi sumber daya, tetapi juga menciptakan persepsi nilai tambah yang positif bagi pelanggan. Inovasi tersebut menjadi pembeda dalam pasar yang semakin kompetitif dan memberikan manfaat reputasional.

Secara teoritis, hasil ini menjawab rumusan masalah bahwa strategi inovasi ramah lingkungan dapat dijadikan sebagai sumber keunggulan bersaing yang

berkelanjutan di sektor manufaktur Indonesia. Implikasi praktisnya adalah bahwa perusahaan perlu terus berinvestasi dalam riset dan pengembangan produk hijau untuk memastikan keberlanjutan posisi kompetitifnya, terutama dalam menghadapi peningkatan regulasi lingkungan global.

2. Pengaruh AI *Adoption* Terhadap Keunggulan Bersaing (H₂)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa AI adoption berpengaruh signifikan terhadap competitive advantage dengan nilai $\beta = 0.256$, $t = 3.704$, dan $p < 0.001$, sehingga Hipotesis H₂ dinyatakan diterima.

Temuan ini mengindikasikan bahwa perusahaan yang mengadopsi teknologi kecerdasan buatan (AI) secara aktif mampu meningkatkan efisiensi, pengambilan keputusan, dan responsivitas terhadap pasar, yang pada akhirnya memperkuat posisi bersaing mereka. Dalam konteks RBV, AI diposisikan sebagai aset strategis berbasis teknologi yang dapat memperkuat kapabilitas internal perusahaan, khususnya dalam pengolahan data dan otomasi proses (Barney, 1991)

Secara empiris, hasil ini konsisten dengan temuan Mehmood (2024) yang menunjukkan bahwa adopsi AI berkorelasi dengan peningkatan efisiensi operasional dan inovasi produk di sektor manufaktur. Adopsi AI memungkinkan perusahaan untuk merespon permintaan konsumen dengan lebih cepat, meningkatkan akurasi produksi, dan mengoptimalkan rantai pasok.

Namun demikian, jika dibandingkan dengan pengaruh green product innovation (GPI), pengaruh AI adoption relatif lebih rendah. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa efektivitas AI sebagai strategi kompetitif sangat bergantung pada kesiapan teknologi, ketersediaan data, dan kapasitas sumber daya manusia dalam mengoperasikan sistem berbasis AI.

Dengan demikian, temuan ini menjawab rumusan masalah bahwa AI adoption memang berperan dalam mendorong competitive advantage, tetapi perannya tidak sekuat inovasi hijau dalam konteks Indonesia saat ini. Secara praktis, perusahaan harus melihat AI bukan hanya sebagai alat, melainkan sebagai bagian dari transformasi organisasi yang memerlukan dukungan budaya digital dan investasi berkelanjutan.

3. Peran Moderasi *Intellectual Capital* Dalam Hubungan *Green product innovation* dan Keunggulan Bersaing (H_{3a})

Hasil pengujian Hipotesis H_{3a} menunjukkan bahwa efek interaksi antara GPI dan IC terhadap CA signifikan ($\beta = 0.130$; $t = 4.500$; $p < 0.001$), yang berarti bahwa IC memang berperan sebagai moderator yang memperkuat hubungan GPI → CA.

Temuan ini mendukung asumsi bahwa keberhasilan strategi inovasi hijau sangat ditentukan oleh ketersediaan dan kualitas modal intelektual perusahaan. Dalam konteks RBV, IC merupakan kumpulan sumber daya strategis tak berwujud termasuk kompetensi SDM (human capital), sistem manajemen pengetahuan (structural capital), dan jejaring eksternal (relational capital) yang memperkuat kemampuan perusahaan dalam merancang, memproduksi, dan memasarkan produk hijau secara berkelanjutan (Bontis et al., 2015).

Dengan kata lain, perusahaan yang memiliki tingkat IC tinggi cenderung lebih mampu memaksimalkan dampak positif dari inovasi produk hijau terhadap pencapaian keunggulan bersaing. SDM yang kompeten dapat mempercepat adaptasi teknologi ramah lingkungan, sistem internal yang kuat memastikan proses inovasi berlangsung efisien, dan kemitraan eksternal mendukung adopsi pengetahuan baru dari lingkungan luar.

Hasil ini juga konsisten dengan temuan studi Afeltra et al, (2022) yang menyatakan bahwa pengaruh inovasi terhadap kinerja hanya akan optimal bila ditopang oleh kapabilitas internal berbasis pengetahuan.

Secara teoretis, temuan ini memperluas cakupan RBV dengan menegaskan bahwa inovasi hijau tidak hanya memerlukan keberadaan teknologi atau strategi produk, tetapi juga infrastruktur pengetahuan dan kemampuan manajerial untuk mengeksekusinya secara efektif. Dalam konteks ini, IC bukan hanya pelengkap, tetapi merupakan penguat strategis yang menjembatani niat inovatif dengan hasil kompetitif yang konkret.

Secara praktis, temuan ini memberikan implikasi penting bagi perusahaan manufaktur di Indonesia: investasi dalam pelatihan SDM, sistem pengelolaan pengetahuan, dan penguatan relasi eksternal akan memperbesar pengembalian

dari strategi inovasi hijau. Tanpa dukungan IC yang memadai, potensi green innovation sulit untuk direalisasikan menjadi keunggulan pasar.

4. Peran Moderasi *Intellectual capital* Dalam Hubungan *AI Adoption* dan Keunggulan Bersaing (H_{3b})

Hasil pengujian Hipotesis H_{3b} menunjukkan bahwa efek interaksi antara AI adoption dan IC terhadap CA tidak signifikan secara statistik ($\beta = 0.053$; $t = 1.041$; $p = 0.134$), sehingga hipotesis ini tidak didukung oleh data empiris.

Temuan ini mengindikasikan bahwa keberadaan IC dalam bentuk tradisional seperti kompetensi SDM, struktur organisasi, dan jejaring relasional belum cukup untuk mengoptimalkan dampak AI terhadap keunggulan bersaing perusahaan. Dengan kata lain, meskipun perusahaan memiliki tingkat IC yang tinggi, hal itu belum tentu membantu memperkuat efek positif dari adopsi teknologi AI jika tidak disertai kesiapan digital dan kapabilitas teknologi yang memadai.

Dari perspektif RBV, hal ini dapat dijelaskan bahwa AI sebagai aset strategis memerlukan jenis modal komplementer yang berbeda dengan inovasi hijau. AI bersifat lebih teknis, berbasis data, dan memerlukan integrasi sistem digital, machine learning, dan arsitektur teknologi informasi yang kompleks. Sementara IC konvensional tidak secara otomatis mencerminkan kesiapan dalam dimensi-dimensi tersebut.

Temuan ini sejalan dengan argumen Lozano & Collazzo (2021) yang menekankan pentingnya digital readiness dan digital dynamic capabilities dalam memastikan keberhasilan transformasi berbasis AI. Dalam konteks Indonesia, di mana digitalisasi industri masih menghadapi banyak hambatan struktural dan SDM digital masih terbatas, efek moderasi IC terhadap AI adoption mungkin belum terwujud secara nyata.

Secara teoretis, hasil ini menandai adanya batasan dalam cakupan IC tradisional sebagai penguat strategi digital. Oleh karena itu, studi lanjutan disarankan untuk mengembangkan konsep Digital Intellectual capital, yang mencakup elemen-elemen seperti literasi algoritmik, kecakapan analitik data, governance data, serta kolaborasi digital lintas organisasi.

Secara praktis, perusahaan perlu mengembangkan pendekatan terpadu antara pengembangan IC dengan digital infrastructure dan budaya organisasi yang mendukung adopsi AI. Tanpa kesiapan tersebut, adopsi AI berisiko menjadi “aset mati” yang tidak berkontribusi signifikan pada keunggulan bersaing.

Secara keseluruhan, hasil ini memperkuat premis teori Resource-Based View (RBV) bahwa kapabilitas internal khususnya intellectual capital memiliki peran penting dalam memperkuat strategi inovasi. Namun, efektivitas IC sebagai faktor penguat tampaknya lebih relevan dalam konteks keberlanjutan daripada transformasi digital berbasis AI, yang menuntut integrasi dengan kapabilitas digital dan sistem teknologi yang lebih mutakhir.

Temuan ini memperkuat pemahaman bahwa keberhasilan strategi inovasi tidak hanya bergantung pada adopsi teknologi atau pendekatan berkelanjutan secara individual, tetapi juga pada kemampuan internal perusahaan untuk menyerap, mengolah, dan mengintegrasikan pengetahuan melalui modal intelektual. Dalam konteks Indonesia, di mana tantangan terhadap kesiapan digital masih tinggi, keberadaan IC memainkan peran penting terutama dalam penerapan inovasi hijau yang lebih bersifat adaptif dan berbasis nilai-nilai lokal.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini juga konsisten dengan asumsi dasar RBV bahwa sumber daya strategis seperti green innovation dan AI hanya akan menghasilkan keunggulan jika dikelola secara efektif dengan dukungan pengetahuan, sistem, dan jejaring yang kuat. Ke depan, pengembangan kompetensi digital berbasis IC perlu diperkuat untuk memaksimalkan potensi AI sebagai alat kompetitif dalam lanskap industri manufaktur Indonesia yang terus berkembang.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan bahwa *green product innovation* (GPI) dan *AI adoption* memiliki pengaruh positif terhadap keunggulan bersaing perusahaan manufaktur di Indonesia. Temuan ini memperkuat teori *Resource-Based View* (RBV), yang menekankan pentingnya penguasaan sumber daya yang unik, sulit ditiru, dan bernilai untuk membangun keunggulan kompetitif berkelanjutan.

Intellectual capital (IC), yang meliputi modal manusia, struktural, dan relasional, terbukti memperkuat hubungan antara GPI dan keunggulan bersaing. Perusahaan dengan sistem internal kuat, SDM kompeten, dan jejaring eksternal yang solid lebih mampu mengoptimalkan dampak dari inovasi hijau. Namun, IC tidak berperan signifikan dalam memperkuat hubungan antara AI *adoption* dan keunggulan bersaing. Temuan ini menunjukkan bahwa dalam konteks AI, kesiapan infrastruktur digital dan kapabilitas teknologi lebih berperan penting dibandingkan dengan IC konvensional.

Secara praktis, temuan ini menunjukkan bahwa perusahaan harus mengembangkan IC secara paralel dengan inovasi, agar dampaknya pada kinerja jangka panjang lebih optimal. Kebijakan perusahaan sebaiknya mendukung penguatan IC melalui pelatihan SDM, peningkatan sistem internal, dan kolaborasi eksternal yang terstruktur.

Penelitian ini terbatas pada desain *cross-sectional* dan pengukuran IC yang masih bersifat tradisional. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan pendekatan longitudinal dan mengeksplorasi modal intelektual digital untuk menilai kesiapan inovasi berbasis AI dan *big data*.

DAFTAR RUJUKAN

- Afeltra, G., Alerasoul, S. A., Minelli, E., Vecchio, Y., & Montalvo, C. (2022). Assessing the Integrated Impact of Sustainable Innovation on Organisational Performance: An Empirical Evidence From Manufacturing Firms. *Journal of Small Business Strategy*, 32(4). <https://doi.org/10.53703/001c.38515>
- Awad, A. (2024). Artificial Intelligence and Marketing Innovation: The Mediating Role of Organizational Culture. *Innovative Marketing*, 20(3), 170–181. [https://doi.org/10.21511/im.20\(3\).2024.14](https://doi.org/10.21511/im.20(3).2024.14)
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Cabrilo, S., & Dahms, S. (2020). The Role of Multidimensional Intellectual Capital and Organizational Learning Practices in Innovation Performance. *European Management Review*, 17(4), 835–855. <https://doi.org/10.1111/emre.12396>
- Camilleri, M. A. (2022). Strategic attributions of corporate social responsibility and environmental management: The business case for doing well by doing good!

Sustainable Development, 30(3), 409–422. <https://doi.org/10.1002/sd.2256>

Chen, C.-H. V., & Chen, Y. (2021). Influence of Intellectual Capital and Integration on Operational Performance: Big Data Analytical Capability Perspectives. *Chinese Management Studies*, 16(3), 551–570. <https://doi.org/10.1108/cms-02-2021-0037>

Chen, Z., Liu, W., Xi, B., & Guo, Y. (2021). Network distributed information assets detection method based on Artificial Intelligence. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 645(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/645/1/012006>

ERIA. (2023). *Accelerating digital transformation in Indonesia: Technology, market, and policy*. Economic Research Institute for ASEAN and East Asia.

Fernando, Y., Chiappetta Jabbour, C. J., & Wah, W.-X. (2019). Pursuing green growth in technology firms through the connections between environmental innovation and sustainable business performance: Does service capability matter? *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 8–20. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.031>

Hitt, M. A., Keats, B. W., & DeMarie, S. M. (1998). Navigating in the new competitive landscape: Building strategic flexibility and competitive advantage in the 21st century. *Academy of Management Executive*, 12(4), 22–42. <https://doi.org/10.5465/ame.1998.1333922>

Indrawati, A. D., Armanu, A., Troena, E. A., & Yuniarinto, A. (2024). Utilizing Innovation and Collective Organizational Engagement Into SMEs' Sustainable Competitive Advantage. *Uncertain Supply Chain Management*, 12(3), 1589–1602. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2024.3.021>

Lozano, C. P., & Collazzo, P. (2021). Corporate Social Responsibility, Green Innovation and Competitiveness – Causality in Manufacturing. *Competitiveness Review an International Business Journal Incorporating Journal of Global Competitiveness*, 32(7), 21–39. <https://doi.org/10.1108/cr-12-2020-0160>

Zhao, X., & Dong, F. (2025). Digital Infrastructure Construction and Corporate Innovation Efficiency: Evidence From Broadband China Strategy. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04614-4>