



Penerapan Pemodelan Konsep Dinamis dalam Keputusan Bisnis: Optimalisasi Keputusan dengan *Linear Optimization*, *Decision Tree* dan *Scenario Test*

Purno Murtopo¹, Imam Dwi Yulianto², Suparno Suparno³, Saparuddin Saparuddin⁴

¹Universitas Negeri Jakarta, Indonesia, purno.murtopo@mhs.unj.ac.id

²Universitas Negeri Jakarta, Indonesia, imam.dwi@mhs.unj.ac.id

³Universitas Negeri Jakarta, Indonesia, suparno@unj.ac.id

⁴Universitas Negeri Jakarta, Indonesia, saparuddin@feunj.ac.id

Corresponding Author: purno.murtopo@mhs.unj.ac.id¹

Abstract: *In the digital business era characterized by rapid dynamics and uncertainty, data-driven decision-making is a crucial element for ensuring business continuity and competitiveness. This study examines the application of dynamic concept modeling through the integration of three primary methods: Linear Optimization, Decision Tree, and Scenario Test. These methods are analyzed as complementary approaches within an adaptive strategic decision-making framework. Linear Optimization is used to mathematically optimize resource allocation in order to achieve cost efficiency and increase profitability. Decision Tree provides a systematic visual structure for evaluating various decision alternatives based on historical data and probabilities. Scenario Test is employed to project and anticipate the potential impacts of future changes in the business environment. Through a qualitative approach and case study analysis in the manufacturing, healthcare, technology, and automotive sectors, this research finds that the integration of these three methods results in more resilient, flexible, and data-driven decisions. The theoretical and practical implications include the development of hybrid decision-making frameworks and the potential implementation of artificial intelligence and big data analytics. This study recommends further development of dynamic models that are increasingly adaptive to global economic shifts and geopolitical uncertainties.*

Keywords: *Dynamic Concept Modeling, Linear Optimization, Decision Tree, Scenario Test, Business Decision-Making, Adaptive Strategy, Big Data*

Abstrak: Dalam era bisnis digital yang penuh dinamika dan ketidakpastian, pengambilan keputusan berbasis data menjadi elemen penting bagi keberlangsungan dan daya saing perusahaan. Penelitian ini mengkaji penerapan pemodelan konsep dinamis melalui integrasi tiga metode utama, yaitu *Linear Optimization*, *Decision Tree*, dan *Scenario Test*. Ketiga metode tersebut dianalisis sebagai pendekatan yang saling melengkapi dalam proses pengambilan keputusan strategis yang adaptif. *Linear Optimization* berfungsi mengoptimalkan alokasi sumber daya secara matematis guna mencapai efisiensi biaya dan peningkatan profitabilitas. *Decision Tree* memberikan struktur visual yang sistematis untuk mengevaluasi

berbagai alternatif keputusan berdasarkan data historis dan probabilitas. *Scenario Test* digunakan untuk memproyeksikan serta mengantisipasi dampak dari kemungkinan perubahan lingkungan bisnis di masa depan. Melalui pendekatan kualitatif dan analisis studi kasus pada sektor manufaktur, kesehatan, teknologi, dan otomotif, penelitian ini menemukan bahwa integrasi ketiga metode menghasilkan keputusan yang lebih tangguh, fleksibel, dan berbasis data. Implikasi teoretis dan praktis mencakup pengembangan kerangka kerja hibrida untuk pengambilan keputusan serta potensi penerapan teknologi kecerdasan buatan dan *big data analytics*. Penelitian ini merekomendasikan pengembangan model dinamis yang lebih adaptif terhadap perubahan ekonomi dan geopolitik global.

Kata Kunci: Pemodelan Konsep Dinamis, *Linear Optimization*, *Decision Tree*, *Scenario Test*, Pengambilan Keputusan Bisnis, Strategi Adaptif, *Big Data*

PENDAHULUAN

Dalam konteks bisnis modern, pengambilan keputusan berbasis data menjadi sangat krusial karena perusahaan dihadapkan pada kompleksitas dan dinamika pasar yang terus berkembang. Optimalisasi sumber daya merupakan aspek esensial yang mendorong efisiensi biaya dan peningkatan profitabilitas, sehingga memerlukan metode analisis yang akurat dan dapat diprediksi. Penggunaan data sebagai basis pengambilan keputusan memungkinkan perusahaan untuk menavigasi ketidakpastian yang inheren dalam lingkungan bisnis, serta mengurangi risiko yang timbul dari keputusan yang diambil secara konvensional. Hal ini mendorong perlunya adopsi pendekatan pemodelan yang mengintegrasikan berbagai metode analitis untuk menghasilkan strategi yang lebih responsif dan adaptif.

Pemodelan konsep dinamis muncul sebagai solusi strategis melalui penerapan tiga metode utama, yaitu *Linear Optimization*, *Decision Tree*, dan *Scenario Test*. *Linear Optimization* difungsikan untuk mengoptimalkan alokasi sumber daya di berbagai industri, sehingga dapat meminimalkan biaya operasional dan memaksimalkan profitabilitas. *Decision Tree* berperan dalam analisis keputusan dengan menyediakan kerangka kerja yang sistematis untuk mengevaluasi berbagai alternatif pilihan dan hasil potensial, sehingga meningkatkan akurasi pengambilan keputusan berbasis data. Sementara itu, *Scenario Test* memungkinkan perusahaan untuk mensimulasikan berbagai skenario di masa depan sehingga dapat mengantisipasi dan menyesuaikan strategi terhadap ketidakpastian pasar. Sinergi antara ketiga metode ini memberikan pendekatan holistik dalam memodelkan konsep dinamis, yang pada akhirnya mendukung perusahaan dalam mempertahankan daya saing dan mengoptimalkan proses pengambilan keputusan.

METODE

Pendekatan penelitian ini mengadopsi metode kualitatif dengan tahapan pengumpulan dan penyaringan artikel serta literatur yang relevan. Proses identifikasi tren dilakukan untuk menggali hubungan antar konsep utama dalam penerapan metode *Linear Optimization*, *Decision Tree*, dan *Scenario Test*. Temuan utama dari berbagai studi kasus dianalisis secara mendalam untuk mengungkap pola-pola implementasi serta dampak metodologis terhadap pengambilan keputusan bisnis. Berdasarkan analisis tersebut, disusunlah rekomendasi strategis yang mendukung integrasi metode sebagai upaya optimasi keputusan di era digital dan lingkungan bisnis yang dinamis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Definisi Pemodelan Konsep Dinamis

- a. *Linear Optimization*, merupakan teknik matematika yang dirancang untuk menentukan solusi optimal dari suatu permasalahan dengan mengacu pada keterbatasan sumber daya yang tersedia. Teknik ini melibatkan penyusunan fungsi objektif dan serangkaian kendala yang harus dipenuhi, sehingga solusi yang diperoleh mencerminkan alokasi sumber daya secara efisien. Dalam konteks bisnis, *Linear Optimization* sangat bermanfaat untuk optimasi stok, penentuan harga, dan pengelolaan rantai pasok, terutama pada sektor industri ritel dan manufaktur. Pengaplikasian metode ini memungkinkan perusahaan untuk mencapai efisiensi biaya dan meningkatkan profitabilitas melalui pengambilan keputusan yang berdasarkan analisis matematis yang akurat.
- b. *Decision Tree*, adalah model analitis berbasis struktur pohon yang digunakan untuk memvisualisasikan dan menganalisis berbagai opsi keputusan beserta konsekuensi yang mungkin timbul. Metode ini mengorganisasikan data ke dalam cabang-cabang yang mencerminkan risiko dan manfaat dari masing-masing pilihan, sehingga memudahkan dalam mengevaluasi skenario yang kompleks. *Decision Tree* efektif dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data, dengan memberikan gambaran yang jelas mengenai alternatif tindakan dan hasil potensial. Penerapan model ini dapat dilihat pada industri yang mengutamakan personalisasi pengalaman pelanggan, seperti yang diterapkan oleh *Netflix* dan *Amazon*, di mana pengelolaan data menjadi kunci untuk menyusun rekomendasi yang relevan dan tepat sasaran.
- c. *Scenario Test*, merupakan metode yang digunakan untuk mengantisipasi dan mensimulasikan berbagai kemungkinan situasi di masa depan dengan menganalisis variabel-variabel yang berpotensi berubah. Pendekatan ini memungkinkan bisnis untuk mengeksplorasi berbagai skenario alternatif yang mungkin terjadi, sehingga dapat menyiapkan strategi adaptif dalam menghadapi ketidakpastian. Dengan mengintegrasikan *Scenario Test* ke dalam proses pengambilan keputusan, perusahaan dapat mengidentifikasi risiko yang mungkin muncul dan mengembangkan rencana kontinjensi yang komprehensif. Contoh implementasi metode ini dapat ditemukan pada strategi yang diterapkan oleh *AirBNB* selama pandemi, di mana analisis skenario menjadi dasar dalam merumuskan kebijakan adaptif yang responsif terhadap dinamika pasar yang cepat berubah.

Perbandingan Model

Berikut merupakan tabel matriks perbandingan model *Linear Optimization*, *Decision Tree*, dan *Scenario Test*:

Tabel 1. Matriks Perbandingan model *Linear Optimization*, *Decision Tree*, dan *Scenario Test*

Kriteria	<i>Linear Optimization</i>	<i>Decision Tree</i>	<i>Scenario Test</i>
Definisi & Prinsip Dasar	Teknik matematika untuk mencari solusi optimal dengan batasan sumber daya.	Model berbasis pohon yang membantu pengambilan keputusan dengan mempertimbangkan berbagai opsi dan probabilitas.	Metode analisis yang mengantisipasi berbagai skenario masa depan berdasarkan variabel yang berubah.
Kompleksitas	Tinggi – Memerlukan pemodelan matematis yang kompleks dan pemrograman linear.	Sedang – Relatif mudah dipahami, tetapi bisa kompleks jika memiliki banyak cabang dan variabel.	Sedang hingga tinggi – Bergantung pada jumlah variabel dan tingkat ketidakpastian yang dianalisis.

Kriteria	<i>Linear Optimization</i>	<i>Decision Tree</i>	<i>Scenario Test</i>
Fleksibilitas terhadap Perubahan Lingkungan Bisnis	Rendah – Model berbasis asumsi tetap, kurang fleksibel terhadap perubahan mendadak.	Sedang – Dapat diperbarui dengan data baru, tetapi tidak secara otomatis menyesuaikan dengan perubahan lingkungan bisnis yang cepat.	Tinggi – Dirancang untuk menghadapi perubahan dan menyesuaikan strategi berdasarkan berbagai skenario.
Kemampuan Menangani Ketidakpastian	Rendah – Tidak efektif dalam menghadapi variabel yang tidak pasti atau dinamis.	Sedang – Mampu menangani ketidakpastian, tetapi terbatas pada probabilitas yang diketahui.	Tinggi – Dirancang untuk menghadapi ketidakpastian dengan mengevaluasi berbagai kemungkinan.
Implementasi dalam Bisnis	Digunakan dalam optimasi stok, harga, dan rantai pasok (misalnya, manajemen logistik, produksi, investasi).	Digunakan dalam sistem rekomendasi, analisis kredit, dan strategi pemasaran berbasis data.	Digunakan dalam perencanaan strategis, manajemen risiko, dan adaptasi pasar terhadap perubahan mendadak.
Keunggulan	Solusi optimal yang presisi, membantu efisiensi biaya dan sumber daya.	Mudah dipahami, dapat digunakan dalam berbagai skenario keputusan berbasis data.	Membantu perencanaan jangka panjang dan kesiapan menghadapi ketidakpastian.
Keterbatasan	Kurang fleksibel terhadap perubahan data dan lingkungan bisnis yang dinamis.	Rentan terhadap overfitting jika terlalu banyak variabel atau data tidak relevan.	Memerlukan banyak asumsi dan bisa subjektif dalam memilih skenario yang paling relevan.

Integrasi Model

Integrasi ketiga metode, *Decision Tree*, *Linear Optimization*, dan *Scenario Test*, menawarkan suatu pendekatan komprehensif dalam mendukung pengambilan keputusan bisnis yang adaptif dan berkelanjutan. *Decision Tree* berperan sebagai langkah awal dalam membantu organisasi memahami berbagai opsi keputusan serta konsekuensi yang mungkin timbul dari setiap alternatif tindakan. Model ini memberikan kerangka visual dan logis untuk menganalisis hasil dari pilihan strategis yang berbeda, sehingga memudahkan dalam mengidentifikasi jalur keputusan yang paling menjanjikan secara kualitatif.

Setelah opsi-opsi dipetakan melalui *Decision Tree*, *Linear Optimization* diterapkan untuk menentukan solusi terbaik secara kuantitatif, berdasarkan keterbatasan sumber daya dan tujuan bisnis yang ingin dicapai, seperti efisiensi biaya atau maksimisasi profit. Tahap akhir dari integrasi ini melibatkan penggunaan *Scenario Test*, yang berfungsi untuk mengevaluasi ketahanan solusi yang dihasilkan terhadap ketidakpastian eksternal, termasuk perubahan pasar, regulasi, atau preferensi konsumen. Dengan menggabungkan ketiga pendekatan ini, perusahaan tidak hanya memperoleh keputusan yang optimal dalam konteks saat ini, tetapi juga mampu membangun fleksibilitas strategis yang diperlukan untuk beradaptasi terhadap dinamika masa depan. Pendekatan terintegrasi ini memastikan bahwa proses pengambilan keputusan bersifat tangguh, responsif, dan berbasis data secara menyeluruh.

Ketiga metode ini dapat saling melengkapi dalam proses pengambilan keputusan yang lebih komprehensif dengan pemahaman berikut:

Tabel 2. Metode Pengambilan Keputusan

Metode	Peran dalam Pengambilan Keputusan	Fungsi Utama	Contoh Penerapan
<i>Decision Tree</i>	Eksplorasi alternatif awal	<ul style="list-style-type: none"> - Mengidentifikasi berbagai opsi keputusan dan konsekuensinya. - Menentukan probabilitas dan dampak dari setiap keputusan. - Membantu dalam eksplorasi awal sebelum analisis lebih lanjut. 	Menentukan strategi harga produk baru berdasarkan data historis, preferensi pelanggan, dan persaingan pasar.
<i>Linear Optimization</i>	Optimasi kuantitatif	<ul style="list-style-type: none"> - Mencari solusi terbaik berdasarkan keterbatasan sumber daya. - Mengoptimalkan variabel untuk memaksimalkan keuntungan atau efisiensi. - Digunakan setelah alternatif awal teridentifikasi. 	Menentukan harga optimal untuk memaksimalkan margin keuntungan dengan mempertimbangkan biaya produksi dan permintaan pasar.
<i>Scenario Test</i>	Evaluasi dampak ketidakpastian	<ul style="list-style-type: none"> - Menguji solusi yang dihasilkan dari Linear Optimization dalam berbagai skenario. - Mengidentifikasi risiko dan ketahanan keputusan terhadap perubahan lingkungan bisnis. - Membantu bisnis beradaptasi dengan ketidakpastian. 	Menguji ketahanan strategi harga terhadap berbagai skenario, seperti resesi ekonomi, gangguan rantai pasok, atau perubahan strategi pesaing.

Contoh Kasus

Contoh Kasus Metode Pemodelan Konsep Dinamis dalam Keputusan Bisnis yakni sebagai berikut:

- a. *Linear Optimization* (Optimasi Linear)
- 1) NASA – Analisis Data Sesi

Pendekatan sequential linear optimization telah digunakan secara luas dalam berbagai studi teknik yang dilaporkan oleh NASA, khususnya dalam perancangan sistem kendali dan mitigasi vibrasi pada struktur antariksa yang fleksibel, seperti panel surya, lengan robotik, atau struktur truss pesawat luar angkasa. Dengan memanfaatkan sensitivitas orde pertama dari *eigenvalue* sistem terhadap parameter desain, pendekatan ini memungkinkan konversi masalah optimisasi nonlinier yang kompleks menjadi bentuk optimisasi linier dengan batasan-batasan ketaksamaan yang terdefinisi secara matematis. NASA memanfaatkan metode ini untuk meningkatkan efisiensi proses komputasi menggunakan algoritma aritmetika real yang sederhana namun tetap menjaga akurasi numerik dalam simulasi skala besar. Fleksibilitas *linear programming* dalam menangani ratusan hingga ribuan batasan menjadikannya relevan dalam konteks desain struktural multi-komponen dalam lingkungan ruang angkasa.

Studi-studi dalam *NASA Technical Reports* menunjukkan bahwa penerapan pendekatan ini menghasilkan performa optimisasi yang lebih stabil dan dapat diandalkan, tanpa sangat bergantung pada nilai awal atau asumsi perancangan yang sempit. Dibandingkan dengan metode nonlinier konvensional, pendekatan linear ini menunjukkan ketangguhan yang lebih tinggi dalam menghadapi variasi kondisi simulasi, serta mampu menghasilkan solusi optimal dalam waktu komputasi yang lebih efisien. Hasilnya, teknik ini telah berkontribusi pada pengembangan sistem kendali adaptif untuk struktur ruang angkasa, peningkatan efektivitas

peredaman vibrasi, serta pengurangan risiko kegagalan akibat resonansi atau beban dinamis selama misi. Oleh karena itu, sequential linear optimization menjadi salah satu fondasi penting dalam pengembangan teknologi struktur dan kendali yang andal, adaptif, dan berkelanjutan dalam berbagai misi eksplorasi NASA.

2) Toyota – Manajemen Produksi

Toyota memanfaatkan optimisasi linier untuk menentukan kombinasi model kendaraan dan alokasi sumber daya—seperti kapasitas lini perakitan, tenaga kerja, dan bahan baku—secara efisien. Inti fungsi optimisasi ini adalah memaksimalkan keuntungan atau margin produksi sambil memastikan semua batasan kapasitas terpenuhi. Dengan demikian, manajer produksi dapat mengetahui berapa banyak setiap tipe kendaraan yang harus dibuat untuk mencapai hasil finansial terbaik tanpa melebihi kapasitas pabrik atau ketersediaan material.

Lebih jauh, hasil optimisasi linier diintegrasikan dengan prinsip *Lean Manufacturing* Toyota melalui identifikasi titik kendala utama (bottleneck) dan analisis dampak perubahan kecil pada parameter produksi. Hal ini memungkinkan penyesuaian cepat terhadap fluktuasi permintaan atau gangguan pasokan, sekaligus meminimalkan pemborosan waktu dan material. Dengan pendekatan ini, Toyota mempertahankan proses continuous improvement yang responsif dan menjaga konsistensi kualitas produk di seluruh lini perakitan

b. Decision Tree

1) Google DeepMind - AlphaGo

Google DeepMind menerapkan algoritma *Monte Carlo Tree Search* (MCTS) dalam pengembangan *AlphaGo* untuk pengambilan keputusan optimal dalam permainan Go. Algoritma ini membangun pohon keputusan berdasarkan simulasi langkah permainan, di mana setiap node mewakili kemungkinan langkah, dan nilai keputusan dihitung melalui proses seleksi, ekspansi, simulasi, dan propagasi balik.

MCTS memungkinkan *AlphaGo* memilih langkah terbaik meski di tengah banyak kemungkinan, dengan menyeimbangkan eksplorasi langkah baru dan eksploitasi dari pengetahuan sebelumnya. Pendekatan ini diperkuat dengan integrasi pembelajaran penguatan (*reinforcement learning*) dan jaringan saraf konvolusional (CNN), yang membantu sistem memahami posisi permainan secara lebih strategis.

Keunggulan utama MCTS terletak pada kemampuannya menghadapi ruang pencarian yang sangat besar dan kompleks, seperti dalam permainan Go, yang tidak dapat diselesaikan dengan algoritma pencarian konvensional seperti minimax. Selain itu, struktur pohon keputusan pada MCTS memungkinkan pemodelan strategi adaptif yang dapat digunakan di berbagai domain lain, termasuk optimisasi keputusan dan perencanaan dalam lingkungan yang dinamis. Pola Decision tree tersebut yakni:

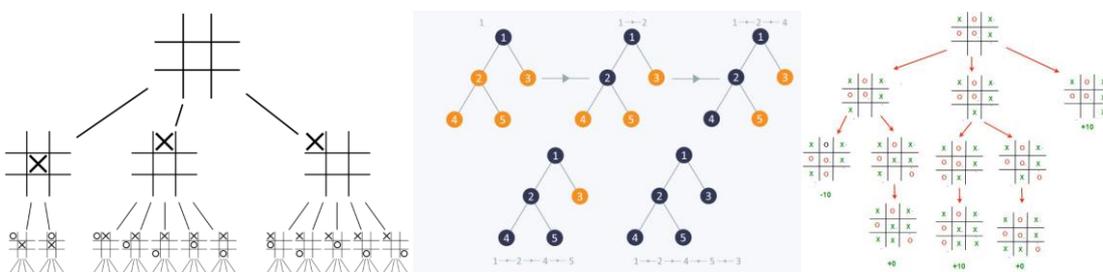


Figure 1. Pola Decision Tree

Sumber: *Monte Carlo Tree Search: The Game-Changing Algorithm behind DeepMind's AlphaGo*
<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/01/monte-carlo-tree-search-introduction-algorithm-deepmind-alphago/>

2) Facebook - *Big Data Processing*

Facebook menggunakan metode pohon keputusan untuk memproses dan menganalisis data berskala besar yang berasal dari berbagai jenis konten, seperti teks, foto, dan video. Dengan mengandalkan algoritma tertentu, perusahaan tersebut memanfaatkan pendekatan pemacu gradien (*gradient boosting*) untuk mengoptimalkan hasil pengelompokan serta penyimpanan data. Model ini memudahkan pemetaan perilaku pengguna, sehingga pengambilan keputusan terkait personalisasi konten dan strategi pemasaran dapat dilakukan secara lebih tepat sasaran.

Dalam praktiknya, implementasi decision tree di lingkungan big data membantu Facebook dalam memetakan ketertarikan pengguna pada iklan, konten media, serta berbagai layanan digital lain. Proses klasifikasi yang efisien memberikan landasan bagi rekomendasi konten yang relevan, sekaligus mencegah terjadinya data overload yang dapat memperlambat sistem. Hasilnya, peningkatan kepuasan pengguna dapat tercapai melalui pengalaman yang lebih personal, diimbangi dengan kemampuan sistem untuk mempertahankan stabilitas dan kecepatan pemrosesan dalam skala global. Contoh *decision tree* pada *machine learning* Facebook:

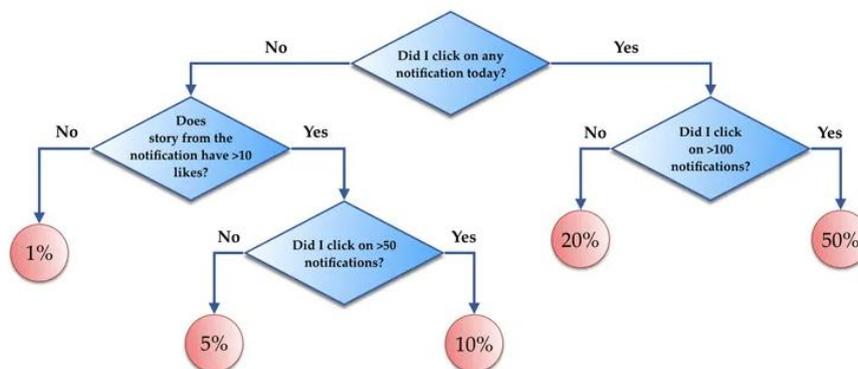


Figure 2. Decision tree pada machine learning Facebook

Sumber: *Evaluating boosted decision trees for billions of users*

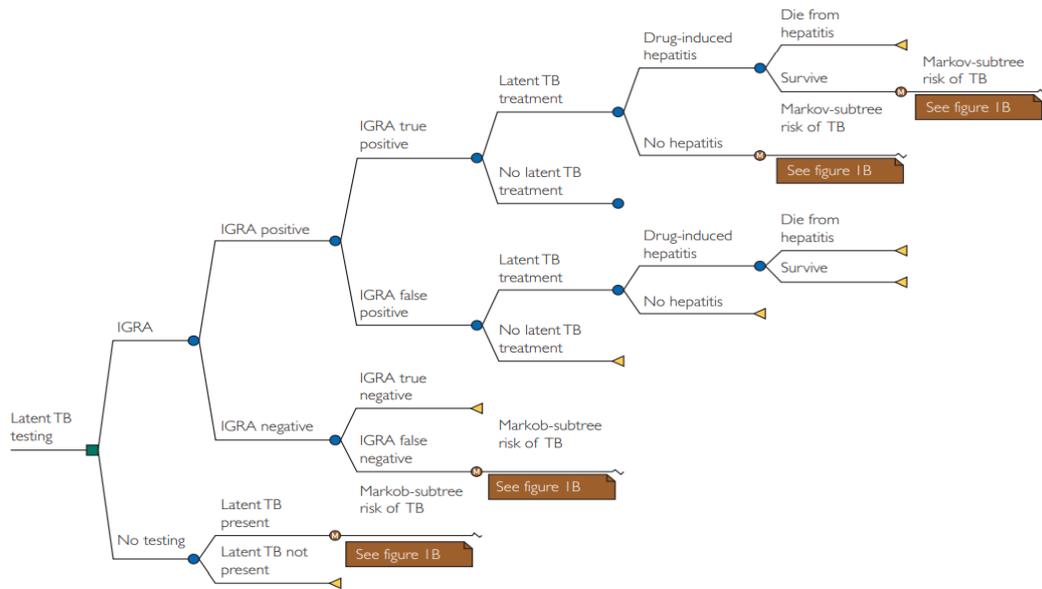
<https://engineering.fb.com/2017/03/27/ml-applications/evaluating-boosted-decision-trees-for-billions-of-users/>

3) Mayo Clinic - *Diagnosis Penyakit*

Mayo Clinic menerapkan metode pohon keputusan dalam membangun sistem deteksi penyakit berbasis aturan, terutama untuk diagnosis kondisi kronis seperti diabetes, penyakit jantung, dan kanker. Model ini memetakan berbagai variabel klinis dan mengelompokkan gejala pasien berdasarkan tingkat probabilitas terjadinya penyakit. Dengan demikian, para tenaga medis dapat memperkirakan risiko secara lebih akurat, sehingga pengambilan keputusan terkait penanganan dini dan prosedur perawatan dapat dilakukan tepat waktu.

Selain itu, penerapan decision tree memfasilitasi pengembangan pengobatan personal (*personalized medicine*) dengan mengintegrasikan data medis pasien, riwayat keluarga, dan hasil laboratorium. Algoritma ini membantu mendeteksi pola kompleks yang mungkin terlewat jika hanya mengandalkan metode analisis sederhana. Akurasi diagnosis yang diklaim mencapai lebih dari 90% menegaskan peran penting pohon keputusan dalam meningkatkan efisiensi penelusuran gejala, mempercepat rujukan spesialis, serta menekan biaya kesehatan secara keseluruhan.

Berikut merupakan contoh Decision Tree pengujian dan pengobatan Tuberkulosis Laten (TB) pada Mayo Clinic:



This is a simplified decision tree that depicts two courses of action: No testing/treatment and interferon-gamma release assay (IGRA) and treatment for positive IGRA that impact on outcomes associated with the presence or absence of latent TB

Figure 3. Decision Tree pengujian dan pengobatan Tuberkulosis Laten (TB) pada Mayo Clinic

Sumber: Users' Guide to Medical Decision Analysis of Mayo Clinic

<https://www.mayoclinicproceedings.org/action/showPdf?pii=S0025-6196%2821%2900128-2>

c. Scenario Test (Penguujian Skenario)

1) Tesla dan Waymo - Autonomous Vehicles

Penguujian berbasis skenario menjadi landasan penting bagi pengembangan kendaraan otonom Tesla dan Waymo. Melalui rangkaian skenario terstruktur, setiap fungsi kritis, seperti deteksi rintangan, penyesuaian kecepatan, dan navigasi rute, dievaluasi secara menyeluruh. Lingkungan uji dirancang menyerupai kondisi jalan yang sesungguhnya, mencakup variasi cuaca, kepadatan lalu lintas, serta perilaku pengguna jalan lain yang tidak terduga. Hasilnya, pengembang dapat mengidentifikasi celah dalam algoritma pengambilan keputusan, memvalidasi akurasi sensor, dan menyempurnakan sistem kontrol kendaraan secara iteratif.

Pendekatan ini memfasilitasi pemetaan risiko dan mendukung pemenuhan standar keselamatan, baik dari perspektif teknis maupun regulasi. Analisis hasil skenario uji juga berkontribusi pada evaluasi komponen AI, terutama dalam hal kemampuan adaptasi terhadap perubahan kondisi jalan yang ekstrem. Lebih lanjut, data yang terkumpul melalui skenario penguujian membantu menetapkan rekomendasi kebijakan, misalnya, dalam penentuan jalur prioritas kendaraan otonom atau peninjauan kecepatan maksimal di wilayah padat penduduk. Dengan demikian, skenario berbasis penguujian menjadi salah satu pilar utama dalam menumbuhkan kepercayaan publik terhadap teknologi kendaraan tanpa pengemudi.

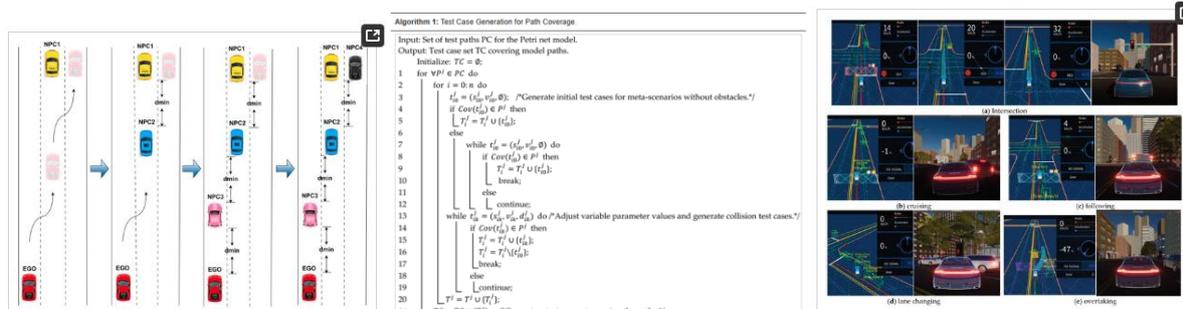


Figure 4. skenario berbasis penguujian

Sumber: A Survey on Data-Driven Scenario Generation for Automated Vehicle Testing

<https://www.mdpi.com/2075-1702/10/11/1101>, <https://www.mdpi.com/2079-9292/13/7/1197>

2) *Cyber Attack and Defense Emulation Agents*

Scenario Test dalam konteks *Cyber Attack and Defense Emulation Agents* merupakan pendekatan sistematis untuk menguji ketahanan sistem terhadap serangan siber melalui simulasi interaktif antara red team agent (penyerang) dan blue team agent (pertahanan). Dalam proses ini, skenario serangan dihasilkan secara otomatis dan dijalankan oleh red team agent untuk mengeksploitasi berbagai celah keamanan yang ada, seperti eskalasi hak akses atau serangan jaringan. Sementara itu, blue team agent bertugas mendeteksi dan merespons serangan tersebut dengan mekanisme pertahanan adaptif, seperti pemblokiran koneksi dan pelaporan otomatis.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika blue team agent dinonaktifkan, red team agent mampu memperoleh akses administratif, namun saat pertahanan diaktifkan, serangan berhasil digagalkan. Temuan ini membuktikan bahwa scenario test mampu mensimulasikan kondisi serangan nyata secara efektif dan mendukung penguatan sistem keamanan. Selain itu, hasil simulasi ini juga bermanfaat untuk menyusun strategi pertahanan yang lebih matang, memperbaiki celah keamanan yang ditemukan, dan merancang prosedur tanggap darurat yang lebih responsif dalam menghadapi insiden siber.

Implikasi dan Arah Penelitian Lanjutan

A. Implikasi

- a) Implikasi Teoretis. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan kerangka kerja pengambilan keputusan berbasis pemodelan konsep dinamis, yang memperkaya literatur mengenai pendekatan sistemik dalam analisis bisnis. Selain itu, terdapat potensi pengembangan model hibrida, seperti integrasi *Decision Tree* dengan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), yang dapat memperluas kemampuan model dalam mengevaluasi skenario kompleks dan adaptif.
- b) Implikasi Praktis. Dari perspektif praktis, hasil penelitian ini berpotensi meningkatkan ketepatan pengambilan keputusan strategis dalam menghadapi dinamika pasar. Model yang diusulkan dapat diintegrasikan ke dalam sistem manajemen risiko perusahaan, khususnya dalam merespons ketidakpastian ekonomi dan geopolitik. Pemanfaatan teknologi big data dan kecerdasan buatan dalam implementasi model juga berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi dalam analisis keputusan. Implikasi bagi bisnis yakni: 1) *Linear Optimization* berkontribusi terhadap efisiensi rantai pasok melalui pengurangan pemborosan persediaan dan optimalisasi alokasi sumber daya; 2) *Decision Tree* mendukung pengambilan keputusan berbasis data dengan menganalisis pola perilaku pelanggan, sehingga meningkatkan akurasi strategi pemasaran dan operasional; 3) *Scenario Testing* memungkinkan organisasi untuk mengantisipasi berbagai kondisi krisis dengan menyiapkan strategi alternatif, meningkatkan ketangguhan terhadap perubahan eksternal.

B. Arah Penelitian Lanjutan

Sejumlah arah penelitian lanjutan yang dapat dikembangkan antara lain:

- 1) Integrasi *Linear Optimization* dengan algoritma *Artificial Intelligence* dan *Machine Learning* untuk meningkatkan akurasi dalam memprediksi permintaan pasar dan merancang strategi pasokan yang adaptif.
- 2) Penerapan *Hybrid Decision Tree* yang dikombinasikan dengan *Deep Learning* guna memperkuat sistem rekomendasi, terutama dalam konteks *e-commerce* dan perilaku konsumen digital.
- 3) Pengembangan *Dynamic Scenario Testing* berbasis *big data* untuk menciptakan model perencanaan bisnis yang lebih fleksibel dan tangguh dalam merespons dinamika ekonomi global serta ketidakpastian geopolitik.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, pemodelan konsep dinamis ditetapkan sebagai suatu aspek krusial untuk mendukung pengambilan keputusan bisnis yang bersifat adaptif. Dengan mengintegrasikan pendekatan-pendekatan seperti *Linear Optimization*, *Decision Tree*, dan *Scenario Test*, penelitian ini menyoroti bagaimana masing-masing metode memiliki keunggulan unik yang, ketika digunakan secara sinergis, mampu menghasilkan strategi bisnis yang komprehensif dan responsif terhadap perubahan lingkungan. Pemodelan konsep dinamis memungkinkan organisasi untuk menyesuaikan alokasi sumber daya, meningkatkan kualitas keputusan berbasis data, dan menyusun strategi kontinjensi dalam menghadapi ketidakpastian, sehingga memberikan landasan yang kuat untuk menjaga daya saing di era digital.

Secara spesifik, *Linear Optimization* terbukti efektif dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya dengan tujuan efisiensi biaya, sedangkan *Decision Tree* meningkatkan kualitas pengambilan keputusan melalui analisis data yang mendalam dan terstruktur. Di sisi lain, *Scenario Test* memungkinkan perusahaan untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan situasi masa depan dan menyusun rencana kontinjensi yang tepat. Seiring dengan kemajuan teknologi dan peningkatan kapasitas *big data*, implementasi metode-metode ini diproyeksikan akan semakin efektif dalam mendukung keputusan bisnis, terutama bagi perusahaan yang ingin bertahan dan berkembang di lingkungan bisnis yang dinamis dan terus berubah.

REFERENSI

- Chanda, R., Pabalkar, V., & Gupta, S. (2022). A study on application of linear programming on product mix for profit maximization and cost optimization. *Indian Journal of Science and Technology*, 15(22), 1067–1074.
- Cohen, M. C., Leung, N. Z., Panchangam, K., Perakis, G., & Smith, A. (2016). The impact of linear optimization on promotion planning. Google Research & MIT.
- Fiedler, M., Nedoma, J., Ramik, J., Rohn, J., & Zimmermann, K. (2006). *Linear optimization problems with inexact data*. Springer.
- Kaner, C. (2013). *An introduction to scenario testing*. Florida Institute of Technology.
- Koole, G. (2010). *Optimization of business processes: An introduction to applied stochastic modeling*. VU University Amsterdam.
- Kugler, H., Stern, M. J., & Hubbard, E. J. A. (2007). *Testing scenario-based models*. Springer.
- Matousek, J., & Schwarzkopf, O. (1992). Linear optimization queries. In *8th Annual Computational Geometry Conference*. ACM.
- Nowozin, S., Rother, C., Bagon, S., Sharp, T., Yao, B., & Kohli, P. (2011). *Decision tree fields*. Microsoft Research & Stanford University.
- Quinlan, J. R. (1996). Learning decision tree classifiers. *ACM Computing Surveys*, 28(1).
- Rüttimann, B. G. (2015). Discourse about Linear Programming and Lean Manufacturing: Two Different Approaches with a Similar, Converging Rational. *Journal of Service Science and Management*, 8, 85–91. <https://doi.org/10.4236/jssm.2015.81010>
- Song, Y., & Lu, Y. (2015). Decision tree methods: Applications for classification and prediction. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 27(2), 130–135.
- Suthaharan, S. (2016). Decision tree learning. In *Machine learning models and algorithms for big data classification* (pp. 237–269). Springer.
- Tsai, W.-T., Saimi, A., Yu, L., & Paul, R. (2003). Scenario-based object-oriented testing framework. In *Proceedings of the IEEE Quality Software Conference*.