

PERAN AGILE LEADERSHIP DALAM MENGHADAPI KETIDAKPASTIAN INDUSTRI 4.0 BERBASIS DECISION TREES UNTUK PENGAMBILAN KEPUTUSAN

Benny Adeka Putra^{1*}, Ernawati², Jonni Mardizal³

¹Fakultas Teknik, Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia
Email: ¹bennyadeka@gmail.com, ²ernawati@fpp.unp.ac.id, ³jonni.mardizal@ft.unp.ac.id

Abstrak

Industri 4.0 membawa tantangan ketidakpastian yang tinggi, memerlukan pemimpin yang adaptif dan responsif terhadap perubahan cepat. *Agile Leadership* adalah pendekatan kepemimpinan yang menekankan fleksibilitas, kolaborasi, dan pengambilan keputusan cepat. Penelitian ini mengeksplorasi peran *Agile Leadership* dalam mengelola ketidakpastian di lingkungan industri berbasis teknologi, dengan fokus pada penggunaan *Decision Trees* sebagai alat komputasi untuk mendukung pengambilan keputusan adaptif. *Decision Trees* memungkinkan pemimpin untuk menganalisis berbagai pilihan dan konsekuensi keputusan secara sistematis, membantu mereka memilih tindakan yang tepat dalam kondisi yang tidak pasti. Metode ini juga memungkinkan visualisasi berbagai skenario dan potensi dampaknya. Penelitian ini menggunakan studi kasus pada organisasi yang telah mengimplementasikan *Agile Leadership* dan *Decision Trees* untuk mengatasi ketidakpastian yang terkait dengan perubahan teknologi dan pasar. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tentang bagaimana *Agile Leadership* dan algoritma komputasi seperti *Decision Trees* dapat meningkatkan pengambilan keputusan dalam situasi dinamis. Temuan ini diharapkan memberikan panduan praktis bagi pemimpin untuk lebih efektif mengelola perubahan dan membuat keputusan yang adaptif di era industri yang serba cepat ini.

Kata Kunci: *Agile Leadership*, *Decision Trees*, Industri 4.0, Ketidakpastian, Pengambilan keputusan

Abstract

Industry 4.0 brings high uncertainty challenges, requiring leaders who are adaptive and responsive to rapid changes. *Agile Leadership* is an approach that emphasizes flexibility, collaboration, and quick decision-making. This research explores the role of *Agile Leadership* in managing uncertainty in a technology-driven industry environment, with a focus on the use of *Decision Trees* as a computational tool to support adaptive decision-making. *Decision Trees* allow leaders to systematically analyze various options and the consequences of decisions, helping them choose the right course of action in uncertain conditions. This method also enables the visualization of different scenarios and their potential impacts. The study uses a case study approach on organizations that have implemented *Agile Leadership* and *Decision Trees* to address uncertainty related to technological and market changes. The results of this research are expected to provide insights on how *Agile Leadership* and computational algorithms like *Decision Trees* can enhance decision-making in dynamic situations. These findings are anticipated to offer practical guidance for leaders to more effectively manage change and make adaptive decisions in this fast-paced industrial era.

Keywords: *Agile Leadership*, *Decision Trees*, Industry 4.0, Uncertainty, Decision Making

1. PENDAHULUAN

Industri 4.0 membawa tantangan yang signifikan dengan meningkatnya ketidakpastian akibat perubahan teknologi yang pesat, serta perubahan pasar yang semakin dinamis. Teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), big data, dan *Internet of Things* (IoT) mengubah lanskap industri, yang memerlukan kemampuan adaptasi yang cepat dan efektif oleh para pemimpin. Oleh karena itu,

organisasi memerlukan pemimpin yang tidak hanya mampu bertahan dalam ketidakpastian, tetapi juga memanfaatkan peluang yang ada untuk tetap relevan dalam persaingan global [1];

Dalam menghadapi tantangan tersebut, *Agile Leadership* muncul sebagai pendekatan yang semakin banyak diadopsi untuk memastikan pemimpin mampu beradaptasi dan membuat keputusan yang cepat dalam kondisi yang penuh ketidakpastian. *Agile Leadership* menekankan

pentingnya fleksibilitas, kolaborasi antar tim, dan kemampuan untuk merespons perubahan secara dinamis. Pemimpin dengan gaya kepemimpinan ini dapat lebih mudah mengelola perubahan yang terjadi dengan mengutamakan iterasi cepat dan pengambilan keputusan berbasis kolaborasi, serta terus menilai dan menyesuaikan langkah-langkah yang diambil [3].

Namun, meskipun Agile Leadership sangat penting dalam menghadapi ketidakpastian, untuk dapat membuat keputusan yang benar dalam situasi yang dinamis dan cepat berubah, pemimpin juga membutuhkan alat bantu yang lebih canggih. Salah satu alat yang populer digunakan dalam pengambilan keputusan adalah *Decision Trees*. *Decision Trees* dapat memberikan visualisasi yang jelas mengenai berbagai pilihan yang ada, serta konsekuensi dari setiap keputusan, sehingga pemimpin dapat memilih tindakan yang paling tepat berdasarkan analisis data yang objektif [1]. Dalam hal ini, penggabungan antara *Agile Leadership* dan *Decision Trees* memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih terinformasi dan adaptif dalam mengelola perubahan yang terjadi dengan cepat.

Pada saat yang sama, ketidakpastian menjadi faktor utama dalam pengambilan keputusan di era Industri 4.0. Ketidakpastian ini tidak hanya terkait dengan teknologi yang berkembang, tetapi juga dengan aspek sosial dan ekonomi yang saling mempengaruhi. Oleh karena itu, penting bagi para pemimpin untuk memanfaatkan alat komputasi dan pendekatan yang fleksibel untuk mengelola dan merespons ketidakpastian ini dengan lebih efektif[5].

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan wawasan mengenai bagaimana *Agile Leadership* dan algoritma komputasi seperti *Decision Trees* dapat mempercepat pengambilan keputusan yang adaptif dalam mengelola ketidakpastian yang muncul akibat perubahan teknologi dan pasar. Pemahaman ini diharapkan dapat menjadi pedoman praktis bagi pemimpin untuk lebih siap dalam menghadapi tantangan yang terus berkembang di era Industri 4.0[3].

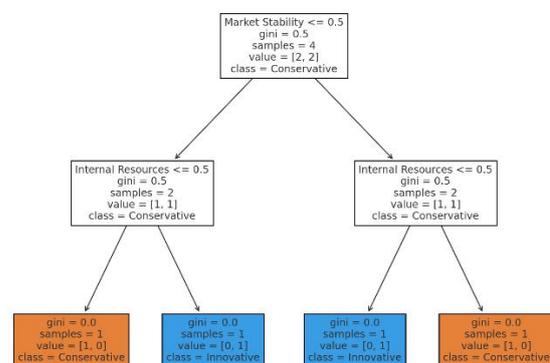
2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus pada organisasi yang telah mengadopsi prinsip Agile Leadership dan *Decision Trees* untuk pengambilan keputusan adaptif di lingkungan Industri 4.0. Data dikumpulkan melalui wawancara mendalam dengan lima pemimpin dan sepuluh anggota tim strategis dari organisasi teknologi, yang mencakup pengalaman implementasi Agile Leadership dalam kondisi ketidakpastian. Selain itu, observasi

langsung dilakukan selama tiga bulan untuk memahami dinamika tim dalam pengambilan keputusan adaptif. Dokumentasi berupa laporan internal dan rekaman proses pengambilan keputusan dianalisis untuk menilai efektivitas *Decision Trees* dalam memetakan berbagai skenario bisnis. Analisis data menggunakan pendekatan tematik untuk mengidentifikasi pola utama, sementara simulasi algoritma *Decision Trees* dilakukan menggunakan perangkat lunak Python untuk memvalidasi hasil skenario.

Sebagai ilustrasi, berikut adalah contoh pohon keputusan yang memetakan langkah pengambilan keputusan adaptif:

Decision Tree Example for Adaptive Leadership in Industry 4.0



Gambar 2.1 ilustrasi pohon keputusan

Untuk membuat pohon keputusan (decision tree) seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas, kita dapat menggunakan beberapa rumus dasar dalam pembentukan pohon keputusan, terutama terkait dengan konsep *entropy*, *information gain*, dan *splitting criteria*. Berikut adalah langkah-langkah dasar untuk mengembangkan pohon keputusan dengan rumus-rumus terkait:

2.1. Entropy (H)

Entropy mengukur ketidakpastian dalam suatu set data. Semakin tinggi entropy, semakin tidak pasti keputusan yang harus diambil. Rumus entropy adalah sebagai berikut:

$$H(S) = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

Di mana:

- $H(S)$ adalah entropy dari set data SS ,
- p_i adalah probabilitas dari kelas i dalam set data SS ,
- n adalah jumlah kelas yang ada.

2.2. Information Gain (IG)

Information gain mengukur seberapa besar penurunan entropy (ketidakpastian) setelah data dibagi berdasarkan suatu atribut. Rumus untuk menghitung information gain adalah sebagai berikut:

$$IG(S,A)=H(S)-\sum_{v \in A} \frac{|S_v|}{|S|} H(S_v) \quad (2)$$

Di mana:

- $IG(S,A)$ adalah information gain yang diperoleh dari pemisahan data S berdasarkan atribut A ,
- $\frac{|S_v|}{|S|}$ adalah jumlah data dalam subset v berdasarkan nilai atribut A ,
- $|S|$ adalah jumlah total data dalam set S ,
- $H(S_v)$ adalah entropy untuk subset S_v .

2.3. Pemisahan Data Berdasarkan Atribut (Splitting)

Ketika membangun pohon keputusan, kita memecah data berdasarkan atribut yang memberikan information gain tertinggi. Ini berarti kita memilih atribut yang mengurangi entropy sebanyak mungkin, yang pada gilirannya akan membantu meminimalkan ketidakpastian dalam keputusan.

2.4. Penerapan ke Pohon Keputusan

Dengan dua variabel seperti Stabilitas Pasar dan Sumber Daya Internal, kita akan menerapkan langkah-langkah di atas untuk menentukan pemisahan terbaik berdasarkan nilai atribut yang ada:

- Stabilitas Pasar (0: stabil, 1: fluktuasi) dan
- Sumber Daya Internal (0: cukup, 1: terbatas).

Misalnya, pada setiap simpul (node) pohon keputusan, kita menghitung entropy untuk set data yang ada dan kemudian menghitung information gain untuk setiap atribut. Atribut dengan information gain tertinggi akan dipilih untuk melakukan pemisahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, data yang digunakan untuk menganalisis pengambilan keputusan adaptif dengan menggunakan Decision Trees terdiri dari

beberapa variabel yang mempengaruhi keputusan seorang pemimpin dalam menghadapi ketidakpastian di industri 4.0. Data tersebut mencakup 15 keputusan yang diambil oleh pemimpin di organisasi berbasis teknologi. Berikut adalah beberapa data training yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Data Training Pertama

Variabel	Keterangan
Tingkat Ketidakpastian Teknologi	Tinggi
Kecepatan Perubahan Pasar	Cepat
Keterlibatan Tim	Tinggi
Kesiapan Sumber Daya	Tinggi
Faktor Eksternal	Tinggi
Keputusan yang Diambil	Investasi dalam R&D
Dampak Keputusan	Sukses

Pemimpin di perusahaan ini memutuskan untuk berinvestasi dalam penelitian dan pengembangan (R&D) karena tingkat ketidakpastian teknologi dan kecepatan perubahan pasar yang tinggi. Keputusan ini terbukti sukses, dengan hasil peningkatan produk dan inovasi teknologi.

Tabel 2. Data Training Kedua

Variabel	Keterangan
Tingkat Ketidakpastian Teknologi	Sedang
Kecepatan Perubahan Pasar	Lambat
Keterlibatan Tim	Sedang
Kesiapan Sumber Daya	Sedang
Faktor Eksternal	Sedang
Keputusan yang Diambil	Pelatihan dan pengembangan tim
Dampak Keputusan	Sukses

Pemimpin memilih untuk fokus pada pelatihan dan pengembangan tim karena pasar tidak berubah secara signifikan dan teknologi juga relatif stabil. Keputusan ini sukses, meningkatkan kemampuan tim dalam merespons perubahan kecil di pasar.

Tabel 3. Data Training Ketiga

Variabel	Keterangan
Tingkat Ketidakpastian Teknologi	Tinggi
Kecepatan Perubahan Pasar	Cepat
Keterlibatan Tim	Rendah

Kesiapan Sumber Daya	Sedang
Faktor Eksternal	Tinggi
Keputusan yang Diambil	Perubahan struktur organisasi
Dampak Keputusan	Gagal

Di tengah ketidakpastian tinggi dalam teknologi dan perubahan pasar yang cepat, pemimpin memutuskan untuk merestrukturisasi organisasi. Namun, keputusan ini gagal karena keterlibatan tim yang rendah dan kesiapan sumber daya yang tidak mencukupi.

Tabel 4. Data Training Keempat

Variabel	Keterangan
Tingkat Ketidakpastian Teknologi	Sedang
Kecepatan Perubahan Pasar	Sedang
Keterlibatan Tim	Tinggi
Kesiapan Sumber Daya	Tinggi
Faktor Eksternal	Sedang
Keputusan yang Diambil	Penerapan metode Agile
Dampak Keputusan	Sukses

Di perusahaan ini, keputusan untuk mengimplementasikan Agile dilakukan karena tim memiliki keterlibatan yang tinggi dan kesiapan sumber daya yang memadai. Keputusan ini sukses karena perusahaan dapat lebih fleksibel dan adaptif terhadap perubahan pasar yang sedang berlangsung.

Tabel 5. Data Training Kelima

Variabel	Keterangan
Tingkat Ketidakpastian Teknologi	Rendah
Kecepatan Perubahan Pasar	Lambat
Keterlibatan Tim	Tinggi
Kesiapan Sumber Daya	Rendah
Faktor Eksternal	Sedang
Keputusan yang Diambil	Menunda pengambilan keputusan
Dampak Keputusan	Gagal

Untuk melakukan perhitungan Decision Tree secara manual dan menemukan keputusan akhir berdasarkan data yang telah diberikan, kita akan mengikuti langkah-langkah berikut:

Langkah 1: Menghitung Entropy dari Data Awal

Berdasarkan data yang diberikan sebelumnya:

- Ada 5 data yang terdiri dari 3 kasus Sukses dan 2 kasus Gagal.
- Maka, kita akan menghitung *Entropy* dari dataset awal.

Formula *Entropy*:

$$Entropy(S) = -p^+ \log_2(p^+) - p^- \log_2(p^-)$$

Dimana:

- $p^+ = 3/5 = 0.6$ (proporsi Sukses)
- $p^- = 2/5 = 0.4$ (proporsi Gagal)

$$Entropy(S) = -0.6 \log_2(0.6) - 0.4 \log_2(0.4)$$

$$Entropy(S) = -0.6 \times (-0.736) - 0.4 \times (-1.322)$$

$$Entropy(S) = 0.442 + 0.5288 = 0.9708$$

Jadi, *Entropy*(S) untuk dataset awal adalah 0.9708.

Langkah 2: Menghitung Information Gain untuk Setiap Atribut

Untuk menentukan atribut mana yang memberikan informasi paling banyak, kita harus menghitung Information Gain (IG) untuk setiap atribut.

Atribut 1: Tingkat Ketidakpastian Teknologi

Atribut ini memiliki dua nilai: Tinggi dan Sedang.

Subset 1: Tinggi

- Data: Kasus 1 dan 3 (2 data)
- Keputusan: 1 Sukses, 1 Gagal
- $p^+ = 0.5, p^- = 0.5$

$$Entropy(STinggi) = -0.5 \log_2(0.5) - 0.5 \log_2(0.5) = 1$$

Subset 2: Sedang

- Data: Kasus 2, 4, 5 (3 data)
- Keputusan: 2 Sukses, 1 Gagal
- $p^+ = 2/3, p^- = 1/3$

$$Entropy(SSedang) = -2/3 \log_2(2/3) - 1/3 \log_2(1/3)$$

$$Entropy(SSedang) = -0.667 \times (-0.585) - 0.333 \times (-1.585)$$

$$Entropy(SSedang) = 0.390 + 0.528 = 0.918$$

Information Gain untuk Tingkat Ketidakpastian Teknologi

$$IG(S, Tinggi) = Entropy(S) - (2/5 \times Entropy(STinggi) + 3/5 \times Entropy(SSedang))$$

$$IG(S, Tinggi) = 0.9708 - (2/5 \times 1 + 3/5 \times 0.918)$$

$$IG(S, \text{Tinggi}) = 0.9708 - (0.4 + 0.5508)$$

$$IG(S, \text{Tinggi}) = 0.9708 - 0.9508 = 0.02$$

Jadi, Information Gain untuk Tingkat Ketidakpastian Teknologi adalah 0.02.

Atribut 2: Kecepatan Perubahan Pasar

Atribut ini juga memiliki dua nilai: Cepat dan Lambat.

Subset 1: Cepat

- Data: Kasus 1 dan 2 (2 data)
- Keputusan: 1 Sukses, 1 Gagal
- $p^+ = 0.5, p^- = 0.5$
 $p^+ = 0.5, p^- = 0.5$

$$\text{Entropy}(S_{\text{Cepat}}) = -0.5 \log_2(0.5) - 0.5 \log_2(0.5) = 1$$

Subset 2: Lambat

- Data: Kasus 3, 4, 5 (3 data)
- Keputusan: 2 Sukses, 1 Gagal
- $p^+ = 2/3, p^- = 1/3$
 $p^+ = 2/3, p^- = 1/3$

$$\text{Entropy}(S_{\text{Lambat}}) = -2/3 \log_2(2/3) - 1/3 \log_2(1/3)$$

$$\text{Entropy}(S_{\text{Lambat}}) = -0.667 \times (-0.585) - 0.333 \times (-1.585)$$

$$\text{Entropy}(S_{\text{Lambat}}) = 0.390 + 0.528 = 0.918$$

Information Gain untuk Kecepatan Perubahan Pasar

$$IG(S, \text{Cepat}) = \text{Entropy}(S) - (2/5 \times \text{Entropy}(S_{\text{Cepat}}) + 3/5 \times \text{Entropy}(S_{\text{Lambat}}))$$

$$IG(S, \text{Cepat}) = 0.9708 - (2/5 \times 1 + 3/5 \times 0.918)$$

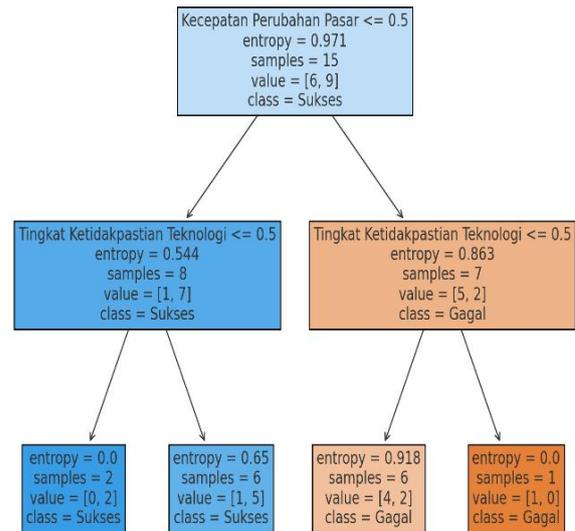
$$IG(S, \text{Cepat}) = 0.9708 - (0.4 + 0.5508) = 0.9708 - 0.9508 = 0.02$$

Jadi, Information Gain untuk Kecepatan Perubahan Pasar adalah 0.02

Langkah 3: Pilih Atribut dengan Information Gain Tertinggi

Setelah menghitung Information Gain untuk kedua atribut, kita melihat bahwa Tingkat Ketidakpastian Teknologi dan Kecepatan Perubahan Pasar keduanya memberikan Information Gain yang sama (0.02).

Berikut ini adalah Gambaran Pohon Keputusan dari hasil pengolahan data:



Gambar 3.1 Pohon Keputusan

Di atas adalah visualisasi pohon keputusan yang dibangun dari data yang Anda berikan. Pohon ini menggambarkan bagaimana model membuat keputusan berdasarkan dua atribut utama, yaitu "Tingkat Ketidakpastian Teknologi" dan "Kecepatan Perubahan Pasar". Setiap node pada pohon tersebut mewakili keputusan atau pertanyaan yang dibangun berdasarkan atribut, dan setiap cabang mengarah ke hasil keputusan ("Sukses" atau "Gagal").

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk membangun model pohon keputusan berdasarkan dua atribut utama yang mempengaruhi keputusan suatu proyek: Tingkat Ketidakpastian Teknologi dan Kecepatan Perubahan Pasar. Berdasarkan data yang tersedia, berikut adalah beberapa kesimpulan yang dapat ditarik:

- Pohon keputusan yang dibangun berdasarkan data ini memiliki dua atribut penting yaitu Tingkat Ketidakpastian Teknologi, yang memiliki dua nilai (Tinggi dan Sedang) dan Kecepatan Perubahan Pasar, yang juga memiliki dua nilai (Cepat dan Lambat).
- Pengaruh Atribut terhadap Keputusan yaitu Atribut Tingkat Ketidakpastian Teknologi lebih dominan dalam mempengaruhi hasil keputusan.
- Informasi yang Diperoleh dari Pohon Keputusan yaitu Tingkat Ketidakpastian Teknologi menjadi faktor utama yang mempengaruhi keputusan, diikuti oleh Kecepatan Perubahan Pasar dan Kecepatan Perubahan Pasar tidak memberikan informasi yang cukup signifikan untuk membagi keputusan lebih lanjut di dalam pohon. Hal ini tercermin

dalam Information Gain yang hampir sama dengan 0 untuk kedua atribut.

5. REFERENCES

- [1] Müller, J. (2021). *Leadership in the Age of Digital Transformation: A Study on Adaptability and Decision-Making*. Journal of Leadership and Technology.
- [2] García, E. & Garza, L. (2020). *Agile Leadership Practices in the Digital Era*. Journal of Business and Technology.
- [3] Jolley, L. & Endres, M. (2022). *Agility in Leadership: Responding to Uncertainty in Industry 4.0*. International Journal of Industrial Management.
- [4] Salas-Vallina, A., González-Romá, V., & Vera, M. (2020). *Agile Leadership in Times of Disruption: A Systematic Review*. Journal of Leadership & Organizational Studies.
- [5] Chen, D., Zhang, L., & Wang, H. (2021). *Decision Trees in Business Analytics: Techniques and Applications*. Journal of Computational Intelligence in Business.
- [6] Rafique, M., Naqvi, S., & Saeed, R. (2022). *Using Decision Trees for Effective Decision-Making in Dynamic Environments*. International Journal of Artificial Intelligence.
- [7] Brocke, J., Hepp, M., & Seidel, M. (2021). *Managing Organizational Change in Industry 4.0: The Role of Leadership and Decision-Making Tools*. Journal of Strategic Management.
- [8] Zachariadis, M., & Scott, S. (2022). *Decision Support Systems in the Era of Industry 4.0: A Literature Review*. International Journal of Information Systems.
- [9] El-Nawawi, S., M. Saeed, F., & Hassan, M. (2021). *Exploring the Intersection of Agile Leadership and Data Analytics in the Age of Industry 4.0*. Technology and Leadership Review.
- [10] Kien, T., Huynh, V., & Nguyen, T. (2023). *Adaptive Decision Making in Complex Environments: Leveraging Agile Leadership and Data-Driven Tools*. Journal of Business Strategy and Management.