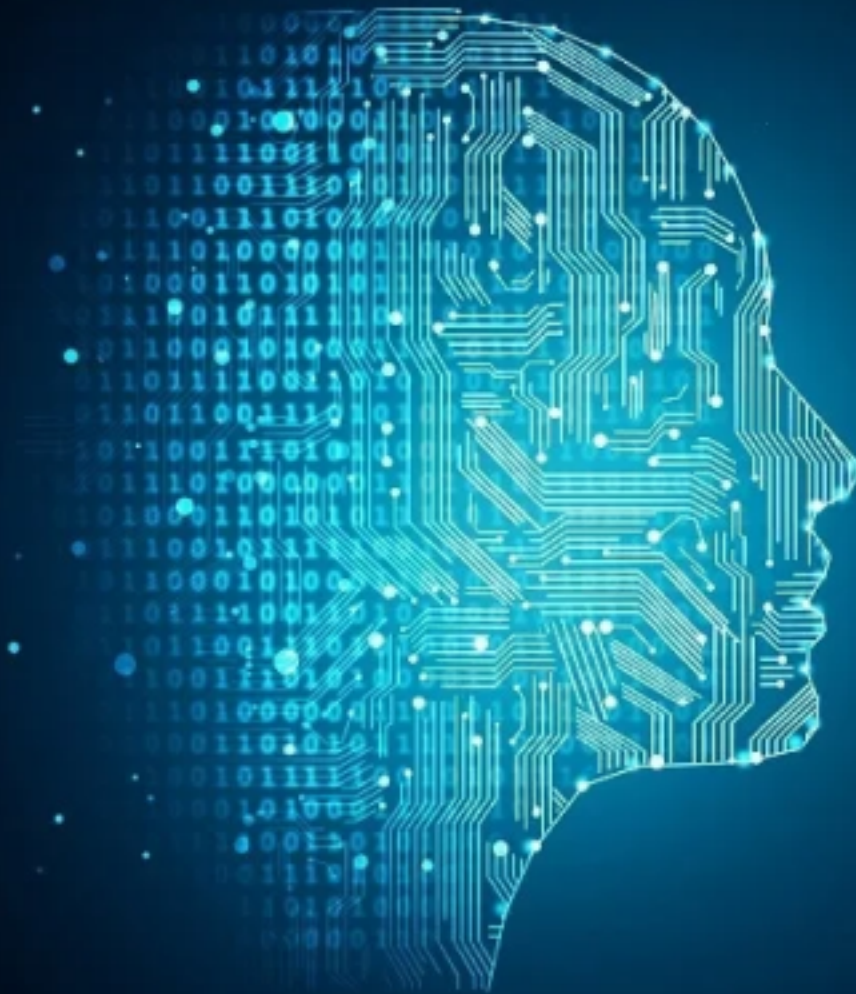




DIGITAL NEXUS SYSTEMATIC *Journal*



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM)
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GOMBONG

Digital Nexus Systematic

Volume 2, Issue 1, January
2026

Editor-In-Chief

Lazuardi Fatahilah Hamdi, S.Kom, M.Eng,
Universitas Muhammadiyah Gombong

Editorial Board

Aang Anwarudin, ST., M. Kom
Universitas Muhammadiyah Gombong

Imam Tri Suryadin, S.Kom., M.Kom.
Universitas Muhammadiyah Gombong

Damar Eko Cahyono, S.T., S.Kom., M.M
Politeknik Sawunggalih Aji

Miftahul Huda, S. Pd., M. Kom
Universitas Putra Bangsa

Reviewer Board

Joosten, S.Kom., M.Eng.
Universitas Mikroskil

Surya Tri Atmaja Ramadhani, S.Kom., M.Eng
Universitas Amikom Yogyakarta

Ir. I Putu Deny Arthawan Sugih Prabowo, M.Eng., ITILF.
Institut Teknologi Kalimantan

Jeffry Andhika Putra, S.T., M.M., M.Eng
Universitas Janabadra Yogyakarta

Lizda Iswari, S.T., M.Sc
Universitas Islam Indonesia

Digital Nexus Systematic

Volume 2, Issue 1, January 2026

LIST OF CONTENTS

<i>ANALISIS PEMERATAAN EKONOMI DI KALIMANTAN SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI BERBASIS AGEN</i>	1 - 10
<i>Permodelan dan Simulasi Kebijakan Asta Cita dalam mendorong Kewirausahaan menggunakan NetLogo</i>	11 - 14
<i>Pengembangan Website E-Government Kecamatan Tinanggea Menggunakan Metode Research and Development Berbasis Human-Computer Interaction</i>	15 - 21
<i>PENYEBARAN HIV DI DKI JAKARTA DENGAN VISUALISASI NET LOGO</i>	22 - 26
<i>Verifikasi Logika Autentikasi Sistem Login Menggunakan Pendekatan Tabel Kebenaran</i>	27 - 31
<i>Optimasi Pencarian Data Santri Menggunakan Algoritma Binary Search Tree di PPM Al-Islam</i>	32 - 38
<i>PENGEMBANGAN INDUSTRI KREATIF PENGRAJIN KAYU DENGAN VISUALISASI NET LOGO</i>	39 - 43

Analisis Pemerataan Ekonomi Di Kalimantan Selatan Dengan Menggunakan Simulasi Berbasis Agen

Ahmad Syafi Nugroho¹, Bimantaka Cahyo Yonanda²

^{1,2} Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gombong, Kebumen, Jawa Tengah, Indonesia
Email: asyafi318@gmail.com

Abstract —Local economic growth in border regions is strongly influenced by the quality of regional planning, institutional capacity, and the role of development actors in managing regional potential. Border areas such as Long Apari District in Mahakam Ulu Regency, East Kalimantan Province, possess significant natural resource and local economic potential; however, this potential has not been optimally translated into equitable economic development. Key challenges include limited infrastructure, low human resource quality, restricted market access, and weak local economic capacity. This study aims to analyze the role of regional planning and the synergy among local governments, micro, small, and medium enterprises (MSMEs), and Village-Owned Enterprises (BUMDes) in promoting economic growth and equity in border regions. The research employs a literature review and conceptual analysis approach focusing on local economic development and institutional governance. The findings indicate that MSMEs and BUMDes play a strategic role in job creation, increasing local value added, and strengthening rural economic independence. However, optimizing these roles requires supportive local government policies, clear regulations, equitable infrastructure development, and active involvement of financial institutions, business support agencies, and human resource training institutions. Strong synergy among development actors is essential to create inclusive and sustainable local economic development and to reduce socio-economic disparities in border areas.

Keywords— *Border Areas, Economic Equity, MSMEs, Regional Planning, Village-Owned Enterprises*

Abstrak — Pertumbuhan ekonomi lokal di wilayah perbatasan sangat dipengaruhi oleh kualitas perencanaan wilayah, kapasitas kelembagaan, serta peran aktor pembangunan dalam mengelola potensi daerah. Wilayah perbatasan seperti Kecamatan Long Apari di Kabupaten Mahakam Ulu, Provinsi Kalimantan Timur, memiliki potensi sumber daya alam dan ekonomi lokal yang besar, namun belum mampu mendorong pemerataan ekonomi secara optimal. Permasalahan utama yang dihadapi meliputi keterbatasan infrastruktur, rendahnya kualitas sumber daya manusia, terbatasnya akses pasar, serta lemahnya kapasitas ekonomi lokal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran perencanaan wilayah serta sinergi antara pemerintah daerah, usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM), dan Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) dalam mendorong pertumbuhan dan pemerataan ekonomi di wilayah perbatasan. Pendekatan penelitian menggunakan kajian literatur dan analisis konseptual terhadap pembangunan ekonomi lokal dan tata kelola kelembagaan. Hasil kajian menunjukkan bahwa UMKM dan BUMDes berperan strategis dalam menciptakan lapangan kerja, meningkatkan nilai tambah ekonomi lokal, dan memperkuat kemandirian ekonomi masyarakat desa. Namun, optimalisasi peran tersebut memerlukan dukungan kebijakan pemerintah daerah, regulasi yang jelas, pembangunan infrastruktur yang merata, serta peran aktif lembaga keuangan, pendampingan usaha, dan pelatihan sumber daya manusia. Sinergi antaraktor pembangunan menjadi kunci dalam menciptakan pembangunan ekonomi lokal yang inklusif, berkelanjutan, dan mampu mengurangi ketimpangan sosial-ekonomi di wilayah perbatasan.

Kata Kunci— *BUMDes, Pemerataan Ekonomi, Perencanaan Wilayah, UMKM, Wilayah Perbatasan*

I. PENDAHULUAN

Pemerataan ekonomi merupakan salah satu strategi utama yang dapat diambil untuk mengatasi ketimpangan sosial-ekonomi. Pemerataan ekonomi tidak hanya tentang redistribusi pendapatan atau kekayaan, tetapi juga tentang memastikan bahwa setiap individu memiliki akses yang sama terhadap kesempatan ekonomi. Hal ini melibatkan berbagai kebijakan dan program yang dirancang untuk meningkatkan akses pendidikan dan pelatihan, menciptakan lapangan kerja yang layak, serta menyediakan layanan Kesehatan dan perlindungan sosial yang memadai. Dengan

demikian, pemerataan ekonomi berfungsi sebagai alat penting untuk menciptakan kondisi di mana semua anggota masyarakat dapat berpartisipasi secara penuh dalam kehidupan ekonomi dan merasakan manfaat dari pertumbuhan ekonomi [1].

Di Indonesia, isu pemerataan ekonomi masih menjadi tantangan pembangunan nasional hingga saat ini. Wilayah perbatasan Indonesia, seperti Kalimantan selatan, memiliki potensi ekonomi yang besar, terutama pada sektor berbasis sumber daya alam dan ekonomi lokal. Namun, potensi tersebut belum mampu mendorong pemerataan ekonomi secara optimal. Sebagian besar masyarakat masih

menggantungkan hidup pada sektor primer dengan nilai tambah yang rendah, sementara kesempatan untuk mengembangkan usaha produktif masih terbatas [2].

Usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) memainkan peran strategis dalam pembangunan nasional dan pertumbuhan ekonomi. Selain menciptakan lapangan kerja, UMKM menjadi penyokong utama perekonomian di negara berkembang seperti Indonesia maupun negara maju. Di Indonesia, UMKM membantu memulihkan ekonomi pascakrisis moneter, menjadi alternatif sumber pekerjaan, dan mendorong kemandirian ekonomi masyarakat. UMKM juga berkontribusi besar terhadap pemerataan pendapatan, pertumbuhan ekonomi, dan stabilitas nasional [3].

Selain UMKM, untuk membantu perekonomian desa dan mendorong pemberdayaan ekonomi lokal, pemerintah memberikan kewenangan kepada Pemerintah Desa untuk mengelola potensi desa secara mandiri, yaitu salah satunya lembaga ekonomi yang ada di desa yakni Badan Usaha Milik Desa (BUMDes). Pendirian BUMDes dimaksudkan sebagai upaya untuk memajukan dan mengembangkan ekonomi di tingkat desa. BUMDes yaitu sebuah lembaga ekonomi yang dimiliki dan dioperasikan oleh masyarakat setempat, dengan tujuan untuk meningkatkan pendapatan, menciptakan lapangan kerja, meningkatkan pengelolaan potensi desa sesuai dengan kebutuhan masyarakat, meningkatkan perekonomian desa, dan juga sebagai tulang punggung pertumbuhan dan pemerataan ekonomi desa. Keberadaan BUMDes diharapkan mampu mengurangi ketimpangan antara desa dan kota, khususnya di wilayah Kalimantan [4].

Namun demikian, optimalisasi peran UMKM dan BUMDes tidak dapat dilepaskan dari dukungan pemerintah dan juga Lembaga. Pemerintah daerah memiliki otoritas untuk mengelola sumber daya ekonomi di wilayahnya, termasuk dalam hal anggaran dan pembangunan infrastruktur. Dari segi hukum, hal ini didasarkan pada Undang-Undang Nomor 09 Tahun 2015 yang merevisi Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah, guna meminimalkan risiko konflik hukum. Dalam perspektif sosiologi, intervensi pemerintah daerah dalam ekonomi dapat mengubah struktur sosial, memengaruhi distribusi kekayaan, serta menciptakan peluang dan tantangan baru bagi para pelaku usaha. Dalam pembangunan ekonomi, pemerintah daerah memainkan peran penting dengan merancang kebijakan yang mendukung investasi, memberikan insentif untuk usaha kecil dan menengah, serta menyediakan infrastruktur guna mempercepat pertumbuhan ekonomi lokal. Regulasi yang jelas serta pelaksanaan hukum yang konsisten sangat diperlukan untuk memastikan pembangunan berjalan sesuai rencana. [5].

Meskipun berbagai upaya telah dilakukan, pemerataan ekonomi di Kalimantan masih menghadapi berbagai tantangan. Perbedaan kapasitas kelembagaan, kualitas sumber daya manusia, serta efektivitas kebijakan antar daerah menyebabkan dampak pembangunan belum dirasakan secara merata [6].

Maka, tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan pemerataan ekonomi di Kalimantan Selatan menggunakan simulasi berbasis agen, serta menentukan skenario mana

yang paling berpengaruh terhadap pemerataan ekonomi, baik dari sisi UMKM, BUMDes, lembaga, maupun pemerintah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep Pemerataan Ekonomi

Pemerataan ekonomi merupakan salah satu instrumen utama dalam mengurangi ketimpangan sosial dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Pemerataan ekonomi tidak hanya berkaitan dengan distribusi pendapatan, tetapi juga mencakup pemerataan akses terhadap kesempatan ekonomi, pendidikan, lapangan kerja, layanan kesehatan, serta perlindungan sosial. Melalui pemerataan ekonomi, setiap individu diharapkan dapat berpartisipasi secara optimal dalam kegiatan ekonomi dan memperoleh manfaat dari pertumbuhan ekonomi [1].

Di Indonesia, isu pemerataan ekonomi masih menjadi tantangan pembangunan nasional, khususnya di wilayah yang memiliki keterbatasan infrastruktur dan akses ekonomi. Wilayah perbatasan dan daerah terpencil memiliki potensi sumber daya alam dan ekonomi lokal yang besar, namun belum sepenuhnya mampu mendorong pemerataan ekonomi secara optimal [2].

B. Peran UMKM dalam Pemerataan Ekonomi

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memiliki kontribusi besar terhadap pertumbuhan ekonomi nasional dan penciptaan lapangan kerja. UMKM berperan sebagai tulang punggung perekonomian karena mampu menyerap tenaga kerja dalam jumlah besar serta menjadi sumber pendapatan bagi masyarakat berpenghasilan rendah dan menengah. Keberadaan UMKM juga berkontribusi terhadap peningkatan pemerataan pendapatan dan stabilitas ekonomi nasional [3].

Di samping itu, UMKM berfungsi sebagai sarana pemberdayaan ekonomi masyarakat dan peningkatan kemandirian ekonomi lokal. Dengan berkembangnya UMKM, peluang usaha produktif di daerah dapat meningkat sehingga kesenjangan ekonomi antarkelompok masyarakat dapat dikurangi.

C. Peran BUMDes dalam Pemberdayaan Ekonomi Desa

Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) merupakan lembaga ekonomi desa yang dibentuk untuk mengelola potensi lokal dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat desa. BUMDes bertujuan menciptakan lapangan kerja, meningkatkan pendapatan desa, serta mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya desa sesuai kebutuhan masyarakat [4].

Keberadaan BUMDes diharapkan mampu menjadi motor penggerak pertumbuhan ekonomi desa sekaligus instrumen penting dalam mendorong pemerataan ekonomi, terutama dalam mengurangi kesenjangan antara wilayah desa dan kota.

D. Agent-Based Modeling dalam Kajian Pemerataan Ekonomi

Agent-Based Modeling (ABM) merupakan pendekatan pemodelan yang merepresentasikan individu atau pelaku ekonomi sebagai agen yang saling berinteraksi dalam suatu

sistem. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengamati bagaimana perubahan perilaku individu, akses sumber daya, dan kebijakan memengaruhi dinamika sistem secara keseluruhan [7].

Dalam konteks ekonomi, ABM banyak digunakan untuk memodelkan perilaku pasar, dinamika konsumen, serta distribusi pendapatan. ABM dinilai mampu memberikan pemahaman yang lebih realistis terhadap sistem ekonomi yang kompleks dibandingkan pendekatan konvensional, sehingga dapat membantu dalam perumusan kebijakan publik dan strategi pemerataan ekonomi [8].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian mengenai pemerataan ekonomi di Kalimantan Selatan dilakukan dengan pendekatan kuantitatif, yang bertujuan untuk menggali secara mendalam faktor-faktor yang memengaruhi pemerataan ekonomi di Kalimantan Selatan. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), yang menyediakan informasi yang sangat penting terkait dengan pemerataan ekonomi di kabupaten/kota Balangan di Provinsi Kalimantan Selatan.

Tabel yang disajikan menggambarkan tingkat ketimpangan pendapatan di berbagai kabupaten dan kota di Provinsi Kalimantan Selatan pada tahun 2024. Secara umum, tingkat ketimpangan pendapatan Provinsi Kalimantan Selatan berada pada nilai 0,302, yang menunjukkan ketimpangan pada kategori sedang. Di antara kabupaten dan kota, Kota Banjarmasin mencatat tingkat ketimpangan tertinggi, yaitu 0,347, yang mengindikasikan distribusi pendapatan yang kurang merata dibandingkan wilayah lainnya. Kabupaten Tanah Bumbu juga menunjukkan tingkat ketimpangan yang relatif tinggi dengan nilai 0,309. Sebaliknya, beberapa daerah seperti Balangan (0,218), Hulu Sungai Tengah (0,251), dan Tanah Laut (0,257) memiliki tingkat ketimpangan yang lebih rendah. Daerah lainnya, seperti Kotabaru (0,296), Hulu Sungai Selatan (0,288), dan Hulu Sungai Utara (0,276) berada pada tingkat ketimpangan rendah hingga mendekati sedang. Di tingkat kota, selain Kota Banjarmasin, Kota Banjarbaru memiliki tingkat ketimpangan sebesar 0,300, yang berada pada batas kategori sedang. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan adanya ketidakmerataan distribusi pendapatan antar wilayah di Provinsi Kalimantan Selatan, yang dipengaruhi oleh perbedaan aktivitas ekonomi, tingkat urbanisasi, serta kondisi sosial ekonomi masing-masing daerah. Data tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Rasio Gini Kalimantan Selatan

Kabupaten/Kota + Provinsi	Rasio Gini (Gini Ratio) Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Selatan 2024
Kalimantan Selatan	0,302
Tanah Laut	0,257
Kota Baru	0,296
Banjar	0,258
Barito Kuala	0,272

Tapin	0,26
Hulu Sungai Selatan	0,288
Hulu Sungai Tengah	0,251
Hulu Sungai Utara	0,276
Tabalong	0,3
Tanah Bumbu	0,309
Balangan	0,218
Kota Banjarmasin	0,347
Kota Banjar Baru	0,3

Dalam penelitian ini, dilakukan simulasi untuk membandingkan empat skenario utama terhadap pemerataan ekonomi, yaitu peran UMKM, peran BUMDes, dukungan lembaga, serta intervensi pemerintah, guna menentukan faktor yang paling berpengaruh terhadap pemerataan ekonomi.

Ada berbagai simulasi teknik pemodelan yang dapat digunakan untuk mempelajari kondisi dinamis yang ada di masyarakat, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan ketimpangan dan pemerataan ekonomi. Salah satu simulasi tersebut adalah dengan simulasi model berbasis agen (*Agent-Based Model Simulation*) yang menjelaskan bahwa *Agent-Based Modelling* (ABM) dapat digunakan untuk memodelkan interaksi antarindividu atau pelaku ekonomi dalam suatu populasi. Melalui pendekatan ini, pengambil keputusan dapat mempelajari bagaimana perubahan kecil dalam perilaku ekonomi, akses sumber daya, dan interaksi sosial dapat memengaruhi distribusi pendapatan serta tingkat pemerataan ekonomi dalam populasi [7].

Dalam beberapa tahun terakhir, ABM telah semakin digunakan dalam memodelkan sistem kompleks yang sangat besar dan kompleks seperti jaringan sosial dan ekosistem. ABM menjadi salah satu teknik yang paling populer untuk memodelkan perilaku kolektif dalam berbagai bidang ilmu, seperti sosiologi, ekonomi, biologi, dan lingkungan. ABM telah digunakan di berbagai bidang untuk menyelesaikan masalah kompleks yakni salah satunya dalam masalah Ekonomi dan Keuangan yang digunakan untuk memodelkan perilaku pasar, dinamika konsumen, dan pengambilan keputusan oleh pelaku ekonomi. Sedangkan dalam konteks pemerataan ekonomi, penerapan *Agent-Based Modelling* (ABM) digunakan sebagai alat simulasi yang dapat membantu memahami dan memprediksi dinamika kompleks yang berkaitan dengan ketimpangan distribusi pendapatan, akses terhadap sumber daya ekonomi, serta respons masyarakat terhadap kebijakan pembangunan dan program pemerataan ekonomi [7].

Dengan menggunakan ABM, peneliti dapat memodelkan perilaku individu (agen), serta pengaruh faktor lingkungan dan kebijakan terhadap distribusi pendapatan dan kesejahteraan dalam suatu populasi. Penerapan ABM dalam konteks pemerataan ekonomi memiliki beberapa manfaat, khususnya dalam analisis ekonomi pembangunan, perumusan kebijakan publik, dan perancangan strategi intervensi ekonomi. Melalui pendekatan ini, ABM memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai pola ketimpangan ekonomi, efektivitas kebijakan redistributif, serta dampak kebijakan pemerintah terhadap pemerataan pendapatan dan akses ekonomi. Dengan

pendekatan berbasis simulasi tersebut, ABM memberikan wawasan yang dapat membantu peneliti, pembuat kebijakan, dan pemangku kepentingan dalam merancang strategi pembangunan ekonomi yang lebih inklusif dan berkeadilan guna mengurangi ketimpangan dan mendorong pemerataan ekonomi [8].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang diperoleh, tingkat ketimpangan pendapatan di berbagai kabupaten dan kota di Provinsi Kalimantan Selatan menunjukkan variasi yang cukup signifikan. Kota Banjarmasin mencatat tingkat ketimpangan tertinggi dengan nilai 0,347, diikuti oleh Kabupaten Tanah Bumbu sebesar 0,309. Sebaliknya, Kabupaten Balangan menunjukkan tingkat ketimpangan terendah, yaitu 0,218. Secara keseluruhan, nilai ketimpangan antar kabupaten dan kota berada pada rentang 0,218 hingga 0,347, dengan rata-rata provinsi sebesar 0,302. Kondisi ini mengindikasikan adanya disparitas distribusi pendapatan antar wilayah di Kalimantan Selatan.

Simulasi berbasis agen yang dilakukan menggunakan perangkat lunak NetLogo menunjukkan bahwa:

a) UMKM

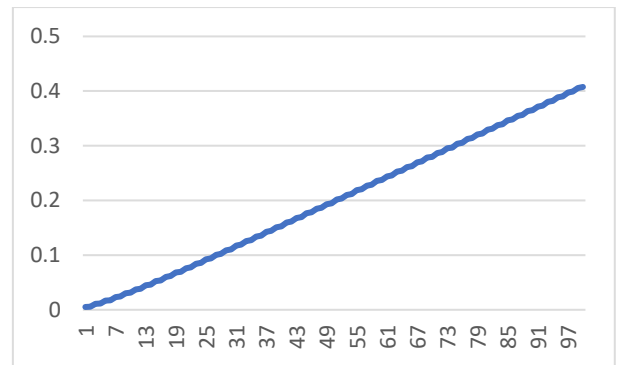
Tabel 2. Hasil Perhitungan UMKM

umkm	perhitungan
0,005129	0,005129
0,01049	0,005362
0,016116	0,010755
0,021972	0,011218
0,028064	0,016846
0,034352	0,017506
0,040849	0,023343
0,047511	0,024168
0,054362	0,030194
0,061391	0,031197
0,068555	0,037358
0,075857	0,038498
0,083257	0,044759
0,090764	0,046005
0,098362	0,052358
0,106081	0,053724
0,11388	0,060156
0,121738	0,061582
0,129662	0,06808
0,137657	0,069577
0,145687	0,076111
0,153764	0,077653
0,161868	0,084215
0,170003	0,085789

0,178172	0,092384
0,186357	0,093974
0,194589	0,100616
0,202864	0,102248
0,211176	0,108928
0,219541	0,110613
0,227911	0,117298
0,236288	0,11899
0,244673	0,125683
0,253069	0,127387
0,261473	0,134087
0,269889	0,135803
0,278301	0,142498
0,286718	0,14422
0,295129	0,150909
0,303567	0,152658
0,312022	0,159364
0,320486	0,161122
0,328951	0,167828
0,337413	0,169585
0,345878	0,176293
0,354354	0,178061
0,362825	0,184764
0,371299	0,186535
0,37978	0,193246
0,388264	0,195018
0,396756	0,201738
0,405224	0,203486
0,413701	0,210215
0,42219	0,211975
0,430659	0,218684
0,439147	0,220463
0,447649	0,227186
0,456133	0,228948
0,464645	0,235697
0,473131	0,237434
0,48163	0,244197
0,490115	0,245918
0,498601	0,252683
0,5071	0,254417
0,515598	0,261181
0,524098	0,262917
0,532589	0,269672
0,541088	0,271416
0,549594	0,278178
0,558097	0,279919

0,566606	0,286687
0,575092	0,288405
0,583583	0,295178
0,59208	0,296902
0,600575	0,303673
0,609078	0,305405
0,617577	0,312173
0,626089	0,313917
0,634595	0,320679
0,643106	0,322427
0,65162	0,329193
0,660127	0,330933
0,668632	0,337699
0,677131	0,339433
0,685622	0,346189
0,694152	0,347963
0,702663	0,354701
0,711176	0,356476
0,71969	0,363214
0,728187	0,364973
0,736685	0,371712
0,745186	0,373474
0,753694	0,38022
0,762207	0,381987
0,770712	0,388725
0,779236	0,390511
0,78774	0,397229
0,796256	0,399027
0,804777	0,40575
0,813291	0,407541
Rata-rata	0,1999

Pada skenario UMKM dengan periode simulasi 1000, hasil NetLogo menunjukkan adanya penurunan ketimpangan pendapatan secara bertahap. Nilai indikator pada akhir simulasi mencapai 0,1999. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas UMKM mampu meningkatkan pendapatan masyarakat dan membantu mengurangi kesenjangan pendapatan, meskipun dampaknya relatif paling kecil dibandingkan skenario lainnya.



Gambar 1. Grafik perhitungan UMKM

b) BUMdes

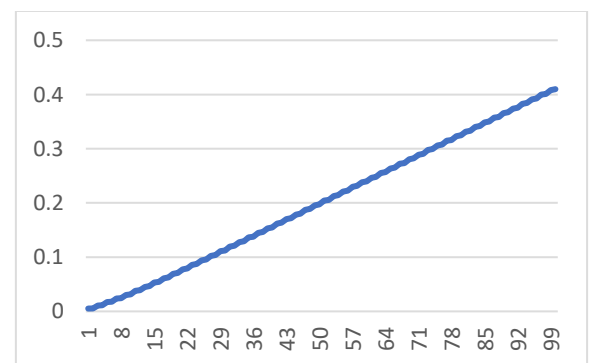
Tabel 3. Hasil Perhitungan BUMdes

bumdes	perhitungan
0,005211179	0,005211179
0,010667686	0,005456507
0,016328541	0,010872034
0,022213142	0,011341108
0,028314378	0,01697327
0,034641007	0,017667737
0,041166455	0,023498719
0,047886762	0,024388043
0,054818873	0,03043083
0,061913011	0,031482181
0,0691627	0,037680519
0,076581154	0,038900635
0,084123234	0,045222599
0,091761116	0,046538516
0,099546035	0,053007519
0,107421607	0,054414088
0,115403938	0,06098985
0,123466435	0,062476585
0,131608262	0,069131676
0,139803044	0,070671368
0,148026577	0,077355209
0,156304837	0,078949628
0,164616224	0,085666596
0,172947524	0,087280927
0,181303321	0,094022394
0,189675887	0,095653493
0,19807329	0,102419797
0,206498235	0,104078438
0,214942913	0,110864474
0,223404067	0,112539593

0,231867932	0,119328339
0,240347279	0,12101894
0,248820913	0,127801973
0,257287853	0,12948588
0,265771324	0,136285444
0,27423732	0,137951876
0,282705719	0,144753843
0,291186622	0,146432778
0,299668118	0,15323534
0,30812843	0,15489309
0,316600817	0,161707727
0,325086084	0,163378357
0,333562846	0,170184489
0,342064159	0,17187967
0,350546558	0,178666888
0,359026785	0,180359897
0,367520759	0,187160863
0,376000147	0,188839284
0,384488553	0,195649268
0,392958259	0,197308991
0,401440675	0,204131684
0,409918728	0,205787044
0,418411731	0,212624688
0,426904892	0,214280204
0,435388868	0,221108664
0,443879238	0,222770574
0,452358647	0,229588074
0,460858073	0,23127
0,469339049	0,238069049
0,477830741	0,239761692
0,486331895	0,246570203
0,494815505	0,248245302
0,503317117	0,255071814
0,51180796	0,256736145
0,52030695	0,263570804
0,528802815	0,265232011
0,537290858	0,272058847
0,545789645	0,273730798
0,554290887	0,280560089
0,562802138	0,282242049
0,57130291	0,289060861
0,579790451	0,29072959
0,58830128	0,29757169
0,596794464	0,299222774
0,605295525	0,306072751
0,613791811	0,30771906

0,622302967	0,314583907
0,63081024	0,316226334
0,639301156	0,323074822
0,647794244	0,324719422
0,656290705	0,331571284
0,664802094	0,333230811
0,673302803	0,340071992
0,681805016	0,341733023
0,690320166	0,348587143
0,698838095	0,350250952
0,707352831	0,357101878
0,715851468	0,358749589
0,724346243	0,365596654
0,732848847	0,367252193
0,741354309	0,374102116
0,749871072	0,375768956
0,758380442	0,382611485
0,766886956	0,384275471
0,775395821	0,391120351
0,783897553	0,392777203
0,792397275	0,399620072
0,800910985	0,401290913
0,809420641	0,408129728
0,817936198	0,40980647
Rata-rata	0,2018

Hasil simulasi pada skenario BUMDes selama 1000 periode menunjukkan penurunan ketimpangan pendapatan yang lebih konsisten. Nilai indikator ketimpangan pada akhir simulasi mencapai 0,2018. Temuan ini menunjukkan bahwa BUMDes memiliki peran penting dalam memperbaiki distribusi pendapatan melalui kegiatan ekonomi desa.



Gambar 2. Grafik Perhitungan BUMdes

c) Lembaga

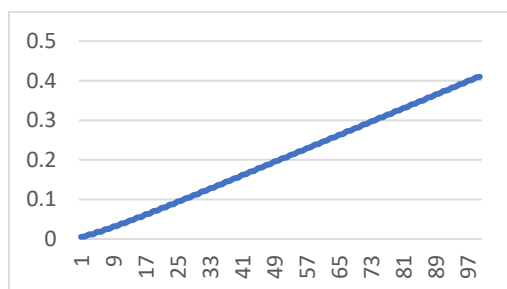
Tabel 4. Perhitungan Lembaga

lembaga	perhitungan
0,005442	0,005442
0,011127	0,005686
0,017061	0,011376
0,023218	0,011842
0,0296	0,017758
0,036177	0,018419
0,042949	0,02453
0,049878	0,025348
0,056942	0,031594
0,064156	0,032562
0,071502	0,03894
0,07899	0,04005
0,086612	0,046563
0,094313	0,04775
0,1021	0,054349
0,10995	0,055601
0,117871	0,06227
0,125867	0,063597
0,133919	0,070322
0,142037	0,071715
0,150184	0,078469
0,15836	0,079891
0,166547	0,086656
0,174771	0,088115
0,183007	0,094892
0,191271	0,09638
0,199541	0,103161
0,207832	0,104671
0,216137	0,111466
0,224464	0,112998
0,232792	0,119794
0,241157	0,121363
0,249534	0,128171
0,257933	0,129762
0,266347	0,136585
0,274748	0,138163
0,283167	0,145004
0,291586	0,146582
0,300017	0,153435
0,30847	0,155035
0,316916	0,161881

0,325364	0,163483
0,333811	0,170328
0,342268	0,17194
0,350731	0,178791
0,359199	0,180408
0,367662	0,187254
0,376141	0,188887
0,384611	0,195724
0,393082	0,197358
0,40156	0,204201
0,410061	0,20586
0,418512	0,212652
0,426991	0,214339
0,435472	0,221134
0,443957	0,222823
0,45246	0,229637
0,460962	0,231325
0,469462	0,238137
0,477943	0,239806
0,486422	0,246617
0,494914	0,248297
0,503386	0,255089
0,51187	0,256781
0,520351	0,26357
0,528839	0,265269
0,537338	0,272068
0,545834	0,273766
0,554333	0,280567
0,562831	0,282264
0,571314	0,289051
0,579826	0,290776
0,588314	0,297539
0,596807	0,299269
0,605307	0,306038
0,61378	0,307742
0,622264	0,314522
0,630755	0,316232
0,639243	0,32301
0,647735	0,324725
0,656236	0,331511
0,664728	0,333217
0,673234	0,340017
0,68173	0,341713
0,690247	0,348534
0,698757	0,350222
0,707265	0,357042

0,715777	0,358735
0,724285	0,365551
0,73279	0,36724
0,741294	0,374054
0,749809	0,375755
0,758328	0,382572
0,766841	0,384268
0,775353	0,391085
0,783855	0,39277
0,792363	0,399593
0,800881	0,401289
0,809374	0,408086
0,817886	0,4098
	0,2021

Pada skenario lembaga dengan periode simulasi 1000, hasil menunjukkan penurunan ketimpangan pendapatan paling besar. Nilai indikator mencapai 0,2021, yang menandakan bahwa skenario lembaga memiliki potensi tertinggi dalam mengurangi kesenjangan pendapatan, terutama melalui peningkatan akses dan pemberdayaan masyarakat.



Gambar 3. Grafik Perhitungan Lembaga

d) Pemerintah

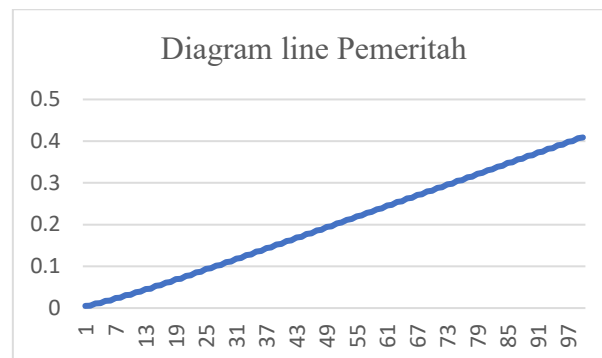
Tabel 5. Hasil Perhitungan Pemerintah

pemerintah	perhitungan
0,005250256	0,005250256
0,010774531	0,005524275
0,016561632	0,011037357
0,022529069	0,011491712
0,028713072	0,017221359
0,035098889	0,01787753
0,041690968	0,023813438
0,048472512	0,024659073
0,05540812	0,030749047

0,062487485	0,031738438
0,069702439	0,037964
0,077083804	0,039119803
0,084599087	0,045479284
0,09222188	0,046742596
0,099922843	0,053180247
0,10770628	0,054526033
0,11554549	0,061019457
0,123459883	0,062440426
0,131440339	0,068999914
0,139500979	0,070501065
0,147607772	0,077106707
0,155774615	0,078667908
0,163979104	0,085311196
0,172194118	0,086882923
0,180431729	0,093548806
0,188717734	0,095168928
0,197025501	0,101856573
0,20536171	0,103505137
0,213713367	0,11020823
0,222072287	0,111864057
0,230440767	0,11857671
0,238822367	0,120245657
0,247218553	0,126972895
0,255611181	0,128638286
0,264013947	0,135375661
0,272445028	0,137069366
0,280889671	0,143820304
0,289346882	0,145526577
0,297792103	0,152265526
0,306225942	0,153960416
0,314669552	0,160709136
0,323129946	0,16242081
0,331598835	0,169178025
0,34004659	0,170868565
0,348513018	0,177644453
0,356991969	0,179347516
0,365438487	0,186090971
0,37391619	0,187825219
0,382388522	0,194563303
0,390875302	0,196312
0,399362191	0,203050191
0,407845672	0,204795481
0,416330659	0,211535178
0,42481439	0,213279212
0,433295912	0,2200167

0,441769015	0,221752315
0,450235507	0,228483192
0,458713127	0,230229935
0,467198033	0,236968098
0,475693314	0,238725216
0,484193755	0,245468539
0,492692562	0,247224024
0,501192568	0,253968544
0,509683537	0,255714993
0,518186363	0,262471369
0,526680513	0,264209143
0,535173189	0,270964046
0,543677892	0,272713846
0,552187047	0,279473201
0,560687891	0,28121469
0,569189486	0,287974797
0,57769079	0,289715994
0,586178332	0,296462338
0,594664939	0,298202601
0,603157464	0,304954864
0,611663266	0,306708402
0,620162614	0,313454212
0,628663941	0,315209729
0,63716453	0,321954801
0,645669315	0,323714514
0,654183208	0,330468694
0,662686499	0,332217805
0,671182766	0,338964961
0,679692482	0,340727521
0,688190376	0,347462855
0,696713656	0,349250801
0,705222023	0,355971222
0,713732198	0,357760976
0,722234079	0,364473102
0,730742675	0,366269573
0,739240729	0,372971157
0,747754234	0,374783077
0,75627943	0,381496353
0,764789658	0,383293305
0,773299673	0,390006368
0,781817213	0,391810845
0,790326181	0,398515336
0,798840653	0,400325317
0,807357339	0,407032022
0,815870144	0,408838122
Rata-rata	0,2010

Hasil simulasi pada skenario pemerintah selama 1000 periode menunjukkan penurunan ketimpangan pendapatan yang stabil. Nilai indikator pada akhir simulasi mencapai 0,2010. Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan pemerintah mampu mengurangi kesenjangan pendapatan, meskipun pengaruhnya tidak sebesar skenario lembaga dan BUMDes.



Gambar 4. Grafik Perhitungan Pemerintah

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ketimpangan pendapatan antar kabupaten dan kota di Provinsi Kalimantan Selatan masih cukup tinggi, dengan nilai ketimpangan berada pada rentang 0,218–0,347 dan rata-rata provinsi sebesar 0,302. Hasil simulasi berbasis agen menggunakan NetLogo dengan periode 1000 menunjukkan bahwa penerapan skenario UMKM, BUMDes, lembaga, dan pemerintah sama-sama mampu menurunkan tingkat ketimpangan pendapatan, namun lembaga memiliki pengaruh paling besar dalam memperbaiki distribusi pendapatan melalui pemberdayaan ekonomi dan peningkatan akses masyarakat, dengan nilai akhir rata-rata 0,2021. Skenario BUMDes (0,2018) dan pemerintah (0,2010) juga memberikan kontribusi signifikan, sedangkan skenario UMKM memberikan penurunan paling kecil (0,1999). Dengan adanya penelitian ini, diharapkan menjadi perhatian bagi seluruh pemangku kepentingan bahwa peran lembaga yang kuat, bersinergi dengan UMKM, BUMDes, dan pemerintah, sangat penting untuk mewujudkan pemerataan pendapatan di Provinsi Kalimantan Selatan secara lebih efektif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. P. Hababil, M. K. Firdaus, N. Nazhmi, and M. R. Alghifary, "Analisis Pengaruh Pemerataan Ekonomi dalam Upaya Menghapus Ketimpangan Antar Masyarakat," vol. 1, no. 4, pp. 1–9, 2024.
- [2] T. Studi, K. Long, A. Kab, and M. Ulu, "Jurnal Pendidikan dan Konseling," vol. 4, pp. 5589–5598, 2022.
- [3] F. N. Aftitah, J. L. K. K. Hasanah, N. Lailatul, U. Bina, and S. Informatika, "Pengaruh UMKM Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia Pada Tahun 2023 Pemerintah mendukung UMKM melalui program seperti Kredit Usaha Rakyat (KUR), meskipun penyalurannya tahun 2023 belum memenuhi target .

- UMKM kini terus,” vol. 3, pp. 32–43, 2025.
- [4] R. Amelia, L. Tondi, U. H. Oleo, U. H. Oleo, and U. H. Oleo, “Jurnal Ekonomi (JE),” vol. 09, pp. 40–48.
- [5] E. Sulastri, A. Umar, K. A. Syaputra, D. Elani, and P. Zohandy, “PERAN PEMERINTAH INDONESIA DALAM PEMERATAAN PEMBANGUNAN EKONOMI DI DAERAH,” vol. 4, no. 1, pp. 22–28, 2025.
- [6] D. Untuk and M. Depan, *No Title*.
- [7] Broekharst DSE, Bloem S, Mertens EJ, Hanzen N, van Agthoven M. Predicting the Subjective Health Experience of Older Adults: A Modelling Approach. *J Aging Res*. 2025 Nov 29;2025:9997013. doi: 10.1155/jare/9997013. PMID: 41356607; PMCID: PMC12681418.
- [8] D. Foley and J. D. Farmer, “The economy needs agent-based modelling,” *Nature*, vol. 460, no. 6, pp. 685–686, 2009, [Online]. Available: <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/EconomyNeedsABM.NatureAug2009.FarmerFoley.pdf%0Apapers3://publication/uuid/B142C9EE-1CE0-4B65-8CB7-B6133ED48BF5>

Permodelan dan Simulasi Kebijakan Asta Cita dalam mendorong Kewirausahaan menggunakan Agent-Based Modeling Berbasis NetLogo

Aldo Pratama¹, Angga Gilang Pambudi²

^{1,2} Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gombong, Kebumen, Jawa Tengah, Indonesia
Email: aldoprata992004@gmail.com

Abstract — This study aims to model and simulate the impact of the Asta Cita policy framework on entrepreneurship development using an Agent-Based Modeling (ABM) approach implemented in NetLogo. The model represents four types of agents, namely prospective entrepreneurs, workers, NEET (Not in Education, Employment, or Training), and active entrepreneurs, each with distinct characteristics and behavioral rules. The simulation incorporates four main policy variables: central government policy, regional training programs, government support, and purchasing power. The results show that central government policy and government support have the most significant influence on increasing the number of active entrepreneurs and reducing the NEET population. In contrast, regional training programs tend to direct agents toward becoming workers rather than entrepreneurs, while purchasing power mainly affects employment stability. Overall, the simulation demonstrates that entrepreneurship growth aligned with the Asta Cita vision requires the synergy of supportive policies and favorable economic conditions. This model provides an initial insight for policymakers in designing more effective entrepreneurship development strategies.

Keywords— *Agent-Based Modeling, Entrepreneurship, Asta Cita Policy, NetLogo, Simulation*

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan mensimulasikan pengaruh kebijakan Asta Cita terhadap pengembangan kewirausahaan menggunakan pendekatan Agent-Based Modeling (ABM) berbasis NetLogo. Model ini merepresentasikan empat jenis agen, yaitu calon wirausaha, pekerja, NEET (Not in Education, Employment, or Training), dan wirausaha aktif, yang masing-masing memiliki karakteristik serta aturan perilaku yang berbeda. Simulasi dilakukan dengan memasukkan empat variabel kebijakan utama, yaitu kebijakan pusat, pelatihan daerah, dukungan pemerintah, dan daya beli masyarakat. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kebijakan pusat dan dukungan pemerintah memberikan pengaruh paling signifikan dalam meningkatkan jumlah wirausaha aktif serta menurunkan jumlah NEET. Sementara itu, pelatihan daerah cenderung mengarahkan agen menjadi pekerja, dan daya beli lebih berperan dalam menjaga stabilitas pekerjaan. Secara keseluruhan, simulasi ini menunjukkan bahwa pertumbuhan kewirausahaan yang sejalan dengan visi Asta Cita memerlukan sinergi kebijakan yang kuat dan kondisi ekonomi yang mendukung. Model ini diharapkan dapat menjadi gambaran awal bagi pengambil kebijakan dalam merancang strategi pengembangan kewirausahaan yang lebih efektif.

Kata Kunci— *Agent-Based Modeling, Kewirausahaan, Kebijakan Asta Cita, NetLogo, Simulasi*

I. PENDAHULUAN

Kewirausahaan merupakan salah satu pilar utama dalam mendorong pertumbuhan ekonomi, penciptaan lapangan kerja, serta peningkatan kesejahteraan masyarakat. Dalam konteks pembangunan nasional, pemerintah Indonesia melalui visi Asta Cita menempatkan penguatan kewirausahaan sebagai strategi penting untuk membangun kemandirian ekonomi, meningkatkan produktivitas sumber daya manusia, dan memperluas kesempatan kerja. Efektivitas kebijakan dalam mendorong lahirnya wirausaha baru sangat dipengaruhi oleh kompleksitas interaksi antara individu, lingkungan sosial, dan intervensi kebijakan yang diterapkan.

Terdapat berbagai kelompok individu dengan karakteristik dan status ekonomi yang berbeda, seperti

calon wirausaha, pekerja, NEET (*Not in Education, Employment, or Training*) atau orang yang sedang berada dalam usia produktif namun tidak bekerja atau tidak berada dalam pelatihan keahlian [1], dan wirausaha aktif. Setiap kelompok memiliki respon yang berbeda terhadap kebijakan pemerintah, baik kebijakan pusat, pelatihan di tingkat daerah, dukungan pendidikan, maupun kondisi daya beli masyarakat.

Agent-Based Modeling (ABM) adalah suatu model komputasi untuk mensimulasikan tindakan dan interaksi individu otonom yang disebut agen (dapat berupa orang, gedung, mobil, lahan, serangga dll) dalam sebuah model [2]. Melalui simulasi, ABM dapat menggambarkan bagaimana perubahan kebijakan memengaruhi transisi status individu, misalnya dari pekerja atau NEET menjadi calon wirausaha, hingga akhirnya menjadi

wirausaha aktif. Platform *NetLogo* dipilih dalam penelitian ini karena kemampuannya dalam memvisualisasikan interaksi antar agen secara fleksibel.

Dengan menggunakan *NetLogo*, simulasi ini memodelkan empat jenis agen, yaitu calon wirausaha, pekerja, NEET, dan wirausaha aktif, yang berinteraksi dengan empat variabel kebijakan utama: kebijakan pusat, pelatihan daerah, dukungan pendidikan, dan daya beli. Simulasi dilakukan untuk mengamati sejauh mana kebijakan-kebijakan tersebut berpengaruh dalam mendorong pertumbuhan kewirausahaan dalam kerangka Asta Cita.

Simulasi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kebijakan Asta Cita terhadap dinamika kewirausahaan menggunakan pendekatan Agent-Based Modeling berbasis *NetLogo*. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan gambaran awal mengenai efektivitas kebijakan dalam mendorong kewirausahaan, serta menjadi bahan pertimbangan bagi pengambil kebijakan dalam merancang strategi pengembangan kewirausahaan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep Dasar Agent-Based Modelling

Agent-Based Modelling (ABM) merupakan pendekatan pemodelan komputasional yang merepresentasikan sistem sebagai kumpulan agen otonom yang saling berinteraksi dalam suatu lingkungan tertentu. Setiap agen memiliki atribut, aturan perilaku, serta kemampuan beradaptasi terhadap kondisi sekitarnya. Melalui interaksi lokal antaragen, pola global atau fenomena makro dapat muncul secara alami (*emergent behavior*).

ABM digunakan untuk memahami bagaimana struktur sosial, ekonomi, atau biologis terbentuk dari tindakan individu-individu sederhana. Pendekatan ini berbeda dengan model tradisional yang biasanya berbasis persamaan matematis agregat [2].

Sementara itu, *Simulation for the Social Scientist* menjelaskan bahwa ABM memungkinkan peneliti mengeksplorasi dinamika sistem kompleks yang sulit dijelaskan dengan metode statistik konvensional.

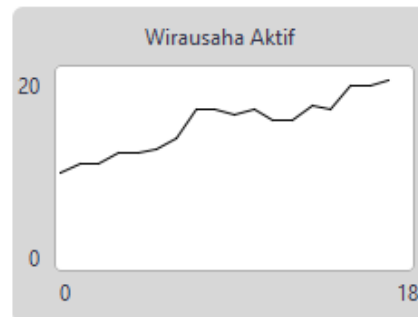
III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Agent-Based Modeling (ABM), metode ini digunakan untuk memodelkan perilaku dan interaksi individu sebagai agen yang merepresentasikan calon wirausaha, pekerja, NEET, dan wirausaha aktif, yang masing-masing memiliki karakteristik dan aturan pengambilan keputusan yang berbeda. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *NetLogo* untuk menganalisis pengaruh kebijakan pusat, pelatihan daerah, dukungan pendidikan, dan daya beli terhadap dinamika kewirausahaan dalam kerangka Asta Cita. Simulasi ini dapat mengamati perubahan status agen dan pola kemunculan wirausaha secara dinamis sebagai respons terhadap variasi kebijakan..

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memiliki 4 skenario, berikut 4 skenario yang dibuat:

Skenario pertama adalah pengaruh Kebijakan Pusat terhadap Wirausaha Aktif.



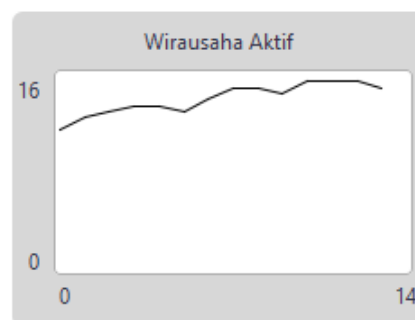
Gambar 1. Grafik Hasil Pengaruh Kebijakan Pusat

Grafik pada Gambar 1. Menyatakan bahwa Kebijakan Pusat mempengaruhi banyaknya Wirausaha Aktif dalam 10 periode. Hasil angka yang didapatkan perperiode akan di tampilkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil angka yang diperoleh dari grafik

Periode	Wirausaha Aktif
0	9.5
1	10.5
2	10.5
3	11.5
4	11.5
5	12
6	13
7	16
8	16
9	15.5
10	16

Skenario kedua adalah pengaruh Pelatihan Daerah terhadap Wirausaha Aktif.



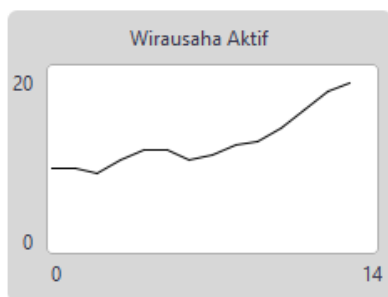
Gambar 2. Grafik Hasil Pengaruh Pelatihan Daerah

Grafik pada Gambar 2. Menyatakan bahwa Pelatihan Daerah mempengaruhi banyaknya Wirausaha Aktif dalam 10 periode. Hasil angka yang didapatkan perperiode akan di tampilkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Hasil angka yang diperoleh dari grafik

Periode	Wirausaha Aktif
0	11.5
1	12.5
2	13
3	13.5
4	13.5
5	13
6	14
7	15
8	15
9	15
10	15.5

Skenario ketiga adalah pengaruh Dukungan Pendidikan terhadap Wirausaha Aktif.



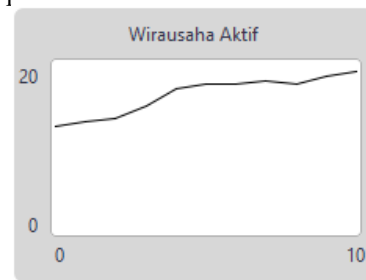
Gambar 3. Grafik Hasil Pengaruh Dukungan Pendidikan

Grafik pada Gambar 3. Menyatakan bahwa Dukungan Pendidikan mempengaruhi banyaknya Wirausaha Aktif dalam 10 periode. Hasil angka yang didapatkan perperiode akan di tampilkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. Hasil angka yang diperoleh dari grafik

Periode	Wirausaha Aktif
0	9
1	9
2	8.5
3	10
4	11
5	11
6	10
7	10.5
8	11.5
9	12
10	13.5

Skenario keempat adalah pengaruh Daya Beli terhadap Wirausaha Aktif.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengaruh Daya Beli

Grafik pada Gambar 4. Menyatakan bahwa Daya Beli mempengaruhi banyaknya Wirausaha Aktif dalam 10 periode. Hasil angka yang didapatkan perperiode akan di tampilkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Hasil angka yang diperoleh dari grafik

Periode	Wirausaha Aktif
0	12.5
1	13
2	13.5
3	15
4	17
5	17.5
6	17.5
7	18
8	17.5
9	18.5
10	19

Dari penelitian sebelumnya peran pemerintah (kebijakan pusat) terhadap pertumbuhan UMKM sebesar 75,48% [3], sedangkan dari model yang kami buat pertumbuhan wirausahawan aktif sebesar 77,78% dalam 10 periode. Pengaruh Pelatihan Daerah pada Pertumbuhan Wirausaha Aktif sebesar 22,1% [4], sedangkan hasil akhir yang didapat dari model ini mengalami kenaikan sebesar 34,78% dalam 10 periode. Kemudian faktor Dukungan Pendidikan pada penelitian sebelumnya sebesar 22,1% [4], sedangkan hasil dari model yang dibuat mengalami kenaikan sebanyak 50% dalam 10 periode. Faktor daya beli sebesar 40%, sedangkan dimodel ini mengalami kenaikan sebesar 52% dalam 10 periode.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi *Agent-Based Modeling* berbasis NetLogo, seluruh variabel kebijakan Asta Cita terbukti berpengaruh terhadap peningkatan Wirausaha Aktif. Kebijakan Pusat meningkatkan jumlah wirausaha aktif dari 9,5 menjadi 16 pada periode ke-10, Pelatihan Daerah dari 11,5 menjadi 15,5, dan Dukungan Pendidikan dari 9 menjadi 13,5. Sementara itu, Daya Beli menunjukkan pengaruh paling signifikan dan konsisten dengan peningkatan dari 12,5 menjadi 19. Hasil ini menegaskan

bahwa pertumbuhan kewirausahaan yang optimal memerlukan sinergi kebijakan dan kondisi ekonomi yang mendukung.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena belum memodelkan interaksi langsung antar agen dan faktor eksternal lainnya. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model dengan menambahkan interaksi sosial dan memperpanjang periode simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. N. Sari, H. Sunarti, and N. L. Suparwati, "From NEET to 'NIITO': Defining Social Problem in Japan," *J. Bhs. Jepang Taiyou*, vol. 3, no. 1, pp. 67–86, 2022, doi: 10.22236/taiyou.v3i1.9551.
- [2] T. H. Siagian and A. P. S. Prasoj, "AGENT-BASED MODELLING PADA STUDI KEPENDUDUKAN: POTENSI DAN TANTANGAN (Agent-Based Modelling in Population Studies: Potentials and Challenges)," *Semin. Nas. Off. Stat.* 2019, pp. 1032–1040, 2019.
- [3] C. J. Hisyam, K. P. Aisyah, S. U. Khoiriah, and S. M. Augea, "The Government's Role in Optimizing Entrepreneurial Dynamics: Supporting Indonesia's Economic Progress, Especially the Jakarta Region," *Trending J. Manaj. dan Ekon.*, vol. 2, no. 3, pp. 178–193, 2024, [Online]. Available: <https://jurnaluniv45sby.ac.id/index.php/Trending/article/view/2703>
- [4] D. Sri and C. Margareta, "The Effect of Entrepreneurship Training, the Ability to Use Technology and Education on the Productivity of Women Entrepreneurs of UMKM," *Econ. Educ. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 142–158, 2020, doi: 10.33503/ecoducation.v2i2.865.

Pengembangan Website E-Government Kecamatan Tinanggea Menggunakan Metode Research and Development Berbasis Human-Computer Interaction

Elfiani¹, Devy Natalia Nurtiani², Adipati Caesar Ibanez³, Isnawaty⁴, Hasmina Tari Moku⁵, Agustan⁶

^{1,2,3,4,5,6} Teknik Informatika, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia
Email: elfianiel05@gmail.com

Abstract—The implementation of e-government at the sub-district level aims to improve the quality of public services through the utilization of information technology. The Tinanggea Sub-district e-government website has been used as a medium for delivering information and services to the community, yet challenges regarding usability and interface design are still encountered in its application. The existence of this digital platform is highly crucial, considering the demands of the modern era which require government agencies to remain adaptive and responsive to the rapid developments in the technological world. This study focuses on developing the Tinanggea Sub-district e-government website using a Human-Computer Interaction (HCI) approach to ensure the system is more intuitive, efficient to use, and comfortable for users. This approach is essential to bridge the gap between the technical capabilities of the system and the diverse levels of understanding among the community as the primary users. The Research and Development (R&D) method was applied through the stages of user needs analysis, interface design, system development, and usability evaluation. The results demonstrated that the application of HCI principles was able to improve navigation, enhance interface consistency, reduce user errors, and increase overall user satisfaction. Through continuous improvement, this system is expected to provide ease of access for all levels of society without exception. Thus, usability-oriented website development is proven to support the effectiveness and quality of e-government services. This effort also serves as a tangible step toward creating a more modern, transparent, and accountable governance in the future.

Keywords— *e-government, website, research and development, human-computer interaction*

Abstrak— Penerapan e-government di tingkat kecamatan bertujuan untuk meningkatkan kualitas pelayanan publik melalui pemanfaatan teknologi informasi. Website e-government Kecamatan Tinanggea telah digunakan sebagai media penyampaian informasi dan layanan kepada masyarakat, namun dalam penggunaannya masih ditemukan kendala pada aspek kemudahan penggunaan dan tampilan antarmuka. Keberadaan platform digital ini sangat krusial mengingat tuntutan zaman yang mengharuskan instansi pemerintah untuk selalu adaptif dan responsif terhadap perkembangan dunia teknologi yang semakin pesat. Penelitian ini berfokus pada pengembangan website e-government Kecamatan Tinanggea dengan pendekatan Human-Computer Interaction (HCI) agar sistem lebih mudah dipahami, efisien digunakan, dan nyaman bagi pengguna. Pendekatan ini sangat diperlukan untuk menjembatani kesenjangan antara kemampuan teknis sistem dengan tingkat pemahaman masyarakat yang beragam sebagai pengguna utama. Metode Research and Development (R&D) diterapkan melalui tahapan analisis kebutuhan pengguna, perancangan antarmuka, pengembangan sistem, serta evaluasi usability. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan prinsip HCI mampu memperbaiki navigasi, meningkatkan konsistensi tampilan, mengurangi kesalahan pengguna, dan meningkatkan kepuasan pengguna secara keseluruhan. Melalui perbaikan yang berkelanjutan, sistem ini diharapkan dapat memberikan kemudahan akses bagi seluruh lapisan masyarakat tanpa terkecuali. Dengan demikian, pengembangan website yang berorientasi pada usability terbukti mendukung efektivitas dan kualitas layanan e-government. Upaya ini sekaligus menjadi langkah nyata dalam menciptakan tata kelola pemerintahan yang lebih modern, transparan, dan akuntabel di masa depan.

Kata Kunci— *e-government, website, research and development, human-computer interaction*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah memberikan dampak yang signifikan terhadap berbagai sektor, termasuk sektor pemerintahan. Pemerintah dituntut untuk mampu menyesuaikan diri dengan perkembangan teknologi guna meningkatkan kualitas pelayanan publik

yang transparan, akuntabel, dan mudah diakses oleh masyarakat [1][2]. Pemanfaatan teknologi informasi dalam penyelenggaraan pemerintahan dikenal dengan istilah *e-government*, yaitu penggunaan teknologi informasi dan komunikasi untuk mendukung proses pemerintahan serta meningkatkan efisiensi dan efektivitas pelayanan publik [1].

Penerapan *e-government* di Indonesia secara nasional didorong melalui Instruksi Presiden Nomor 3 Tahun 2003 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan *E-Government*. Instruksi tersebut menegaskan bahwa pemanfaatan teknologi informasi, khususnya internet, merupakan bagian penting dalam reformasi birokrasi dan peningkatan kualitas pelayanan publik, baik di tingkat pusat maupun daerah [3]. Salah satu bentuk implementasi *e-government* yang paling banyak digunakan adalah *website* pemerintahan, yang berfungsi sebagai media penyampaian informasi resmi pemerintah kepada masyarakat [4].

Website pemerintahan memiliki peran strategis sebagai sarana komunikasi antara pemerintah dan masyarakat. Melalui *website*, pemerintah dapat menyampaikan informasi mengenai kebijakan, program, kegiatan, serta layanan publik secara terbuka dan mudah diakses [4][5]. *Website* pemerintahan yang dikelola dengan baik dapat meningkatkan transparansi informasi publik dan kualitas penyampaian informasi kepada masyarakat [2].

Pada tingkat pemerintahan daerah, khususnya kecamatan, *website* memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung penyelenggaraan pelayanan publik. Kecamatan merupakan unit pemerintahan yang berhubungan langsung dengan masyarakat dalam berbagai urusan administrasi dan pelayanan dasar. Oleh karena itu, keberadaan *website* kecamatan yang informatif dan mudah digunakan dapat membantu masyarakat memperoleh informasi pemerintahan tanpa harus datang langsung ke kantor kecamatan [5].

Namun, dalam praktiknya, pengembangan *website* pemerintahan di tingkat kecamatan masih menghadapi berbagai kendala. Banyak *website* kecamatan yang bersifat statis, jarang diperbarui, serta belum dirancang dengan memperhatikan kenyamanan dan kemudahan pengguna dalam mengakses informasi [5]. Kondisi tersebut menyebabkan *website* yang telah tersedia belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat, sehingga tujuan penerapan *e-government* belum tercapai secara maksimal.

Keberhasilan penerapan *e-government* tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan teknologi, tetapi juga oleh kualitas interaksi antara pengguna dan sistem. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas interaksi tersebut adalah *Human-Computer Interaction* (HCI). *Human-Computer Interaction* (HCI) merupakan pendekatan dalam perancangan dan evaluasi sistem interaktif yang menekankan pada kemudahan penggunaan, efisiensi, dan kenyamanan pengguna dalam berinteraksi dengan sistem [6][8].

Penerapan prinsip *Human-Computer Interaction* dalam pengembangan *website* menjadi penting karena perbedaan kemampuan pengguna dapat memengaruhi efektivitas dan kenyamanan penggunaan sistem [6]. *Website* yang dirancang tanpa mempertimbangkan aspek interaksi pengguna berpotensi sulit digunakan dan kurang diminati oleh masyarakat [6]. Oleh karena itu, desain antarmuka, struktur navigasi, serta penyajian informasi perlu disesuaikan dengan karakteristik pengguna agar *website* dapat dimanfaatkan secara optimal [8].

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengembangan *website* pemerintahan yang memperhatikan aspek *Human-Computer Interaction* dapat meningkatkan efektivitas penyampaian informasi publik dan kenyamanan pengguna dalam mengakses sistem [5][6]. Penelitian-penelitian tersebut menekankan bahwa desain antarmuka yang berorientasi pada pengguna merupakan faktor penting dalam keberhasilan *website* pemerintahan. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada tingkat pemerintahan kota atau kabupaten, sedangkan kajian yang secara khusus membahas pengembangan *website e-government* di tingkat kecamatan masih relatif terbatas [4][5].

Kecamatan Tinanggea sebagai salah satu kecamatan di Kabupaten Konawe Selatan memiliki peran strategis dalam penyelenggaraan pelayanan publik di tingkat lokal. Pengembangan *website e-government* Kecamatan Tinanggea menjadi langkah penting dalam mendukung digitalisasi pelayanan publik di wilayah tersebut. *Website* ini diharapkan dapat menjadi media informasi resmi yang menyajikan informasi pemerintahan secara transparan kepada masyarakat [2][4].

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu penelitian yang tidak hanya mengkaji keberadaan *website e-government*, tetapi juga mengembangkan *website* tersebut dengan pendekatan yang sistematis dan berorientasi pada pengguna. Metode *Research and Development* dipilih dalam penelitian ini karena memungkinkan pengembangan produk dilakukan secara bertahap, mulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi hasil pengembangan [7]. Dengan mengombinasikan metode *Research and Development* dan pendekatan *Human-Computer Interaction*, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan *website e-government* Kecamatan Tinanggea yang lebih optimal dari segi fungsi dan kualitas interaksi pengguna.

Kebaruan penelitian ini fokus pengembangan *website e-government* pada tingkat kecamatan menggunakan kombinasi metode *Research and Development* dan pendekatan *Human-Computer Interaction* yang masih relatif terbatas pada penelitian sebelumnya. Penelitian terdahulu yang lebih banyak berfokus pada tingkat kota/kabupaten, sehingga penelitian ini mengisi celah kajian pada level pemerintahan kecamatan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *website e-government* Kecamatan Tinanggea menggunakan metode *Research and Development* berbasis *Human-Computer Interaction*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi pemerintah kecamatan dalam meningkatkan kualitas pelayanan publik berbasis digital, serta kontribusi akademik dalam pengembangan kajian *e-government* di tingkat pemerintahan kecamatan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. E-Government

E-government merupakan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi oleh pemerintah untuk meningkatkan kualitas pelayanan publik, efisiensi administrasi pemerintahan, serta transparansi dalam penyelenggaraan pemerintahan [1]. Konsep *e-government*

tidak hanya berfokus pada penggunaan teknologi, tetapi juga pada perubahan proses kerja pemerintahan agar lebih efektif dan responsif terhadap kebutuhan masyarakat [2].

Penerapan *e-government* di Indonesia bertujuan untuk mendukung reformasi birokrasi serta meningkatkan kualitas layanan publik melalui pemanfaatan teknologi digital. Pemerintah Indonesia secara resmi mendorong implementasi *e-government* melalui Instruksi Presiden Nomor 3 Tahun 2003 yang menekankan pentingnya penggunaan teknologi informasi dalam penyelenggaraan pemerintahan di tingkat pusat maupun daerah [3]. Kebijakan tersebut menjadi landasan bagi instansi pemerintah untuk mengembangkan sistem pelayanan publik berbasis elektronik.

Dalam praktiknya, *e-government* mencakup berbagai bentuk layanan, mulai dari penyediaan informasi publik, layanan administrasi daring, hingga interaksi dua arah antara pemerintah dan masyarakat. Implementasi *e-government* yang optimal diharapkan mampu meningkatkan transparansi, akuntabilitas, serta kepercayaan masyarakat terhadap kinerja pemerintah [2].

B. Website Pemerintahan

Website pemerintahan merupakan salah satu media utama dalam implementasi *e-government* yang berfungsi sebagai sarana penyampaian informasi resmi pemerintah kepada masyarakat [4]. *Website* ini digunakan untuk menyajikan informasi mengenai kebijakan, program kerja, kegiatan pemerintahan, serta layanan publik yang disediakan oleh instansi pemerintah.

Kualitas *website* pemerintahan sangat berpengaruh terhadap efektivitas penyampaian informasi kepada masyarakat. *Website* yang dirancang dengan baik dapat memudahkan masyarakat dalam memperoleh informasi secara lebih mudah dan terstruktur [5]. Sebaliknya, *website* dengan struktur yang kurang jelas dan navigasi yang rumit dapat mengurangi minat masyarakat dalam memanfaatkan layanan digital pemerintah.

Beberapa aspek penting dalam *website* pemerintahan meliputi struktur informasi, konsistensi tampilan, kejelasan konten, serta kemudahan navigasi. *Website* pemerintahan yang informatif dan mudah digunakan dapat menjadi sarana komunikasi yang efektif antara pemerintah dan masyarakat serta mendukung prinsip keterbukaan informasi publik [4][5].

C. Research and Development

Metode *Research and Development* (R&D) merupakan metode penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk dan menguji efektivitas produk tersebut melalui proses pengembangan yang sistematis [7]. Metode ini banyak digunakan dalam penelitian pengembangan sistem informasi karena memungkinkan peneliti untuk menyesuaikan produk dengan kebutuhan pengguna dan kondisi lapangan.

Dalam konteks pengembangan *website*, metode *Research and Development* mencakup beberapa tahapan, antara lain analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan produk, pengujian, serta evaluasi hasil pengembangan. Pendekatan ini memungkinkan peneliti

untuk melakukan perbaikan secara bertahap berdasarkan hasil evaluasi pada setiap tahap pengembangan [7].

Penggunaan metode *Research and Development* dalam pengembangan *website* pemerintahan dinilai efektif karena dapat menghasilkan sistem yang lebih sesuai dengan kebutuhan instansi pemerintah dan masyarakat sebagai pengguna. Metode ini juga memberikan kerangka kerja yang jelas dalam mengembangkan produk berbasis teknologi informasi secara terstruktur dan terukur.

D. Human-Computer Interaction

Human-Computer Interaction (HCI) merupakan bidang ilmu yang mempelajari perancangan, evaluasi, dan implementasi sistem interaktif agar dapat digunakan secara efektif, efisien, dan nyaman oleh manusia [6]. Pendekatan HCI menekankan pentingnya desain yang berpusat pada pengguna (*user-centered design*) dalam pengembangan sistem berbasis komputer.

Penerapan prinsip *Human-Computer Interaction* dalam pengembangan *website* bertujuan untuk meningkatkan kualitas interaksi antara pengguna dan sistem. Beberapa prinsip utama dalam HCI meliputi konsistensi antarmuka, kejelasan navigasi, kemudahan akses informasi, serta kesesuaian desain dengan karakteristik pengguna [8].

Dalam konteks *website* pemerintahan, pendekatan HCI menjadi sangat penting karena pengguna *website* berasal dari berbagai latar belakang usia, pendidikan, dan kemampuan teknologi. Oleh karena itu, *website* pemerintahan perlu dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan penggunaan agar dapat diakses oleh seluruh lapisan masyarakat [6][8].

E. Website E-Government pada Pemerintahan Kecamatan

Pemerintahan kecamatan memiliki peran strategis dalam memberikan pelayanan publik secara langsung kepada masyarakat. *Website e-government* pada tingkat kecamatan berfungsi sebagai sarana penyampaian informasi administrasi, kegiatan pemerintahan, serta layanan publik kepada masyarakat secara digital [4].

Keberadaan *website* kecamatan diharapkan mampu meningkatkan transparansi serta mempermudah akses informasi kepada masyarakat. *Website* kecamatan juga dapat menjadi media untuk memperkenalkan program-program pemerintah serta meningkatkan partisipasi masyarakat dalam kegiatan pemerintahan [5].

Namun, dalam pelaksanaannya, pengembangan *website e-government* di tingkat kecamatan masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan sumber daya, kurangnya pembaruan konten, serta desain *website* yang belum sepenuhnya memperhatikan kenyamanan pengguna. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan *website* kecamatan yang dilakukan secara terencana dan berorientasi pada kebutuhan pengguna.

F. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian terdahulu menyatakan bahwa *website* pemerintahan berperan penting dalam meningkatkan transparansi dan akses informasi publik [4]. Penelitian lain menunjukkan bahwa penerapan metode *Research and Development* mampu menghasilkan sistem

yang sesuai dengan kebutuhan pengguna [7]. Selain itu, pendekatan yang berorientasi pada pengguna dinilai mampu meningkatkan kualitas interaksi pada *website* pemerintahan [6].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengembangan *website e-government* yang mengombinasikan metode *Research and Development* dan pendekatan *Human-Computer Interaction* memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pelayanan publik, khususnya di tingkat pemerintahan kecamatan.

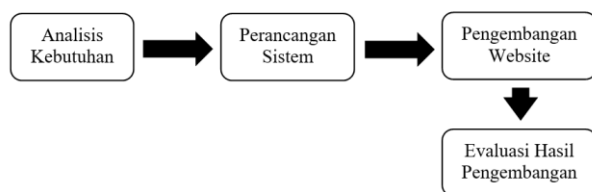
III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan sebuah produk berupa *website e-government* Kecamatan Tinanggea. Metode *Research and Development* dipilih karena penelitian ini tidak hanya berfokus pada analisis fenomena, tetapi juga pada proses pengembangan dan penyempurnaan suatu produk sistem informasi. Metode R&D memungkinkan peneliti untuk mengembangkan *website* secara bertahap berdasarkan kebutuhan pengguna serta kondisi lingkungan pemerintahan kecamatan.

A. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah *website e-government* Kecamatan Tinanggea yang dikembangkan sebagai media informasi dan pelayanan publik berbasis digital. *Website* ini ditujukan untuk digunakan oleh aparat pemerintah serta masyarakat umum sebagai pengguna akhir.

B. Tahapan Research and Development



Gbr. 1 Alur Tahapan Penelitian

1) *Analisis Kebutuhan*: Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem *website e-government* Kecamatan Tinanggea. Analisis dilakukan melalui observasi terhadap *website* yang telah ada serta studi literatur terkait pengembangan *website* pemerintahan. Analisis kebutuhan juga dilakukan untuk menentukan jenis informasi yang dibutuhkan oleh masyarakat, seperti informasi profil kecamatan, struktur organisasi, kegiatan pemerintahan, serta pengumuman resmi. Hasil analisis kebutuhan ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan fitur dan konten *website* yang akan dikembangkan agar sesuai dengan tujuan penerapan *e-government* di tingkat kecamatan.

2) *Perancangan Sistem*: Tahap perancangan sistem dilakukan sebagai tindak lanjut dari hasil analisis kebutuhan. Pada tahap ini, peneliti merancang struktur *website e-government* Kecamatan Tinanggea yang meliputi struktur menu, alur navigasi, serta tata letak halaman. Perancangan sistem bertujuan untuk menghasilkan rancangan *website* yang sesuai dengan kebutuhan pengguna

serta mendukung penyampaian informasi pemerintahan secara efektif. Perancangan sistem juga memperhatikan prinsip *Human-Computer Interaction*, khususnya dalam penyusunan antarmuka pengguna. Desain antarmuka dirancang agar mudah dipahami, konsisten, dan nyaman digunakan oleh masyarakat dari berbagai latar belakang. Hasil dari tahap ini berupa rancangan tampilan *website* dan struktur sistem yang menjadi acuan dalam proses pengembangan *website* pada tahap selanjutnya.

3) *Pengembangan Website*: *Website* dikembangkan menggunakan teknologi berbasis PHP dan *database* MySQL. Pengembangan dilakukan sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Proses pengembangan *website* dilakukan secara bertahap sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat. Pengembangan mencakup pembuatan halaman *website*, pengelolaan basis data, serta integrasi antara antarmuka pengguna dan sistem *backend*. Selama proses pengembangan, peneliti memastikan bahwa *website* dapat diakses dengan baik dan menampilkan informasi secara jelas serta terstruktur.

4) *Evaluasi Hasil Pengembangan*: Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai kesesuaian *website* yang dikembangkan dengan kebutuhan pengguna dan tujuan penelitian. Evaluasi dilakukan secara deskriptif kualitatif berdasarkan struktur sistem dan alur interaksi pengguna. Evaluasi hasil pengembangan dilakukan untuk memastikan bahwa *website e-government* Kecamatan Tinanggea telah sesuai dengan kebutuhan pengguna dan tujuan penelitian. Evaluasi difokuskan pada kesesuaian struktur *website*, kelengkapan informasi, serta kemudahan pengguna dalam mengakses konten yang tersedia. Hasil evaluasi digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan perbaikan pada *website* sebelum dinyatakan sebagai produk akhir. Dengan adanya tahap evaluasi ini, diharapkan *website* yang dihasilkan dapat berfungsi secara optimal sebagai media informasi dan pelayanan publik berbasis digital di lingkungan Kecamatan Tinanggea.

C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang mendukung proses pengembangan *website e-government* Kecamatan Tinanggea. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Penggunaan dua jenis data tersebut bertujuan agar proses pengembangan *website* dapat dilakukan secara komprehensif dan sesuai dengan kondisi lapangan.

Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap *website e-government* Kecamatan Tinanggea yang telah ada. Observasi dilakukan dengan mengamati struktur halaman *website*, jenis informasi yang disajikan, kelengkapan konten, serta alur navigasi antar halaman. Melalui observasi ini, peneliti dapat mengidentifikasi kekurangan dan kebutuhan pengembangan *website* berdasarkan kondisi aktual sistem yang digunakan oleh pihak kecamatan dan masyarakat.

Selain data primer, penelitian ini juga menggunakan data sekunder yang diperoleh melalui studi dokumentasi. Studi dokumentasi dilakukan dengan mengkaji dokumen kebijakan terkait *e-government*, laporan instansi pemerintahan, serta literatur ilmiah berupa jurnal dan buku yang membahas pengembangan *website* pemerintahan, metode *Research and Development*, dan konsep *Human-Computer Interaction*. Data sekunder ini digunakan sebagai landasan teoritis dalam merancang dan mengembangkan *website e-government* Kecamatan Tinanggea agar sesuai dengan konsep dan praktik yang telah diterapkan pada penelitian sebelumnya.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kualitatif. Analisis ini dilakukan dengan cara mendeskripsikan hasil observasi dan studi dokumentasi secara sistematis untuk menggambarkan proses pengembangan *website e-government* Kecamatan Tinanggea. Analisis deskriptif kualitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada pengembangan produk berupa *website* dan tidak menekankan pada pengujian hipotesis secara kuantitatif.

Hasil analisis data digunakan sebagai dasar dalam setiap tahapan *Research and Development*, mulai dari analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan *website*, hingga evaluasi hasil pengembangan. Dengan demikian, teknik pengumpulan dan analisis data dalam penelitian ini berperan penting dalam menghasilkan *website e-government* yang informatif, mudah digunakan, serta mendukung peningkatan kualitas pelayanan publik di Kecamatan Tinanggea.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Hasil Pengembangan Website

Hasil dari penelitian ini berupa *website e-government* Kecamatan Tinanggea yang dikembangkan melalui tahapan *Research and Development* berbasis *Human-Computer Interaction*. *Website* yang dihasilkan tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian informasi, tetapi juga sebagai sistem informasi pemerintahan yang memiliki struktur pengelolaan data dan alur interaksi pengguna yang lebih terorganisir.

Pengembangan *website* dilakukan dengan memperhatikan kondisi *website* sebelumnya, baik dari segi struktur halaman, penyajian informasi, maupun kemudahan akses bagi pengguna. *Website* yang dikembangkan memiliki pembagian halaman yang jelas, sehingga pengguna dapat dengan mudah memahami fungsi dari setiap menu yang tersedia. Struktur ini bertujuan untuk mengurangi kebingungan pengguna dalam mengakses informasi pemerintahan.

Website e-government Kecamatan Tinanggea dirancang sebagai sistem berbasis *web* yang dapat diakses melalui perangkat *desktop* maupun perangkat *mobile*. Hal ini disesuaikan dengan kondisi masyarakat yang semakin banyak menggunakan perangkat bergerak untuk mengakses informasi. Dengan demikian, *website* yang dikembangkan diharapkan mampu menjangkau lebih banyak pengguna.

B. Hasil Penerapan Metode *Research and Development*

Metode *Research and Development* diterapkan secara bertahap dalam pengembangan *website e-government*



Kecamatan Tinanggea. Tahap analisis kebutuhan menghasilkan pemahaman mengenai kebutuhan informasi masyarakat serta keterbatasan sistem yang ada sebelumnya. Informasi ini menjadi dasar dalam merancang sistem *website* yang lebih terstruktur dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Pada tahap perancangan sistem, dilakukan perancangan struktur *website* dan alur navigasi berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Perancangan ini bertujuan untuk menghasilkan sistem yang tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga mudah dipahami oleh pengguna. Rancangan sistem kemudian diwujudkan dalam bentuk pengembangan *website* menggunakan teknologi PHP dan database MySQL.

Tahap pengembangan *website* menghasilkan sistem yang memiliki modul-modul terpisah. Pendekatan modular ini mempermudah pengelolaan data serta memungkinkan pengembangan sistem di masa mendatang. Tahap evaluasi dilakukan secara deskriptif untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan telah sesuai dengan rancangan dan tujuan penelitian.

C. Penerapan *Human-Computer Interaction* dalam Pengembangan Website

Pendekatan *Human-Computer Interaction* diterapkan dalam seluruh tahapan pengembangan *website*, khususnya pada tahap perancangan antarmuka dan alur navigasi. Penerapan HCI difokuskan pada bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem *website*, mulai dari proses mengakses halaman utama hingga menelusuri informasi yang tersedia.

Salah satu penerapan prinsip HCI terlihat pada penyusunan menu navigasi yang sederhana dan konsisten. Menu utama dirancang dengan istilah yang mudah dipahami oleh masyarakat umum, sehingga pengguna tidak memerlukan pemahaman teknis untuk menggunakan *website*. Konsistensi tampilan antarhalaman juga diterapkan agar pengguna dapat mengenali pola penggunaan *website* dengan lebih cepat.

Selain itu, tata letak informasi disusun secara terstruktur untuk memudahkan pengguna dalam membaca dan memahami isi *website*. Informasi penting ditempatkan pada bagian yang mudah terlihat, sementara informasi pendukung disusun secara hierarkis. Penerapan prinsip HCI ini bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan pengguna dalam mengakses *website* pemerintahan.

D. Analisis Struktur Sistem Website

Struktur sistem *website e-government* Kecamatan Tinanggea dikembangkan dengan pendekatan modular. Setiap modul memiliki fungsi yang saling terintegrasi namun tetap berdiri secara terpisah. Implementasi modularitas ini mencakup modul profil wilayah sebagai penyedia informasi dasar, modul data penduduk yang mengintegrasikan visualisasi grafik menggunakan *chart.js*, serta modul buku tamu untuk interaksi masyarakat. Di sisi pengelola, sistem dilengkapi dengan halaman admin yang terpisah untuk menjaga keamanan dan fokus pengelolaan konten.

Gbr. 2 Tampilan Halaman Depan *Website*

Pendekatan modular memberikan keuntungan dalam pengelolaan sistem, karena setiap modul dapat dikembangkan atau diperbarui tanpa harus mengubah keseluruhan sistem. Struktur ini juga memudahkan pengelola *website* dalam melakukan pemeliharaan dan pembaruan data secara berkelanjutan sesuai dengan kebutuhan dinamis pemerintahan kecamatan.

Dari sisi pengguna, struktur sistem yang terorganisir mempermudah proses pencarian informasi. Pengguna dapat langsung mengakses informasi yang dibutuhkan melalui menu navigasi utama tanpa harus menelusuri banyak sub-halaman yang membingungkan. Hal ini menunjukkan bahwa struktur sistem yang dikembangkan telah memenuhi kriteria *efficiency* dan *learnability* dalam prinsip *Human-Computer Interaction* [8], di mana sistem dirancang untuk meminimalkan beban kognitif pengguna dalam menemukan informasi publik.

E. Dampak Pengembangan Website terhadap Penyampaian Informasi Publik

Pengembangan *website e-government* Kecamatan Tinanggea memberikan dampak positif terhadap penyampaian informasi publik. *Website* yang dikembangkan memungkinkan masyarakat untuk mengakses informasi pemerintahan secara daring tanpa harus datang langsung ke kantor kecamatan. Hal ini mendukung tujuan *e-government* dalam meningkatkan efisiensi pelayanan publik.

Informasi yang disajikan melalui *website* dapat diakses kapan saja dan dari mana saja, sehingga masyarakat memiliki fleksibilitas dalam memperoleh informasi. Selain itu, *website* juga berfungsi sebagai sumber informasi resmi yang dapat meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap pemerintah kecamatan.

Pengembangan *website* ini juga membantu pemerintah kecamatan dalam menyampaikan informasi secara lebih cepat dan merata. Informasi mengenai kegiatan pemerintahan dan layanan publik dapat dipublikasikan secara langsung melalui *website*, sehingga mengurangi ketergantungan pada media konvensional.

F. Pembahasan Hasil Pengembangan

Berdasarkan hasil pengembangan, dapat disimpulkan bahwa metode *Research and Development* berbasis *Human-Computer Interaction* efektif digunakan dalam pengembangan *website e-government*. Metode R&D memungkinkan pengembangan sistem dilakukan secara sistematis dan terarah, sementara pendekatan HCI

memastikan bahwa sistem yang dikembangkan berorientasi pada pengguna.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pengembangan *website* pemerintahan perlu memperhatikan aspek interaksi pengguna agar sistem dapat dimanfaatkan secara optimal. Penerapan prinsip HCI membantu menciptakan sistem yang lebih mudah digunakan dan dipahami oleh masyarakat.

Pengembangan *website e-government* Kecamatan Tinanggea menunjukkan bahwa kombinasi metode R&D dan pendekatan HCI dapat menghasilkan sistem *website* yang tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga memiliki kualitas interaksi yang lebih baik. Hal ini mendukung tujuan *e-government* dalam meningkatkan kualitas pelayanan publik berbasis digital.

G. Implikasi Pengembangan Website

Pengembangan *website e-government* Kecamatan Tinanggea memiliki implikasi penting bagi penyelenggaraan pelayanan publik di tingkat kecamatan. *Website* yang dikembangkan dapat menjadi sarana utama dalam penyampaian informasi pemerintahan serta mendukung transparansi dan akuntabilitas.

Selain itu, *website* yang telah dikembangkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan layanan digital lainnya di masa mendatang, seperti layanan administrasi daring atau sistem pengaduan masyarakat. Dengan struktur sistem yang telah disusun secara terorganisir, pemerintah kecamatan memiliki peluang untuk mengembangkan fitur tambahan sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

H. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada ruang lingkup pengembangan *website* yang masih berfokus pada penyajian informasi. Evaluasi terhadap penggunaan *website* oleh masyarakat belum dilakukan secara kuantitatif. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan evaluasi penggunaan *website* serta menambahkan fitur layanan interaktif untuk meningkatkan kualitas pelayanan publik.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengembangan *website e-government* Kecamatan Tinanggea menggunakan metode *Research and Development* berbasis *Human-Computer Interaction* berhasil dilaksanakan secara sistematis. Metode *Research and Development* memungkinkan proses pengembangan *website* dilakukan secara terstruktur, dimulai dari analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan, hingga evaluasi hasil pengembangan.

Penerapan pendekatan *Human-Computer Interaction* dalam pengembangan *website* memberikan kontribusi penting terhadap peningkatan kualitas sistem, khususnya pada aspek struktur navigasi, konsistensi antarmuka, serta kejelasan penyajian informasi. *Website* yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai media informasi pemerintahan, tetapi juga sebagai sistem yang lebih mudah digunakan oleh masyarakat dengan latar belakang kemampuan teknologi yang beragam.

Hasil pengembangan menunjukkan bahwa struktur sistem *website* menjadi lebih terorganisir melalui pembagian modul yang jelas, meliputi modul profil wilayah, visualisasi data penduduk, dan modul interaksi buku tamu. Struktur modular ini terbukti mempermudah pihak kecamatan dalam pengelolaan konten secara dinamis serta meningkatkan efisiensi masyarakat dalam mengakses informasi publik yang dibutuhkan.

Pengembangan *website e-government* Kecamatan Tinanggea juga memberikan dampak positif terhadap penyampaian informasi publik. Informasi pemerintahan dapat diakses secara daring tanpa batasan waktu dan tempat, sehingga mendukung tujuan *e-government* dalam meningkatkan efisiensi, transparansi, dan kualitas pelayanan publik. Dengan demikian, *website* yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi sarana pendukung pelayanan publik berbasis digital di tingkat kecamatan [8].

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena evaluasi sistem dilakukan secara deskriptif kualitatif dan belum melibatkan pengukuran penggunaan *website* oleh masyarakat secara kuantitatif. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan evaluasi lanjutan serta menambahkan fitur layanan interaktif guna meningkatkan fungsi *website* sebagai media pelayanan publik digital.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suhendra, R. Widyani, M. Nilamcaya, and A. Rudiansyah, "Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Pelayanan Publik Menggunakan Elektronik Government (E-Government)," *REFORMASI: Jurnal Ilmu Administrasi*, vol. 7, no. 1, pp. 24-36, Oct. 2022, doi: 10.33603/reformasi.v7i1.10896.
- [2] Musri, F. R. Pasaribu, N. Khudri, Y. Ariyati, and Y. Rahman, "Implementasi E-Government dalam Meningkatkan Transparansi dan Akuntabilitas Administrasi Negara," *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*, vol. 7, no. 3, pp. 8888-8893, 2024.
- [3] E. Sinaga, S. Suwitri, and M. Mustam, "Implementasi Instruksi Presiden No.3 tahun 2003 Tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan Electronic Government Di Kabupaten Semarang," *Jurusan Administrasi Publik FISIP Universitas Diponegoro*, [Online]. Tersedia: <http://www.fisip.undip.ac.id>.
- [4] U. Darmawan, R. Destriana, and W. Tisno, "Analisis Penerapan Website e-Government Pemerintah Kabupaten Tangerang Menggunakan GTMetrix," *Jurnal Telematika*, vol. 17, no. 1, pp. 1-10, 2022.
- [5] B. P. Nazyul, Syamsir, C. A. Natasya, L. Hafiszah, N. L. Putri, and T. Salsabilla, "Analisis Kualitas Website Pemerintah Daerah di Kota Padang," *Kultura: Jurnal Ilmu Hukum, Sosial, dan Humaniora*, vol. 1, no. 5, pp. 99-105, 2023.
- [6] M. R. Fachrezi, H. Aryanda, M. Farhan, D. A. Aptanta, and A. D. Walidein, "Analisis Usability Aplikasi Perpustakaan Nasional Melalui Pendekatan Heuristic Evaluation Berbasis Human Computer Interaction," *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi (IKOMTI)*, vol. 6, no. 2, pp. 74-79, Jun. 2025.
- [7] Okpatrioka, "Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan," *DHARMA ACARIYA NUSANTARA: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, vol. 1, no. 1, pp. 86-100, Mar. 2023.
- [8] Prihati, Mustafid, and Suhartono, "Penerapan Model Human Computer Interaction (HCI) dalam Analisis Sistem Informasi," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis (JSINBIS)*, vol. 1, no. 1, pp. 1-8, 2011.

Simulasi Penyebaran Penyakit Menular HIV Di Ibu Kota Jakarta Menggunakan Permodelan NetLogo

Ibrahim Dzaky Wicaksana¹, Salma Salsabilla², Andhika Putra Fitrahirsca³

^{1,2,3} Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gombong, Kebumen, Jawa Tengah, Indonesia.
Email: ibrahimdzaky123@gmail.com

Abstract—Human Immunodeficiency Virus (HIV) remains a major public health problem in Jakarta, Indonesia, with a significant increase in reported cases. This study aims to analyze the pattern of HIV transmission using an agent-based modeling approach through the NetLogo software. Individuals are modeled as agents with health status and awareness levels that interact based on specific transmission probabilities. The simulation is conducted under three intervention scenarios, namely religious values, government regulations, and contraceptive use. The results show that interventions based on religious values are able to promote safer behaviors but tend to be fluctuating, while government policies provide a more stable impact through regulations and healthcare services. Contraceptive use emerges as the most effective intervention in reducing new infections and maintaining the dominance of a healthy population. This study demonstrates that agent-based modeling is effective in understanding the dynamics of HIV transmission and can serve as a basis for formulating more optimal prevention strategies.

Keywords— agent-based modeling, DKI Jakarta, HIV, intervention, NetLogo

Abstrak — Penyakit Human Immunodeficiency Virus (HIV) masih menjadi masalah kesehatan masyarakat utama di DKI Jakarta dengan peningkatan kasus yang signifikan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pola penyebaran HIV menggunakan pendekatan agent-based modeling melalui perangkat lunak NetLogo. Individu dimodelkan sebagai agen dengan status kesehatan dan tingkat kesadaran yang berinteraksi berdasarkan probabilitas penularan tertentu. Simulasi dilakukan dalam tiga skenario intervensi, yaitu nilai agama, peraturan pemerintah, dan penggunaan alat kontrasepsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intervensi berbasis nilai agama mampu membentuk perilaku lebih aman namun bersifat fluktuatif, sementara kebijakan pemerintah memberikan dampak lebih stabil melalui regulasi dan layanan kesehatan. Penggunaan alat kontrasepsi menjadi intervensi paling efektif dalam menekan infeksi baru dan menjaga dominasi populasi sehat. Penelitian ini membuktikan bahwa pemodelan berbasis agen efektif untuk memahami dinamika penyebaran HIV dan dapat menjadi dasar perumusan strategi pencegahan yang lebih optimal.

Kata Kunci— agent-based modeling, DKI Jakarta, HIV, intervensi, NetLogo

I. PENDAHULUAN

Penyakit Human Immunodeficiency Virus (HIV) masih menjadi tantangan besar dalam sistem kesehatan masyarakat Indonesia, terutama di wilayah perkotaan seperti DKI Jakarta. Kondisi ini sejalan dengan fokus pembangunan nasional melalui Asta Cita Presiden, khususnya poin keempat yang menekankan peningkatan pelayanan kesehatan dan pengendalian penyakit menular. Upaya ini menjadi semakin penting mengingat peningkatan signifikan kasus HIV dalam beberapa tahun terakhir. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kasus HIV di DKI Jakarta meningkat drastis dari 103 kasus pada tahun 2022 menjadi 5.115 kasus pada tahun 2024 [1], menunjukkan lonjakan yang sangat tajam dan mengindikasikan potensi percepatan penyebaran penyakit pada kelompok populasi tertentu. Lonjakan ini menegaskan perlunya pendekatan analitis yang mampu memetakan dinamika penyebaran HIV secara sistematis dan berbasis data.

Penyebaran HIV di DKI Jakarta dipengaruhi oleh berbagai kelompok pemangku kepentingan (stakeholder) yang memiliki dampak berbeda terhadap dinamika epidemi. Primary stakeholder, seperti Orang dengan HIV/AIDS (ODHA), kelompok berisiko (pekerja seks, pengguna jarum suntik, pasangan seksual, LGBTQ), merupakan kelompok yang paling langsung terlibat dalam rantai penularan. Secondary stakeholder seperti tenaga medis dan fasilitas kesehatan berperan dalam deteksi dini, penanganan medis, edukasi, dan pendampingan. Sementara itu, key stakeholder seperti pemerintah daerah dan institusi keagamaan memiliki pengaruh strategis dalam merumuskan kebijakan, menciptakan regulasi, dan membentuk norma sosial yang berkaitan dengan perilaku seksual, pencegahan penularan, dan pengurangan stigma terhadap ODHA. Keterlibatan semua stakeholder ini menunjukkan bahwa penanggulangan HIV bukan hanya masalah medis, tetapi juga sosial, budaya, hukum, dan moral.

Upaya pengendalian HIV di Indonesia juga didukung oleh landasan hukum yang kuat. Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 [2] tentang Kesehatan menjadi dasar hukum

nasional yang mengatur penanggulangan penyakit menular, termasuk HIV/AIDS. Peraturan Presiden Nomor 72 Tahun 2012 tentang Sistem Kesehatan Nasional menegaskan pentingnya sistem kesehatan yang terintegrasi dalam menangani penyakit menular [3]. Selain itu, Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 23 Tahun 2022 secara khusus mengatur penanggulangan HIV, AIDS, dan infeksi menular seksual (IMS) melalui pendekatan komprehensif yang mencakup pencegahan, pelayanan kesehatan, dan pengurangan dampak sosial [4]. Ketiga regulasi ini menjadi landasan penting bagi pemerintah daerah DKI Jakarta dalam merumuskan program penanggulangan HIV.

Selain regulasi formal, norma keagamaan juga memiliki pengaruh kuat terhadap perilaku masyarakat yang berkaitan dengan risiko penularan HIV. Dalam Islam, larangan tegas terhadap perilaku seksual berisiko tercantum dalam QS. Al-Isra ayat 32 yang menyatakan larangan mendekati zina [5]. Ajaran Kristen melalui Matius 5:27–32 dan 1 Korintus 6:18 juga menekankan pentingnya menjaga kemurnian tubuh dan menjauhi perbuatan seksual yang tidak benar [6]. Kitab Hindu Manusmriti melarang hubungan seksual di luar pernikahan dan menganggapnya sebagai dosa berat [7]. Sila ketiga Pancasila Buddhis melarang perilaku seksual yang tidak pantas atau tidak wajar [8]. Demikian pula, ajaran Konfusianisme menekankan pentingnya tatanan sosial dan kesusilaan (Li), yang secara implisit menolak seks bebas dan perilaku seksual berisiko [9]. Nilai-nilai agama ini membentuk konteks sosial yang mempengaruhi perilaku individu, persepsi risiko, dan tingkat stigma terhadap ODHA.

Meningkatnya kompleksitas faktor medis, sosial, dan budaya dalam penyebaran HIV di DKI Jakarta menuntut adanya metode analisis yang mampu memodelkan interaksi antar individu secara dinamis. Salah satu pendekatan yang relevan adalah agent-based modeling, di mana individu diperlakukan sebagai agen yang memiliki perilaku beragam dan dapat berinteraksi satu sama lain [10]. Platform NetLogo menjadi salah satu perangkat yang banyak digunakan karena mampu mensimulasikan dinamika populasi secara visual dan fleksibel. Melalui simulasi NetLogo, penelitian ini bertujuan untuk memetakan pola penyebaran HIV berdasarkan variabel-variabel perilaku berisiko, intensitas kontak, dan faktor intervensi, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai potensi perkembangan kasus di DKI Jakarta.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menyoroti fenomena epidemi HIV dari sisi angka statistik, tetapi juga mengintegrasikan aspek kebijakan, sosial budaya, agama, dan perilaku manusia dalam memahami dinamika penyebarannya. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah serta menjadi dasar pertimbangan bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan lain dalam merumuskan strategi penanggulangan HIV yang lebih efektif, sejalan dengan visi Asta Cita Presiden dalam peningkatan kesehatan masyarakat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. HIV sebagai Masalah Kesehatan Masyarakat

Human Immunodeficiency Virus (HIV) merupakan penyakit menular yang masih menjadi tantangan utama kesehatan masyarakat di berbagai negara, termasuk Indonesia. Peningkatan kasus HIV menunjukkan bahwa upaya pencegahan dan pengendalian masih memerlukan penguatan, khususnya di wilayah perkotaan dengan mobilitas penduduk tinggi seperti DKI Jakarta. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan adanya lonjakan kasus HIV yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, sehingga diperlukan strategi penanganan yang lebih efektif dan berbasis bukti [1].

Secara global, UNAIDS melaporkan bahwa epidemi HIV masih terus berlangsung dengan jutaan orang hidup dengan HIV dan risiko penularan yang tetap tinggi pada kelompok populasi tertentu. Kondisi ini menegaskan pentingnya pendekatan komprehensif yang mencakup aspek medis, sosial, dan perilaku dalam upaya pengendalian HIV [10].

B. Kebijakan dan Regulasi Penanggulangan HIV di Indonesia

Penanggulangan HIV di Indonesia memiliki landasan hukum yang kuat melalui Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan, yang menegaskan kewajiban pemerintah dalam pencegahan dan pengendalian penyakit menular [2]. Selain itu, Peraturan Presiden Nomor 72 Tahun 2012 tentang Sistem Kesehatan Nasional menekankan pentingnya sistem kesehatan yang terintegrasi untuk menjamin pelayanan kesehatan yang merata dan berkesinambungan [3].

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia juga menetapkan kebijakan khusus terkait penanggulangan HIV, AIDS, dan infeksi menular seksual melalui regulasi yang mencakup upaya promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif [4]. Kebijakan ini menjadi dasar bagi pemerintah daerah dalam merancang program pencegahan HIV yang disesuaikan dengan karakteristik wilayah masing-masing.

C. Agent-Based Modeling dalam Studi Penyakit Menular

Agent-based modeling (ABM) merupakan pendekatan pemodelan yang merepresentasikan individu sebagai agen dengan karakteristik dan perilaku tertentu, serta mampu berinteraksi satu sama lain dalam suatu lingkungan simulasi. Pendekatan ini sesuai untuk mempelajari penyakit menular karena dapat menggambarkan dinamika interaksi individu, heterogenitas perilaku, dan dampak intervensi secara fleksibel.

Penggunaan perangkat lunak NetLogo memungkinkan visualisasi penyebaran penyakit secara dinamis, sehingga peneliti dapat mengevaluasi berbagai skenario intervensi dan memahami pola perubahan populasi dari waktu ke waktu [10].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen berbasis simulasi untuk menganalisis penyebaran penyakit menular HIV. Pemodelan yang digunakan adalah agent-based modeling (ABM), di mana individu dalam populasi dimodelkan

sebagai agen dengan karakteristik status kesehatan dan tingkat kesadaran terhadap HIV. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak NetLogo, yang mampu memvisualisasikan interaksi antarindividu secara dinamis dalam suatu populasi.

Objek penelitian adalah penyebaran HIV pada populasi masyarakat yang dimodelkan secara virtual untuk merepresentasikan kondisi Provinsi DKI Jakarta. Setiap agen memiliki status kesehatan, yaitu sehat, terinfeksi HIV, atau meninggal, serta tingkat kesadaran yang memengaruhi perilaku berisiko. Penularan HIV terjadi ketika agen sehat berinteraksi dengan agen terinfeksi berdasarkan probabilitas penularan tertentu. Intervensi berupa peningkatan kesadaran dan layanan kesehatan dimasukkan ke dalam model untuk melihat pengaruhnya terhadap dinamika penyebaran HIV.

Output simulasi berupa jumlah individu sehat dan sadar HIV, jumlah individu terinfeksi HIV, serta jumlah individu meninggal akibat HIV. Simulasi dijalankan dalam beberapa skenario, yaitu intervensi dari agama, peraturan pemerintah, dan penggunaan alat kontrasepsi, kemudian hasilnya dianalisis secara deskriptif kuantitatif melalui perbandingan grafik dan tren perubahan populasi. Hasil analisis digunakan untuk menilai efektivitas intervensi dalam meningkatkan jumlah individu sehat serta menurunkan jumlah individu terinfeksi dan kematian akibat HIV.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

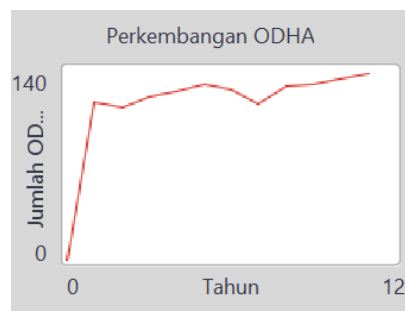
Simulasi penyebaran HIV dijalankan dalam tiga skenario intervensi, yaitu intervensi berbasis nilai agama, kebijakan pemerintah, dan penggunaan alat kontrasepsi. Masing-masing skenario direpresentasikan melalui penyesuaian parameter pada model NetLogo.

Jumlah penduduk sehat pada setiap skenario intervensi menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Pada skenario intervensi berbasis nilai agama, jumlah individu sehat menurun lalu meningkat pada pertengahan tahun. Pada akhir tahun mengalami penurunan lagi sebesar 18%. Nilai-nilai moral dan norma sosial yang ditekankan dalam ajaran agama berkontribusi dalam membentuk pola perilaku yang lebih aman, sehingga menjaga proporsi populasi sehat tetap tinggi dalam jangka panjang. Meskipun peningkatannya tidak secepat skenario lainnya, stabilitas jumlah individu sehat menunjukkan bahwa pendekatan berbasis nilai sosial memiliki dampak positif yang berkelanjutan.

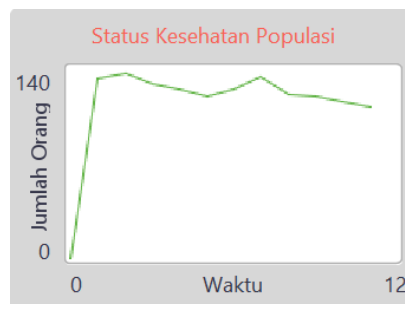
Pada skenario intervensi agama, jumlah ODHA meningkat secara bertahap, tetapi di pertengahan tahun menurun lalu pada akhir tahun ke-10 mengalami peningkatan sebesar 18%. Sementara itu, jumlah penduduk sehat cenderung meningkat pada pertengahan tahun sebesar 18%.

Tabel 1 Jumlah ODHA Intervensi Agama

TAHUN	JUMLAH
0-2	816
3-4	1328
5-6	1844
7-8	2259
9-10	2847



Gambar 1 Grafik ODHA Intervensi Agama



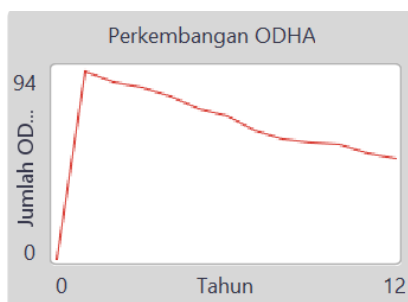
Gambar 2 Grafik Status Kesehatan Populasi Intervensi Agama

.Pada skenario peraturan pemerintah, peningkatannya cukup stabil tetapi pada tahun ke-7 lebih tinggi dari tahun lainnya untuk jumlah ODHA. Sementara itu, jumlah penduduk sehat cenderung menurun secara stabil tetapi pada tahun ke-7 lebih menurun dari tahun lainnya. Hal ini disebabkan oleh peningkatan efektivitas intervensi melalui regulasi dan layanan kesehatan.

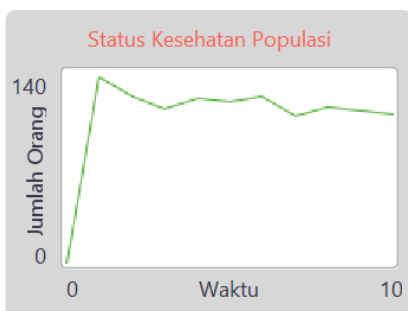
Pada skenario intervensi ini, jumlah penduduk sehat lebih stabil dibandingkan skenario agama. Pada tahun ke-7 lebih tinggi dari tahun lainnya. Hal ini disebabkan oleh adanya regulasi formal, program edukasi kesehatan, serta layanan medis yang lebih terstruktur, seperti pemeriksaan rutin dan pengobatan antiretroviral. Kebijakan ini membantu menekan laju penularan dan mempercepat proses pemulihan, sehingga sebagian besar populasi tetap berada dalam kondisi sehat sepanjang periode simulasi.

Tabel 2 Jumlah ODHA Intervensi Peraturan Pemerintah

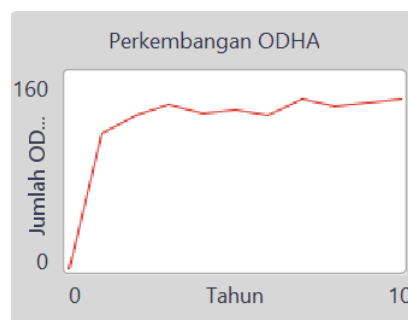
TAHUN	JUMLAH
0-2	821
3-4	1241
5-6	1762
7-8	2277
9-10	2793



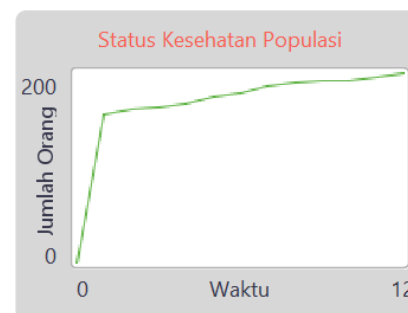
Gambar 3 Grafik ODHA Intervensi Peraturan Pemerintah



Gambar 4 Grafik Status Kesehatan Populasi Intervensi Peraturan Pemerintah



Gambar 5 Grafik ODHA Intervensi Peraturan Pemerintah



Gambar 6 Grafik Status Kesehatan Populasi Intervensi Alat Kontrasepsi

Pada skenario penggunaan alat kontrasepsi, laju infeksi baru menurun secara signifikan sebesar 43%, sehingga jumlah ODHA dari tahun ke tahun tetap rendah. Jumlah penduduk sehat mendominasi populasi hingga akhir periode simulasi. Sementara itu, pada skenario penggunaan alat kontrasepsi, jumlah penduduk sehat menjadi yang paling dominan sejak awal simulasi. Penggunaan alat kontrasepsi secara langsung menurunkan risiko penularan HIV saat terjadi kontak, sehingga infeksi baru dapat ditekan secara signifikan. Akibatnya, jumlah individu sehat tidak hanya tinggi, tetapi juga lebih stabil dibandingkan dua skenario lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa intervensi medis yang bersifat preventif memiliki efektivitas paling tinggi dalam menjaga kesehatan populasi.

Tabel 3 Jumlah ODHA Intervensi Alat Kontrasepsi

TAHUN	JUMLAH
0-2	786
3-4	1318
5-6	1556
7-8	1832
9-10	2434

Berdasarkan hasil simulasi pada ketiga skenario intervensi, dapat dilihat bahwa jenis intervensi sangat memengaruhi dinamika jumlah ODHA dan penduduk sehat. Intervensi berbasis nilai agama mampu membentuk perilaku yang lebih aman, namun hasilnya masih menunjukkan fluktuasi sehingga pengaruhnya belum sepenuhnya stabil. Intervensi melalui peraturan pemerintah

memberikan dampak yang lebih konsisten karena didukung oleh regulasi formal, edukasi kesehatan, dan layanan medis yang terstruktur. Sementara itu, penggunaan alat kontrasepsi terbukti menjadi intervensi yang paling efektif dalam menekan laju infeksi baru, sehingga jumlah ODHA tetap rendah dan penduduk sehat mendominasi populasi. berdasarkan beberapa jurnal yang sudah ada, Salah satu upaya pencegahan yang terbukti efektif adalah penggunaan alat kontrasepsi, khususnya kontrasepsi penghalang seperti kondom. Penggunaan alat kontrasepsi secara konsisten dan benar dapat secara signifikan mencapai angka 85,7% dari jurnal yang sudah ada menurunkan risiko penularan HIV karena mampu mencegah kontak langsung dengan cairan tubuh yang berpotensi mengandung virus.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi penyebaran HIV di Ibu Kota Jakarta menggunakan pemodelan NetLogo, dapat disimpulkan bahwa penyebaran HIV dipengaruhi oleh interaksi perilaku individu, tingkat risiko, serta bentuk intervensi yang diterapkan. Model berbasis agen mampu menggambarkan dinamika penularan secara visual dan sistematis, sehingga memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai perkembangan jumlah ODHA dan penduduk sehat dari waktu ke waktu.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa setiap skenario intervensi memberikan dampak yang berbeda. Intervensi berbasis nilai agama berperan dalam membentuk perilaku yang lebih aman, namun hasilnya masih bersifat fluktuatif karena tingkat kepatuhan masyarakat yang beragam. Intervensi melalui peraturan pemerintah memberikan hasil yang lebih stabil karena didukung oleh regulasi formal, edukasi kesehatan, serta layanan medis seperti pemeriksaan

rutin dan pengobatan ARV, sehingga mampu menekan laju penularan HIV secara lebih konsisten.

Sementara itu, penggunaan alat kontrasepsi menjadi intervensi paling efektif dalam menurunkan risiko penularan HIV. Penggunaan alat kontrasepsi secara langsung mengurangi kemungkinan infeksi baru, sehingga jumlah ODHA tetap rendah dan penduduk sehat mendominasi populasi hingga akhir simulasi. Secara keseluruhan, kombinasi antara intervensi sosial, kebijakan pemerintah, dan tindakan medis preventif sangat diperlukan untuk pengendalian penyebaran HIV yang lebih optimal di wilayah perkotaan seperti Jakarta.

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar pemerintah daerah terus memperkuat program pencegahan HIV melalui edukasi kesehatan, pemeriksaan rutin, serta peningkatan akses terhadap pengobatan antiretroviral. Selain itu, kampanye penggunaan alat kontrasepsi perlu diperluas karena terbukti paling efektif dalam menekan laju penularan HIV, serta mampu menjaga jumlah penduduk sehat tetap tinggi dan stabil.

Untuk penelitian selanjutnya, model simulasi NetLogo dapat dikembangkan dengan menambahkan variabel seperti usia, tingkat pendidikan, dan mobilitas penduduk agar hasil simulasi menjadi lebih realistis. Penggunaan data yang lebih rinci juga diharapkan dapat menghasilkan analisis yang lebih akurat sebagai dasar perumusan kebijakan kesehatan di masa depan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Gombong atas dukungan akademik, bimbingan, serta fasilitas yang diberikan selama proses penyusunan dan pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada LPPM/LPPIK Universitas Muhammadiyah Gombong atas dukungan kelembagaan dan arahan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik industri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, “Jumlah Kasus HIV/AIDS Menurut Provinsi,” BPS, 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id>
- [2] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan.
- [3] Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 72 Tahun 2012 tentang Sistem Kesehatan Nasional.
- [4] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, “Profil Kesehatan Indonesia 2023,” Kemenkes RI, Jakarta, 2024.
- [5] Kementerian Agama Republik Indonesia, “Al-Qur’an dan Terjemahannya: Surah Al-Isra Ayat 32,” Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur’an, 2019.
- [6] Lembaga Alkitab Indonesia, Alkitab Terjemahan Baru, Jakarta: LAI, 2019. (Matius 5:27–32; 1 Korintus 6:18).
- [7] R. Prasad, Manusmriti: The Laws of Manu, New Delhi: Motilal Banarsidass, 2018.
- [8] Dhammaviro, Pancasila Buddhis dan Etika Kehidupan, Jakarta: Buddhis Center Indonesia, 2017.
- [9] Confucius, The Analects, Translated by A. Waley, London: Routledge, 2016.
- [10] UNAIDS, “Global HIV & AIDS Statistics – 2024 Fact Sheet,” UNAIDS, 2024. [Online]. Available: <https://www.unaids.org>

Verifikasi Logika Autentikasi Sistem Login Menggunakan Penggunaan Tabel Kebenaran

Mila Nur Alwiyyah¹, Qisti Auliya²

^{1,2} Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia, Cirebon, Jawa Barat, Indonesia
Email: milanuralwiyyah658@gmail.com

Abstract—Authentication is a fundamental component of login systems to ensure that only legitimate users are granted access to digital services. In practice, authentication mechanisms are often implemented directly in program code without a clear examination of the formal logical structure underlying the decision-making process. This paper adopts propositional logic to model and verify a basic login authentication mechanism using truth tables. The login process is represented as a set of logical propositions describing the validity of a username and a password, which are then systematically evaluated to analyze logical consistency and potential error scenarios. The results show that truth tables clearly identify all possible combinations of input conditions that lead to successful or failed authentication and help detect logical flaws such as false positives. In addition, a simple C++-based authentication simulation is presented to demonstrate how the logical structure $A \wedge B$ (valid username $\wedge$ valid password) can be directly mapped into program code. The analysis confirms that truth tables provide a strong mathematical framework for validating authentication logic and improving the reliability and security of login systems.

Keywords— authentication, truth table, propositional logic, system verification, login security.

Abstrak — Autentikasi merupakan komponen fundamental dalam sistem login untuk memastikan bahwa hanya pengguna yang valid yang dapat mengakses suatu layanan digital. Namun, proses autentikasi sering dipandang semata-mata sebagai implementasi pemrograman tanpa meninjau dasar logika formal yang menyusunnya. Penelitian ini menggunakan pendekatan Logika Proposisi untuk memodelkan proses autentikasi login dan memverifikasinya melalui tabel kebenaran. Proses login direpresentasikan sebagai rangkaian proposisi yang menggambarkan kondisi validitas username dan password, kemudian dianalisis secara sistematis untuk melihat konsistensi dan kemungkinan terjadinya kesalahan logika. Melalui metode ini, penelitian menunjukkan bahwa tabel kebenaran mampu mengidentifikasi kombinasi kondisi yang menghasilkan autentikasi berhasil maupun gagal secara jelas, sekaligus mendeteksi potensi skenario yang tidak sesuai dengan aturan sistem. Selain itu, penelitian ini menyertakan implementasi simulasi autentikasi menggunakan bahasa pemrograman C++ untuk menunjukkan bagaimana struktur logika $A \wedge B$ (username valid $\wedge$ password valid) diterapkan secara langsung dalam kode program. Simulasi tersebut memperkuat pembuktian bahwa model logika proposisional dapat dipetakan secara konsisten ke proses autentikasi nyata pada sistem login. Hasil analisis menegaskan bahwa penggunaan tabel kebenaran memberikan kerangka matematis yang kuat untuk memvalidasi proses autentikasi sekaligus meningkatkan keandalan dan keamanan sistem login.

Kata Kunci— autentikasi, tabel kebenaran, logika proposisi, verifikasi sistem, keamanan login, simulasi C++.

I. PENDAHULUAN

Autentikasi login merupakan salah satu mekanisme keamanan yang paling umum digunakan dalam sistem informasi modern. Hampir seluruh aplikasi berbasis web maupun mobile mengandalkan proses login untuk membatasi akses pengguna dan mencegah pihak yang tidak berwenang memasuki sistem. Meskipun implementasi autentikasi telah menjadi praktik yang lazim, banyak pengembang hanya berfokus pada aspek pemrograman atau tampilan antarmuka tanpa memahami struktur logika formal yang mendasarinya. Padahal, setiap keputusan autentikasi pada dasarnya merupakan hasil evaluasi kondisi logis antara username dan password yang diberikan oleh pengguna.

Kesenjangan yang muncul adalah kurangnya alat verifikasi matematis untuk memastikan bahwa aturan

autentikasi telah disusun secara konsisten dan bebas dari skenario kesalahan. Kesalahan logika sekecil apa pun memiliki potensi menjadi celah keamanan yang serius. Misalnya, kondisi ketika sistem memberikan akses meskipun hanya salah satu dari username atau password bernilai benar (false positive). Dengan memanfaatkan tabel kebenaran, seluruh kombinasi input autentikasi dapat dianalisis secara menyeluruh sehingga sistem dapat diverifikasi berdasarkan seluruh kemungkinan keadaan yang mungkin terjadi.

Topik ini sangat relevan dalam bidang Teknik Informatika karena menghubungkan konsep logika matematika, khususnya Logika Proposisi, dengan praktik nyata dalam keamanan sistem. Pemodelan logika memberikan pemahaman yang lebih dalam mengenai hubungan antara proses komputasi dan struktur logika yang mengatur keputusan sistem. Selain itu, pendekatan

matematis ini membantu mahasiswa dan pengembang memahami bahwa keamanan tidak hanya bergantung pada kode, tetapi juga pada ketepatan perumusan logika yang mendasarinya.

Dalam penelitian ini, proses autentikasi login dimodelkan sebagai proposisi logis dan diverifikasi menggunakan tabel kebenaran. Selain memberikan analisis formal, penelitian ini juga menyertakan implementasi simulasi login menggunakan bahasa C++ untuk menunjukkan bagaimana model logika $A \wedge B$ (username valid $\wedge$ password valid) diterapkan langsung dalam kode program. Simulasi tersebut memperkuat hubungan antara teori logika dan implementasi praktis dalam sistem autentikasi.

Pembahasan pada penelitian ini difokuskan pada autentikasi dasar berbasis username dan password, tanpa melibatkan faktor keamanan tambahan seperti OTP, biometrik, atau enkripsi data. Pembatasan ini bertujuan untuk memastikan bahwa analisis logika dapat ditinjau secara mendalam dan terfokus pada struktur dasar autentikasi.

Berdasarkan pembatasan tersebut, tujuan dari penulisan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan memverifikasi logika autentikasi dasar sistem login berbasis username dan password menggunakan tabel kebenaran, sehingga struktur logika autentikasi dapat ditinjau secara sistematis dan konsisten.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penerapan logika formal dan model matematis dalam bidang keamanan komputer dan verifikasi sistem. Munir [1], [2] membahas logika proposisi dan tabel kebenaran sebagai alat fundamental dalam penalaran ilmu komputer, serta menekankan perannya dalam memvalidasi konsistensi logika pada sistem komputasi. Karya-karya tersebut menjadi landasan teoretis dalam memodelkan proses pengambilan keputusan, termasuk mekanisme autentikasi, ke dalam bentuk proposisi logis.

Penelitian oleh Stallings [6] dan Bishop [8] menegaskan bahwa autentikasi merupakan komponen inti dalam keamanan komputer, di mana kesalahan pada kondisi logika dapat menyebabkan kerentanan serius seperti akses tidak sah. Meskipun fokus utama kajian tersebut adalah prinsip dan praktik keamanan sistem, mekanisme autentikasi yang dibahas secara implisit sangat bergantung pada ketepatan logika dalam alur proses autentikasi.

Silberschatz dkk. [7] mengkaji mekanisme keamanan pada sistem operasi dan menjelaskan bagaimana keputusan autentikasi dan kontrol akses diterapkan pada tingkat sistem. Walaupun pembahasan lebih menitikberatkan pada aspek implementasi, keputusan kontrol akses tersebut pada dasarnya dapat dianalisis secara formal menggunakan logika proposisi dan tabel kebenaran.

Penelitian lain, seperti yang dikemukakan oleh Goguen [5], membahas peran logika secara lebih luas dalam ilmu komputer, termasuk dalam spesifikasi dan verifikasi sistem. Pendekatan ini mendukung gagasan bahwa metode logika formal dapat digunakan untuk memverifikasi

kebenaran perilaku perangkat lunak. Selain itu, sumber daring seperti GeeksforGeeks [3] dan ITBox.id [4] menunjukkan penerapan praktis tabel kebenaran dalam berbagai permasalahan komputasi nyata, sehingga memperkuat relevansi tabel kebenaran baik dalam konteks pendidikan maupun implementasi praktis.

Dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini secara khusus menitikberatkan pada penggunaan tabel kebenaran sebagai alat verifikasi logika autentikasi dasar pada sistem login. Selain itu, penelitian ini secara eksplisit memetakan model logika proposisional ke dalam implementasi program menggunakan bahasa C++, sehingga menjembatani kesenjangan antara teori logika formal dan praktik pengembangan perangkat lunak dalam konteks keamanan sistem.

A. Logika Proposisi

Logika Proposisi adalah cabang logika formal yang mempelajari hubungan antara pernyataan (proposisi) yang hanya memiliki dua nilai kebenaran, yaitu benar (True) atau salah (False). Dalam konteks sistem login, setiap proses pemeriksaan kredensial dapat dimodelkan sebagai proposisi. Misalnya:

$A = \text{"username valid"}$

$B = \text{"password valid"}$

Proses autentikasi kemudian direpresentasikan sebagai proposisi gabungan $A \wedge B$, yang berarti autentikasi hanya berhasil apabila kedua kondisi bernilai benar. Dengan pendekatan ini, proses login tidak hanya dilihat sebagai kode program, tetapi sebagai struktur logika formal yang dapat diverifikasi secara matematis.

Penggunaan logika proposisi pada autentikasi login memberikan keuntungan berupa pemetaan proses komputasi ke dalam representasi matematis yang lebih terstruktur. Hal ini membantu mendeteksi potensi kesalahan logika yang tidak terlihat hanya melalui pemeriksaan kode.

B. Negasi (NOT)

Negasi digunakan untuk membalikkan nilai suatu proposisi. Jika proposisi p bernilai benar, maka negasinya, $\neg p$ (NOT p), bernilai salah, dan sebaliknya. Dalam autentikasi login, negasi relevan untuk menyatakan kondisi kesalahan, seperti :

$\neg A = \text{"username tidak valid"}$

$\neg B = \text{"password tidak valid"}$

Negasi digunakan untuk memodelkan kasus-kasus gagal autentikasi.

C. Konjungsi (AND)

Konjungsi adalah operator logika yang menghubungkan dua proposisi dengan kata “dan”. Konjungsi hanya bernilai benar ketika kedua proposisi bernilai benar. Tabel kebenarannya adalah :

Tabel 1. Tabel Kebenaran Konjungsi

A	B	$A \wedge B$
T	T	T
T	F	F
F	T	F
F	F	F

Dalam sistem login, operator konjungsi adalah inti logika autentikasi karena sistem hanya akan memberikan akses jika username dan password keduanya valid. Jika salah satu tidak valid, akses harus ditolak. Logika ini digunakan pula pada implementasi simulasi program C++.

D. Disjungsi (OR)

Disjungsi merupakan operator logika yang bernilai benar jika salah satu atau kedua proposisi bernilai benar. Tabel kebenarannya adalah :

Tabel 2. Tabel Kebenaran Disjungsi

A	B	$A \vee B$
T	T	T
T	F	T
F	T	T
F	F	F

Dalam autentikasi login, operator OR tidak umum digunakan untuk keputusan akses karena berpotensi memberikan celah keamanan. Namun, operator ini relevan dalam analisis kasus, seperti validasi input opsional atau aturan fallback pada sistem tertentu.

E. Implikasi (IF-THEN)

Implikasi adalah operator logika yang menyatakan hubungan sebab-akibat antara dua proposisi dan dituliskan sebagai $p \rightarrow q$. Tabel kebenarannya:

Tabel 3. Tabel Logika Implikasi (IF-THEN)

p	q	$p \rightarrow q$
T	T	T
T	F	F
F	T	T
F	F	T

Pada sistem login, implikasi digunakan untuk merumuskan aturan, seperti :

“Jika username salah, maka akses harus ditolak.”

“Jika password tidak valid, maka sistem tidak memberikan akses.”

Implikasi membantu memformalkan kebijakan autentikasi.

F. Tabel Kebenaran

Tabel kebenaran adalah alat yang digunakan untuk mengevaluasi semua kemungkinan kombinasi nilai kebenaran dari proposisi yang terlibat dalam suatu ekspresi logika. Dalam autentikasi login, tabel kebenaran digunakan untuk :

- Memverifikasi keakuratan aturan autentikasi.
- Mengidentifikasi kondisi yang seharusnya menghasilkan akses atau penolakan.
- Menemukan potensi kesalahan seperti false positive dan false negative.

Dengan tabel kebenaran, sistem dapat diverifikasi secara menyeluruh meskipun implementasinya dalam kode memiliki kompleksitas tertentu.

G. Autentikasi Sistem Login

Autentikasi merupakan proses yang dilakukan untuk memverifikasi identitas pengguna sebelum sistem memberikan akses ke data atau layanan tertentu. Pada sistem login konvensional, autentikasi bergantung pada dua komponen utama :

- Username, sebagai identitas pengguna
- Password, sebagai bukti kepemilikan identitas

Kedua data tersebut harus sesuai dengan informasi yang tersimpan dalam basis data sistem. Jika salah satu tidak cocok, akses akan ditolak. Hal ini sejalan dengan prinsip dasar keamanan informasi, yaitu menjaga :

Kerahasiaan (Confidentiality)

Integritas (Integrity)

Ketersediaan (Availability)

Autentikasi merupakan gerbang utama untuk menjaga kerahasiaan dan integritas, sehingga sangat penting untuk memastikan bahwa logika autentikasi berjalan dengan benar.

Dalam konteks analisis logika, autentikasi sistem login sangat relevan karena prosesnya dapat dipetakan menjadi serangkaian proposisi logis, seperti:

$A = \text{username valid}$

$B = \text{password valid}$

$C = \text{hasil autentikasi}$

Hal ini memungkinkan proses autentikasi untuk dianalisis secara matematis dan diverifikasi menggunakan tabel kebenaran. Dengan memetakan mekanisme autentikasi ke dalam model logika proposisi, pengembang dapat memastikan bahwa keputusan sistem tidak hanya bergantung pada implementasi kode, tetapi juga pada landasan logika yang terstruktur dan formal.

Pendekatan logika ini juga penting saat dikembangkan menjadi implementasi program nyata, seperti simulasi login berbasis C++, karena memungkinkan pengembang untuk memastikan bahwa hasil program selaras dengan model matematis yang telah dibuat.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Deskripsi Kasus

Studi kasus pada penelitian ini berfokus pada proses autentikasi login yang menggunakan dua input utama, yaitu username dan password. Pada sistem login

konvensional, autentikasi dilakukan dengan mencocokkan input pengguna dengan data yang tersimpan di basis data. Namun, dalam model matematis, proses tersebut disederhanakan menjadi evaluasi dua kondisi logis :

- apakah username valid (A),
- dan apakah password valid (B).

Kedua kondisi inilah yang menentukan apakah autentikasi berhasil atau tidak. Dengan hanya dua input, sistem memungkinkan empat kombinasi keadaan :

- Username benar, password benar
- Username benar, password salah
- Username salah, password benar
- Username salah, password salah

Keempat kombinasi ini dapat dianalisis secara matematis melalui tabel kebenaran untuk memverifikasi apakah logika autentikasi dirancang dengan tepat. Studi kasus ini tidak memasukkan faktor lain seperti OTP, token, biometrik, atau enkripsi, agar fokus analisis tetap pada struktur logika dasar autentikasi.

Selain pemodelan logika, metodologi juga mencakup implementasi simulasi autentikasi menggunakan bahasa C++ untuk menunjukkan bagaimana logika proposisional dituangkan ke dalam kode nyata dan memvalidasi kesesuaian antara model matematika dan implementasinya.

B. Perancangan / Pemodelan Matematika

Dalam tahap ini, proses autentikasi dipetakan menjadi suatu model logika proposisional. Dua proposisi utama didefinisikan sebagai berikut :

$A = \text{"username valid"}$

$B = \text{"password valid"}$

Keputusan autentikasi direpresentasikan sebagai proposisi majemuk:

$$C = A \wedge B$$

Artinya, autentikasi hanya dinyatakan benar apabila kedua proposisi A dan B bernilai benar. Untuk memverifikasi aturan autentikasi, tabel kebenaran disusun guna menggambarkan seluruh kombinasi nilai A dan B beserta keluaran C sesuai aturan logika. Tabel tersebut memungkinkan analisis menyeluruh terhadap berbagai kondisi autentikasi serta mendeteksi :

- a) kesesuaian antara logika sistem dan kebijakan autentikasi,
- b) skenario kesalahan seperti *false positive* (akses diberikan meskipun salah satu input tidak valid),
- c) skenario *false negative* (akses ditolak meskipun input valid).

Verifikasi matematis ini menjadi penting untuk memastikan konsistensi logika autentikasi, terutama ketika proses tersebut diterjemahkan ke dalam kode program. Model matematis ini kemudian digunakan sebagai acuan untuk implementasi simulasi C++ yang mengevaluasi input username dan password menggunakan logika $A \wedge B$.

Dengan metode ini, hubungan antara model logika dan implementasi praktis dapat diuji, sehingga validitas sistem

login dapat dipastikan baik secara teoretis maupun secara komputasional.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Menggunakan Tabel Kebenaran

Tabel 4. Tabel Skenario

Username (A)	Password (B)	Autentikasi (C = A $\wedge$ B)	Makna
1	1	1	Akses diberikan
1	0	0	Password salah, akses ditolak
0	1	0	Username salah, akses ditolak
0	0	0	Kedua kredensial salah

Dari tabel 4 terlihat bahwa tidak ada skenario di mana output akses bernilai benar kecuali kedua input benar, sehingga model logika konsisten.

B. Pemetaan Logika ke Kondisi Nyata pada Sistem Login

Model logika proposisional dapat dipetakan ke sistem login nyata sebagai berikut :

Tabel 5. Pemetaan logika ke kondisi nyata

Kondisi Sistem Nyata	Model Proposisi	Dampak Logis
Username cocok dengan database	A = True	Syarat awal autentikasi
Password cocok dengan hash	B = True	Syarat kedua autentikasi
Username salah	A = False	$A \wedge B = \text{False} \rightarrow$ akses ditolak
Password salah	B = False	$A \wedge B = \text{False} \rightarrow$ akses ditolak
Bug: akses diberikan meski salah satu salah	$A \wedge B$ tidak diterapkan	False positive (berbahaya)
Kedua salah	A = 0, B = 0	Aman: akses ditolak

Dengan pemetaan ini, kita dapat melihat potensi risiko jika implementasi kode tidak mengikuti logika $A \wedge B$ secara benar.

C. Implementasi Program Autentikasi Login (C++)

Berikut adalah simulasi program sederhana menggunakan logika yang sama dengan tabel kebenaran :

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;

bool autentikasi(string user_input, string pass_input) {
    string username = "admin";
    string password = "12345";

    bool A = (user_input == username);
    bool B = (pass_input == password);

    bool C = A && B; // Logika autentikasi (A ∧ B)
    return C;
}

int main() {
    string u, p;
    cout << "Masukkan username: ";
    cin >> u;
    cout << "Masukkan password: ";
    cin >> p;

    if (autentikasi(u, p)) {
        cout << "Login berhasil. Selamat datang!\n";
    } else {
        cout << "Login gagal. Username atau password salah.\n";
    }

    return 0;
}
```

Program ini secara langsung menerapkan logika $A \wedge B$ seperti yang disusun pada model matematis dan tabel kebenaran.

D. Hasil Akhir

Tabel berikut menunjukkan hubungan antara input pengguna dan hasil autentikasi:

Tabel 6. Hasil testing autentikasi

Skena-rio	A (User name)	B (Pass word)	Output Sistem	Status
1	Valid	Valid	Akses diterima	Benar
2	Valid	Tidak valid	Akses ditolak	Sesuai logika
3	Tidak valid	Valid	Akses ditolak	Sesuai logika
4	Tidak valid	Tidak valid	Akses ditolak	Sesuai logika

Hasil pengujian ini konsisten dengan tabel kebenaran sehingga logika autentikasi terverifikasi dengan benar.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa tabel kebenaran merupakan alat verifikasi matematis yang sangat efektif dalam menganalisis dan memastikan konsistensi logika autentikasi pada sistem login. Dengan memodelkan proses autentikasi sebagai proposisi $A \wedge B$, seluruh kemungkinan

kombinasi input dapat dianalisis secara sistematis, sehingga memudahkan proses identifikasi terhadap kondisi yang semestinya menghasilkan akses maupun penolakan. Pendekatan ini membuktikan bahwa struktur logika formal mampu mendeteksi potensi kesalahan seperti false positive, yaitu kondisi ketika sistem secara keliru memberikan akses meskipun salah satu input tidak valid yang dapat menjadi celah keamanan serius pada sistem digital.

Pemetaan antara model logika dan kondisi autentikasi nyata membantu memperjelas implementasi aturan keamanan dalam sistem login berbasis username dan password. Selain analisis teoretis, implementasi program C++ yang disertakan pada penelitian ini memperlihatkan bagaimana logika matematika diterapkan secara langsung dalam kode program. Hasil pengujian menunjukkan bahwa implementasi praktis konsisten dengan model matematis, sehingga memperkuat validitas pendekatan logika proposisi dalam verifikasi sistem autentikasi.

Dengan demikian, penggunaan tabel kebenaran tidak hanya memberikan kerangka matematis yang kuat untuk memverifikasi logika autentikasi, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan keamanan, keandalan, dan konsistensi sistem login.

Untuk penelitian selanjutnya, model autentikasi dapat dikembangkan ke arah mekanisme multi-faktor, seperti penggunaan OTP, autentikasi biometrik, token keamanan, serta integrasi teknik enkripsi modern agar sistem autentikasi menjadi lebih komprehensif dan tahan terhadap serangan siber.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Munir, Logika Proposisional dan Tabel Kebenaran, STEI ITB, 2008.
- [2] R. Munir, Penerapan Logika Proposisional dalam Sistem Komputasi, ITB, 2022.
- [3] J. C. Mitchell, "Foundations for Programming Languages and Systems," Journal of the ACM, vol. 45, no. 2, pp. 189–230, 1998.
- [4] D. Basin, C. Cremers, and C. Meadows, "Model Checking Security Protocols," Journal of Computer Security, vol. 19, no. 3, pp. 543–580, 2011.
- [5] J. A. Goguen, "Logic in Computer Science," ACM Computing Surveys, vol. 35, no. 2, 2019.
- [6] W. Stallings, Computer Security: Principles and Practice, 5th ed., Pearson, 2021.
- [7] A. Silberschatz, P. B. Galvin, and G. Gagne, Operating System Concepts, 10th ed., Wiley, 2020.
- [8] M. Bishop, Introduction to Computer Security, Addison-Wesley, 2018.
- [9] D. E. Denning, "A Lattice Model of Secure Information Flow," Communications of the ACM, vol. 19, no. 5, pp. 236–243, 1976.
- [10] A. Menezes, P. van Oorschot, and S. Vanstone, Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 2018.
- [11] ISO/IEC 27001, Information Security Management Systems — Requirements, ISO, 2022.
- [12] NIST, Digital Identity Guidelines: Authentication and Lifecycle Management (SP 800-63B), 2023.
- [13] M. Sipser, Introduction to the Theory of Computation, 3rd ed., Cengage Learning, 2013.
- [14] B. Schneier, Applied Cryptography, 2nd ed., Wiley, 2015.
- [15] K. Rosen, Discrete Mathematics and Its Applications, 8th ed., McGraw-Hill, 2019.

Optimasi Pencarian Data Santri Menggunakan Algoritma Binary Search Tree di PPM Al-Islam

Siti Badriya¹, Hilyatul Aulia Azzahra², Bima Azis Kusuma³

^{1,2,3} Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia, Cirebon, Jawa Barat, Indonesia
Email: sitibadrya38@gmail.com

Abstract—Data management and student data retrieval at Pondok Pesantren Modern Al-Islam are currently conducted manually using spreadsheets, which leads to inefficiencies as the volume of student data increases each year. This study aims to improve the efficiency of student data retrieval by implementing the Binary Search Tree (BST) data structure as an alternative solution. The research methodology includes problem identification, design of a Binary Search Tree structure based on the Student Identification Number (NIS) attribute, and system implementation using the C++ programming language. System testing was carried out by comparing the performance of the Binary Search Tree search process with linear search methods using various student data scenarios. The results show that the Binary Search Tree provides significantly better search efficiency than linear search, with an average time complexity of $O(\log n)$ compared to $O(n)$ for conventional methods. In addition, the InOrder traversal of the Binary Search Tree produces sorted student data output, which is beneficial for automating administrative reporting processes. This study concludes that the implementation of Binary Search Tree is effective in improving the efficiency and accuracy of student data retrieval and can serve as a technical foundation for developing a more structured and efficient Islamic boarding school information system.

Keywords— Binary Search Tree, Data Structure, Search Algorithm, Student Data, Time Complexity

Abstrak— Pengelolaan dan pencarian data santri pada Pondok Pesantren Modern Al-Islam saat ini masih dilakukan secara manual menggunakan spreadsheet, sehingga proses pencarian menjadi kurang efisien seiring bertambahnya jumlah data setiap tahun. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pencarian data santri dengan menerapkan struktur data Binary Search Tree (BST). Metodologi penelitian meliputi identifikasi permasalahan, perancangan struktur Binary Search Tree berdasarkan atribut Nomor Induk Santri (NIS), serta implementasi sistem menggunakan bahasa pemrograman C++. Pengujian sistem dilakukan dengan membandingkan kinerja pencarian menggunakan Binary Search Tree dan metode pencarian linear pada berbagai skenario data santri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Binary Search Tree memberikan efisiensi pencarian yang lebih baik dibandingkan metode pencarian linear, dengan kompleksitas waktu rata-rata $O(\log n)$ dibandingkan $O(n)$ pada metode konvensional. Selain itu, traversal InOrder pada Binary Search Tree mampu menghasilkan data santri yang tersusun secara teratur, sehingga mendukung otomatisasi proses pelaporan administrasi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan Binary Search Tree efektif dalam meningkatkan efisiensi dan ketepatan pencarian data santri serta layak digunakan sebagai dasar pengembangan sistem informasi pesantren yang lebih terstruktur dan efisien.

Kata Kunci— Algoritma Pencarian, Binary Search Tree, Data Santri, Kompleksitas Waktu, Struktur Data

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi saat ini semakin maju, termasuk dalam hal pengelolaan dan pencarian data. Pencarian (searching) merupakan aktivitas yang sering dilakukan dalam kehidupan sehari-hari, seperti mencari kata pada text editor atau menemukan data tertentu dalam sebuah dokumen. Dalam ilmu komputer, dikenal beberapa metode pencarian, di antaranya Sequential Search, Binary Search, Interpolation Search, Direct Search, dan Hash Search. Setiap metode memiliki kelebihan serta kekurangan masing-masing.

Penggunaan komputer dalam pengolahan data kini menjadi kebutuhan penting demi efisiensi dan ketepatan

informasi. Meskipun banyak aplikasi siap pakai seperti Microsoft Office atau OpenOffice yang mampu mengolah data dalam jumlah besar, kebutuhan tertentu seringkali memerlukan sistem yang lebih khusus, terutama dalam proses pencarian yang cepat dan akurat [1].

Pada Pondok Pesantren Modern Al-Islam, proses pencatatan dan pencarian data santri masih dilakukan secara manual atau menggunakan spreadsheet sederhana. Ketika jumlah santri bertambah, proses pencarian menjadi semakin lambat dan tidak efisien. Hal ini menunjukkan perlunya penerapan metode pencarian yang lebih optimal.

Binary Search adalah salah satu metode pencarian yang memiliki efisiensi tinggi, namun metode ini hanya dapat bekerja jika data telah teratur. Untuk konteks

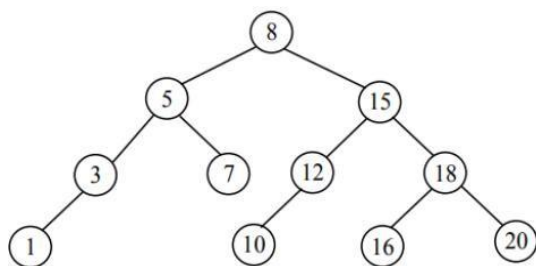
penyimpanan dan pencarian data yang lebih dinamis, struktur data *Binary Search Tree* menjadi solusi yang lebih tepat. *Binary Search Tree* merupakan bentuk terurut dari *Binary Tree* (Pohon Biner), di mana setiap simpul memiliki maksimal dua anak, yaitu anak kiri (*left child*) dan anak kanan (*right child*). Penempatan data dalam *Binary Search Tree* ditentukan berdasarkan perbandingan nilai dengan simpul induk, sehingga proses pencarian, penyisipan, dan penghapusan dapat dilakukan dengan cepat [2], [3].

Dengan menerapkan *Binary Search Tree* pada pencarian data santri, sistem informasi pesantren dapat bekerja lebih efisien dan akurat. Implementasi *Binary Search Tree* diharapkan dapat mengatasi kendala pencarian data yang selama ini terjadi, serta menjadi pondasi penting dalam pengembangan sistem informasi Pondok Pesantren Modern Al-Islam ke depannya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pohon Pencarian Biner (*Binary Search Tree*)

Binary Search Tree merupakan struktur data pohon biner yang memiliki karakteristik khusus karena memungkinkan proses pencarian, penambahan, dan penghapusan data dilakukan secara efisien. Setiap node dalam *Binary Search Tree* memiliki nilai lebih besar daripada semua node pada subpohon kiri dan lebih kecil daripada semua node pada subpohon kanan. Struktur ini membuat *Binary Search Tree* sangat sesuai untuk pengelolaan data yang terus bertambah, seperti data santri di Pondok Pesantren Modern Al-Islam

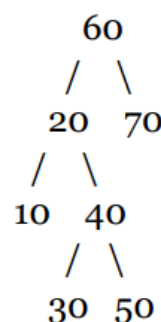


Gambar 1. Contoh *Binary Search Tree*

Operasi utama pada *Binary Search Tree* terdiri dari penyisipan, pencarian, dan penghapusan. Penyisipan data dimulai dari simpul akar. Jika pohon kosong, data baru menjadi simpul akar. Jika pohon tidak kosong, nilai data dibandingkan dengan node saat ini dan ditempatkan pada subpohon kiri jika nilainya lebih kecil atau pada subpohon kanan jika nilainya lebih besar. Penyisipan biasanya dilakukan secara rekursif, sehingga memudahkan implementasi program komputer. Pencarian data dapat dilakukan secara rekursif maupun iteratif, dengan membandingkan nilai node dengan kunci yang dicari dan menelusuri subpohon kiri atau kanan sesuai aturan *Binary Search Tree* hingga data ditemukan atau tidak ada node yang dapat dikunjungi. Penghapusan node memerlukan penyesuaian struktur pohon agar aturan *Binary Search Tree* tetap terpenuhi; jika node yang dihapus memiliki anak, posisinya digantikan oleh node yang sesuai dari subpohon terkait.

Traversal digunakan untuk mengunjungi semua node dalam pohon. Traversal *PreOrder* mengunjungi node saat ini terlebih dahulu, kemudian anak kiri dan anak kanan. Traversal *InOrder* mengunjungi anak kiri, node saat ini, dan anak kanan; metode ini menghasilkan urutan data yang terurut dari kecil ke besar. Traversal *PostOrder* mengunjungi anak kiri, kemudian anak kanan, dan terakhir node saat ini, sedangkan traversal *LevelOrder* mengunjungi node per level dari atas ke bawah dan dari kiri ke kanan.

Sebagai contoh, pertimbangkan *Binary Search Tree* sederhana yang menyimpan data santri dengan atribut NIS dan nama. Struktur pohonnya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. *Binary Search Tree* Diagram

Jika dilakukan traversal *InOrder*, urutan NIS yang dihasilkan adalah 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70.

Traversal

PreOrder menghasilkan urutan 60, 20, 10, 40, 30, 50, 70, sedangkan *PostOrder* menghasilkan 10, 30, 50, 40, 20, 70,

60. Traversal *LevelOrder* menampilkan 60, 20, 70, 10, 40, 30, 50. Contoh ini menunjukkan bagaimana BST memungkinkan penelusuran data yang terstruktur dan efisien.

Selain itu, *Binary Search Tree* dapat digunakan untuk merepresentasikan ekspresi matematika atau logika. Notasi yang umum digunakan adalah prefix, infix, dan postfix. Notasi prefix menempatkan operator sebelum operand, notasi infix menempatkan operator di antara operand, dan notasi postfix menempatkan operator setelah operand. Representasi ini memanfaatkan konsep traversal pohon dan menjadi dasar evaluasi ekspresi dalam berbagai aplikasi komputasi [6]

B. Kompleksitas Waktu BST (*Binary Search Tree*)

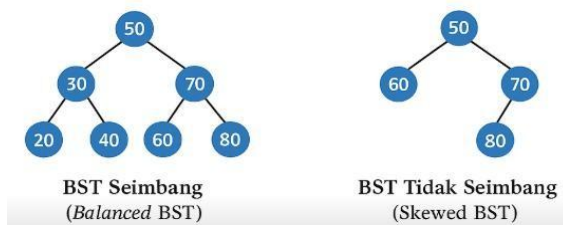
Binary Search Tree (BST) adalah struktur data hierarkis yang memungkinkan operasi pencarian, penyisipan, dan penghapusan dilakukan secara efisien. Kompleksitas setiap operasi bergantung pada tinggi pohon h , dengan n menyatakan jumlah node dalam pohon. Pada *Binary Search Tree* yang seimbang, tinggi pohon kira-kira setara dengan logaritma basis dua dari jumlah node, sehingga operasi pencarian, penyisipan, dan penghapusan dapat dilakukan dalam waktu rata-rata $O(\log n)$. Sebaliknya, jika pohon

tidak seimbang, misalnya node dimasukkan secara berurutan, tinggi pohon dapat mencapai n , sehingga kompleksitas operasi menurun menjadi $O(n)$.

Traversal pada *Binary Search Tree*, termasuk *PreOrder*, *InOrder*, *PostOrder*, dan *LevelOrder*, mengunjungi setiap node tepat satu kali. Oleh karena itu, kompleksitas traversal tetap $O(n)$ baik pada pohon seimbang maupun tidak seimbang [2], [7], [9]. Perbedaan ini menggambarkan bagaimana struktur pohon mempengaruhi efisiensi operasional. *Binary Search Tree* yang seimbang memiliki hampir semua level terisi penuh sehingga proses pencarian atau penyisipan memerlukan jumlah langkah minimal. Sebaliknya, pada *Binary Search Tree* tidak seimbang, node tersusun dalam satu garis lurus sehingga operasi memerlukan langkah sebanyak jumlah node, yang jauh lebih lambat [2], [3].

. Tabel 1. Kompleksitas Waktu Bst

Operasi	Rata-rata (Balanced)	Terburuk (Skewed)
Pencarian (Search)	$O(\log n)$	$O(n)$
Penyisipan (Insert)	$O(\log n)$	$O(n)$
Penghapusan (Delete)	$O(\log n)$	$O(n)$
Traversal (Pre/In/Post/Level)	$O(n)$	$O(n)$



Gambar 3. Diagram Ilustratif

Pohon *Binary Search Tree* seimbang ini memiliki tinggi pohon $h \approx \log_2(n)$, sehingga operasi pencarian, penyisipan, dan penghapusan dapat dilakukan dalam waktu $O(\log n)$. Sedangkan Pada pohon *Binary Search Tree* tidak seimbang, tinggi pohon $h = n$, sehingga operasi utama menjadi linear, yaitu $O(n)$. Traversal tetap $O(n)$ karena setiap node tetap dikunjungi sekali [2], [3].

C. Relevansi BST (*Binary Search Tree*) untuk Sistem Informasi

Penerapan struktur data *Binary Search Tree* memiliki peran yang sangat penting dalam pengembangan sistem informasi data santri di Pondok Pesantren Modern Al-Islam. *Binary Search Tree* adalah solusi yang efektif untuk mengatasi masalah pencarian data yang masih dilakukan secara manual atau menggunakan *spreadsheet* sederhana, di mana prosesnya menjadi lambat (*inefisien*) seiring bertambahnya jumlah santri.

1) Kecepatan Pencarian yang Optimal

Keunggulan utama *Binary Search Tree* terletak pada kecepatannya dalam menemukan data. Berbeda dengan pencarian sekuensial pada daftar biasa yang harus menelusuri data satu per satu ($O(n)$), *Binary Search Tree* dirancang untuk memangkas ruang pencarian di setiap langkahnya.

Pada *Binary Search Tree* yang tersusun baik, pencarian data santri berdasarkan Nomor Induk Santri (NIS) rata-rata hanya membutuhkan waktu logaritmik, yaitu $O(\log n)$ [2], [3]. Efeknya sangat signifikan: jika jumlah santri mencapai ribuan, *Binary Search Tree* dapat menemukan data hanya dalam sedikit langkah saja. Efisiensi waktu ini sangat krusial untuk meningkatkan ketepatan dan kecepatan pelayanan administrasi [1].

2) Penanganan Data yang Terus Bertambah (Dinamis)

Data santri selalu bersifat dinamis, bertambah setiap tahun ajaran baru. *Binary Search Tree* mampu mengelola perubahan data ini tanpa mengganggu kinerja sistem secara keseluruhan.

Ketika data santri baru dimasukkan, *Binary Search Tree* dapat menyisipkan (insert) data tersebut ke posisi yang tepat dalam waktu rata-rata $O(\log n)$ [3].

Struktur ini memastikan bahwa penambahan data dapat dilakukan dengan cepat tanpa perlu melakukan proses pengurutan ulang seluruh daftar, yang merupakan kendala pada metode pencarian biner pada array tradisional [4].

3) Otomatisasi Laporan Data yang Terurut

Binary Search Tree secara alami menyimpan data santri dalam urutan yang teratur berdasarkan kunci NIS. Dengan menggunakan metode Traversal *InOrder*, sistem dapat menghasilkan daftar santri yang sudah terurut rapi dari NIS terkecil hingga terbesar secara otomatis.

Proses traversal ini mengunjungi semua data secara efisien ($O(n)$) [6]. Hal ini memudahkan staf dalam pembuatan laporan atau daftar resmi tanpa memerlukan proses pengurutan tambahan.

4) Pondasi Pengembangan Sistem Jangka Panjang

Implementasi *Binary Search Tree* merupakan fondasi yang baik untuk sistem informasi yang akan dikembangkan lebih lanjut. Meskipun *Binary Search Tree* sederhana memiliki risiko kinerja menurun (*worst-case*) jika datanya dimasukkan secara tidak teratur, konsep dasarnya memungkinkan transisi ke struktur yang lebih canggih (seperti *Self-Balancing Tree*).

Struktur lanjutan ini dapat menjamin bahwa waktu pencarian akan selalu stabil pada $O(\log n)$, yang sangat penting untuk memastikan sistem informasi pesantren tetap efisien dan andal di masa depan [2].

D. Penelitian Terkait

Penelitian mengenai optimasi pencarian data telah banyak dilakukan. Implementasi teknik *Binary Search Tree* (BST) pada pencarian data penduduk menunjukkan hasil yang lebih efektif dibandingkan pencarian sekuensial [1]. Selain itu, penggunaan *Binary Search Tree* dalam sistem informasi sekolah terbukti membantu pengorganisasian data dinamis yang terus bertambah [6]. Penelitian lain juga menekankan pentingnya struktur data *non-linear* dalam merepresentasikan hierarki data secara optimal [5].

Meskipun beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan *Binary Search Tree* dalam sistem kependudukan dan inventaris [1], perbedaan mendasar penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada kontekstualisasi struktur data terhadap nomor induk santri (NIS) yang bersifat statis dan unik di lingkungan pesantren. Selain itu, penelitian ini mengintegrasikan *InOrder Traversal* tidak hanya untuk pencarian, tetapi sebagai mekanisme otomatisasi pengurutan data untuk laporan bulanan akademik di PPM Al-Islam, yang sebelumnya tidak dieksplorasi secara mendalam pada studi kasus serupa.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Gambaran Umum Sistem dan Permasalahan

Pada sistem administrasi Pondok Pesantren Modern Al-Islam, proses pencatatan dan pencarian data santri sampai sekarang masih dilakukan secara manual menggunakan *spreadsheet* seperti Microsoft Excel. Setiap kali dibutuhkan informasi tertentu, pencarian Nomor Induk Santri (NIS), pengecekan kelas, atau data kamar santri, petugas harus menelusuri data satu per satu secara linear. Proses ini membutuhkan waktu yang relatif lama dan berpotensi menimbulkan kesalahan, terutama ketika jumlah data santri terus meningkat setiap tahun.

Berdasarkan permasalahan tersebut, pada penelitian ini dipilih struktur data *Binary Search Tree* sebagai solusi pencarian data santri [1], [2]. *Binary Search Tree* dipilih karena mampu menyederhanakan proses penelusuran data berdasarkan kunci tertentu, yaitu NIS, serta memungkinkan proses pencarian, penyisipan, dan penghapusan data dilakukan secara lebih efisien dibandingkan pencarian linear.

B. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dan eksperimental. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi sistem pencarian data santri yang berjalan saat ini serta karakteristik data yang digunakan. Sementara itu, pendekatan eksperimental digunakan untuk menguji kinerja struktur data *Binary Search Tree* dalam melakukan pencarian data santri dan membandingkannya dengan metode pencarian linear.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data santri Pondok Pesantren Modern Al-Islam. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara studi dokumentasi, yaitu mengambil data yang telah tersedia pada sistem administrasi pesantren dalam bentuk *spreadsheet*.

Atribut data santri yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Nomor Induk Santri (NIS)
- 2) Nama Santri
- 3) Kelas
- 4) Asal Daerah (Domisili)
- 5) Angkatan

Dari atribut tersebut, NIS digunakan sebagai kunci utama (key) dalam proses pembentukan dan pencarian pada struktur *Binary Search Tree*.

C. Perancangan Struktur Binary Search Tree

Pada tahap ini dilakukan perancangan struktur data *Binary Search Tree* untuk merepresentasikan data santri. Setiap santri dimodelkan sebagai sebuah node dalam *Binary Search Tree* yang memiliki beberapa atribut data, dengan NIS sebagai nilai kunci.

Aturan penyusunan node dalam *Binary Search Tree* mengikuti prinsip sebagai berikut [2], [3]:

- 1) Jika nilai NIS santri lebih kecil dari NIS pada node induk, maka node ditempatkan pada subpohon kiri.
- 2) Jika nilai NIS santri lebih besar dari NIS pada node induk, maka node ditempatkan pada subpohon kanan.

Struktur ini memastikan bahwa data santri tersimpan secara teratur berdasarkan NIS dan memungkinkan proses pencarian dilakukan dengan membagi ruang pencarian pada setiap langkah.

D. Implementasi Program

Implementasi struktur data *Binary Search Tree* pada penelitian ini dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C++ [2], [3]. Pemilihan bahasa C++ didasarkan pada kemampuannya dalam mendukung pemrograman terstruktur dan manipulasi struktur data secara efisien.

Fungsi-fungsi utama yang diimplementasikan dalam program meliputi:

- 1) Fungsi *insertNode*, digunakan untuk menambahkan data santri baru ke dalam *Binary Search Tree* sesuai dengan aturan penyusunan *Binary Search Tree*.
- 2) Fungsi *searchNode*, digunakan untuk mencari data santri berdasarkan NIS tertentu.
- 3) Fungsi *displayInOrder*, digunakan untuk menampilkan seluruh data santri menggunakan *traversal InOrder* sehingga data ditampilkan dalam urutan NIS dari yang terkecil hingga terbesar.

Implementasi fungsi-fungsi tersebut mencerminkan konsep dasar operasi pada *Binary Search Tree*, yaitu penyisipan, pencarian, dan traversal.

E. Teknik Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja metode *Binary Search Tree* dalam pencarian data santri dengan membandingkannya terhadap pencarian linear sebagaimana dijelaskan pada literatur algoritma pencarian [7], [8], [10]. Pengujian dilakukan dengan menggunakan data santri yang telah dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam struktur *Binary Search Tree*. Tahapan pengujian meliputi:

- 1) Menguji proses pencarian data santri menggunakan Binary Search Tree berdasarkan NIS tertentu.
- 2) Menguji proses pencarian data santri menggunakan metode pencarian linear pada daftar data.
- 3) Membandingkan waktu pencarian antara metode Binary Search Tree dan pencarian linear.

Hasil pengujian dianalisis untuk melihat perbedaan efisiensi waktu pencarian antara kedua metode tersebut, sehingga dapat diketahui sejauh mana penerapan Binary Search Tree memberikan peningkatan kinerja dibandingkan metode pencarian konvensional.

F. Alur Penelitian

Secara umum, alur penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a) Identifikasi permasalahan pencarian data santri pada sistem administrasi pesantren.
- b) Studi literatur terkait algoritma pencarian, Binary Search Tree, dan kompleksitas waktu.
- c) Pengumpulan data santri.
- d) Perancangan struktur Binary Search Tree.
- e) Implementasi Binary Search Tree dalam bentuk program.
- f) Pengujian dan analisis hasil pencarian data.
- g) Penarikan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian.

Dengan tahapan tersebut, penelitian ini diharapkan mampu menunjukkan bahwa penerapan Binary Search Tree dapat meningkatkan efisiensi pencarian data santri pada sistem informasi Pondok Pesantren Modern Al-Islam, sejalan dengan hasil penelitian dan teori yang telah dikemukakan pada literatur sebelumnya [1], [2], [3].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil demonstrasi implementasi serta analisis kinerja struktur data Binary Search Tree yang digunakan untuk pencarian data santri. Pembahasan difokuskan pada pembuktian efisiensi waktu pencarian menggunakan Binary Search Tree dengan kompleksitas rata-rata $O(\log n)$, dibandingkan dengan metode pencarian linear yang memiliki kompleksitas $O(n)$ dan sebelumnya digunakan dalam pengelolaan data santri.

A. Perhitungan dan Analisis Manual (Demonstrasi Proses Pencarian)

Untuk membuktikan efisiensi Binary Search Tree, dilakukan demonstrasi pencarian data secara manual pada model pohon yang dibentuk dari data santri fiktif dengan urutan NIS:

{45, 20, 60, 10, 30, 50, 70}

Data tersebut disisipkan ke dalam Binary Search Tree menggunakan aturan penyisipan Binary Search Tree, yaitu nilai yang lebih kecil ditempatkan pada subpohon kiri dan nilai yang besar ditempatkan pada subpohon kanan.

- 1) Skenario pencarian

data ditemukan (NIS = 50)

Tujuan: mencari data santri dengan kunci NIS 50.

Proses pencarian dilakukan dengan mengikuti aturan

Binary Search Tree, sehingga ruang pencarian dipersempit pada setiap langkah.

Tabel 2. Pencarian Data Ditemukan

Langkah ke-	NIS Node Saat Ini	Perbandingan	Tindak Lanjut
1	45 (Root)	$50 > 45$	Lanjut ke subpohon kanan
2	60	$50 < 60$	Lanjut ke subpohon kiri
3	50	$50 = 50$	Data ditemukan

Analisis:

Data santri dengan NIS 50 berhasil ditemukan hanya dalam 3 langkah pencarian. Hal ini menunjukkan bahwa Binary Search Tree mampu mengurangi jumlah langkah pencarian secara signifikan dibandingkan pencarian linear.

- 2) Skenario pencarian

data tidak ditemukan (NIS = 35)

Tujuan: mencari data santri dengan kunci NIS 35, yang tidak terdapat dalam Binary Search Tree.

Tabel 3. Pencarian Data Tidak Ditemukan

Langkah ke-	NIS Node Saat Ini	Perbandingan	Tindak Lanjut
1	45 (Root)	$35 < 45$	Lanjut ke subpohon kiri
2	20	$35 > 20$	Lanjut ke subpohon kanan
3	30	$35 > 30$	Lanjut ke subpohon kanan
4	NULL	-	Pencarian dihentikan

Analisis: pencarian dihentikan setelah mencapai node kosong (NULL pointer). Proses ini membutuhkan 4 langkah, yang setara dengan tinggi pohon, dan menunjukkan batas terburuk pencarian Binary Search Tree.

- 3) Perbandingan kinerja pencarian

Berdasarkan kedua skenario di atas, dapat dianalisis perbedaan kinerja sebagai berikut:

- a) Binary Search Tree (BST)

Dengan jumlah data $n = 7$, pencarian dapat diselesaikan dalam 3 - 4 langkah, sesuai dengan kompleksitas rata-rata:

$$O(\log_2 n), \log_2 7 \approx 2,8$$

b) *Pencarian Linear (Sekuensial)*

Pada struktur data linear, pencarian NIS 50 dapat membutuhkan hingga 6 - 7 langkah, baik pada saat data terurut maupun tidak terurut, dengan kompleksitas:

$$O(n)$$

Perhitungan manual ini membuktikan secara logis bahwa *Binary Search Tree* memberikan efisiensi pencarian yang lebih baik dibandingkan metode pencarian linear, bahkan pada jumlah data yang relatif kecil.

B. Implementasi Program (Demonstrasi Fungsi BST)

Implementasi struktur data *Binary Search Tree* dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C++ sesuai dengan metodologi penelitian. Program ini merepresentasikan data santri dengan NIS sebagai kunci utama dan mendukung operasi penyisipan, pencarian, serta penampilan data secara terurut.

1) Struktur Node *Binary Search Tree*

Struktur data santri direpresentasikan dalam sebuah node *Binary Search Tree* yang memuat atribut NIS, nama, kelas, asal daerah, dan angkatan, serta pointer ke anak kiri dan kanan.

```
struct Santri
{
    int nis;
    string nama;
    string kelas;
    string asal;
    int angkatan;
    Santri* left;
    Santri* right;
};
```

Kode 1. Struktur Node Binary Search Tree

Penjelasan:

Struktur Santri digunakan sebagai node pada *Binary Search Tree*, dengan atribut nis sebagai kunci utama pencarian. Pointer left dan right digunakan untuk membentuk hubungan hierarkis antar node sesuai aturan *Binary Search Tree*.

2) Implementasi Fungsi *insertNode()*

Fungsi *insertNode()* digunakan untuk menambahkan data santri ke dalam *Binary Search Tree* berdasarkan nilai NIS.

```
Santri* insertNode(Santri* root, Santri*
newNode) {
    if (root == NULL)
        return newNode;
    if (newNode->nis < root->nis)
        root->left = insertNode(root->left,
newNode);
    else
        root->right = insertNode(root->right,
newNode);
    return root;
}
```

Kode 2. Fungsi Insert Node

Penjelasan:

Proses penyisipan dilakukan secara rekursif dengan membandingkan nilai NIS. Jika nilai lebih kecil, node ditempatkan di subpohon kiri, sedangkan nilai yang lebih besar ditempatkan di subpohon kanan.

3) Implementasi Fungsi *searchNode()*

Fungsi *searchNode()* digunakan untuk mencari data santri berdasarkan NIS.

```
Santri* searchNode(Santri* root, int nis)
{
    if (root == NULL || root->nis == nis)
        return root;
    if (nis < root->nis)
        return searchNode(root->left, nis);
    return searchNode(root->right, nis);
}
```

Kode 3. Fungsi Search Node

Penjelasan :

Fungsi ini mempersempit ruang pencarian pada setiap langkah, sehingga jumlah perbandingan menjadi lebih sedikit dibandingkan pencarian linear.

4) Demonstrasi penyisipan dan *traversalInOrder*

Ketika data NIS:

{45, 20, 60, 10, 30, 50, 70}

Disisipkan ke dalam *Binary Search Tree* menggunakan fungsi *insertNode()*, kemudian ditampilkan menggunakan fungsi *displayInOrder()*, maka diperoleh hasil traversal sebagai berikut:

Kunjungan Node

Urutan Output

InOrder Traversal

10 → 20 → 30 → 45 → 50 → 60 → 70

Analisis:

Traversal InOrder selalu menghasilkan data dalam keadaan terurut dari nilai terkecil hingga terbesar. Hal ini membuktikan bahwa *Binary Search Tree* tidak hanya efektif untuk pencarian, tetapi juga berguna untuk penyajian data santri secara terurut, misalnya untuk pembuatan laporan administrasi [6].

C. Hasil Output Program

```
=====
HASIL IMPLEMENTASI SISTEM SANTRI PPM AL-ISLAM
=====

DAFTAR DATA SANTRI TERURUT (INORDER TRAVERSAL):
[NIS: 10] Nama: Dedi
[NIS: 20] Nama: Budi
[NIS: 30] Nama: Eka
[NIS: 45] Nama: Ahmad
[NIS: 50] Nama: Fani
[NIS: 60] Nama: Citra
[NIS: 70] Nama: Gita
=====

1) Skenario pencarian data ditemukan (NIS = 50)
   Hasil: Ditemukan (Fani) dalam 3 langkah.

2) Skenario pencarian data tidak ditemukan (NIS = 35)
   Hasil: Tidak Ditemukan. Total pengecekan: 4 langkah.
```

Gambar 4. Output Program

Gambar 4 menunjukkan *output* dari implementasi program, di mana data ditampilkan secara terurut melalui fungsi *InOrder Traversal*. Selain itu, ditunjukkan hasil pengujian dua skenario pencarian yang membuktikan kecepatan akses data menggunakan metode *Binary Search Tree*.

D. Demonstrasi pencarian menggunakan program

Ketika fungsi *searchNode()* dijalankan dengan input NIS 50, program akan mengeksekusi proses perbandingan dan navigasi node sesuai aturan *Binary Search Tree*. Jika data ditemukan, sistem menampilkan informasi lengkap santri yang terkait dengan NIS tersebut, seperti nama, kelas, asal daerah, dan angkatan.

E. Hasil Akhir dan Analisis Kinerja

Implementasi *Binary Search Tree* berhasil mengubah pengelolaan data santri dari struktur linear menjadi struktur pohon yang terindeks secara hierarkis.

Tabel 4. Hasil Pencarian Spreadsheet & BST

Operasi	Pencarian Sekuensial (Spreadsheet)	Binary Search Tree (BST)
Pencarian (Rata-rata)	$O(n)$	$O(\log n)$
Pencarian (Terburuk)	$O(n)$	$O(n)$ (pohon miring)
Penyisipan Data Baru	Manual / pengurutan ulang	$O(\log n)$

Analisis:

Hasil implementasi dan perhitungan menunjukkan bahwa *Binary Search Tree* memberikan peningkatan kinerja yang signifikan dalam pencarian data santri [1], [2]. Meskipun pada kondisi terburuk *Binary Search Tree* dapat memiliki kompleksitas $O(n)$, kompleksitas rata-rata $O(\log n)$ sangat menguntungkan.

Sebagai ilustrasi, pada 10.000 data santri, pencarian linear dapat membutuhkan hingga 10.000 langkah, sedangkan pencarian menggunakan *Binary Search Tree* rata-rata hanya memerlukan sekitar 14 langkah. Hal ini membuktikan bahwa penerapan *Binary Search Tree* berhasil menjawab permasalahan pencarian data yang lambat dan tidak efisien di Pondok Pesantren Modern Al-Islam.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan struktur data *Binary Search Tree* mampu meningkatkan efisiensi pencarian data santri pada Sistem Informasi Pondok Pesantren Modern Al-Islam. Proses pencarian data yang sebelumnya dilakukan secara linear menggunakan spreadsheet dapat dioptimalkan melalui pemanfaatan struktur *Binary Search Tree*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pencarian menggunakan *Binary Search Tree* memiliki kompleksitas waktu rata-rata $O(\log n)$, sedangkan pencarian linear memiliki kompleksitas $O(n)$. Dengan menerapkan prinsip pembagian ruang pencarian secara hierarkis dan logika perbandingan (if-then), *Binary Search Tree* mampu mengurangi jumlah langkah pencarian secara signifikan, terutama ketika jumlah data santri semakin besar. Selain itu, *traversal InOrder* pada *Binary Search Tree* menghasilkan data santri yang tersusun secara terurut berdasarkan Nomor Induk Santri (NIS), sehingga memudahkan proses penyajian dan pengelolaan data. Dengan demikian, penerapan konsep logika matematika dan algoritma melalui struktur data *Binary Search Tree* terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja pencarian data santri. Struktur *Binary Search Tree* dapat dijadikan solusi yang tepat untuk mendukung sistem informasi pesantren agar lebih efisien, terstruktur, dan mudah dikembangkan.

Sebagai pengembangan selanjutnya, penelitian ini dapat diperluas dengan menggunakan struktur pohon seimbang, seperti *AVL Tree* atau *Red-Black Tree*, serta mengintegrasikan sistem dengan basis data agar kinerja tetap optimal pada jumlah data yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Malau, E. P., & Sirait, H. P. (2021). "Implementasi teknik binary search tree pada pencarian data penduduk". *Jurnal KAKIFIKOM*.
- [2] R. R. Sedgewick, Algorithms, 4th ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 2011.
- [3] R. Munir, Struktur Data. Bandung, Indonesia: Informatika, 2020.
- [4] Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS), "Data structure – Bab 8: Pencarian," Modul ajar, 2025.
- [5] Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, "Tree (pohon)," Modul ajar. [Online]. Available: <https://repository.unikom.ac.id/46090/1/TREE.pdf>
- [6] S. H. N. Ginting et al., Pengantar Struktur Data, Cet. 1. Deli Serdang, Indonesia: PT Mifandi Mandiri Digital, 2023.
- [7] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, and C. Stein, Introduction to Algorithms, 3rd ed. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2009.
- [8] A. M. Tenenbaum, Y. Langsam, and M. J. Augenstein, Data Structures Using C and C++. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1990.
- [9] M. A. Weiss, Data Structures and Algorithm Analysis in C++, 4th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2014.
- [10] S. Sahni, Data Structures, Algorithms, and Applications in C++, 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2005.

Pengembangan Industri Kreatif Pengrajin Kayu Dengan Visualisasi Net Logo

Wildan Afdalul Fadhi¹, Rele Oktofani Zein²

^{1,2}Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gombong, Kebumen, Indonesia.
Email: wildan192004@gmail.com

Abstract—The creative wood-based industry plays an important role in increasing the added value of natural resources and supporting creativity-based economic growth. However, its development faces challenges related to raw material availability, artisans' skills, technology, market access, and government policies. This study aims to analyze the development dynamics of the creative wood industry using an agent-based modeling and simulation approach with NetLogo. The model represents wood artisans as agents characterized by skill level, wood stock, productivity, and income. Simulation results indicate that sustainable raw material availability, improved skills, technological adoption, and supportive government policies significantly affect artisans' productivity and income. NetLogo modeling is effective in understanding system interactions and supporting sustainable development strategies.

Keywords— creative industry, wood-based business, artisans, NetLogo, agent-based modeling

Abstrak — Industri kreatif usaha kayu berperan penting dalam peningkatan nilai tambah sumber daya alam dan pertumbuhan ekonomi berbasis kreativitas. Namun, pengembangannya menghadapi kendala seperti keterbatasan bahan baku, keterampilan perajin, teknologi, akses pasar, dan kebijakan pemerintah. Penelitian ini bertujuan menganalisis dinamika pengembangan industri kreatif usaha kayu melalui pemodelan dan simulasi berbasis agen menggunakan NetLogo. Model merepresentasikan perajin kayu sebagai agen dengan atribut keterampilan, stok kayu, produktivitas, dan pendapatan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketersediaan bahan baku berkelanjutan, peningkatan keterampilan, pemanfaatan teknologi, dan dukungan kebijakan pemerintah berpengaruh signifikan terhadap produktivitas dan pendapatan perajin. Pemodelan NetLogo efektif digunakan untuk memahami interaksi sistem dan mendukung perumusan strategi pengembangan industri kreatif usaha kayu yang berkelanjutan..

Kata Kunci— industri kreatif, usaha kayu, perajin, NetLogo, pemodelan berbasis agen

I. PENDAHULUAN

Industri kreatif berbasis kayu merupakan salah satu sektor yang memiliki kontribusi penting dalam pengembangan ekonomi kreatif serta peningkatan nilai tambah sumber daya alam di Indonesia [1]. Produk berbahan kayu, seperti furnitur, kerajinan, dan produk dekoratif, tidak hanya memiliki nilai ekonomi, tetapi juga mencerminkan identitas budaya dan kearifan lokal yang berpotensi meningkatkan daya saing produk nasional di pasar global [2].

Seiring dengan meningkatnya persaingan pasar dan perubahan preferensi konsumen, industri kreatif berbasis kayu dituntut untuk menerapkan pengelolaan produksi dan inovasi produk yang lebih efektif. Namun, pada praktiknya, sebagian besar pelaku industri masih menghadapi berbagai permasalahan, antara lain keterbatasan teknologi produksi, rendahnya inovasi desain, serta lemahnya manajemen usaha dan pemasaran [3][4]. Kondisi tersebut menyebabkan

produktivitas dan kualitas produk yang dihasilkan belum optimal.

Selain permasalahan internal, industri kreatif berbasis kayu juga menghadapi tantangan eksternal berupa fluktuasi harga bahan baku, keterbatasan pasokan kayu legal, serta meningkatnya tuntutan terhadap praktik produksi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan [5]. Tekanan terhadap aspek keberlanjutan ini menuntut pelaku industri untuk mampu mengelola sumber daya secara efisien tanpa mengurangi kualitas dan nilai estetika produk [6].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan inovasi model bisnis, peningkatan efisiensi produksi, serta pemanfaatan limbah kayu dapat menjadi solusi dalam meningkatkan daya saing dan keberlanjutan industri kreatif berbasis kayu [7]. Namun demikian, kajian yang membahas pengembangan industri kreatif berbasis kayu secara terintegrasi, khususnya pada konteks industri kecil dan menengah, masih relatif terbatas [8]. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk memberikan kontribusi ilmiah dan rekomendasi praktis dalam

pengembangan industri kreatif berbasis kayu yang berkelanjutan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Industri kreatif berbasis kayu merupakan sektor strategis dalam pengembangan ekonomi kreatif karena mampu meningkatkan nilai tambah sumber daya alam serta memperkuat identitas budaya lokal [1], [2]. Produk seperti furnitur dan kerajinan kayu memiliki potensi besar untuk bersaing di pasar global apabila didukung oleh kualitas desain dan keberlanjutan bahan baku.

Ketersediaan bahan baku kayu menjadi faktor fundamental yang memengaruhi keberlangsungan produksi industri furnitur dan kerajinan. Perubahan kebijakan pasokan kayu dapat berdampak langsung terhadap stabilitas produksi serta biaya operasional industri [1]. Selain itu, penerapan sistem legalitas kayu juga memengaruhi struktur jaringan produksi furnitur di Indonesia [5].

Dari sisi internal, keterampilan pengrajin dan inovasi desain berperan penting dalam meningkatkan daya saing produk. Strategi peningkatan daya saing industri mebel kayu menekankan pentingnya diferensiasi produk dan pengembangan desain yang berkelanjutan [4]. Inovasi model bisnis pada depot kayu terintegrasi juga terbukti meningkatkan efisiensi dan koordinasi antaraktor industri furnitur [3].

Keberlanjutan industri kreatif kayu dapat didukung melalui penerapan manajemen rantai pasok berkelanjutan, terutama pada industri skala kecil [6]. Selain itu, pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan baku alternatif mampu meningkatkan nilai tambah sekaligus mengurangi tekanan terhadap sumber daya kayu primer [7].

Pengembangan industri kreatif berbasis kayu pada usaha kecil dan menengah memerlukan pendekatan terintegrasi yang melibatkan aspek produksi, pemasaran, serta dukungan kebijakan pemerintah [8]. Oleh karena itu, pendekatan pemodelan berbasis agen dapat digunakan untuk memahami interaksi kompleks antaraktor dan faktor dalam sistem industri kreatif kayu.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan pemodelan dan simulasi berbasis agen (agent-based modeling) dengan perangkat lunak NetLogo. Agen dalam model ini merepresentasikan pengrajin kayu yang memiliki atribut utama berupa keterampilan, stok kayu, produktivitas, dan pendapatan. Perilaku agen meliputi aktivitas memproduksi kerajinan kayu dan menjual produk ke pasar.

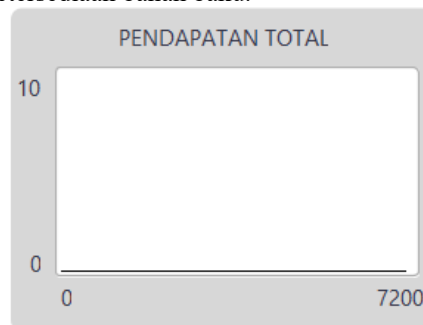
Model dikembangkan dengan memasukkan faktor-faktor umum yang mempengaruhi industri kreatif usaha kayu, yaitu ketersediaan bahan baku, keterampilan perajin, teknologi peralatan, akses pasar dan ekspor-impor, harga dan kualitas produk, kebijakan pemerintah, serta minat pembeli. Setiap faktor saling berinteraksi dan divisualisasikan dalam lingkungan NetLogo untuk melihat perubahan kondisi sistem dari waktu ke waktu.

Tahapan penelitian meliputi identifikasi variabel berdasarkan studi literatur, perancangan model konseptual, implementasi model dalam NetLogo, serta analisis hasil simulasi. Literatur yang digunakan antara lain kajian

tentang bahan baku kayu, keterampilan perajin, teknologi industri, akses pasar, dan kebijakan ekonomi kreatif.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

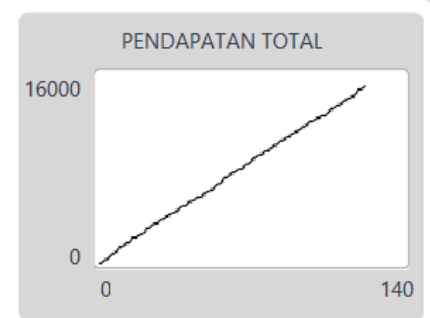
- 1) Skenario hubungan Keterampilan pengrajin dengan Ketersediaan bahan baku.



Tabel 1. Hubungan Keterampilan pengrajin dengan ketersediaan bahan baku

Period	Pendapatan Total
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0

- 2) Skenario hubungan Ketersediaan bahan baku dengan minat pembeli



Tabel 2. Hubungan ketersediaan bahan baku dengan minat pembeli

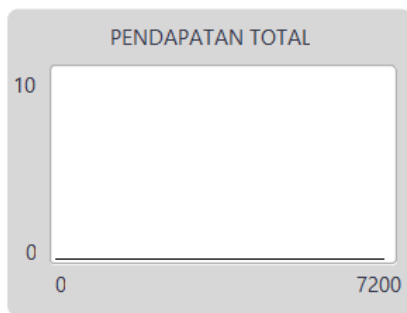
Periode	Pendapatan total
1	153,93
2	282,15
3	450,54
4	602,52
5	771,08
6	867,41
7	1.071,91
8	1.255,67
9	1.451,90
10	1.566,12

Tabel pendapatan total pada periode 1 hingga 10 menunjukkan peningkatan bertahap dari 153,93 pada periode awal menjadi 1.566,12 pada periode ke-10. Hasil ini merepresentasikan skenario hubungan antara ketersediaan bahan baku dengan minat pembeli dalam industri kreatif kayu. Peningkatan pendapatan yang konsisten mengindikasikan bahwa ketersediaan bahan baku memungkinkan keberlangsungan produksi, sehingga produk dapat tersedia di pasar dan memicu peningkatan minat beli konsumen.

Ketersediaan bahan baku berperan sebagai faktor fundamental yang menjamin kontinuitas produksi, sementara minat pembeli menjadi faktor penarik permintaan (demand driver) yang secara langsung memengaruhi volume penjualan. Namun, dibandingkan dengan skenario yang melibatkan lebih banyak variabel pendukung, peningkatan pendapatan pada skenario ini relatif lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun minat pembeli meningkat, keterbatasan dukungan dari faktor lain seperti teknologi, keterampilan pengrajin, dan akses pasar membatasi optimalisasi penciptaan nilai ekonomi.

Dengan demikian, skenario ini menegaskan bahwa hubungan antara ketersediaan bahan baku dan minat pembeli merupakan kondisi dasar bagi terbentuknya pendapatan, tetapi belum cukup untuk mendorong pertumbuhan pendapatan secara maksimal. Diperlukan integrasi dengan faktor produksi dan pasar lainnya agar potensi permintaan dapat dikonversi secara lebih efektif menjadi peningkatan pendapatan industri kreatif kayu.

- 3) Skenario hubungan ketersediaan bahan baku dengan akses pasar



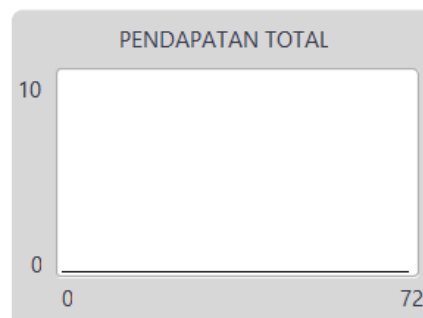
Tabel 3. Hubungan ketersediaan bahan baku dengan akses pasar

Periode	Pendapatan Total
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0

Hasil ini menegaskan bahwa ketersediaan bahan baku dan akses pasar bukan faktor penentu pendapatan dalam

industri kreatif kayu. Temuan ini memperkuat pentingnya integrasi antara pengembangan sumber daya manusia dan pengelolaan rantai pasok bahan baku dalam upaya meningkatkan keberlanjutan dan produktivitas industri kreatif kayu.

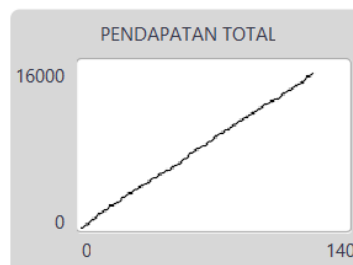
- 4) Skenario hubungan ketersediaan bahan baku dengan kebijakan pemerintah



Periode	Pendapatan Total
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0

Hasil ini menegaskan bahwa ketersediaan bahan baku dan kebijakan pemerintah bukan faktor penentu pendapatan dalam industri kreatif kayu. Temuan ini memperkuat pentingnya integrasi antara pengembangan sumber daya manusia dan pengelolaan rantai pasok bahan baku dalam upaya meningkatkan keberlanjutan dan produktivitas industri kreatif kayu.

- 5) Skenario integratif yang melibatkan ketersediaan bahan baku, teknologi produksi dan pemasaran, akses pasar, minat pembeli, harga dan kualitas produk, serta dukungan kebijakan pemerintah



Periode	Pendapatan Total
1	301,69
2	552,93
3	893,84
4	1.188,44

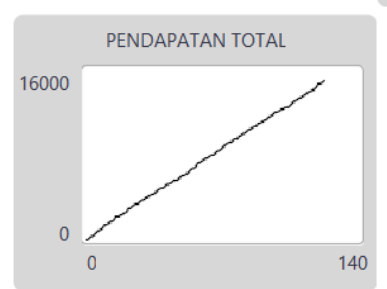
5	1.436,07
6	1.652,63
7	1.884,53
8	2.159,47
9	2.503,89
10	2.783,21

Tabel pendapatan total pada periode 1 hingga 10 menunjukkan tren peningkatan yang konsisten, mulai dari 301,69 pada periode awal hingga mencapai 2.783,21 pada periode ke-10. Hasil ini merepresentasikan skenario integratif yang melibatkan ketersediaan bahan baku, teknologi produksi dan pemasaran, akses pasar, minat pembeli, harga dan kualitas produk, serta dukungan kebijakan pemerintah dalam industri kreatif kayu. Peningkatan pendapatan yang berkelanjutan mengindikasikan bahwa interaksi antarfaktor tersebut mampu mendorong proses produksi dan pemasaran secara efektif.

Ketersediaan bahan baku berperan sebagai fondasi utama yang memungkinkan pemanfaatan teknologi dan kelancaran proses produksi, sementara teknologi dan akses pasar memperluas jangkauan distribusi produk. Pada saat yang sama, peningkatan kualitas produk yang diimbangi dengan penetapan harga yang kompetitif mampu meningkatkan minat beli konsumen, sehingga volume penjualan terus bertambah pada setiap periode. Dukungan kebijakan pemerintah, baik melalui regulasi, fasilitasi, maupun insentif, turut memperkuat ekosistem industri kreatif kayu dan menciptakan iklim usaha yang kondusif.

Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan pendapatan tidak dapat dicapai melalui penguatan satu faktor secara parsial, melainkan memerlukan sinergi antara aspek produksi, pasar, dan kebijakan. Skenario ini menegaskan pentingnya pendekatan sistemik dalam pengembangan industri kreatif kayu guna mencapai pertumbuhan pendapatan yang berkelanjutan.

- 6) Skenario integratif yang melibatkan ketersediaan bahan baku, teknologi produksi dan pemasaran, akses pasar, minat pembeli, harga dan kualitas produk



Periode	Pendapatan total
1	245,85
2	508,94
3	764,78
4	1.096,74
5	1.427,19
6	1.736,59

7	2.137,70
8	2.451,77
9	2.663,70
10	2.933,12

Tabel pendapatan total pada periode 1 hingga 10 menunjukkan tren peningkatan yang konsisten, mulai dari 301,69 pada periode awal hingga mencapai 2.783,21 pada periode ke-10. Hasil ini merepresentasikan skenario integratif yang melibatkan ketersediaan bahan baku, teknologi produksi dan pemasaran, akses pasar, minat pembeli, harga dan kualitas produk, serta dukungan kebijakan pemerintah dalam industri kreatif kayu. Peningkatan pendapatan yang berkelanjutan mengindikasikan bahwa interaksi antarfaktor tersebut mampu mendorong proses produksi dan pemasaran secara efektif.

Ketersediaan bahan baku berperan sebagai fondasi utama yang memungkinkan pemanfaatan teknologi dan kelancaran proses produksi, sementara teknologi dan akses pasar memperluas jangkauan distribusi produk. Pada saat yang sama, peningkatan kualitas produk yang diimbangi dengan penetapan harga yang kompetitif mampu meningkatkan minat beli konsumen, sehingga volume penjualan terus bertambah pada setiap periode. Dukungan kebijakan pemerintah, baik melalui regulasi, fasilitasi, maupun insentif, turut memperkuat ekosistem industri kreatif kayu dan menciptakan iklim usaha yang kondusif.

Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan pendapatan tidak dapat dicapai melalui penguatan satu faktor secara parsial, melainkan memerlukan sinergi antara aspek produksi, pasar, dan kebijakan. Skenario ini menegaskan pentingnya pendekatan sistemik dalam pengembangan industri kreatif kayu guna mencapai pertumbuhan pendapatan yang berkelanjutan.

Ketersediaan bahan baku berperan sebagai fondasi utama yang memungkinkan pemanfaatan teknologi dan kelancaran proses produksi, sementara teknologi dan akses pasar memperluas jangkauan distribusi produk. Pada saat yang sama, peningkatan kualitas produk yang diimbangi dengan penetapan harga yang kompetitif mampu meningkatkan minat beli konsumen, sehingga volume penjualan terus bertambah pada setiap periode. Dukungan kebijakan pemerintah, baik melalui regulasi, fasilitasi, maupun insentif, turut memperkuat ekosistem industri kreatif kayu dan menciptakan iklim usaha yang kondusif.

Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan pendapatan tidak dapat dicapai melalui penguatan satu faktor secara parsial, melainkan memerlukan sinergi antara aspek produksi, pasar, dan kebijakan. Skenario ini menegaskan pentingnya pendekatan sistemik dalam pengembangan industri kreatif kayu guna mencapai pertumbuhan pendapatan yang berkelanjutan.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa hubungan antara keterampilan pengrajin dan ketersediaan bahan baku secara parsial belum mampu menghasilkan pendapatan pada seluruh periode pengamatan. Pendapatan total yang bernilai nol dari periode 1 hingga 10 mengindikasikan bahwa keberadaan bahan baku dan keterampilan saja belum cukup untuk menciptakan nilai ekonomi apabila tidak didukung

oleh faktor lain, seperti permintaan pasar dan sistem distribusi. Temuan ini menegaskan bahwa keterampilan pengrajin bersifat potensial, namun memerlukan ekosistem pendukung agar dapat dikonversi menjadi pendapatan nyata.

Berbeda dengan skenario tersebut, hubungan antara ketersediaan bahan baku dan minat pembeli menunjukkan tren peningkatan pendapatan yang konsisten dari periode ke periode. Peningkatan pendapatan dari 153,93 pada periode awal hingga 1.566,12 pada periode ke-10 merepresentasikan bahwa ketersediaan bahan baku memungkinkan kontinuitas produksi, sehingga produk dapat hadir di pasar dan memicu minat beli konsumen. Minat pembeli berperan sebagai penggerak permintaan yang secara langsung berdampak pada peningkatan volume penjualan. Namun demikian, laju pertumbuhan pendapatan pada skenario ini relatif terbatas, menandakan bahwa peningkatan permintaan belum sepenuhnya teroptimalkan akibat keterbatasan faktor pendukung lainnya.

Pada skenario hubungan ketersediaan bahan baku dengan akses pasar serta ketersediaan bahan baku dengan kebijakan pemerintah, hasil simulasi kembali menunjukkan pendapatan nol pada seluruh periode. Kondisi ini mengindikasikan bahwa akses pasar dan kebijakan pemerintah tidak secara otomatis berdampak pada peningkatan pendapatan apabila tidak diiringi oleh kesiapan produksi, kualitas produk, serta daya tarik pasar. Kebijakan dan akses pasar berfungsi sebagai faktor fasilitator, bukan faktor utama pencipta pendapatan, sehingga efektivitasnya sangat bergantung pada kesiapan aktor industri di tingkat produksi dan pemasaran.

Hasil yang paling signifikan ditunjukkan oleh skenario integratif yang melibatkan ketersediaan bahan baku, teknologi produksi dan pemasaran, akses pasar, minat pembeli, harga dan kualitas produk, serta dukungan kebijakan pemerintah. Pada skenario ini, pendapatan meningkat secara berkelanjutan dari 301,69 pada periode awal hingga mencapai 2.783,21 pada periode ke-10. Temuan ini mengindikasikan adanya efek sinergis antarfaktor, di mana bahan baku menjadi fondasi produksi, teknologi meningkatkan efisiensi dan kualitas, akses pasar memperluas distribusi, serta minat pembeli dan kebijakan pemerintah memperkuat permintaan dan iklim usaha.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa peningkatan pendapatan dalam industri kreatif kayu tidak dapat dicapai melalui penguatan satu atau dua faktor secara parsial. Pendekatan sistemik dan terintegrasi menjadi kunci utama dalam mendorong pertumbuhan pendapatan yang berkelanjutan. Dengan demikian, strategi pengembangan industri kreatif kayu perlu difokuskan pada penguatan sinergi antara sumber daya manusia, ketersediaan bahan baku, teknologi, pasar, dan kebijakan agar potensi ekonomi dapat dimanfaatkan secara optimal.

V. KESIMPULAN

Pengembangan industri kreatif usaha kayu dipengaruhi oleh interaksi berbagai faktor, baik internal maupun eksternal. Pemodelan dan visualisasi menggunakan NetLogo mampu menggambarkan dinamika hubungan

antara perajin kayu, ketersediaan bahan baku, keterampilan, teknologi, akses pasar, dan kebijakan pemerintah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan bahan baku yang berkelanjutan, peningkatan keterampilan perajin, pemanfaatan teknologi modern, serta dukungan kebijakan pemerintah merupakan faktor kunci dalam meningkatkan produktivitas dan pendapatan industri kreatif usaha kayu. Oleh karena itu, sinergi antara perajin, pemerintah, dan pasar perlu terus diperkuat guna mewujudkan industri kreatif usaha kayu yang berkelanjutan dan berdaya sains.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurrochmat, D. R., Yovi, E. Y., Hadiyati, O., Sidiq, M., & Erbaugh, J. T. (2015). Changing policies over timber supply and its potential impacts to the furniture industries of Jepara, Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 21(1), 36–44.
- [2] UNCTAD. (2018). *Creative Economy Outlook: Trends in International Trade in Creative Industries*. United Nations Conference on Trade and Development.
- [3] Rahmana, A., Asnawi, Y. H., Afdhal, & Fajri, A. (2021). Business model innovation of Indonesian integrated wood depot for furniture industry. *Jurnal Manajemen dan Agribisnis*, 18(3), 245–256.
- [4] Sofiana, Y. (2017). Analisis strategi peningkatan daya saing industri mebel kayu di sentra industri Jawa. *Humaniora*, 8(2), 123–132.
- [5] Maryudi, A., & Myers, R. (2018). Renting legality: How FLEGT is reinforcing power relations in Indonesian furniture production networks. *Geoforum*, 97, 46–53.
- [6] Susanty, A., Bakhtiar, A., & Puspitasari, N. B. (2019). Sustainable supply chain management in small-scale furniture industry. *International Journal of Supply Chain Management*, 8(5), 921–929.
- [7] Afifah, A. S., Nugroho, A. R., Nurmadina, N., & Fitriyanto, T. R. (2020). Pemanfaatan limbah kayu sebagai upaya peningkatan nilai tambah pada industri furnitur. *Journal of Sustainable Manufacturing*, 5(1), 12–20.
- [8] Widyaningsih, R., & Kurniawan, B. (2022). Pengembangan industri kreatif berbasis kayu berkelanjutan pada usaha kecil dan menengah. *Jurnal Industri Kreatif dan Kewirausahaan*, 7(1), 45–56.

DIGITAL NEXUS SYSTEMATIC *JOURNAL*



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM)
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GOMBONG

```
01 <HTML>  
02 <BODY>  
03 <HEADER>  
04 </HEADER>
```

