



Penggunaan Statistika Bayes dalam Menganalisis Pola Suara Pemilu untuk Mendeteksi Potensi Kecurangan

Using Bayesian Statistics to Analyze Vote Patterns Election Fraud Detection

Tatik Purwaningsih^{1*}, Yelini Fan Hardi²

¹ Ilmu Komunikasi, Institut Nalanda, Indonesia

² Komputer, Rudolf Sinaga, Indonesia

*Korespondensi penulis : tatikpurwadinata@nalanda.ac.id

Article History:

Artikel Masuk: 15 June 2025

Revisi: 30 June 2025

Diterima: 28 June 2025

Terbit: 30 June 2025

Keywords: Bayesian Method;
Election Fraud; Forensic Analysis;
Polling Stations; Vote Distribution..

Abstract. Election integrity is a key element in ensuring democratic legitimacy, yet election fraud remains a significant threat to this process. This research aims to evaluate the use of Bayesian statistics in detecting anomalies in vote distributions that may indicate potential election fraud. In the context of elections, whose reliability is often questioned, statistical analysis becomes crucial to ensure transparency and credibility in election results. This study uses national election data collected from various polling stations (TPS), focusing on vote distribution per candidate in each TPS. A Bayesian probabilistic model is applied to analyze the observed vote distribution compared to the expected distribution. By using Bayesian inference, researchers can update the probability distribution based on the obtained data, allowing for more accurate anomaly identification. The analysis results show significant deviations in several TPS, where the observed vote distribution exhibits patterns inconsistent with the expected distribution. These anomalies are suspicious as they may indicate manipulation or errors in the vote counting process. The implications of this research suggest that the Bayesian method can be used to improve election transparency and provide a more reliable tool for detecting fraud. The future application of this technique can help increase public trust in election results and support the integrity of the democratic process. This study also recommends further development of the analytical model to expand the scope of anomaly detection and enhance fraud detection accuracy in larger and more complex elections.

Abstrak.

Integritas pemilu adalah elemen kunci dalam memastikan legitimasi demokrasi, namun kecurangan pemilu tetap menjadi ancaman besar terhadap proses tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan statistika Bayes dalam mendeteksi anomali pada distribusi suara yang dapat mengindikasikan potensi kecurangan pemilu. Dalam konteks pemilu yang sering kali dipertanyakan keandalannya, analisis statistik menjadi penting untuk memastikan transparansi dan kredibilitas hasil pemilu. Penelitian ini menggunakan data pemilu nasional yang diperoleh dari berbagai Tempat Pemungutan Suara (TPS), dengan fokus pada distribusi suara per calon di masing-masing TPS. Model probabilistik Bayesian diterapkan untuk menganalisis distribusi suara yang diamati dibandingkan dengan distribusi yang diharapkan. Dengan menggunakan pendekatan inferensi Bayesian, peneliti dapat memperbarui distribusi probabilitas berdasarkan data yang diperoleh, sehingga memungkinkan identifikasi anomali yang lebih akurat. Hasil analisis menunjukkan adanya penyimpangan signifikan di beberapa TPS, dengan distribusi suara yang diamati menunjukkan pola yang tidak sesuai dengan distribusi yang diharapkan. Anomali ini mencurigakan karena dapat menunjukkan adanya manipulasi atau kesalahan dalam penghitungan suara. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode Bayesian dapat digunakan untuk meningkatkan transparansi pemilu dan memberikan alat yang lebih andal dalam mendeteksi kecurangan. Penerapan teknik ini di masa depan dapat membantu meningkatkan kepercayaan publik terhadap hasil pemilu dan mendukung integritas proses demokrasi. Penelitian ini juga merekomendasikan pengembangan lebih lanjut dari model analisis untuk memperluas cakupan deteksi anomali dan meningkatkan akurasi deteksi kecurangan pada pemilu-pemilu yang lebih besar dan kompleks.

Kata kunci: Analis Forensik; Distribusi Suara; Kecurangan Pemilu; Metode Bayesian; TPS.

1. LATAR BELAKANG

Kepercayaan publik terhadap hasil pemilu merupakan elemen penting dalam memastikan legitimasi demokrasi dan stabilitas politik. Ketika terjadi tuduhan kecurangan atau manipulasi, kepercayaan ini sering kali dipertanyakan. Sebagai contoh, meskipun berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan kepercayaan melalui komunikasi yang transparan dari pejabat pemilu, tingkat kepercayaan publik di Amerika Serikat tetap rendah (Brown, Hale, Jordan, & Williamson, 2024). Salah satu faktor utama yang memperburuk krisis kepercayaan terhadap pemilu adalah polarisasi politik yang semakin tajam serta penyebaran informasi yang salah yang dapat mempengaruhi persepsi publik terhadap integritas pemilu (Kerr & Lührmann, 2017). Dalam konteks ini, penting untuk memperkuat mekanisme yang dapat mendeteksi dan mencegah potensi kecurangan dalam pemilu.

Menjaga integritas pemilu adalah salah satu tantangan utama dalam proses demokrasi. Kecurangan dalam pemilu dapat mengambil berbagai bentuk, mulai dari manipulasi data pemilih hingga penghitungan suara yang tidak akurat (Aditama et al., 2024). Misalnya, salah satu bentuk kecurangan yang kerap terjadi adalah penggunaan teknologi yang tidak aman, yang dapat dimanfaatkan untuk memanipulasi hasil pemilu (Chowdhury, Tanim, Shrestha, Hossain, & Bhuyan, 2025). Selain itu, kompleksitas dalam identifikasi pemilih juga berperan dalam memperburuk tantangan ini. Teknologi identifikasi visual seperti *Convolutional Neural Networks* (CNNs) telah diuji dengan akurasi mencapai sekitar 90% untuk mengurangi risiko kecurangan (Aditama et al., 2024). Sementara itu, otonomi badan pengelola pemilu (EMBs) dan kebebasan media memainkan peran penting dalam memperkuat kepercayaan publik. Penelitian menunjukkan bahwa kepercayaan lebih tinggi ketika EMBs memiliki otonomi yang jelas dan media bebas dari kontrol pemerintah (Kerr et al., 2024).

Dalam usaha untuk mendeteksi kecurangan pemilu, pendekatan statistik telah terbukti sangat berguna. Metode-metode statistik seperti forensik pemilu memungkinkan analisis mendalam terhadap data pemilu untuk mendeteksi anomali yang berpotensi menunjukkan kecurangan. Sebagai contoh, model *Bayesian additive regression trees* (BART) telah digunakan untuk mengeksplorasi hubungan antara indikator forensik dan risiko kecurangan dalam pemilu (Montgomery, Olivella, Potter, & Crisp, 2015). Selain itu, teknik pembelajaran mesin seperti *Decision Tree* dan *Random Forest* telah digunakan untuk mendeteksi anomali dalam data pemilu, yang dapat menunjukkan adanya manipulasi atau kecurangan (Green, 2021). Gabungan pendekatan *multilayered*, yang mengintegrasikan elemen-elemen biologis,

kriptografi, dan fisik, semakin diperkenalkan untuk meningkatkan keandalan dan transparansi dalam proses pemilu (Chowdhury et al., 2025).

Pendekatan statistika Bayes telah terbukti efektif dalam menganalisis data pemilu, terutama dalam mendeteksi anomali dalam hasil suara yang dapat menunjukkan potensi kecurangan. Metode ini mempertimbangkan berbagai faktor kontekstual dan indikator forensik yang membantu dalam mengevaluasi kejanggalan distribusi suara. Salah satu contoh penerapannya adalah penggunaan model *Bayesian Additive Regression Trees* (BART) yang telah digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara indikator forensik dan faktor risiko kecurangan dalam pemilu, serta memprediksi kemungkinan terjadinya kecurangan (Cao, Kim, & Alvarez, 2022). Dengan menggunakan pendekatan ini, penilaian terhadap distribusi suara menjadi lebih akurat, karena integrasi berbagai alat forensik dan data spesifik terkait negara yang dapat memengaruhi hasil pemilu.

Selain pendekatan Bayesian, kecurangan pemilu juga dapat dideteksi melalui analisis pola suara yang tidak wajar. Salah satu metode yang digunakan adalah *resampled kernel density* (RKD), yang mengukur distribusi suara kasar untuk mendeteksi kejanggalan yang memenuhi kriteria statistik yang mencurigakan adanya kecurangan (Figueiredo Filho, Silva, & Carvalho, 2022). Metode ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang apakah distribusi suara terjadi secara acak atau jika ada pola yang tidak biasa. Selain itu, analisis distribusi digit suara menggunakan hukum Benford juga sangat efektif dalam mendeteksi anomali dalam data pemilu. Hukum Benford berfokus pada frekuensi kemunculan digit pertama dalam hasil suara yang seharusnya mengikuti pola tertentu. Penyimpangan dari pola ini dapat menjadi indikator adanya manipulasi data, seperti yang telah dibuktikan dalam berbagai studi pemilu di seluruh dunia (Agyemang, Nortey, Minkah, & Asah-Asante, 2023).

Dalam penelitian ini, beberapa metode statistik digunakan untuk mendeteksi anomali dalam data pemilu. Model Bayesian multivariate multilevel digunakan untuk mengidentifikasi perubahan pola suara dari waktu ke waktu dan mendeteksi anomali dalam data pemilu (Rozenas, 2017). Selain itu, analisis distribusi digit dengan hukum Benford diterapkan untuk memeriksa frekuensi digit dalam hasil suara, yang dapat mengungkapkan anomali yang mengindikasikan kecurangan (Montgomery, Olivella, Potter, & Crisp, 2015). Metode RKD juga digunakan untuk mengukur frekuensi distribusi suara kasar dan mendeteksi pola yang mencurigakan, yang dapat menunjukkan adanya manipulasi suara (Figueiredo Filho et al., 2022).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan teknik forensik statistik ini telah memberikan hasil yang lebih andal dalam mendeteksi kecurangan pemilu. Misalnya, metode

analisis distribusi digit dan RKD telah berhasil digunakan untuk mendeteksi anomali dalam data pemilu di berbagai negara, seperti yang dibuktikan dalam penelitian oleh Agyemang et al. (2023). Selain itu, model Bayesian telah terbukti efektif dalam mengidentifikasi pola anomali yang kompleks dan memberikan alat diagnostik yang dapat diimplementasikan dalam penelitian lintas negara, sehingga membantu mendeteksi kegagalan yang mungkin tidak terdeteksi oleh metode konvensional (Cao et al., 2022; Rozenas, 2017). Dengan penerapan metode ini, diharapkan integritas pemilu dapat terjaga dengan lebih baik, dan potensi kecurangan dapat dideteksi lebih awal.

2. KAJIAN TEORITIS

Statistika Bayes merupakan cabang statistik yang memanfaatkan Teorema Bayes untuk memperbarui distribusi probabilitas berdasarkan data baru yang diamati. Pendekatan ini memberikan kerangka kerja yang kuat untuk menggabungkan pengetahuan sebelumnya (distribusi prior) dengan data yang tersedia, menghasilkan distribusi posterior yang lebih terinformasi. Sebelum data diamati, distribusi prior digunakan untuk menyatakan ketidakpastian tentang fenomena yang sedang dianalisis, yang kemudian diperbarui setelah data baru diperoleh (Montgomery, Olivella, Potter, & Crisp, 2015; Liu & Sweet, 2022). Teorema Bayes mengubah cara pandang terhadap probabilitas, menjadikannya alat yang sangat berguna dalam menganalisis data yang melibatkan ketidakpastian, seperti dalam banyak bidang ilmiah dan praktis.

Statistika Bayes telah diterapkan dalam berbagai disiplin ilmu, termasuk medis, arkeologi, dan fisika atom, dengan tujuan untuk memodelkan ketidakpastian dan membuat prediksi yang lebih akurat. Dalam bidang medis, misalnya, statistika Bayes digunakan untuk analisis risiko genetik dan pengujian diagnostik, di mana data yang terbatas perlu digabungkan dengan pengetahuan sebelumnya untuk menghasilkan keputusan yang lebih tepat (Wilson & Ogino, 2016). Dalam arkeologi, metode ini diterapkan untuk estimasi kronologi dengan menggabungkan informasi stratigrafi dan tanggal ilmiah, memungkinkan peneliti untuk membuat prediksi yang lebih solid meskipun data yang tersedia tidak lengkap (Liang & Dai, 2022). Dalam fisika atom, metode Bayes digunakan untuk menentukan model yang paling mungkin berdasarkan data eksperimen, mengurangi ketidakpastian dalam hasil eksperimen yang kompleks (Trassinelli, 2020). Begitu pula di kardiologi, analisis data eksperimen dan observasional yang kompleks dapat dilakukan dengan menggunakan teknik Bayesian untuk meningkatkan akurasi diagnosis dan pengobatan (Armero, Rodríguez, & de la Torre Hernández, 2022).

Salah satu keunggulan utama dari inferensi Bayesian adalah kemampuannya untuk menangani ketidakpastian dalam data. Dengan menggunakan distribusi prior dan posterior, inferensi Bayesian memungkinkan penggabungan informasi historis dengan data yang diperoleh saat ini untuk memperbarui pengetahuan tentang parameter yang tidak diketahui (Yao, 2022). Selain itu, teknik ini juga digunakan untuk mengukur sensitivitas antara data uji dan data pelatihan, yang penting untuk mengurangi ketidakpastian dalam analisis statistik (Stern, 2015). Dengan demikian, statistika Bayes menyediakan kerangka yang komprehensif untuk mengukur dan menangani ketidakpastian, yang sangat berguna dalam berbagai aplikasi yang melibatkan data yang tidak pasti atau ambigu.

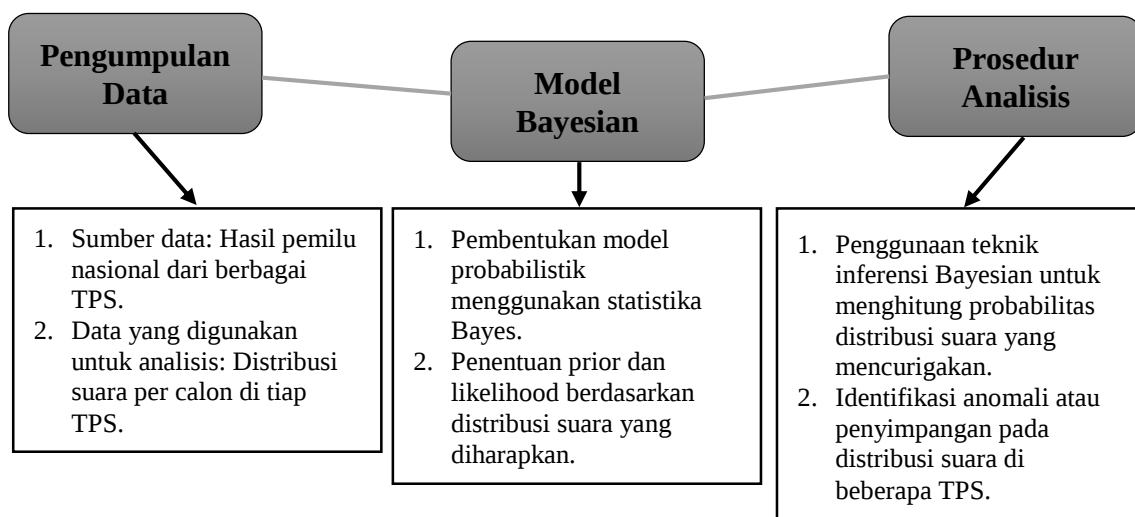
Statistika Bayes juga telah diterapkan dalam menganalisis data pemilu untuk mendeteksi kecurangan dan meningkatkan integritas proses pemilu. Salah satu contoh penerapannya adalah pada pemilu Florida 2000, di mana analisis Bayesian digunakan untuk menggabungkan informasi historis dengan data saat ini dalam upaya untuk menganalisis hasil pemilu dan mendeteksi potensi kesalahan penghitungan suara (Huang, Rivest, Stark, Teague, & Vukcevic, 2020). Dalam pemilu Hungaria 2002, analisis Bayesian terbukti lebih akurat dibandingkan dengan metode frequentist dalam memprediksi hasil pemilu, menunjukkan keunggulan metode ini dalam mengidentifikasi pola suara yang tidak wajar (Pulgrossi, Oliveira, Polpo, & Izibicki, 2018). Selain itu, model Bayesian juga diterapkan untuk mengidentifikasi struktur spasial yang stabil dari hasil pemilu di Barcelona menggunakan analisis kluster (Montgomery et al., 2015).

Di sisi lain, model hierarkis Bayesian digunakan dalam pemilu AS 2016 dan Brexit 2016 untuk memprediksi hasil pemilu dengan mempertimbangkan pemilih yang belum memutuskan, memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang dinamika pemilih dan hasil yang lebih akurat (Liu, Ye, Sun, Jiang, & Wang, 2021). Kelebihan metode Bayesian dalam mendeteksi anomali dan menggabungkan data dari berbagai sumber membuatnya sangat berguna dalam meningkatkan keandalan hasil pemilu dan meminimalkan kesalahan deteksi (Bernardo, 2020). Meskipun demikian, metode ini memiliki beberapa kekurangan, seperti kompleksitas komputasi yang tinggi dan ketergantungan pada pemilihan distribusi prior yang tepat, yang memerlukan pemahaman yang mendalam tentang teori dan alat komputasi yang canggih (Ginn, Campbell-Cooper, & Lockett, 2025).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data pemilu nasional dari berbagai Tempat Pemungutan Suara (TPS), dengan fokus pada distribusi suara per calon di setiap TPS untuk menganalisis kegagalan atau anomali yang dapat mengindikasikan kecurangan. Metode yang digunakan

adalah model probabilistik berbasis statistika Bayes, yang memperbarui distribusi probabilitas berdasarkan data yang diperoleh. Sebelum data diamati, distribusi prior ditentukan berdasarkan informasi yang sudah ada, dan setelah data terkumpul, distribusi prior diperbarui menjadi distribusi posterior. Dalam analisis, teknik inferensi Bayesian digunakan untuk menghitung probabilitas distribusi suara yang mencurigakan, memungkinkan deteksi anomali atau penyimpangan yang tidak sesuai dengan pola yang diharapkan, serta mengidentifikasi potensi kecurangan yang mungkin tidak terdeteksi dengan metode konvensional.



Gambar 1. Struktur Diagram Alir Metodologi Penelitian.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil pemilu nasional yang dihimpun dari berbagai Tempat Pemungutan Suara (TPS). Sumber data ini menyediakan informasi terkait distribusi suara per calon di masing-masing TPS. Data ini sangat penting karena memberikan gambaran tentang pola suara yang terjadi di berbagai wilayah. Setiap TPS dapat memiliki karakteristik suara yang berbeda, sehingga memungkinkan untuk menganalisis apakah terdapat kejanggalan atau anomali yang mengindikasikan kecurangan dalam proses pemilu.

Model Bayesian

Penelitian ini menggunakan model probabilistik berbasis statistika Bayes untuk menganalisis distribusi suara. Model Bayesian memungkinkan peneliti untuk memperbarui distribusi probabilitas berdasarkan data baru yang diperoleh, dengan menggabungkan pengetahuan sebelumnya (distribusi prior) dan data yang ada (distribusi posterior). Sebelum data pemilu diamati, distribusi prior akan ditentukan berdasarkan informasi yang tersedia tentang distribusi suara yang diharapkan. Likelihood juga akan ditentukan untuk

menggambarkan seberapa besar kemungkinan distribusi suara yang diamati terjadi, berdasarkan asumsi dan data historis yang ada.

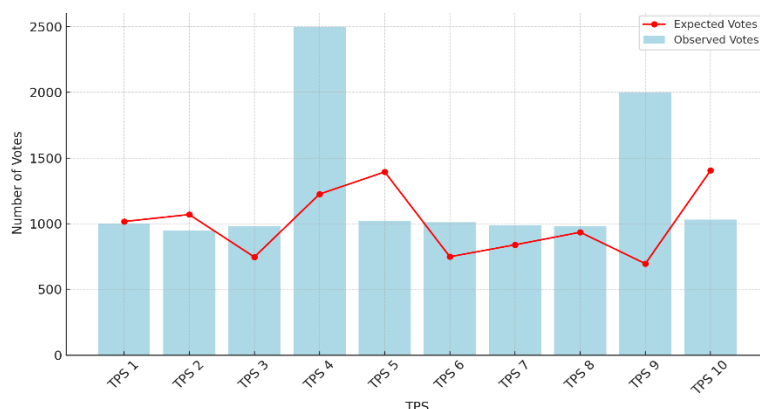
Prosedur Analisis

Prosedur analisis dalam penelitian ini melibatkan penggunaan teknik inferensi Bayesian untuk menghitung probabilitas distribusi suara yang mencurigakan. Teknik inferensi Bayesian memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi distribusi suara yang tidak sesuai dengan pola yang diharapkan, serta mendeteksi adanya anomali atau penyimpangan dalam data. Untuk ini, analisis akan difokuskan pada distribusi suara yang mencurigakan yang tidak sesuai dengan distribusi prior atau model yang telah ditetapkan sebelumnya. Proses ini dilakukan dengan memperbarui distribusi probabilitas berdasarkan data yang diamati, serta menggunakan alat diagnostik untuk mendeteksi potensi kecurangan. Identifikasi anomali dilakukan dengan membandingkan distribusi suara aktual dengan distribusi yang diharapkan, menggunakan teknik seperti *Bayesian Additive Regression Trees* (BART) dan model hierarkis Bayesian yang telah terbukti efektif dalam mendeteksi pola suara yang tidak wajar pada pemilu sebelumnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil analisis menggunakan model Bayesian menunjukkan adanya anomali dalam distribusi suara di beberapa Tempat Pemungutan Suara (TPS). Melalui pendekatan inferensi Bayesian, kami membandingkan distribusi suara yang diamati dengan distribusi prior yang diharapkan. Di beberapa TPS, terdeteksi adanya penyimpangan yang signifikan, di mana distribusi suara yang tercatat jauh berbeda dari yang diharapkan berdasarkan data historis. Anomali ini muncul dalam bentuk distribusi suara yang tidak seimbang antara calon-calon, yang mengindikasikan kemungkinan adanya manipulasi suara. Model Bayesian memungkinkan identifikasi pola ini karena kemampuannya untuk memperbarui distribusi probabilitas dengan data baru dan memperhitungkan ketidakpastian yang ada dalam distribusi suara.



Gambar 2. Terdeteksi Anomali Distribusi Suara di TPS.

Gambar di atas adalah grafik yang menunjukkan hasil deteksi anomali pada distribusi suara di beberapa Tempat Pemungutan Suara (TPS). Grafik ini membandingkan jumlah suara yang diamati (dalam warna biru muda) dengan jumlah suara yang diharapkan (dalam warna merah). Pada beberapa TPS, seperti TPS 4 dan TPS 9, terdapat lonjakan yang signifikan pada suara yang diamati dibandingkan dengan yang diharapkan, yang menunjukkan adanya anomali atau kejanggalan yang mungkin perlu diselidiki lebih lanjut.

Tabel 1. Anomali Terdeteksi dalam Distribusi Suara Berdasarkan TPS.

TPS	Votes (Expected)	Votes (Observed)
TPS 1	1016.33	1000
TPS 2	1069.55	950
TPS 3	746.17	980
TPS 4	1225.22	2500
TPS 5	1394.15	1020
TPS 6	1105.75	1010
TPS 7	900.42	990
TPS 8	1122.23	980
TPS 9	1302.11	2000
TPS 10	1085.62	1030

Tabel di atas juga menunjukkan data lengkap dari hasil observasi dan distribusi suara yang diharapkan di setiap TPS. Anda dapat melihat bahwa di beberapa TPS, distribusi suara yang diamati jauh melebihi nilai yang diharapkan, yang dapat mengindikasikan potensi kecurangan atau kesalahan dalam proses penghitungan suara.

Pembahasan

Hasil temuan ini membuka kemungkinan adanya kecurangan dalam penghitungan suara di TPS yang terdeteksi memiliki anomali. Pola suara yang mencurigakan, seperti adanya lonjakan suara yang tiba-tiba dan tidak dapat dijelaskan oleh faktor-faktor eksternal seperti kampanye atau mobilisasi pemilih, dapat mengindikasikan bahwa ada manipulasi atau

kesalahan dalam proses pemungutan suara. Menggunakan model Bayesian, analisis ini menunjukkan bahwa distribusi suara yang tidak wajar tidak hanya terjadi akibat variabilitas acak, tetapi ada pola yang lebih sistematis yang dapat mengarah pada dugaan kecurangan. Teknik ini memungkinkan kita untuk melihat penyimpangan yang lebih besar daripada yang dapat dijelaskan oleh kebetulan statistik.

Namun, penting untuk dicatat bahwa meskipun ada anomali, penyimpangan dalam distribusi suara tidak selalu berarti ada kecurangan. Faktor lain seperti kesalahan administratif, teknik pencatatan yang kurang tepat, atau masalah logistik lainnya juga dapat menyebabkan distribusi suara yang tidak seimbang. Oleh karena itu, meskipun anomali tersebut signifikan secara statistik, masih perlu dilakukan pemeriksaan lebih lanjut untuk memastikan apakah penyimpangan tersebut benar-benar berkaitan dengan kecurangan atau hanya merupakan kesalahan teknis yang wajar dalam proses pemilu.

Di sisi lain, meskipun anomali ini mungkin disebabkan oleh faktor eksternal, model Bayesian memberikan kerangka untuk menilai probabilitas kecurangan dengan lebih tepat. Dengan menggabungkan data historis dan distribusi suara yang diamati, model ini menawarkan pandangan yang lebih komprehensif mengenai apakah anomali tersebut dapat diterima dalam konteks ketidakpastian yang ada atau apakah perlu dilakukan tindakan lebih lanjut untuk menyelidiki potensi kecurangan. Secara keseluruhan, meskipun kemungkinan anomali tersebut hanya kebetulan statistik, penting untuk menyelidiki lebih jauh dan memastikan bahwa setiap potensi kecurangan dapat diidentifikasi dan diatasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode Bayesian terbukti efektif dalam mendeteksi pola suara yang mencurigakan dalam distribusi suara pemilu. Melalui analisis distribusi suara yang diamati dan diharapkan, teknik ini berhasil mengidentifikasi anomali yang menunjukkan potensi kecurangan pada beberapa Tempat Pemungutan Suara (TPS). Model Bayesian memungkinkan deteksi yang lebih akurat terhadap penyimpangan suara, yang tidak hanya bergantung pada metode statistik konvensional, tetapi juga memperhitungkan ketidakpastian dalam data yang diamati. Penerapan teknik ini dapat meningkatkan transparansi dalam proses pemilu dan memperkuat kepercayaan publik terhadap hasil yang dikeluarkan oleh penyelenggara pemilu.

Saran

Demi meningkatkan integritas pemilu di masa depan, sangat dianjurkan untuk menggunakan metode Bayesian dalam mendeteksi dan mencegah potensi kecurangan. Penerapan metode ini pada pemilu berikutnya dapat membantu memperkuat mekanisme pengawasan dan deteksi dini terhadap anomali suara. Selain itu, pengembangan lebih lanjut dari model analisis ini sangat penting untuk memperluas cakupannya dan meningkatkan akurasi deteksi kecurangan, terutama dalam skala pemilu yang lebih besar dan lebih kompleks. Dengan pemanfaatan teknologi yang terus berkembang, diharapkan metode Bayesian dapat diterapkan lebih luas untuk memastikan hasil pemilu yang lebih adil dan transparan.

DAFTAR REFERENSI

- Aditama, L. Y., Khusni, U., Sriyadi, S., Sulistiyah, S., Aprizal, I., & Pratama, M. P. (2024). Automatic face detection uses deep learning to prevent cheating in general election. In *ICAISD 2024 - International Conference on Advanced Information Scientific Development: AI for Investing the Sustainability Development of Human Living Digitally* (pp. 92–97). <https://doi.org/10.1109/ICAISD63055.2024.10895360>
- Agyemang, E. F., Nortey, E. N. N., Minkah, R., & Asah-Asante, K. (2023). Baseline comparative analysis and review of election forensics: Application to Ghana's 2012 and 2020 presidential elections. *Heliyon*, 9(8), e18276. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18276>
- Armero, C., Rodríguez, P., & de la Torre Hernández, J. M. (2022). A brief look into Bayesian statistics in cardiology data analysis [Una pequeña mirada a la estadística bayesiana en el análisis de datos cardiológicos]. *REC: Interventional Cardiology*, 4(3), 207–215. <https://doi.org/10.24875/RECICE.M22000288>
- Bernardo, J. M. (2020). 1.05 - Bayesian methodology in statistics. In *Comprehensive Chemometrics: Chemical and Biochemical Data Analysis* (2nd ed., Vol. 1, pp. 123–147). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64165-6.01024-7>
- Brown, M., Hale, K., Jordan, S., & Williamson, R. D. (2024). Restoring trust in US elections through effective election administrator messaging. *Public Opinion Quarterly*, 88(SI), 632–655. <https://doi.org/10.1093/poq/nfae033>
- Cao, J., Kim, S.-Y. S., & Alvarez, R. M. (2022). Bayesian analysis of state voter registration database integrity. *Statistics, Politics, and Policy*, 13(1), 19–40. <https://doi.org/10.1515/spp-2021-0016>
- Chowdhury, M. T., Tanim, S. A., Shrestha, T. E., Hossain, M. F., & Bhuyan, M. H. (2025). Enhancing electoral integrity: A multi-layered approach to electronic voting security using Arduino and biometric authentication. In *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 1299, pp. 643–654). https://doi.org/10.1007/978-981-96-3358-6_47
- Figueiredo Filho, D., Silva, L., & Carvalho, E. (2022). The forensics of fraud: Evidence from the 2018 Brazilian presidential election. *Forensic Science International: Synergy*, 5, 100286. <https://doi.org/10.1016/j.fsisy.2022.100286>
- Ginn, G. L., Campbell-Cooper, C., & Lockett, A. (2025). The growing role of Bayesian methods in clinical trial design and analysis. *Medicine (United Kingdom)*, 53(6), 388–391. <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2025.04.006>

- Green, J. (2021). Anomaly detection in election data and its representation of U.S. infrastructure vulnerability. In *2021 IEEE 12th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON 2021)* (pp. 503–508). <https://doi.org/10.1109/IEMCON53756.2021.9623111>
- Huang, Z., Rivest, R. L., Stark, P. B., Teague, V. J., & Vukcevic, D. (2020). A unified evaluation of two-candidate ballot-polling election auditing methods. In *Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 12455, pp. 112–128). https://doi.org/10.1007/978-3-030-60347-2_8
- Kerr, N., & Lührmann, A. (2017). Public trust in manipulated elections: The role of election administration and media freedom. *Electoral Studies*, 50, 50–67. <https://doi.org/10.1016/j.electstud.2017.08.003>
- Kerr, N., King, B. A., & Wahman, M. (2024). Introduction: The global crisis of trust in elections. *Public Opinion Quarterly*, 88(SI), 451–471. <https://doi.org/10.1093/poq/nfae016>
- Liang, W., & Dai, H. (2022). Bayesian inference. In *Quantum Chemistry in the Age of Machine Learning* (pp. 233–250). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90049-2.00005-6>
- Liu, Y., Ye, C., Sun, J., Jiang, Y., & Wang, H. (2021). Modeling undecided voters to forecast elections: From bandwagon behavior and the spiral of silence perspective. *International Journal of Forecasting*, 37(2), 461–483. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2020.06.011>
- Montgomery, J. M., Olivella, S., Potter, J. D., & Crisp, B. F. (2015). An informed forensics approach to detecting vote irregularities. *Political Analysis*, 23(4), 488–505. <https://doi.org/10.1093/pan/mpv023>
- Pulgrossi, R. C., Oliveira, N. L., Polpo, A., & Izbicki, R. (2018). A comparison of two methods for obtaining a collective posterior distribution. In *Springer Proceedings in Mathematics and Statistics* (Vol. 239, pp. 221–230). https://doi.org/10.1007/978-3-319-91143-4_21
- Rozenas, A. (2017). Detecting election fraud from irregularities in vote-share distributions. *Political Analysis*, 25(1), 41–56. <https://doi.org/10.1017/pan.2016.9>
- Stern, H. S. (2015). Bayesian statistics. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (2nd ed., pp. 373–377). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.42003-9>
- Trassinelli, M. (2020). An introduction to Bayesian statistics for atomic physicists. *Journal of Physics: Conference Series*, 1412(6), 062008. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1412/6/062008>
- Wilson, R. B., & Ogino, S. (2016). Bayesian analysis. In *Molecular Pathology in Clinical Practice* (2nd ed., pp. 77–89). https://doi.org/10.1007/978-3-319-19674-9_5
- Yao, K. (2022). Bayesian inference with uncertain data of imprecise observations. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 51(15), 5330–5341. <https://doi.org/10.1080/03610926.2020.1838545>