

Optimasi Naïve Bayes Dengan Particle Swarm Optimization Untuk Analisis Sentimen Formula E-Jakarta

Optimization of Naïve Bayes With Particle Swarm Optimization for Sentimen Analysis of Jakarta E-Prix

Hasim Budi Jatmiko^{*1}, Nanang Tedi Kurniadi², Dony Maulana³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa Bekasi
e-mail: ^{*1}hasimbudijatmiko@gmail.com, ²nanang@pelitabangsa.ac.id, ³dony@pelitabangsa.ac.id,

Abstrak

Kota Jakarta berencana menyelenggarakan ajang balap Formula E untuk mempromosikan mobil listrik sebagai kendaraan masa depan. Pandemi Covid-19 yang melanda Jakarta membuat rencana tersebut harus ditunda. Penundaan tersebut menimbulkan polemik di masyarakat pada media sosial dikarenakan kondisi Jakarta yang sedang dilanda pandemi Covid-19 tetapi pemerintah kota Jakarta tetap ingin menyelenggarakan Formula E dengan membayar uang komitmen kepada penyelenggara yang jumlahnya tidak sedikit. Perbedaan pendapat pada media sosial ini dijadikan bahan untuk analisis sentimen menggunakan metode klasifikasi Naive Bayes. Metode Naive Bayes cukup yang memiliki kelemahan terhadap seleksi fitur dilakukan optimasi dengan menerapkan pemilihan fitur Particle Swarm Optimization (PSO). Hasil penerapan optimasi PSO pada metode Naive Bayes menunjukkan adanya peningkatan performa dengan nilai akurasi 89,16%, precision 91,10%, recall 86,81% dan AUC 0,690

Katakunci: Naïve Bayes, Particle Swarm Optimization, Analisis Sentimen, Formula E-Jakarta

Abstrack

The city of Jakarta plans to hold a Formula E racing event to promote electric cars as the vehicle of the future. The Covid-19 pandemic that hit Jakarta forced the plan to be postponed. The postponement caused a polemic in the community on social media due to the condition of Jakarta being hit by Covid-19 but the Jakarta city government still wants to hold Formula E by paying commitment money to the organizers which is not small. This difference of opinion on social media is used as material for sentiment analysis using the Naive Bayes classification method. The Naive Bayes method, which has a weakness in feature selection, is optimized by applying the Particle Swarm Optimization (PSO) feature selection. The results of the application of PSO optimization on the Naive Bayes method show an increase in performance with an accuracy value of 89.16%, precision 91.10%, recall 86.81% and AUC 0.690.

Keyword: Naïve Bayes, Particle Swarm Optimization, Sentiment Analysis, Jakarta E-Prix

1. PENDAHULUAN

Formula E atau yang memiliki nama resmi ABB FIA Formula E World Championship adalah sebuah ajang balap mobil kursi tunggal yang menggunakan mobil listrik[1]. Kota Jakarta resmi ditetapkan menjadi salah satu tuan rumah penyelenggaraan ajang balap Formula E yang akan dilaksanakan pada tanggal 4 Juni 2022 dengan slogan Jakarta E-Prix[2]. Namun sayangnya pelaksanaan Jakarta E-Prix harus tertunda sebagai akibat dari adanya Pandemi Covid-19. Penundaan penyelenggaraan ini menimbulkan polemik dan menuai berbagai komentar dari masyarakat pada media sosial seperti Twitter, facebook ataupun lainnya. Polemik penyelenggaraan ajang balap Formula E Jakarta ini menuai berbagai komentar dari masyarakat yang disampaikannya pada media sosial salah satunya adalah Twitter. Twitter merupakan salah satu media sosial yang cukup populer di Indonesia[3] dan menjadi platform untuk mengungkapkan pendapat masyarakat terhadap kebijakan publik yang dilakukan oleh pemerintah. Kecenderungan masyarakat dalam mengungkapkan pendapat mereka tentang kebijakan publik yang dilakukan oleh pemerintah khususnya kebijakan penyelenggaraan ajang

History of article:

Received: Mei, 2022 : Accepted: Juni, 2022

balap Formula E Jakarta pada Twitter ini dapat dijadikan sebagai bahan analisis sentimen untuk mengetahui pendapat masyarakat tentang Formula E Jakarta.

Analisis sentimen merupakan teknik untuk mendapatkan informasi tentang sentimen bernilai positif, netral maupun negatif dari data teks[4][5]. Analisis sentimen dilakukan untuk mengetahui sentimen masyarakat pengguna Twitter terhadap rencana penyelenggaraan Formula E Jakarta. Dalam analisis sentimen, metode klasifikasi yang banyak digunakan adalah klasifikasi dengan menggunakan algoritma Naive Bayes dalam menganalisa sentiment masyarakat terhadap pelaksanaan vaksin covid-19[6], sentiment masyarakat terhadap pariwisata yang terdapat di Kota Malang[7], serta sentiment masyarakat terhadap review suatu film[8]. Metode Naive Bayes dalam pengklasifikasian mampu menghasilkan model akurasi yang baik meskipun dengan jumlah data yang sedikit [9]. Performa metode Naive Bayes meski memiliki akurasi yang baik namun masih dapat ditingkatkan dengan berbagai macam teknik optimasi seperti peningkatan bobot atribut, seleksi atribut, dan penerapan seleksi fitur[10]. Penerapan seleksi fitur dilakukan karena metode Naive Bayes sangat sensitif terhadap seleksi fitur[11]. Pemilihan fitur dapat meningkatkan skalabilitas, efisiensi, dan akurasi dari metode Naive Bayes.

Beberapa penelitian sebelumnya menerapkan *Particle Swarm Optimization* (PSO) pada metode klasifikasi dan mendapatkan hasil peningkatan akurasi dibandingkan tanpa optimasi dengan PSO[12][13][14]. Optimasi pada metode Naive Bayes dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO) pada klasifikasi diagnosis penyakit diabetes Mellitus dan menunjukkan peningkatan hasil akurasi sebesar 82,58% dibanding metode Naive Bayes tanpa optimasi[14]. Untuk meningkatkan performa dilakukan pengujian model Naive Bayes dengan PSO dengan beberapa parameter seperti jumlah partikel, jumlah iterasi, jumlah *inertia weight* dan didapatkan peningkatan hasil akurasi dari 89% menjadi 91,76%[15]. PSO terbukti mampu untuk mengoptimasi akurasi dari metode Naive Bayes dan memecahkan masalah pada sentimen analisis.

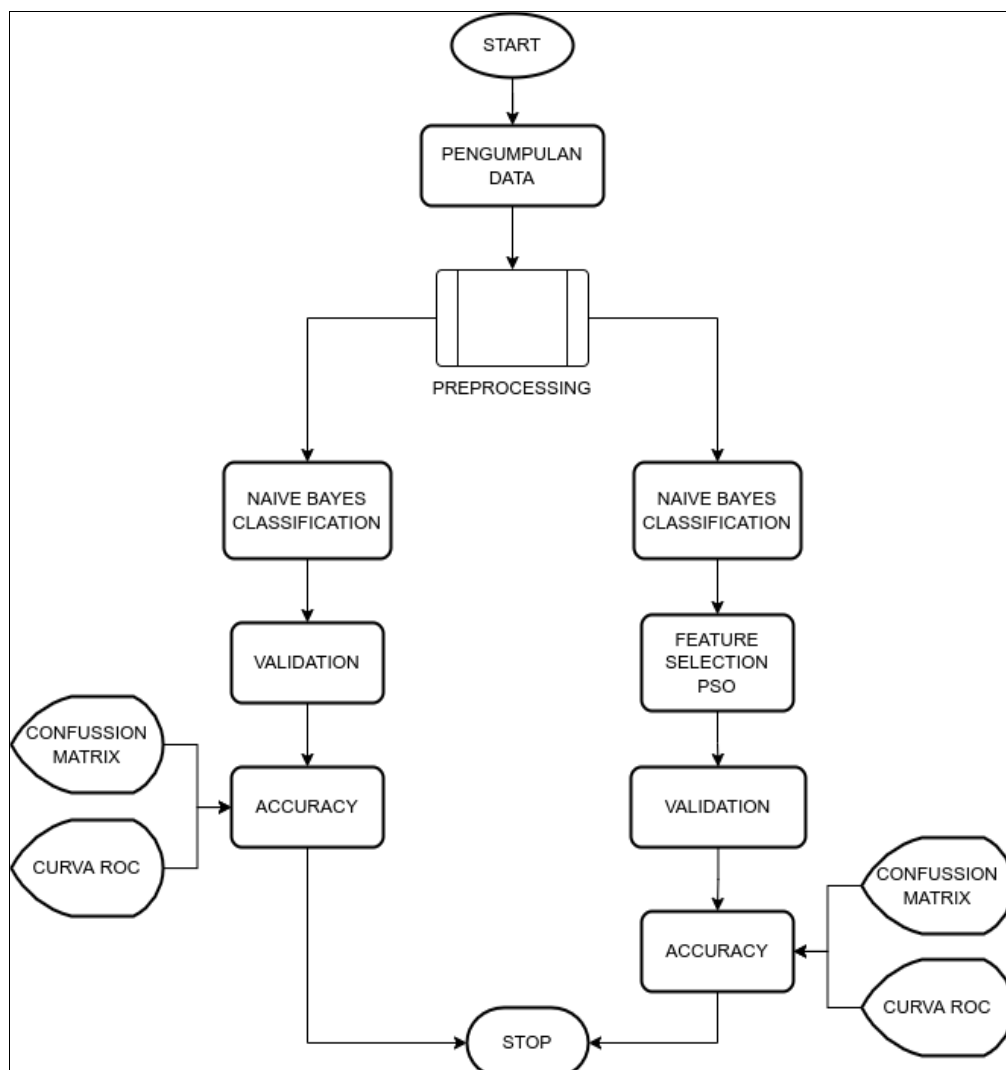
Particle Swarm Optimization (PSO) adalah algoritma optimasi stokastik berbasis populasi yang dimotivasi oleh kecerdasan perilaku kolektif dari beberapa hewan seperti kawanan burung atau kumpulan ikan[16]. Terdapat beberapa parameter untuk melakukan optimasi dengan menggunakan PSO, di antaranya jumlah partikel yang menggambarkan kelompok data atau *swarm*, posisi vektor tiap partikel dalam kelompok data, arah gerakan dari partikel (*velocity*), *learning rate*, dan *learning rate inertia*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan nilai akurasi yang dihasilkan oleh Naive Bayes tanpa optimasi dan dengan optimasi menggunakan PSO

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data set yang di ambil dari media sosial Twitter berupa tweet yang berisi opini terhadap penyelenggaraan ajang balapan Formula E Jakarta. Data tweet diperoleh dengan cara *crawling* pada RapidMiner Studio menggunakan kata kunci "Formula E Jakarta". Data set yang telah diperoleh kemudian dilakukan pemrosesan data yaitu *preprocessing*. *Preprocessing* data dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan *noise* pada data sebelum dilakukan proses analisis sentimen. Tahapan pada *preprocessing* data meliputi: (1) *cleansing* untuk menghilangkan data yang tidak diperlukan untuk proses analisis sentimen; (2) *labeling* untuk memberikan label sentimen positif atau negatif terhadap tweet yang dilakukan secara manual; (3) *case folding* untuk mengubah semua huruf dalam data set menjadi huruf kecil; (4) *normalization* untuk menghilangkan kata-kata tidak baku; (5) *tokenization* untuk memecah kalimat berdasarkan tiap kata penyusunnya; (6) *stopword removal* untuk menghilangkan kata-kata yang tidak memiliki arti atau tidak bermakna untuk analisis sentimen; (7) *stemming* untuk mengubah kata berimbuhan yang telah terpilih menjadi kata dasar. Data set yang telah dilakukan proses *preprocessing* kemudian dilakukan pengujian dengan metode Naive Bayes Classifier.

Metode yang diusulkan pada penelitian ini adalah dengan menerapkan fitur seleksi *Particle Swarm Optimization* (PSO) terhadap algoritma Naive Bayes untuk meningkatkan akurasi pada proses klasifikasi analisis sentimen dibandingkan dengan tanpa fitur seleksi. Objektif pada penelitian ini adalah adanya peningkatan akurasi pada model Naive Bayes setelah diterapkannya fitur seleksi *Particle Swarm Optimization* (PSO), di mana pengujian model dilakukan dengan menggunakan teknik *Cross Validation* dan pengukuran evaluasi menggunakan *Confussion Matrix* dan *Curva ROC*.

Pada penelitian ini evaluasi yang dilakukan digunakan untuk mengetahui peningkatan akurasi dan kinerja dari metode Naive Bayes setelah diterapkan *feature selection Particle Swarm Optimization* (PSO). Sedangkan validasi hasil bertujuan untuk melihat perbedaan hasil akurasi dan kinerja dari metode atau model sebelum dan sesudah dilakukannya optimasi. Teknik validasi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *Cross Validation* sedangkan pengukuran akurasi akan menggunakan *Confussion Matrix*. Adapun rangkuman mengenai penjabaran tersebut terlihat pada Gambar 1.

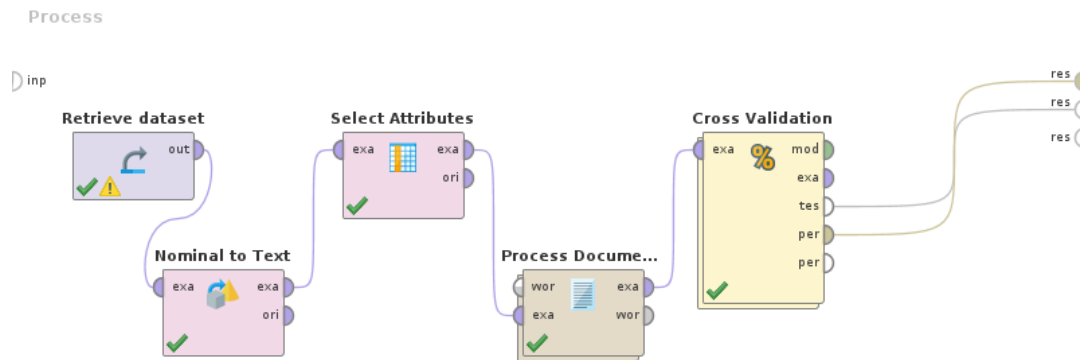


Gambar 1. Kerangka berpikir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dataset tanpa PSO:

Pengujian pertama dilakukan dengan menguji dataset yang telah siap digunakan dengan menggunakan metode klasifikasi Naive Bayes tanpa optimasi. Proses pengujian menggunakan RapidMiner dengan merangkai beberapa proses yang dibutuhkan. Gambaran proses pengujian dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian dataset dengan Naïve Bayes

Proses pengujian Gambar 2, dilakukan dengan teknik *cross validation* dengan meragamkan jumlah *folds* pada parameter untuk mendapatkan hasil akurasi terbaik. Hasil pengujian dijelaskan pada Tabel 5.

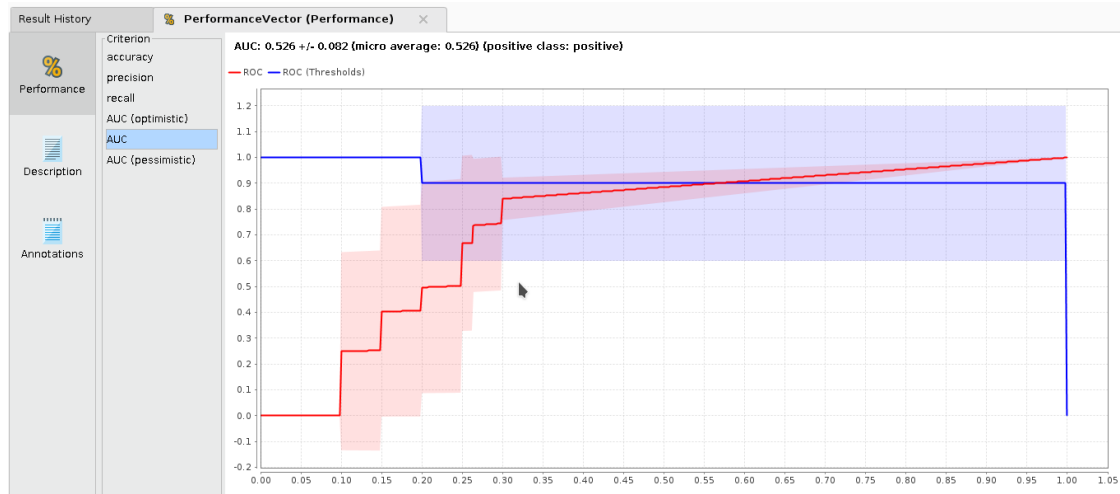
Tabel 5. Hasil pengujian Algoritma Naive Bayes

<i>Number of Folds</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>AUC</i>
2	78,59%	80,87%	74,75%	0,723
3	79,60%	81,67%	76,27%	0,500
4	79,09%	80,08%	77,79%	0,602
5	81,10%	81,57%	80,29%	0,541
6	81,36%	83,06%	78,80%	0,671
7	81,35%	83,48%	79,30%	0,579
8	81,14%	81,65%	80,96%	0,594
9	80,88%	81,43%	79,90%	0,580
10	81,37%	81,62%	81,54%	0,526

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa nilai akurasi terbaik didapatkan pada pengujian dengan jumlah *number of folds* 10 dengan mendapatkan nilai akurasi 81,37%, *precision* 81,62%, *recall* 81,54% dan AUC 0,526. Nilai *Confussion Matrix* dijelaskan pada Gambar dan kurva ROC pada Gambar 4.

accuracy: 81.37% +/- 5.88% (micro average: 81.36%)			
	true negative	true positive	class precision
pred. negative	162	37	81.41%
pred. positive	37	161	81.31%
class recall	81.41%	81.31%	

Gambar 3. Confussion Matrix Naive Bayes



Gambar 1 Kurva ROC Naive Bayes

Pengujian dataset dengan PSO

Pengujian kedua dilakukan dengan melakukan perubahan pada pengujian pertama yakni dengan menambahkan pemilihan fitur *Particle Swarm Optimization* (PSO). Proses pengujian dataset menggunakan metode Naive Bayes dengan optimasi *Particle Swarm Optimization* (PSO). Proses pengujian dilakukan dengan teknik *cross validation* dengan jumlah *folds* berdasarkan pengujian pertama yang mendapatkan nilai akurasi terbaik yakni dengan jumlah *folds* sebanyak 10. Kemudian dilakukan optimasi dengan meragamkan nilai *population size*, *inertia weight*, *global best weight* dan *local best weight* pada operator *Optimize Weight* (PSO).

Pengujian pertama dilakukan dengan meragamkan nilai *population size* untuk mendapatkan nilai akurasi terbaik. Nilai akurasi terbaik didapatkan dengan *population size* sebesar 10 seperti yang dijelaskan pada **Error! Reference source not found.**

Tabel 6. Hasil Pengujian Naive Bayes PSO dengan *Population Size*

<i>Population Size</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>AUC</i>
5	82,62%	83,00%	82,73%	0,64
10	86,37%	86,27%	86,76%	0,664
20	85,41%	84,34%	87,37%	0,72
40	85,17%	85,73%	84,41%	0,68

Pengujian kedua dilakukan dengan meragamkan nilai *Inertia Weight* dan didapatkan nilai akurasi terbaik seperti yang terlihat pada **Error! Reference source not found.**

Tabel 7. Hasil pengujian Naive Bayes PSO dengan *Inertia Weight*

<i>Inertia Weight</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>AUC</i>
0,1	85,40%	85,24%	85,99%	0,706
0,2	85,43%	85,10%	86,44%	0,656
0,3	85,19%	87,41%	83,11%	0,572
0,4	85,64%	88,34%	82,28%	0,668
0,5	85,92%	87,24%	84,78%	0,702
0,6	86,88%	85,44%	88,86%	0,755
0,7	86,39%	88,83%	83,83%	0,659

0,8	85,62%	87,39%	83,83%	0,648
0,9	86,67%	87,11%	86,94%	0,633
1,0	86,37%	86,27%	86,76%	0,664

Pengujian ketiga dilakukan dengan meragamkan nilai *Global Best Weight* dan didapatkan nilai akurasi terbaik seperti yang terlihat pada **Error! Reference source not found.**

Tabel 8. Hasil pengujian Naïve Bayes PSO dengan *Global Best Weight*

<i>Global Best Weight</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>AUC</i>
0,1	86,15%	87,71%	84,91%	0,646
0,2	85,65%	86,64%	84,31%	0,639
0,3	88,67%	89,84%	87,42%	0,694
0,4	88,13%	88,79%	87,26%	0,596
0,5	85,93%	87,67%	84,41%	0,629
0,6	85,17%	85,67%	85,86%	0,648
0,7	88,38%	89,07	87,78%	0,628
0,8	87,44%	86,95%	88,47%	0,648
0,9	87,35%	86,67%	88,23%	0,705
1,0	86,88%	85,44%	88,86%	0,755

Pengujian keempat dilakukan dengan meragamkan nilai *Local Best Weight* dan didapatkan nilai akurasi terbaik seperti yang terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pengujian Naïve Bayes PSO dengan *Local Best Weight*

<i>Local Best Weight</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>AUC</i>
0,1	86,15%	87,61%	84,36%	0,557
0,2	85,90%	88,33%	83,31%	0,635
0,3	87,15%	88,47%	85,81%	0,623
0,4	87,38%	88,16%	86,21%	0,569
0,5	87,91%	89,52%	85,79%	0,652
0,6	89,16%	91,10%	86,81%	0,690
0,7	87,65%	88,72%	86,78%	0,693
0,8	87,91%	88,16%	87,84%	0,680
0,9	88,92%	89,23%	88,94%	0,673
1,0	88,67%	89,84%	87,42%	0,694

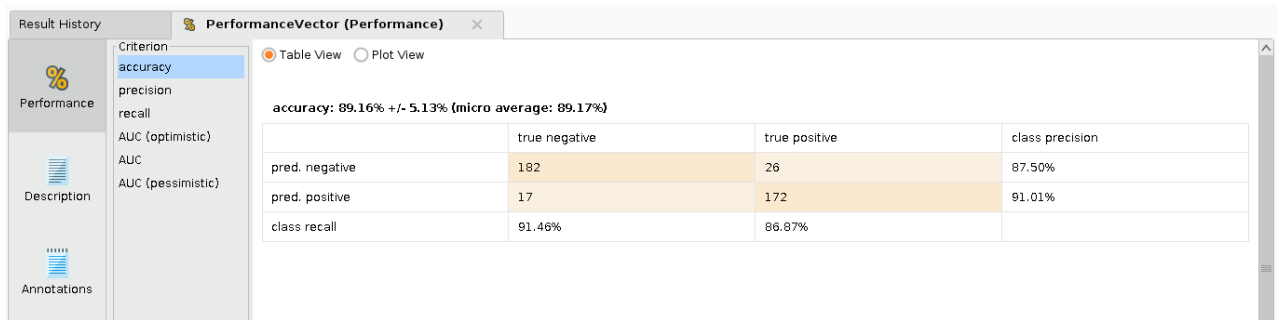
Dari keempat pengujian yang dilakukan didapatkan nilai parameter terbaik *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk metode klasifikasi Naive Bayes seperti yang diperlihatkan pada **Error! Reference source not found.**

Tabel 10. Nilai parameter PSO

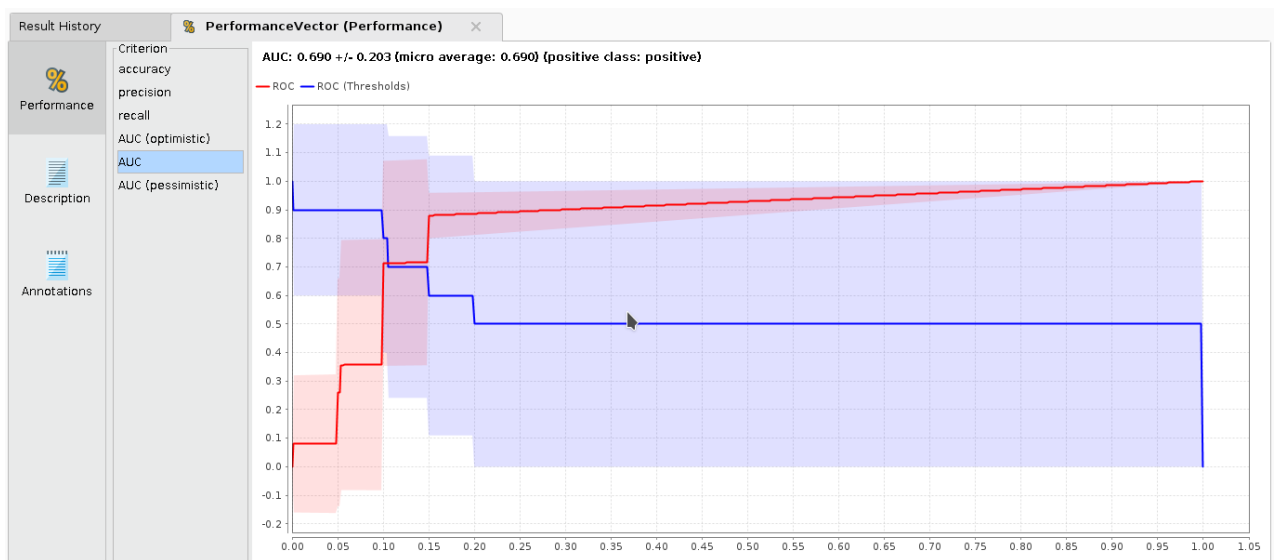
Parameter	Nilai
<i>Population Size</i>	10
<i>Inertia Weight</i>	0,6
<i>Global Best Weight</i>	0,3

Local Best Weight 0,6

Berdasarkan nilai parameter pada **Error! Reference source not found.**, hasil pengujian Naive Bayes dengan optimasi menggunakan *Parameter Swarm Optimization* (PSO) menunjukkan peningkatan performa dengan mendapatkan nilai akurasi 89,16%, *precision* 91,10%, *recall* 86,81%, dan AUC 0,690. Nilai *Confusion Matrix* dijelaskan pada **Error! Reference source not found.** dan kurva ROC pada Gambar 10.



Gambar 9. Confussion Matrix Naive Bayes



Gambar 10. Kurva ROC Naïve Bayes PSO

Analisis Akurasi

Performa dari metode klasifikasi yang digunakan dalam pengujian dataset ditunjukkan dengan seberapa besar nilai akurasi. Nilai akurasi merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kedekatan nilai prediksi dengan nilai yang sebenarnya. Berdasarkan pengujian dapat dilihat bahwa ada perubahan nilai performa dari pengujian setelah menerapkan pemilihan fitur *Particle Swarm Optimization* (PSO). Perbandingan dari hasil kedua pengujian dijelaskan pada Tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan hasil pengujian

Pengujian	Accuracy	Precision	Recall	AUC
Naive Bayes	81,37%	81,62%	81,54%	0,580
Naive Bayes + PSO	89,16%	91,10%	86,81%	0,690

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa metode klasifikasi Naive Bayes memiliki hasil dan kinerja yang cukup baik tetapi masih belum optimal. Metode Naive Bayes tanpa optimasi mendapatkan nilai akurasi sebesar 81,27%, *precision* 81,62%, *recall* 81,54% dan AUC 0,526. Pemilihan fitur *Particle Swarm Optimization* (PSO) dapat meningkatkan hasil dan kinerja dari metode klasifikasi Naive Bayes. Setelah diterapkan PSO metode Naive Bayes mengalami peningkatan performa akurasi menjadi 89,16%, *precision* 91,10%, *recall* 86,81% dan AUC 0,690. Parameter PSO yang berpengaruh adalah *population size*, *inertia weight*, *global best weight*, dan *local best weight*. Nilai indikator pada pemilihan fitur berpengaruh terhadap hasil dan kinerja metode klasifikasi Naive Bayes. Pemilihan parameter yang optimal meningkatkan performa metode Naive Bayes seperti akurasi menjadi 89,16%, *precision* 91,10%, *recall* 86,81%, dan AUC 0,690

5. SARAN

Pada penelitian yang dilakukan masih terdapat kekurangan, oleh karena itu saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dapat mengombinasikan metode klasifikasi Naive Bayes dengan pemilihan fitur yang lain untuk mendapatkan hasil dan kinerja yang maksimal. Selain itu juga dapat meragamkan nilai indikator untuk mendapatkan hasil optimal dari pemilihan fitur *Particle Swarm Optimization* (PSO).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Del Pero, L. Berzi, C. Antonia Dattilo, and M. Delogu, "Environmental sustainability analysis of Formula-E electric motor," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng.*, vol. 235, no. 2–3, pp. 303–332, 2021, doi: 10.1177/0954407020971246.
- [2] R. Tanjung, "Instruksi Gubernur DKI Jakarta Tentang Penyelenggaraan Balap Formula E Dalam Tinjauan Siyasah Islam," *Al Ahkam*, vol. 17, no. 2, 2021, doi: 10.37035/ajh.v17i2.5263.
- [3] B. W. Sari and F. F. Haranto, "Implementasi Support Vector Machine Untuk Analisis Sentimen Pengguna Twitter Terhadap Pelayanan Telkom Dan Biznet," *J. Pilar Nusa Mandiri*, vol. 15, no. 2, pp. 171–176, 2019, doi: 10.33480/pilar.v15i2.699.
- [4] M. A. Al-Shabi, "Evaluating the performance of the most important Lexicons used to Sentiment analysis and opinions Mining," *Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur.*, vol. 20, no. 1, pp. 51–57, 2020.
- [5] S. S. Salim and J. Mayary, "Analisis Sentimen Pengguna Twitter Terhadap Dompok Elektronik Dengan Metode Lexicon Based Dan K – Nearest Neighbor," *J. Ilm. Inform. Komput.*, vol. 25, no. 1, pp. 1–17, 2020, doi: 10.35760/ik.2020.v25i1.2411.
- [6] R. D. Septiana, A. B. Susanto, and T. Tukiyyat, "Analisis Sentimen Vaksinasi Covid-19 Pada Twitter Menggunakan Naive Bayes Classifier Dengan Feature Selection Chi-Squared Statistic dan Particle Swarm Optimization," *J. SISKOM-KB (Sistem Komput. dan Kecerdasan Buatan)*, vol. 5, no. 1, pp. 49–56, 2021, doi: 10.47970/siskom-kb.v5i1.228.

- [7] Sh. Fanissa, M. A. Fauzi, and S. Adinugroho, "Analisis Sentimen Pariwisata di Kota Malang Menggunakan Metode Naive Bayes dan Seleksi Fitur Query Expansion Ranking Optimasi Sisa Bahan Baku Pada Industri Mebel Menggunakan Algoritma Genetika View project Automatic Essay Scoring View project," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 8, pp. 2766–2770, 2018.
- [8] F. R. S. Rangkuti, M. A. Fauzi, Y. A. Sari, and E. D. L. Sari, "Sentiment Analysis on Movie Reviews Using Ensemble Features and Pearson Correlation Based Feature Selection," *3rd Int. Conf. Sustain. Inf. Eng. Technol. SIET 2018 - Proc.*, pp. 88–91, 2018, doi: 10.1109/SIET.2018.8693211.
- [9] H. Wang and M. Hong, "Supervised Hebb rule based feature selection for text classification," *Inf. Process. Manag.*, vol. 56, no. 1, pp. 167–191, 2019, doi: 10.1016/j.ipm.2018.09.004.
- [10] F. Pramono, Didi Rosiyadi, and Windu Gata, "Integrasi N-gram, Information Gain, Particle Swarm Optimisation di Naïve Bayes untuk Optimasi Sentimen Google Classroom," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 3, no. 3, pp. 383–388, 2019, doi: 10.29207/resti.v3i3.1119.
- [11] J. Chen, H. Huang, S. Tian, and Y. Qu, "Feature selection for text classification with Naïve Bayes," *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 3 PART 1, pp. 5432–5435, 2009, doi: 10.1016/j.eswa.2008.06.054.
- [12] A. P. Giovani, A. Ardiansyah, T. Haryanti, L. Kurniawati, and W. Gata, "Analisis Sentimen Aplikasi Ruang Guru Di Twitter Menggunakan Algoritma Klasifikasi," *J. Teknoinfo*, vol. 14, no. 2, p. 115, 2020, doi: 10.33365/jti.v14i2.679.
- [13] Ratino, N. Hafidz, S. Anggraeni, and W. Gata, "Sentimen Analisis Informasi Covid-19 menggunakan Support Vector Machine dan Naïve Bayes," *J. JUPITER*, vol. 12, no. 2, pp. 1–11, 2020.
- [14] D. S. Susilawati and D. Riana, "Optimization the Naive Bayes Classifier Method to diagnose diabetes Mellitus," *IAIC Trans. Sustain. Digit. Innov.*, vol. 1, no. 1, pp. 78–86, 2021, doi: 10.34306/itsdi.v1i1.21.
- [15] S. Khomsah, "Naive Bayes Classifier Optimization on Sentiment Analysis of Hotel Reviews," *J. Penelit. Pos dan Inform.*, vol. 10, no. 2, p. 157, 2020, doi: 10.17933/jppi.2020.100206.
- [16] S. Imran Hossain, M. A. H. Akhand, M. I. R. Shuvo, N. Siddique, and H. Adeli, "Optimization of University Course Scheduling Problem using Particle Swarm Optimization with Selective Search," *Expert Syst. Appl.*, vol. 127, pp. 9–24, 2019, doi: 10.1016/j.eswa.2019.02.026.