LINIER
LITERATUR INFORMATIKA & KOMPUTER
e-ISSN: 3063-2218
DOI : 10.33096/linier.v1i4.2534
Literatur Informatika & Komputer
Vol 1, No 4 (2024), pp 347-357

Analisis Sentimen Pengguna X Terhadap Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) Menggunakan Algoritma Machine Learning

Azmi Fauziah Nur[a], Yulita Salim[b], Ramdaniah[c]
Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia
[a]13020180131@student.umi.ac.id; [b]yulita.salim@umi.ac.id; [c]ramdaniah@umi.ac.id

Received: 31-07-2024 | Revised: 20-08-2024 | Accepted: 10-11-2024 | Published: 29-12-2024

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sentimen pengguna terhadap perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) dengan membandingkan kinerja tiga algoritma *machine learning*: *Naive Bayes* (NB), *Support Vector Machine* (SVM), dan *K-Nearest Neighbors* (KNN). Dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 5044 *tweet* yang dikumpulkan dari platform media sosial X yang merepresentasikan opini dan pandangan pengguna tentang perkembangan AI. Proses pengumpulan data melibatkan pemilihan *tweet* yang relevan dengan menggunakan *keyword* terkait perkembangan AI, diikuti dengan tahap *preprocessing* untuk membersihkan dan menghilangkan *noise* serta kata yang tidak relevan. Evaluasi dilakukan dengan mengukur akurasi, presisi, recall, dan F1-score setiap algoritma dalam mengklasifikasikan sentimen tweet sebagai positif, negatif, atau netral. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma SVM secara signifikan lebih efektif dalam menangani analisis sentimen dibandingkan NB dan KNN, dengan akurasi masing-masing algoritma sebagai berikut: SVM=93%, NB=91%, dan KNN=81%. Penelitian ini dapat memberikan wawasan penting mengenai pemilihan algoritma *machine learning* yang optimal untuk analisis sentimen dan dapat membantu peneliti dan praktisi dalam memilih metode yang tepat untuk evaluasi sentimen di berbagai topik.

Kata kunci: Analisis sentimen, KNN, *Naïve bayes*, *Natural languange processing*, SVM.

Pendahuluan

Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) saat ini menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan inovasi di berbagai bidang. *Artificial Intelligence* (AI) merupakan kecerdasan buatan yang memungkinkan komputer dan mesin dalam menirukan aktivitas kognitif manusia seperti belajar, penalaran, pengambilan keputusan, dan kemampuan memecahkan masalah dalam waktu singkat [1]. Saat ini, topik mengenai perkembangan AI telah memicu beragam opini di berbagai platform media sosial seperti X. Pengguna X secara aktif berpartisipasi dalam diskusi dan debat mengenai perkembangan AI, yakni mencakup berbagai aspek seperti manfaat dari perkembangan AI, hingga kekhawatiran tentang potensi resiko privasi dan keamanan data, serta dampaknya pada perekonomian. Berbagai opini tersebut dapat menggambarkan bertapa kompleksnya persepsi publik terhadap perkembangan AI. Untuk dapat menganalisis opini tersebut secara sistematis, analisis sentimen pengguna X sangat penting dilakukan untuk mengidentifikasi setiap opini apakah opini tersebut termasuk opini negative, neutral, atau pun positive. Dengan pendekatan ini, dapat diperoleh pemahaman yang lebih jelas mengenai persepsi Masyarakat terhadap perkembangan AI.

Dalam penelitian ini, akan berfokus pada evaluasi dan perbandingan efektivitas algoritma *machine learning* dalam mengidentifikasi sebuah sentimen opini pengguna X. Alogoritma *machine learning* yang digunakan adalah *Naïve Bayes* (NB), *Support Vector Machine* (SVM), dan *K-Nearest Neighbor* (KNN). Algoritma tersebut merupakan algoritma yang paling popular digunakan dalam analisis sentimen [2], [3]. Naïve bayes terkenal dengan klasifikasi yang menggunakan rumus matematika sederhana yang bisa menggunakan data yang kecil tetapi dengan hasil yang baik [4], [5]. Sedangkan SVM dikenal dengan kemampuannya dalam menangani data yang kompleks melibatkan mengklasifikasi teks dengan cara mencari *hyperplane* optimal yang memisahkan data dengan margin terbesar. Sementara itu, KNN sering digunakan karena kemampuannya dalam memberikan hasil yang baik pada data set yang tidak terlalu besar [2], [6] ditambah merupakan algoritma yang dapat mudah dipahami bahkan untuk pemula.

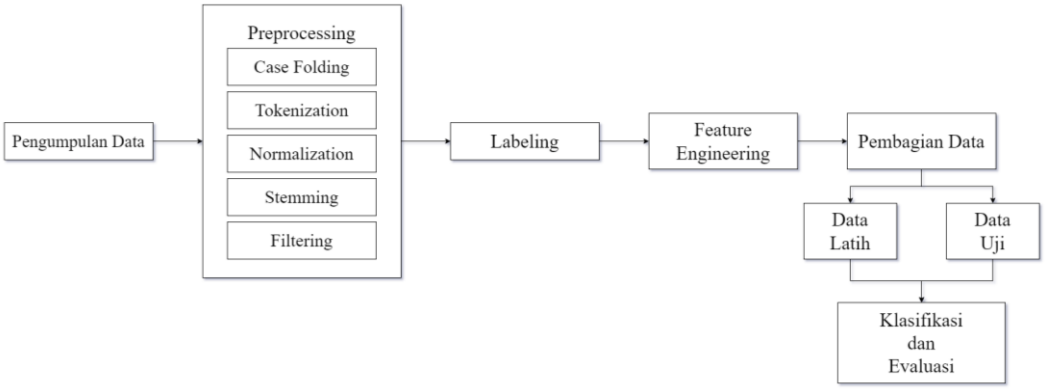
Beberapa penelitian terdahulu mengenai analisis sentimen menggunakan algoritma SVM telah banyak dilakukan oleh peneliti lainnya [7], [8], [9], [10], [11], [12] menunjukkan bahwa metode SVM memberikan hasil yang baik dalam studi kasus masing-masing. Pada penelitian analisis sentimen dengan menggunakan algoritma NB [13] menunjukkan performa yang baik juga dapat memberikan hasil yang

optimal. Sedangkan pada penelitian perbandingan algoritma NB dan KNN [6] ke duanya menunjukkan hasil klasifikasi yang cukup besar dengan selisih yang sedikit, Dimana NB dengan akurasi 81,7% dan untuk KNN dengan akurasi 80,4%. Pada penelitian lain, membandingkan efektifitas algoritma dengan menggunakan model sentimen seperti Inset Lexicon dalam penentuan label datanya [14], [15].

Untuk mengevaluasi performa masing-masing faktor dalam konteks analisis sentimen terhadap opini perkembangan AI, perbandingan semua faktor tersebut diperlukan. Dengan melakukan perbandingan ini, dapat diketahui algoritma manakah yang paling efektif dalam mengelolah data opini X mengenai perkembangan AI. Hasil dari perbandingan ketiga algoritma ini tidak hanya membantu dalam memahami pandangan publik terhadap perkembangan AI tetapi juga memberikan dasar untuk perkembangan system analisis sentimen yang lebih baik kedepannya.

Metode

Penelitian ini dilakukan dengan secara bertahap, dimulai dari pengumpulan data, *preparation*, *labeling*, dan penerapan algoritma *machine learning* pada analisis sentimen pengguna X terhadap topik perkembangan AI. Pada Gambar 1 menunjukkan tahapan metode.



Gambar 1. Tahapan Metode

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan menggunakan teknik *crawling* data *X* dengan *library tweet-harvest* (https://helmisatria.com/blog/crawl-data-twitter-menggunakan-tweet-harvest/) [16]. Data sebanyak 5044 *tweet* dari bulan November 2023 s/d Juni 2024 berhasil dikumpulkan dengan *keyword* yang digunakan adalah "perkembangan *Artificial Intelligence* (AI)", "inovasi AI", "manfaat AI", dan "tren AI". Seluruh data X diunduh dan disimpan dalam dokumen .csv. Seluruh proses dilakukan dengan mengggunakan bahasa pemrograman *Python* dan *jupyterlab* sebagai *interface notebook*.

B. Preprocessing

Preprocessing merupakah tahapan yang penting dilakukan dalam proses analisis sentimen yang bertujuan untuk mengatasi data yang kurang sempurna, memperbaiki data yang tidak konsisten dan mengelolah data yang masih mentah menjadi data bersih yang siap untuk dianalisis.

1. *Case Folding*, merupakan proses dimana semua huruf dalam teks pada dataset diubah menjadi bentuk standar, yaitu huruf kecil (*lowercase*) untuk konsistensi.
2. *Tokenizing*, merupakan tahap yang dilakukan untuk memecah sebuah kalimat menjadi potongan-potongan kata (*token*) yang menjadi penyusun kalimat. Sebagai contoh "perkembangan AI sangat melesat", setelah di tokenisasi akan menjadi "perkembangan", "Ai", "sangat", "melesat".
3. *Normalization,* merupakan proses dimana memperbaiki kesalahan yang terdapat pada kata seperti ejaan yang salah ataupun penggunaan kata *slang* agar kata dapat kembali menjadi kata yang sebenarnya sesuai dengan EYD. Dalam tahapan ini perbaikan kata akan dilakukan dengan menggunakan kamus bahasa tambahan yang telah disiapkan sebelumnya.
4. *Stemming,* merupakan proses untuk mengubah kata-kata atau menyeragamkan kata yang ada pada dataset menjadi bentuk kata dasar yang akan lebih mengandung sebuah arti atau kembali menjadi kata baku.

5. *Filtering,* merupakan proses penghapusan kata-kata yang tidak relevan dengan melakukan penghapusan kata kunci yang sering muncul dan dianggap tidak memberikan kontribusi signifikan yang sekiranya dapat membuat hasil analisis menjadi lebih akurat.

C. Labeling

Pada tahap *labeling* setiap data akan diberikan label atau kelas berdasarkan karakteristik dari kalimat yang terdapat pada dataset. Tahap pelabelan dilakukan dengan menggunakan *InSet Lexicon*, dimana dataset yang telah melalui tahap *preprocessing* akan ditentukan kelas positive, negative, dan neutral berdasarkan pada nilai *polarity score* yang terdapat pada *lexicon InSet*. Proses pelabelan ini menggunakan kamus *Inset* dari laman github (https://github.com/fajri91/InSet) [17].

D. Feature Engineering

Pada tahapan *Feature Engineering*, dilakukan proses pemisahan kolom fitur dan target, dilanjutkan dengan tahapan penerapan TF-IDF untuk mengkonversi teks menjadi representasi numerik yang dapat digunakan dalam model machine learning, dan kemudian tahapan memilih kata-kata atau frasa yang paling relevan dalam menentukan sentimen suatu teks dengan menggunakan teknik *Feature Selection (Chi Square)*. Kedua tahapan tersebut akan sangat membantu dalam meningkatkan kualitas data teks dan akurasi model sentimen analisis.

E. Pembagian Data

Data yang telah melewati proses *Feature Engineering* akan dibagi menjadi 2, yaitu data latih dan data uji. Pembagian data dilakukan dengan 80% untuk data latih (*training set*) dan 20% untuk data uji (*testing set*).

F. Klasifikasi dan Evaluasi

Data yang telah melalui tahap *feature engineering* dan pembagian data, selanjutnya masuk ke tahap klasifikasi dengan menerapkan tiga algoritma *machine learning* yaitu *naïve bayes*, SVM, dan KNN. *Naïve bayes* menerapkan asumsi bahwa fitur-fitur bersifat independen, yang menjadikannya lebih efektif dikarenakan memerlukan volume data yang lebih kecil namun tetap memberikan hasil yang baik. SVM bekerja dengan mencari *hyperplane* optimal yang memisahkan kelas-kelas dalam data, serta kemampuannya dalam menangani data dengan dimensi yang lebih tinggi dengan margin pemisah yang jelas. Di sisi lain, KNN melakukan klasifikasi berdasarkan data berdasarkan kedekatannya dengan data pelatihan yang telah dilabeli, sehingga KNN dapat memberikan hasil yang baik dalam melakukan analisis.

Pada tahap evaluasi akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *confusion matrix.* Confusion *matrix* merupakan metode prediksi perhitungan matrix pada akurasi data mining. Dengan menggunakan metode ini dapat memungkinkan untuk melihat seberapa efektif model dalam mengklasifikasi sentimen.

Tabel 1. *Confusion Matrix*

	Prediksi Negative	**Prediksi Neutral**	**Prediksi Positive**
Actual Negative	TN	FN	FN
Actual Neutral	FP	TN_N	FN
Actual Positive	FP	FP	TP

Pada Tabel 1, menjelaskan mengenai hasil nilai klasifikasi dari metode *confusion matrix* yaitu *True Negative* (TN) adalah nilai negative yang diprediksi dengan benar. *True Neutral* (TN) adalah nilai neutral yang diprediksi dengan benar. *True Positive* (TP) adalah nilai positif yang diprediksi dengan benar. *False Negative* (FN) adalah nilai positif yang terprediksi secara negative. *False Positive* (FP) adalah nilai negative yang terprediksi secara positive. Berikut rumus perhitungan tersebut.

$$Accuracy = \frac{\text{TP+TN}}{\text{Jumlah Data}} \quad (1)$$

$$Precision = \frac{\text{TP}}{\text{TP+FP}} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{\text{TP}}{\text{TP+FN}} \quad (3)$$

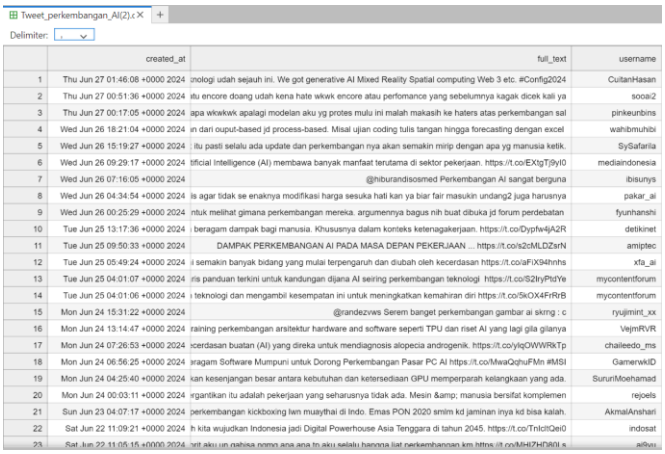
$$F1\text{-}Score = 2x \frac{Recall\ x\ Precision}{Recall + Precision} \quad (4)$$

Rumus diatas merupakan rumus perhitungan pada tahap evaluasi dengan menggunakan metode *confusion matrix.* Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan untuk mencari nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-Score*.

Perancangan

A. Tahap Pengumpulan Data

Pada Gambar 2 menunjukkan sebanyak 5044 *tweet* berhasil diambil menggunakan *tweet_harvest* dengan parameter *search_keyword* "Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI)" dari bulan November 2023 s/d Juni 2024. Kategori variabel yang akan diambil yaitu, *created_at*, *full_text* dan *username*. Saat melakukan tahapan *Preprocessing*, hanya akan menggunakan variabel *full_text* saja kemudian file akan disimpan kedalam format .csv seperti pada Gambar 2.



Tweet_perkembangan_AI(2).c

Delimiter: ,

	created_at	full_text	username
1	Thu Jun 27 01:46:08 +0000 2024	nologi udah sejauh ini. We got generative AI Mixed Reality Spatial computing Web 3 etc. #Config2024	CuitanHasan
2	Thu Jun 27 00:51:36 +0000 2024	itu encore doang udah kena hate wkwk encore atau perfomance yang sebelumnya kagak dicek kali ya	sooai2
3	Thu Jun 27 00:17:05 +0000 2024	apa wkwkwk apalagi modelan aku yg protes mulu ini malah makasih ke haters atas perkembangan sal	pinkeunbins
4	Wed Jun 26 18:21:04 +0000 2024	in dari ouput-based jd process-based. Misal ujian coding tulis tangan hingga forecasting dengan excel	wahibmuhibi
5	Wed Jun 26 15:19:27 +0000 2024	itu pasti selalu ada update dan perkembangan nya akan semakin mirip dengan apa yg manusia ketik.	SySafarila
6	Wed Jun 26 09:29:17 +0000 2024	tificial Intelligence (AI) membawa banyak manfaat terutama di sektor pekerjaan. https://t.co/EXtgTj9yI0	mediaindonesia
7	Wed Jun 26 07:16:05 +0000 2024	@hiburandisosmed Perkembangan AI sangat berguna	ibisunys
8	Wed Jun 26 04:34:54 +0000 2024	is agar tidak se enaknya modifikasi harga sesuka hati kan ya biar fair masukin undang2 juga harusnya	pakar_ai
9	Wed Jun 26 00:25:29 +0000 2024	ntuk melihat gimana perkembangan mereka. argumennya bagus nih buat dibuka jd forum perdebatan	fyunhanshi
10	Tue Jun 25 13:17:36 +0000 2024	beragam dampak bagi manusia. Khususnya dalam konteks ketenagakerjaan. https://t.co/Dypfw4jA2R	detikinet
11	Tue Jun 25 09:50:33 +0000 2024	DAMPAK PERKEMBANGAN AI PADA MASA DEPAN PEKERJAAN ... https://t.co/s2cMLDZsrN	amiptec
12	Tue Jun 25 05:49:24 +0000 2024	i semakin banyak bidang yang mulai terpengaruh dan diubah oleh kecerdasan https://t.co/aFiX94hnhs	xfa_ai
13	Tue Jun 25 04:01:07 +0000 2024	ris panduan terkini untuk kandungan dijana AI seiring perkembangan teknologi https://t.co/S2IryPtdYe	mycontentforum
14	Tue Jun 25 04:01:06 +0000 2024	teknologi dan mengambil kesempatan ini untuk meningkatkan kemahiran diri https://t.co/5kOX4FrRrB	mycontentforum
15	Mon Jun 24 15:31:22 +0000 2024	@randezvws Serem banget perkembangan gambar ai skrng : c	ryujimint_xx
16	Mon Jun 24 13:14:47 +0000 2024	raining perkembangan arsitektur hardware and software seperti TPU dan riset AI yang lagi gila gilanya	VejmRVR
17	Mon Jun 24 07:26:53 +0000 2024	cerdasan buatan (AI) yang direka untuk mendiagnosis alopecia androgenik. https://t.co/yIqOWWRkTp	chaileedo_ms
18	Mon Jun 24 06:56:25 +0000 2024	ragam Software Mumpuni untuk Dorong Perkembangan Pasar PC AI https://t.co/MwaQqhuFMn #MSI	GamerwkID
19	Mon Jun 24 04:25:40 +0000 2024	kan kesenjangan besar antara kebutuhan dan ketersediaan GPU memperparah kelangkaan yang ada.	SururiMoehamad
20	Mon Jun 24 00:03:11 +0000 2024	rgantikan itu adalah pekerjaan yang seharusnya tidak ada. Mesin & manusia bersifat komplemen	rejoels
21	Sun Jun 23 04:07:17 +0000 2024	perkembangan kickboxing lwn muaythai di Indo. Emas PON 2020 smim kd jaminan inya kd bisa kalah.	AkmalAnshari
22	Sat Jun 22 11:09:21 +0000 2024	h kita wujudkan Indonesia jadi Digital Powerhouse Asia Tenggara di tahun 2045. https://t.co/TnlcItQel0	indosat
23	Sat Jun 22 11:05:15 +0000 2024	rit aku un pahisa nama ana ana tp aku selalu hangga liat perkembangan km https://t.co/MHfZHD8l0 s	ai9su

Gambar 2. *Dataset* Hasil *Crawling*

B. Tahap *Preprocessing*

1. *Case Folding*

Pada Tabel 2 menunjukkan proses mengubah seluruh karakter pada dataset menjadi huruf kecil (*lower case*).

Tabel 2. Hasil Case Folding

Sebelum	Sesudah
@nikkei menganalisis 90.000 gambar dari 3 situs web berbagi gambar untuk melihat bagaimana perkembangan kecerdasan buatan (AI) mengancam industri anime Jepang. Tim menemukan ribuan gambar AI yang mirip dengan gambar anime asli. https://t.co/EVgu09lGt4	@nikkei menganalisis 90.000 gambar dari 3 situs web berbagi gambar untuk melihat bagaimana perkembangan kecerdasan buatan (ai) mengancam industri anime jepang. tim menemukan ribuan gambar ai yang mirip dengan gambar anime asli. https://t.co/evgu09lgt4

2. *Tokenizing*

Proses *tokenizing* dilakukan dengan pemisahan teks menjadi potongan-potongan token untuk kemudian di analisis. Tahapan ini melakukan proses pembersihan data yang lakukan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Tokenizing

Sebelum	Sesudah
@nikkei menganalisis 90.000 gambar dari 3 situs web berbagi gambar untuk melihat bagaimana perkembangan kecerdasan buatan (ai) mengancam industri anime jepang. tim menemukan ribuan gambar ai yang mirip dengan gambar anime asli. https://t.co/evgu09lgt4	['menganalisis', 'gambar', 'dari', 'situs', 'web', 'berbagi', 'gambar', 'untuk', 'melihat', 'bagaimana', 'perkembangan', 'kecerdasan', 'buatan', 'ai', 'mengancam', 'industri', 'anime', 'jepang', 'tim', 'menemukan', 'ribuan', 'gambar', 'ai', 'yang', 'mirip', 'dengan', 'gambar', 'anime', 'asli']

3. *Normalization*

Proses normalisasi dilakukan untuk perbaikan kata dengan menggunakan kamus bahasa tambahan yang telah disiapkan. Pada Tabel 4 dilakukan tahapan normalisasi data.

Tabel 4. Hasil Normalisasi

Sebelum	Sesudah
['menganalisis', 'gambar', 'dari', 'situs', 'web', 'berbagi', 'gambar', 'untuk', 'melihat', 'bagaimana', 'perkembangan', 'kecerdasan', 'buatan', 'ai', 'mengancam', 'industri', 'anime', 'jepang', 'tim', 'menemukan', 'ribuan', 'gambar', 'ai', 'yang', 'mirip', 'dengan', 'gambar', 'anime', 'asli']	['menganalisis', 'gambar', 'dari', 'situs', 'web', 'berbagi', 'gambar', 'untuk', 'melihat', 'bagaimana', 'perkembangan', 'kecerdasan', 'buatan', 'ai', 'mengancam', 'industri', 'anime', 'jepang', 'tim', 'menemukan', 'ribuan', 'gambar', 'ai', 'yang', 'mirip', 'dengan', 'gambar', 'anime', 'asli']

4. *Stemming*

Pada tahapan ini menggunakan teknik pemrosesan bahasa alami yang dapat mengurangi kata-kata ke bentuk dasarnya atau akar katanya. Proses *stemming* ini menggunakan *library* Sastrawi yang memungkinkan untuk mereduksi kata-kata dalam bahasa Indonesia seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil *Stemming*

Sebelum	Sesudah
['menganalisis', 'gambar', 'dari', 'situs', 'web', 'berbagi', 'gambar', 'untuk', 'melihat', 'bagaimana', 'perkembangan', 'kecerdasan', 'buatan', 'ai', 'mengancam', 'industri', 'anime', 'jepang', 'tim', 'menemukan', 'ribuan', 'gambar', 'ai', 'yang', 'mirip', 'dengan', 'gambar', 'anime', 'asli']	['analis', 'gambar', 'dari', 'situs', 'web', 'bagi', 'gambar', 'untuk', 'lihat', 'bagaimana', 'kembang', 'cerdas', 'buat', 'ai', 'ancam', 'industri', 'anime', 'jepang', 'tim', 'temu', 'ribu', 'gambar', 'ai', 'yang', 'mirip', 'dengan', 'gambar', 'anime', 'asli']

5. *Filtering*

Proses *filtering* ini menggunakan *stopwords*, dimana menghapus kata umum yang biasanya muncul dalam jumlah besar dan dianggap tidak memiliki makna yang dilakukan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil *Filtering*

Sebelum	Sesudah
['analis', 'gambar', 'dari', 'situs', 'web', 'bagi', 'gambar', 'untuk', 'lihat', 'bagaimana', 'kembang', 'cerdas', 'buat', 'ai', 'ancam', 'industri', 'anime', 'jepang', 'tim', 'temu', 'ribu', 'gambar', 'ai', 'yang', 'mirip', 'dengan', 'gambar', 'anime', 'asli']	['analis', 'gambar', 'situs', 'web', 'gambar', 'lihat', 'kembang', 'cerdas', 'ai', 'ancam', 'industri', 'anime', 'jepang', 'tim', 'temu', 'ribu', 'gambar', 'ai', 'gambar', 'anime', 'asli']

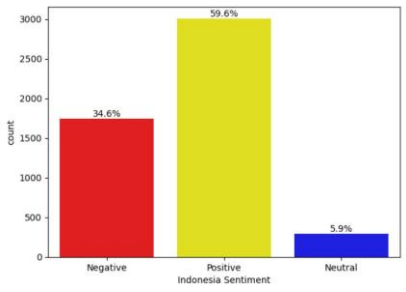
C. Tahap Pelabelan

Tahapan pelabelan dilakukan menggunakan *InSet Lexicon* dimana dihitung berdasarkan pada nilai *polarity score* dan telah disiapkan daftar kata *lexicon* yaitu positive dan negative di dua file berbeda. Didapatkan bahwa dari 5044 data terdapat sentimen positive=3004 data, negative=1744 data, dan neutral=296 data. Pada Gambar 3, menunjukkan hasil dari proses pelabelan.

	Text Filtering	Polarity Score	Indonesia Sentiment
0	[komersial, kayak, nostalgia, teknologi, jaman...	-11	Negative
1	[okey, kritik, vokal, muncul, thats, okey, lih...	-14	Negative
2	[pikir, fansnya, ngritik, salma, model, protes...	3	Positive
3	[ai, didik, bagus, genjot, kembang, riset, ind...	4	Positive
4	[unpopular, opinion, pikir, ai, generated, tex...	7	Positive
...	...	...	...
5039	[they, want, illustrator, melek, ai, as, kemba...	1	Positive
5040	[bee, wkwkw, pokok, teh, lomba, doodle, media,...	4	Positive
5041	[berita, putar, ai, openai, microsoft, laku, b...	5	Positive
5042	[siswa, salah, negeri, kota, jogja, wawancara,...	-1	Negative
5043	[cepat, kembang, ai, sulit, iring, atur, sisi,...	6	Positive

5044 rows × 3 columns

(a)



(b)

Gambar 3. (a) Hasil Pelabelan dan (b) Presentase Label Positif, Negatif, dan Neutral

Pemodelan

A. *Feature Engineering*

Tahapan ini dilakukan dengan 2 proses yaitu, proses penerapan TF-IDF dan tahapan *Feature Selection (Chi Square)*. Pada tahapan penerapan *Term Frequency-Inverse Document Frequency* (TF-IDF) digunakan untuk mengkonversi data *tweet* menjadi representasi numerik yang lebih berarti dan relevan yang dilakukan menggunakan fungsi *TfidfVectorizer()* pada *library sklearn* dengan *ngram_range*=(1, 2) yang ditunjukkan pada Gambar 4. Selanjutnya, dilakukan tahap memilih kata-kata atau frasa yang paling relevan dengan menggunakan teknik *Feature Selection (Chi Square)* yang dilakukan menggunakan fungsi *chi2()* pada *library sklearn* dimana hasilnya di tampilkan pada Gambar 5.

	abad	abad didik	abadi	abadi pakai	abal	abal langsung	abang	abang lihat	abang malas	abd	...	zona	zona ekonomi	zona nyaman	zone	zone pegawai	zoom	zoom materi	zoom turun	zuckerberg	zuckerberg elon
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1141	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1142	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1143	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1144	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1145	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

1146 rows × 16533 columns

Gambar 4. Vektor TF-IDF

	abiss beliin	acara aliih	acara pakai	adaptasi	adaptasi kendara	adil	adopsi	adopsi motor	adu	adu urat	...	yuk	yuk alih	yuk ganti	yuk indonesia	yuk pakai	yuk superfriends	yuk yuk	zaman mobil	zero emisi	zero emission
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3577	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3578	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3579	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3580	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3581	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

3582 rows × 5000 columns

Gambar 5. *Feature Selection* (*Chi Square*)

B. Pembagian Data

Dataset yang telah didapatkan dan telah melaui proses *preprocessing* serta *labeling*, selanjutnya dataset dibagi menjadi data latih dan data uji dengan 80:20.

C. Klasifikasi dan Evaluasi

Pada tahap ini dilakukan klasifikasi dan pengujian pada setiap model algoritma yang telah dipilih yaitu, *Naïve Bayes*, *Support Vector Machine*, dan *K-Nearest Neighbors* dengan pembagian data latih dan uji 80:20.

1. *Naïve Bayes*

Pada Tabel 8, Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan model menggunakan algoritma NB dengan *library MultinomialNB*() didapatkan hasil *accuracy* = 91%, *precision* = 94%, *recall* = 88%, dan *f1-score* = 90%. Pada Gambar 6 terdapat *pie chart* yang menunujukkan bahwa 65,8% hasil sentimen adalah positive.

Tabel 7. Evaluasi *Naive Bayes*

	Prediksi 0	**Prediksi 1**	**Prediksi 2**
Actual 0	275	0	66
Actual 1	3	55	7
Actual 2	10	2	591

a. *Accuracy*

$$Accuracy = \frac{591 + 55 + 1275}{1009}$$

$$= 0{,}9127 \approx 91\%$$

b. *Precision*

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}$$

$$\text{Label 0} = \frac{275}{275+3+10} = \frac{275}{288} = 0{,}9548$$

$$\text{Label 1} = \frac{55}{55+0+2} = \frac{55}{57} = 0{,}9649$$

$$\text{Label 2} = \frac{591}{591+66+7} = \frac{591}{664} = 0{,}89$$

$$Precision = \frac{Precision\ 0+Precision1+Precision2}{Jumlah\ Label}$$

$$Average\ Precision = \frac{0{,}9548+0{,}9649+0{,}89}{3} = 0{,}94$$

c. *Recall*

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN}$$

$$\text{Label 0} = \frac{275}{275+0+66} = \frac{275}{341} = 0{,}0{,}81$$

$$\text{Label 1} = \frac{55}{55+3+7} = \frac{55}{65} = 0{,}85$$

$$\text{Label 2} = \frac{591}{591+10+2} = \frac{591}{603} = 0{,}98$$

$$Recall = \frac{Precision\ 0+Precision1+Precision2}{Jumlah\ Label}$$

$$Average\ Recall = \frac{0{,}81+0{,}85+0{,}98}{3} = 0{,}88$$

d. *F1- Score*

$$F1\text{-}Score = 2\ x\ \frac{Precision\ x\ Recall}{Precision+\ Recall}$$

$$\text{Label 0} = 2\ x\ \frac{0{,}9548\ x\ 0{,}81}{0{,}9548+\ 0{,}81} = 0{,}8762$$

$$\text{Label 1} = 2\ x\ \frac{0{,}9649\ x\ 0{,}85}{0{,}9649+\ 0{,}85} = 0{,}90$$

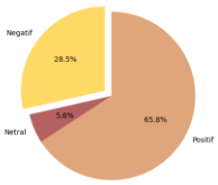
$$\text{Label 2} = 2\ x\ \frac{0{,}89\ x\ 0{,}98}{0{,}89\ +\ 0{,}98} = 0{,}9328$$

$$F1\text{-}Score = \frac{F1-Score0+F1-Score1+F1-Score2}{Jumlah\ Label}$$

$$Average\ F1\text{-}Score = \frac{0{,}8762+0{,}90+0{,}9328}{3} = 0{,}903$$

Classification report:

	precision	recall	f1-score	support
Negatif	0.95	0.81	0.87	341
Netral	0.96	0.85	0.90	65
Positif	0.89	0.98	0.93	603
accuracy			0.91	1009
macro avg	0.94	0.88	0.90	1009
weighted avg	0.92	0.91	0.91	1009



Gambar 6. Output Classification Report Naïve Bayes

2. *Support Vector Machine* (SVM)

Pada Tabel 9, Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan model menggunakan algoritma SVM dengan *library SVC*() *kernel* = *rbf*, C = 100, *gamma* = '*scale*' didapatkan hasil *accuracy* = 93%, *precision* = 95%, *recall* = 84%, dan *f1-score* = 88%. Penentuan *kernel*, C, dan *gamma* merupakan hasil pengujian parameter dengan *GridSearch*. Pada Gambar 7 terdapat *pie chart* yang menunujukkan bahwa sentimen neutral hanya sebesar 4%.

Tabel 8. Evaluasi SVM

	Prediksi 0	**Prediksi 1**	**Prediksi 2**
Actual 0	316		25
Actual 1	25	40	0
Actual 2	19	0	584

a. *Accuracy*

$$Accuracy = \frac{TP + TN_N + TN}{Jumlah\ Data}$$

$$= \frac{584 + 40 + 316}{1009}$$

$$= 0{,}9316 \approx 93\%$$

b. *Precision*

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}$$

$$\text{Label 0} = \frac{316}{316+25+19} = \frac{316}{360} = 0{,}88$$

$$\text{Label 1} = \frac{40}{40+0+0} = \frac{1}{2} = 1$$

$$\text{Label 2} = \frac{584}{584+25+0} = \frac{584}{609} = 0{,}96$$

$$Precision = \frac{Precision\ 0 + Precision 1 + Precision 2}{Jumlah\ Label}$$

$$Average\ Precision = \frac{0{,}88+1+0{,}96}{3} = 0{,}95$$

c. *Recall*

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN}$$

$$\text{Label 0} = \frac{316}{316+0+25} = \frac{316}{341} = 0{,}93$$

$$\text{Label 1} = \frac{40}{40+25+0} = \frac{40}{65} = 0{,}62$$

$$\text{Label 2} = \frac{584}{584+19+0} = \frac{584}{603} = 0{,}97$$

$$Recall = \frac{Precision\ 0 + Precision 1 + Precision 2}{Jumlah\ Label}$$

$$Average\ Recall = \frac{0{,}93+0{,}62+0{,}97}{3} = 0{,}84$$

d. *F1- Score*

$$F1\text{-}Score = 2\ x\ \frac{Precision\ x\ Recall}{Precision + Recall}$$

$$\text{Label 0} = 2\ x\ \frac{0{,}88\ x\ 0{,}93}{0{,}88 + 0{,}93} = 0{,}9043$$

$$\text{Label 1} = 2\ x\ \frac{1\ x\ 0{,}62}{1 + 0{,}62} = 0{,}7654$$

$$\text{Label 2} = 2\ x\ \frac{0{,}96\ x\ 0{,}97}{0{,}96 + 0{,}97} = 0{,}9649$$

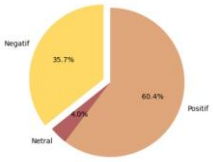
$$F1\text{-}Score = \frac{F1-Score0 + F1-Score1 + F1-Score2}{Jumlah\ Label}$$

$$Average\ F1\text{-}Score = \frac{0{,}9043+0{,}7654+0{,}9649}{3} = 0{,}88$$

```
Classification report:
              precision    recall  f1-score   support

     Negatif       0.88      0.93      0.90       341
     Netral        1.00      0.62      0.76        65
     Positif       0.96      0.97      0.96       603

    accuracy                           0.93      1009
   macro avg       0.95      0.84      0.88      1009
weighted avg       0.93      0.93      0.93      1009
```



Gambar 7. Output Classification Report SVM

3. *K-Nearest Neighbors* (KNN)

Pada Tabel 10, Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan model menggunakan algoritma SVM dengan *library KneighborsClassifier()* dihasilkan nilai *accuracy* = 81%, *precision* = 89%, *recall* = 97%, dan *f1-score* = 71%. Pada Gambar 8 terdapat *pie chart* yang menunujukkan bahwa 74,1% hasil sentimen adalah positive.

Tabel 9. Evaluasi KNN

	Prediksi 0	**Prediksi 1**	**Prediksi 2**
Actual 0	209	0	132
Actual 1	12	24	29
Actual 2	16	0	587

a. *Accuracy*

$$Accuracy = \frac{587+ 24+209}{1009}$$

$$= 0{,}8126 \approx 81\%$$

b. *Precision*

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}$$

$$\text{Label 0} = \frac{209}{209+12+16} = \frac{209}{237} = 0{,}8818$$

$$\text{Label 1} = \frac{24}{24+0+0} = \frac{24}{24} = 1$$

$$\text{Label 2} = \frac{587}{587+132+29} = \frac{587}{748} = 0{,}7847$$

$$Precision = \frac{Precision\ 0+Precision1+Precision2}{Jumlah\ Label}$$

$$Average\ Precision = \frac{0{,}8818+1+0{,}7847}{3} = 0{,}89$$

c. *Recall*

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN}$$

$$\text{Label 0} = \frac{209}{209+0+132} = \frac{209}{341} = 0{,}6129$$

$$\text{Label 1} = \frac{24}{24+12+29} = \frac{24}{65} = 0{,}37$$

$$\text{Label 2} = \frac{587}{587+16+0} = \frac{587}{603} = 0{,}9734$$

$$Recall = \frac{Precision\ 0+Precision1+Precision2}{Jumlah\ Label}$$

$$Average\ Recall = \frac{0{,}6129+0{,}37+0{,}9734}{3} = 0{,}6521$$

d. *F1- Score*

$$F1\text{-}Score = 2\ x\ \frac{Precision\ x\ Recall}{Precision+\ Recall}$$

$$\text{Label 0} = 2\ x\ \frac{0{,}8818\ x\ 0{,}6129}{0{,}8818+\ 0{,}6129} = 0{,}7233$$

$$\text{Label 1} = 2\ x\ \frac{1\ x\ 0{,}37}{1+\ 0{,}37} = 0{,}54$$

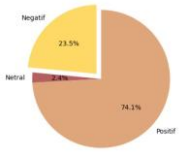
$$\text{Label 2} = 2\ x\ \frac{0{,}7847\ x\ 0{,}9734}{0{,}7847+\ 0{,}9734} = 0{,}87$$

$$\textit{F1-Score} = 2\ x\ \frac{F1-Score0+F1-Score1+F1-Score2}{Jumlah\ Label}$$

$$\textit{Average F1-Score} = \frac{0{,}7233+0{,}54+0{,}87}{3} = 0{,}7111$$

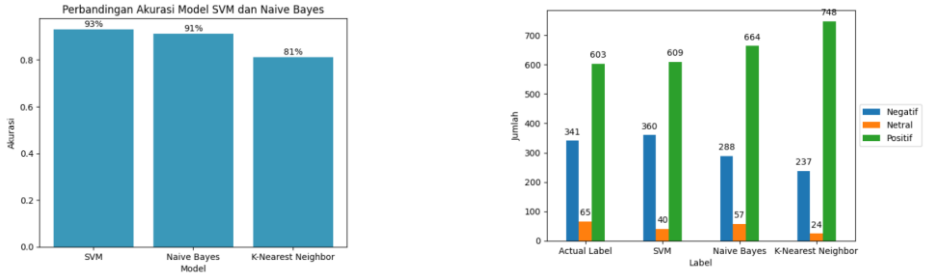
Classification report:

	precision	recall	f1-score	support
Negatif	0.88	0.61	0.72	341
Netral	1.00	0.37	0.54	65
Positif	0.78	0.97	0.87	603
accuracy			0.81	1009
macro avg	0.89	0.65	0.71	1009
weighted avg	0.83	0.81	0.80	1009



Gambar 8. Output Classification Report KNN

4. Hasil Perbandingan Algoritma *Machine Learning*



(a) (b)

Gambar 9. (a) Perbandingan Akurasi Model Algoritma dan (b) Perbandingan Actual Label, SVM, NB, dan KNN

Pada Gambar 9 diketahui hasil akurasi tertinggi yang didapatkan pada klasifikasi data *tweet* mengenai perkembangan AI adalah pada model algoritma SVM dengan hasil *accuracy* sebesar 93%, diikuti oleh model algoritma NB sebesar 91% dan yang terakhir adalah model algoritma KNN sebesar 81%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua model algoritma memiliki kecendrungan dalam memprediksi label positive dari pada label lainnya. Hal ini di karenakan mungkin adanya kesalahan dalam klasifikasi data berlabel neutral. Penyebab utamanya adalah ketidakadaan kamus kata pada lexicon pada pelabelan netral. Kalimat dengan sentimen netral cenderung memiliki variasi kata yang lebih beragam dan kurang mengandung kata-kata khas sehingga sulit diidentifikasi.

Kesimpulan

Analisis data sentimen dari pengguna X mengenai perkembangan AI, yang dikumpulkan antara November 2023 dan Juni 2024, melibatkan 5044 data yang diproses menggunakan *Inset Lexicon*. Dari data tersebut, diperoleh 3004 sentimen positif, 1744 negatif, dan 296 netral. Analisis dengan algoritma machine learning menunjukkan bahwa *Support Vector Machine* (SVM) adalah yang paling efektif dalam melakukan analisis sentimen, dengan akurasi 93% dan distribusi sentimen 60,4% positif, 35,7% negatif, dan 4,0% netral. *Naive Bayes* (NB) memiliki akurasi 91% dengan distribusi sentimen 65,8% positif, 28,5% negatif, dan 5,6% netral, sedangkan *K-Nearest Neighbors* (KNN) menunjukkan akurasi 81% dengan dominasi sentimen positif yang sangat tinggi (74,1%), serta sentimen negatif 23,5% dan netral 2,4%. Kesimpulan dari analisis ini menunjukkan bahwa pengguna X umumnya menerima perkembangan AI dengan antusiasme tinggi, seperti yang tercermin dari dominasi sentimen positif. Namun, hasil KNN yang menunjukkan sentimen positif yang sangat tinggi mungkin menunjukkan adanya bias dalam data atau model yang kurang akurat dalam mengidentifikasi sentimen negatif dan netral. Secara keseluruhan, meskipun ada respon positif yang kuat terhadap inovasi AI,

penting untuk melakukan analisis lebih lanjut guna memastikan akurasi dan mengatasi potensi bias, agar dampak dari teknologi AI dapat dipahami secara lebih menyeluruh dan seimbang.

Daftar Pustaka

[1] M. H. Kurniawan, H. Handiyani, T. Nuraini, and R. T. S. Hariyati, "Artificial Intelligence (AI) in Nursing Services: A Literature Review," *Faletehan Health Journal*, vol. 10, no. 01, pp. 77–84, Apr. 2023, doi: 10.33746/fhj.v10i01.556.

[2] R. Rasyid, Y. Salim, and R. Ramdaniah, "Sistem Informasi Pemetaan Kebutuhan Tenaga Kerja Guru Berbasis Web Menggunakan Metode K-Means," *Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam*, vol. 4, no. 1, pp. 59–71, 2023, doi: 10.33096/busiti.v4i1.1582.

[3] N. Anizah, Y. Salim, and L. B. Ilmawan, "Analisis Sentimen Terhadap Event Big Sale 11.11 Shopee di Media Sosial Instagram menggunakan Metode Naïve Bayes," *Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam*, vol. 4, no. 1, pp. 25–34, 2023, doi: 10.33096/busiti.v4i1.1309.

[4] D. Cahyo Ramadhan and F. Irwiensyah, "Analisis Sentimen Pengguna Terhadap Aplikasi Bing Chat di Google Play Store dengan Metode Naïve Bayes," *Media Online*, vol. 4, no. 5, pp. 2410–2418, 2024, doi: 10.30865/klik.v4i5.1769.

[5] B. Purbayanto and T. N. Suharsono, "Analisis Sentimen Pengguna X terhadap Chatgpt dengan Algoritme Naive Bayes," *Jurnal Telematika*, vol. 18, no. 2, pp. 63–71, 2024, doi: 10.61769/telematika.v18i2.614.

[6] M. N. Dewi and R. E. Putra, "Pengembangan Sistem Analisis Sentimen Masyarakat Terhadap Chatgpt Pada Twitter Dengan Perbandingan Metode Naive Bayes Classifier Dan K-Nearest Neighbors," *Journal of Informatics and Computer Science*, vol. 5, no. 3, pp. 344–357, 2023.

[7] A. Saepudin, R. Aryanti, E. Fitriani, R. Royadi, and D. Ardiansyah, "Analisis Sentimen Pemanfaatan Artificial Intelligence di Dunia Pendidikan Menggunakan SVM Berbasis Particle Swarm Optimization," *Computer Science (CO-SCIENCE)*, vol. 4, no. 1, pp. 71–79, 2024, doi: 10.31294/coscience.v4i1.2921.

[8] A. D. Pratama and H. Hendry, "Analisa Sentimen Masyarakat Terhadap Penggunaan Chatgpt Menggunakan Metode Support Vector Machine (Svm)," *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 9, no. 1, pp. 327–338, 2024, doi: 10.29100/jipi.v9i1.4285.

[9] A. S. Pamungkas and N. Cahyono, "Analisis Sentimen Review ChatGPT di Play Store menggunakan Support Vector Machine dan K-Nearest Neighbor," *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2024, doi: 10.29408/edumatic.v8i1.24114.

[10] S. Ernawati and R. Wati, "Evaluasi Performa Kernel SVM dalam Analisis Sentimen Review Aplikasi ChatGPT Menggunakan Hyperparameter dan VADER Lexicon," *Jurnal Buana Informatika*, vol. 15, no. 1, pp. 40–49, 2024.

[11] D. Atmajaya, A. Febrianti, and H. Darwis, "Metode SVM dan Naive Bayes Untuk Analisis Sentimen ChatGPT di Twitter," *Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 12, pp. 2173–2181, 2023.

[12] F. Syafira, *Analisis Sentimen Dampak Perkembangan Aritificial (AI) Pada Media Sosial Twitter Menggunakan Metode Support Vector Machine dan Lexicon Based*, vol. 1, no. 1. 2023.

[13] Nurdin, L. Jama, T. Z. Magnus, R. Priskila, and V. H. Pranatawijaya, "Analisis Sentimen Dampak Artificial Intelligence (AI) Untuk Pendidikan Pada X Menggunakan Naïve Bayes," *JURNAL INFORMATIKA UPGRIS*, vol. 10, no. 1, pp. 15–29, 2024.

[14] M. K. Anam, T. A. Fitri, A. Agustin, L. Lusiana, M. B. Firdaus, and A. T. Nurhuda, "Sentiment Analysis for Online Learning using The Lexicon-Based Method and The Support Vector Machine Algorithm," *ILKOM Jurnal Ilmiah*, vol. 15, no. 2, pp. 290–302, Aug. 2023, doi: 10.33096/ilkom.v15i2.1590.290-302.

[15] S. A. Putra and A. Wijaya, "Analisis Sentimen Artificial Intelligence (Ai) Pada Media Sosial Twitter Menggunakan Metode Lexicon Based," *JuSiTik : Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Komunikasi*, vol. 7, no. 1, pp. 21–28, 2023, doi: 10.32524/jusitik.v7i1.1042.

[16] Helmi Satria, "Crawl Data Twitter Menggunakan Tweet Harvest - Juli 2023." Accessed: Jul. 06, 2024. [Online]. Available: https://helmisatria.com/blog/crawl-data-twitter-menggunakan-tweet-harvest/

[17] F. Koto and G. Y. Rahmaningtyas, "Inset lexicon: Evaluation of a word list for Indonesian sentiment analysis in microblogs," in *2017 International Conference on Asian Language Processing (IALP)*, IEEE, Dec. 2017, pp. 391–394. doi: 10.1109/IALP.2017.8300625.