

Klasifikasi Penyakit Stroke Menggunakan Metode *Naive Bayes Classification* Dan *Chi-Square Feature Selection*

Benedictus Benny Sihotang^{1*}, Yulison Herry Chrisnanto², Melina³

^{1,2,3}Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia

Jl. Terusan Jend. Sudirman, Cibeber, Kec. Cimahi Sel., Kota Cimahi, Jawa Barat, Indonesia

*Corresponding author e-mail : benedictusbennys20@if.unjani.ac.id

ABSTRAK

Penyakit stroke merupakan suatu penyakit yang dapat memutuskan suplai darah menuju otak. Menurut *World Health Organization* (WHO), stroke merupakan salah satu penyebab kematian tertinggi di dunia. Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan teknik klasifikasi untuk mendeteksi tingkat resiko terkena penyakit stroke. Klasifikasi merupakan teknik yang bertujuan untuk memperkirakan kelas dari suatu objek yang kelasnya masih tidak diketahui. Penelitian ini mengkombinasikan salah satu metode dari klasifikasi yaitu *Naive Bayes* dengan salah satu metode seleksi fitur yaitu *Chi-Square* untuk meningkatkan akurasi dari klasifikasi *Naive Bayes*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa seleksi fitur *Chi-Square* terbukti dapat meningkatkan akurasi pada klasifikasi *Naive Bayes* dalam klasifikasi penyakit stroke dengan pembagian data latih dan uji yaitu 75:25. Hasil akurasi meningkat dari 73,55% sebelum menggunakan metode seleksi fitur *Chi-Square* menjadi 74,94% setelah menggunakan metode seleksi fitur *Chi-Square*. Penelitian ini diharapkan dapat membuka wawasan baru terkait metode seleksi fitur *Chi-Square* dalam meningkatkan kinerja dari suatu metode klasifikasi khususnya dalam mendeteksi risiko penyakit stroke sebagai tindakan pencegahan dan penanganan risiko penyakit stroke.

Kata kunci : *Chi-Square*, klasifikasi,, *Naive Bayes*, Stroke.

ABSTRACT

Stroke is a disease that can cut off the blood supply to the brain. According to the World Health Organization (WHO), stroke is one of the highest causes of death in the world. This study aims to use classification techniques to detect the risk level of stroke. Classification is a technique that aims to estimate the class of an object whose class is unknown. This research combines one of the classification methods, Naive Bayes, with one of the feature selection methods, Chi-Square, to improve the accuracy of Naive Bayes classification. The results of this study show that Chi-Square feature selection is proven to improve the accuracy of Naive Bayes classification on stroke disease classification with a division of training data and test data of 75:25. The accuracy results increased from 73.55% before using the Chi-Square feature selection method to 74.94% after using the Chi-Square feature selection method. This research is expected to open new insights related to the Chi-Square feature selection method in improving the performance of a classification method, especially in detecting the risk of stroke disease as a preventive measure and handling the risk of stroke disease.

Keywords: *Chi-Square*, *Classification*, *Naive Bayes*, *Stroke*.

I. PENDAHULUAN

Stroke adalah salah satu penyakit yang diakibatkan karena putusnya suplai darah menuju otak atau terjadinya penyumbatan berupa gumpalan

darah. Baik di negara maju atau negara, Setelah penyakit jantung dan kanker, stroke adalah penyebab kematian dan kecacatan terbesar di dunia, masing-masing menduduki peringkat pertama dan ketiga [1]. *World Health Organization* (WHO) mencatat bahwa

penyakit stroke dapat menyebabkan kematian dengan persentase 70% [2]. Gejala utama yang dialami ketika menderita stroke adalah kecacatan baik itu sebagian dari jumlah anggota tubuh ataupun keseluruhan [3]. Hal tersebut dikarenakan stroke menyerang otak secara tiba-tiba dan cepat yang ditandai dengan terjadinya gangguan terhadap aliran darah yang terganggu karena pembuluh darah otak tersumbat atau pecah, menyebabkan sel otak kekurangan darah dan kekurangan zat yang dibawa darah seperti makanan dan oksigen, yang mengakibatkan kematian sel yang cepat, seperti membuat wajah, lengan, atau kaki menjadi lemah, atau membuat artikulasi bicara menjadi cacat atau sulit untuk berbicara [4]. Untuk mengurangi risiko penyakit stroke, diperlukan tindakan pencegahan yang cepat. [1]. Dengan kemajuan teknologi dan untuk membantu praktisi kesehatan membuat keputusan yang lebih baik, penyakit stroke harus diklasifikasikan [5].

Klasifikasi adalah proses menemukan suatu model data untuk menjelaskan atau membedakan ide dan kelas data, serta tujuan dari klasifikasi adalah untuk mengetahui kelas objek yang kelasnya belum diketahui [6]. Salah satu teknik klasifikasi data mining adalah *Naive Bayes*. Digunakan untuk memprediksi kemungkinan populasi kelas, klasifikasi *Naive Bayes* adalah metode statistik [7]. Karena *Naive Bayes* adalah metode klasifikasi yang paling sederhana di antara metode klasifikasi yang lain, ia dapat mengurangi kompleksitas komputasi menjadi multiplikasi probabilitas sederhana [8]. Klasifikasi *Naive Bayes* bisa dikatakan salah satu teknik klasifikasi yang memiliki tingkat akurasi tinggi adalah bisa dilihat pada penelitian [9] yang menghasilkan tingkat akurasi sebesar 92%. Dalam menunjang kinerja dari *Naive Bayes* dapat dilakukannya feature selection (pemilihan fitur) karena dengan melakukan feature selection dapat memberikan tingkat akurasi yang baik [10]. Untuk memilih fitur, fitur yang berlebihan dan tidak penting dihapus [11]. Salah satu contoh dari beberapa contoh tentang feature selection adalah Chi-Square Feature Selection yang merupakan uji numerik yang digunakan untuk mengukur penyimpangan dari distribusi yang diharapkan dengan mempertimbangkan kejadian fitur yang tidak bergantung pada nilai kelas [12].

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang mengkaji tentang klasifikasi pada suatu penyakit yang menggunakan metode klasifikasi *Naive Bayes*. Penelitian [13], melakukan klasifikasi penyakit jantung menghasilkan nilai akurasi diatas 80%, yang terdiri dari hasil ketepatan pada data training yang diklasifikasikan benar tidak mengidap penyakit jantung sebesar 83,81% dan yang diklasifikasikan benar mengidap penyakit jantung sebesar 83,21%. Pada data pengujian, pasien yang diklasifikasikan tidak memiliki penyakit jantung sebesar 87,50% dan

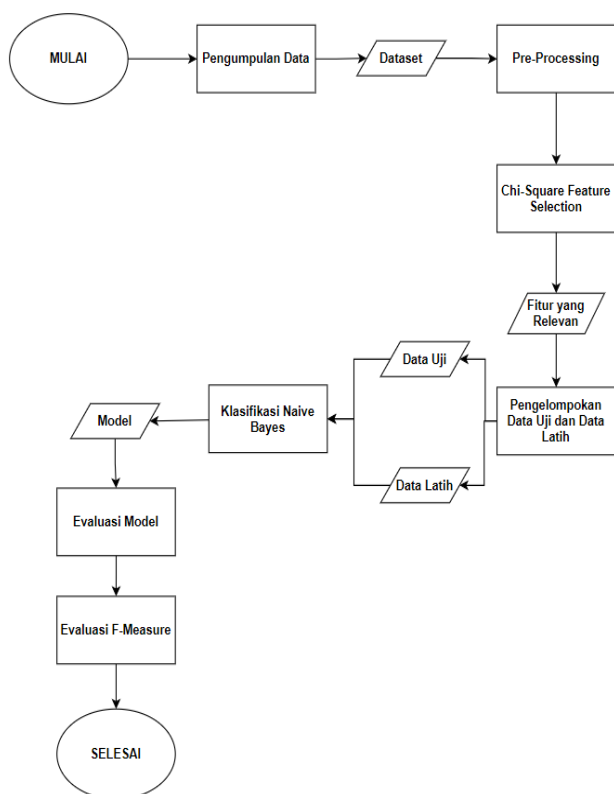
pasien yang diklasifikasikan benar memiliki penyakit jantung sebesar 83,78%. Hal yang sama berlaku untuk nilai AUC dari kedua data pengajaran dan pengujian, yang masing-masing mencapai 83,15% dan 85,24%. Selanjutnya penelitian [14] yang melakukan klasifikasi pada penyakit stroke yang berhasil menghasilkan nilai akurasi terbaik yaitu sebesar 80% apabila pembagian proporsi data sebesar 80:20. Penelitian tersebut melakukan berbagai jenis pembagian proporsi data, seperti 60:40, 70:30, 80:20, dan 90:10. Pembagian proporsi data yang berbeda-beda juga dapat menghasilkan akurasi yang berbeda, seperti pembagian data 60:40 menghasilkan akurasi sebesar 71,25%, pembagian data 70:30 menghasilkan akurasi sebesar 78,33%, pembagian data 80:20 menghasilkan akurasi sebesar 80%, dan pembagian data 90:10 menghasilkan akurasi sebesar 75%. Selain itu, terdapat beberapa penelitian yang menggunakan Chi-Square Feature Selection seperti pada penelitian [15] yang menggunakan SVM dengan seleksi fitur *Chi-Square* untuk mengklasifikasikan ulasan pengguna aplikasi Protect Care di Google Play. Hasilnya menunjukkan nilai akurasi sebesar 93%, recall sebesar 86%, ketepatan sebesar 98%, ketepatan sebesar 98%, dan skor f1-sebesar 92%. Hasil dari penelitian tersebut dapat didapatkan setelah melakukan pemberian nilai bobot di setiap kata menggunakan TF-IDF, dilakukannya seleksi fitur menggunakan Chi-Square, yang setelahnya membagi data dengan perbandingan 80%:20% dan yang terakhir dilakukan klasifikasi dengan SVM. Selanjutnya pada penelitian [16] yang melakukan analisis sentiment program TV digital menggunakan algoritma *Naive Bayes* dan menggunakan *Chi-Square*, yang menghasilkan nilai akurasi sebesar 96%, recall sebesar 100%, dan ketepatan sebesar 93%. Hasil penelitian didapat dari 191 data yang menunjukkan sentimen positif dan 185 data yang menunjukkan sentimen negatif setelah klasifikasi menggunakan *Naive Bayes* dan seleksi fitur *Chi-Square*. Penelitian tersebut melakukan split data dengan perbandingan 70:30 dengan hasil prediksi: dua belas data kelas negatif diprediksi dengan benar, satu data kelas negatif diprediksi positif, dan empat belas data kelas positif diprediksi dengan benar, tidak ada yang diprediksi sebagai kelas negatif.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu seperti pada penelitian [9], [13], [14] yang menunjukkan bahwa klasifikasi *Naive Bayes* adalah salah satu pendekatan yang paling efektif untuk klasifikasi karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi, serta seleksi fitur menggunakan *Chi-Square* pada penelitian [15], [16] yang terbukti berhasil meningkatkan kinerja sebuah klasifikasi pada klasifikasi sentimen. Meskipun demikian, terdapat kesenjangan penelitian menunjukkan bahwa masih kurangnya penelitian yang mengkaji tentang

penggunaan Chi-Square Feature Selection dalam proses klasifikasi data serta kecocokan karakteristik dari dataset yang harus bersifat kategorial yang digunakan oleh Chi-Square Feature Selection dan klasifikasi Naïve Bayes, sehingga fokus penelitian ini adalah penggunaan Chi-Square Feature Selection dalam meningkatkan akurasi pada Naïve Bayes Classification dalam mengklasifikasi penyakit stroke.

II. METODE

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan untuk mencapai tujuan sebuah sistem yang dapat melakukan pengklasifikasian penyakit stroke. Tahap pertama dilakukan pengumpulan data, tahap kedua dilakukan pre-processing dan seleksi fitur dengan menggunakan *Chi-Square*, tahap ketiga adalah memisahkan data menjadi data uji dan data latih, tahap keempat melakukan klasifikasi menggunakan *Naïve Bayes*, tahap keempat melakukan evaluasi model menggunakan evaluasi *F-Measure*. Untuk setiap tahapan penelitian tersebut data dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

A. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, tahap pertamanya adalah pengumpulan dataset penelitian. Dataset penelitian yang dimaksud disini adalah mengumpulkan data berkaitan dengan penyakit stroke. Untuk dataset yang dikumpulkan didapatkan dari Kaggle yang merupakan salah satu platform dataset online. Selain itu, hal penting yang perlu diamati adalah dataset yang dikumpulkan tersebut harus memiliki label

atau classnya, bisa berupa true (1) atau false (0). Hal ini dikarenakan metode yang akan digunakan adalah salah satu metode pembelajaran mesin yaitu Supervised Learning. Dikarenakan penelitian ini menggunakan metode Chi-Square Feature Selection, maka tentunya karakteristik data yang harus digunakan itu wajib nilai dari fiturnya bersifat kategorial agar dapat digunakan menggunakan metode terkait.

B. Pre-Processing

Tahap selanjutnya yang harus dilakukan adalah Pre-Processing. Pada tahap ini melakukan Pre-Processing data dengan menghilangkan nilai yang kurang relevan (*noise data*) serta mentransformasikan data menjadi format yang dapat digunakan untuk metode klasifikasi *Naive Bayes* dan seleksi fitur *Chi-Square*.

C. Feature Selection Chi-Square

Selanjutnya, hal yang perlu dilakukan adalah melakukan seleksi fitur (feature selection). Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah Chi-Square Feature Selection. Chi-square adalah algoritma yang dapat menghilangkan fitur yang tidak penting dan mengganggu [17]. Pada tahap ini akan dihasilkan fitur-fitur yang relevan yang nantinya akan dilakukan proses klasifikasi. Formula dari Chi-square adalah sebagai berikut.

$$X_c^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (1)$$

Dimana

c : derajat kebebasan

O_i : nilai yang diamati (s)

E_i : nilai yang diharapkan (s)

D. Split Data (Pengelompokan data uji dan data latih)

Tahap selanjutnya yang perlu dilaksanakan adalah melakukan pengelompokan data uji dan data latih dari dataset yang berhasil dikumpulkan sebelumnya. Maksud dari tahap ini adalah memisahkan dan mengelompokkan dataset menjadi kelompok data uji dan kelompok data latih dengan tingkat pembagiannya adalah bisa dengan data latih menggunakan 80% dari keseluruhan dataset sedangkan data uji menggunakan 20% dari keseluruhan dataset, atau bisa juga dengan data latih menggunakan 75% dari keseluruhan dataset sedangkan data uji menggunakan 25% dari keseluruhan dataset atau bisa dengan perbandingan yang lainnya mengikuti bagaimana hasil dari tingkat akurasi.

E. Klasifikasi Naive Bayes

Tahap berikutnya adalah Klasifikasi dengan Naive Bayes. Setelah berhasil melakukan seleksi fitur (feature selection) dengan metode Chi-Square Feature Selection. Digunakan untuk memprediksi kemungkinan keanggotaan kelas, klasifikasi naive Bayes adalah teknik statistik [7]. Teknik ini didasarkan melalui teorema Bayes. Persamaan teorema Bayes berikut digunakan untuk menghitung klasifikasi Naive Bayes.

$$P(A|B) = \frac{P(A) P(B|A)}{P(B)} \quad (2)$$

Dimana

$P(A|B)$: Probabilitas A dan B terjadi secara bersamaan

$P(B|A)$: Probabilitas B dan A terjadi secara bersamaan

$P(A)$: Probabilitas A

$P(B)$: Probabilitas B

F. Evaluasi F-Measure

Tahap berikutnya yang dilakukan adalah proses evaluasi dengan F-Measure. Tahap ini dilakukan ketika nilai Precision dan Recall dari hasil klasifikasi didapatkan. Perhitungan Precision dan Recall dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Precision: } P = \frac{\text{true positives}}{\text{true positives} + \text{false positives}} \quad (3)$$

$$\text{Recall: } R = \frac{\text{true positives}}{\text{true positives} + \text{false negatives}} \quad (4)$$

Dimana:

True Positives: Jumlah prediksi yang benar, yang berarti bahwa nilai kategori yang diprediksi juga benar jika nilai kategori aktual benar.

False Positives: Jumlah hasil prediksi yang salah yang berarti bahwa nilai kategori diprediksi juga benar jika nilai kategori aktual salah.

False Negatives: Jumlah hasil prediksi yang salah di mana nilai kelas sebenarnya bernilai benar tetapi nilai kelas yang diprediksi bernilai salah.

Setelah melakukan perhitungan nilai precision dan recall, maka hasil dari evaluasi F-Measure dihitung dengan persamaan berikut:

$$F - \text{score: } F_1 = F = 2 \times \frac{P \times R}{P + R} \quad (5)$$

Dimana:

P (*Precision*) : Rasio hasil prediksi yang benar terhadap total prediksi positif.

R (*Recall*) : Rasio hasil observasi yang diprediksi dengan benar untuk setiap observasi di kelas latihan yang bernilai positif.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil penelitian berdasarkan tahapan yang ada pada metode penelitian ini, seperti dataset yang didapatkan, hasil dataset yang telah dilakukan *pre-processing*, hasil dari seleksi fitur dengan *Chi-Square*, hasil total *split data*, hasil akurasi dari klasifikasi menggunakan *Naive Bayes*, dan hasil perhitungan evaluasi dengan *F-Measure*. Beberapa tabel yang ditampilkan merupakan hasil dari beberapa tahapan penelitian. Adapun penjelasannya sebagai berikut:

A. Dataset

Pada penelitian ini, dataset yang digunakan adalah dataset didapatkan pada salah satu platform penyedia dataset yaitu Kaggle dengan link dataset <https://www.kaggle.com/datasets/zzettrkalkal/full-filled-brain-stroke-dataset>. Adapun atribut/fitur serta deskripsi yang digunakan pada dataset tersebut seperti pada Tabel 1:

Tabel 1. Atribut/fitur dan deskripsi dari dataset

NO	Atribut / Fitur	Deskripsi
1	Jenis kelamin	Jenis kelamin pasien dengan nilai bersifat kategori yaitu perempuan dan pria
2	Usia	Usia pasien
3	Hipertensi	Pasien tidak penderita penyakit hipertensi (0), pasien penderita penyakit hipertensi (1)
4	Penyakit jantung	Pasien tidak mempunyai penyakit jantung (0), pasien mempunyai penyakit jantung (1)
5	Pernah menikah	Status pasien apakah pernah menikah atau tidak
6	Tipe pekerjaan	Tipe pekerjaan dari pasien
7	Tipe tempat tinggal	Tipe tempat tinggal pasien seperti pedesaan atau perkotaan
8	Tingkat kadar glukosa rata-rata	Kadar glukosa rata-rata dalam darah
9	Bmi	Indeks massa tubuh
10	Status merokok	Status pasien perokok atau tidak
11	Stroke	Label dari dataset dengan parameter 0 (ya) dan 1 (tidak)

B. Pre-Processing

Pada penelitian ini, terdapat 3 metode yang digunakan dengan hasil seperti berikut ini.

1. Menghilangkan nilai yang kurang relevan (*Noise data*)

Pada dataset yang digunakan dalam penelitian ini, peneliti tidak lagi melakukan penghapusan atau menghilangkan nilai yang kurang relevan (*noise data*) karena dataset yang didapatkan melalui platform penyedia dataset yaitu Kaggle, telah dilakukan proses penghilangan nilai kurang yang relevan seperti nilai NaN.

2. Transformasi data

Pada penelitian ini, dataset perlu dilakukan transformasi data pada nilai atributnya dengan menggunakan metode *binning data*, dari data yang masih bersifat angka menjadi bentuk kategorial. Data yang perlu dilakukan transformasi data adalah usia, tingkat kadar glukosa rata-rata, dan bmi. Adapun parameter atribut yang ditransformasikan seperti pada Tabel 2:

Tabel 2. Parameter nilai transformasi data pada suatu fitur

Atribut / Fitur	Parameter nilai	
Usia	0 - 19	Remaja
	20 - 44	Dewasa
	45 - 59	Pra lanjut usia
	>= 60	Lanjut usia
Tingkat kadar glukosa rata-rata	0 - 140	Normal
	>= 141	Tidak Normal
Bmi	0 - 18	Kurus
	19 - 25	Normal
	26 - 30	Pre obesitas
	>= 31	Obesitas

3. Label Encoding

Pada penelitian ini, dataset pada fitur yang telah bersifat kategorial akan diubah kedalam bentuk numerik. Hal ini dikarenakan salah satu library *machine learning* yang digunakan mengharuskan nilai dari atribut bersifat numerik. Dan untuk parameternya adalah 0, 1, 2, hingga total parameter kategorial yang ada.

4. Penyeimbangan Label Kelas (*SMOTE*)

Pada penelitian ini, persebaran label kelas pada dataset sangat tidak seimbang pada label stroke. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyeimbangan

dataset dengan menggunakan teknik *smote*. Proses penyeimbangan dataset menggunakan teknik *smote* yaitu dengan melakukan penambahan sample data pada kelas minoritas dengan data replika sehingga kelasnya dapat seimbang. Berikut ini adalah perbandingan dari sebelum dan sesudah melakukan teknik *smote* yang terlampir pada Tabel 3:

Tabel 3. Perbandingan sebelum dan sesudah menggunakan teknik *smote*

	0	1
Sebelum	4733	248
Sesudah	4733	4733

C. Feature Selection Chi-Square

Setelah dilakukan *pre-processing* selanjutnya dataset akan dilakukan seleksi fitur dengan metode *Chi-Square*. Untuk menerapkan metode tersebut, maka langkah yang diperlukan adalah mencari nilai *p-value* (*probability value*) untuk menentukan apakah atribut tersebut memiliki pengaruh atau tidak pada label/class. Dalam penelitian ini apabila *p-value* < 0.05 maka fitur tersebut memiliki pengaruh pada label, sementara jika nilai *p-value* > 0.05 maka fitur tersebut tidak memiliki pengaruh pada label. Adapun hasil dari perhitungan *p-value* setiap fitur pada dataset tersebut beserta kesimpulan yang diambil seperti pada Tabel 4:

Tabel 4. Nilai P-Value beserta kesimpulan

Atribut / Fitur	Nilai P-Value	Kesimpulan
Jenis kelamin	0.632484081	Tidak mempengaruhi
Usia	0.225959895	Tidak mempengaruhi
Hipertensi	0.0000000000000000 000840864799	Mempengaruhi
Penyakit jantung	0.0000000000000000 0000259965288	Mempengaruhi
Pernah menikah	0.00000779701950	Mempengaruhi
Tipe pekerjaan	0.0260672954	Mempengaruhi
Tipe tempat tinggal	0.414355968	Tidak mempengaruhi
Tingkat kadar glukosa rata-rata	0.0000000000000000 00788987504	Mempengaruhi
Bmi	0.000202700359	Mempengaruhi
Status merokok	0.0768573550	Tidak mempengaruhi

Dari penghitungan nilai *p-value* pada setiap fitur seperti yang ada pada Tabel 3, maka fitur/atribut

yang akan digunakan adalah antara lain tingkat glukosa darah, BMI, pernah menikah, jenis pekerjaan, hipertensi, dan penyakit jantung.

D. Split data (pengelompokan data latih dan data uji)

Setelah menggunakan Chi-Square untuk melakukan seleksi fitur, dataset dikumpulkan ke dalam dua kelompok: data latih dan data uji. Pengelompokan tersebut dilakukan dengan perbandingan 75% : 25%, dan hasil pengelompokan total ditunjukkan pada Tabel 5:

Tabel 5. Hasil Split Data

Data Latih	Data Uji
7099	2367

E. Klasifikasi Naive Bayes dan Evaluasi F-Measure

Untuk menentukan apakah hasil akurasi klasifikasi *Naive Bayes* menggunakan seleksi fitur Chi-Square mengalami peningkatan atau tidak, maka diperlukan untuk melakukan perbandingan antara klasifikasi *Naive Bayes* dengan fitur seleksi Chi-Square dan klasifikasi *Naive Bayes* tanpa fitur seleksi *Chi-Square*. Berikut hasil dari kedua klasifikasi akan dijelaskan pada penjelasan berikut.

Klasifikasi Naive Bayes tanpa feature selectio Chi-Square

Hasil akurasi dari klasifikasi *Naive bayes* tanpa seleksi fitur ini sudah menunjukkan hasil yang cukup baik. Hal itu dapat disimpulkan karena akurasi yang dihasilkan menggunakan metode ini adalah 73,55%, dengan hasil klasifikasi keseluruhannya dapat dilihat pada Tabel 6:

Tabel 6. Hasil keseluruhan klasifikasi tanpa seleksi fitur

	Precision	Recall	F1-Score
0	78%	66%	72%
1	70%	81%	75%
Macro Avg	74%	74%	73%
Weighted Avg	74%	74%	73%

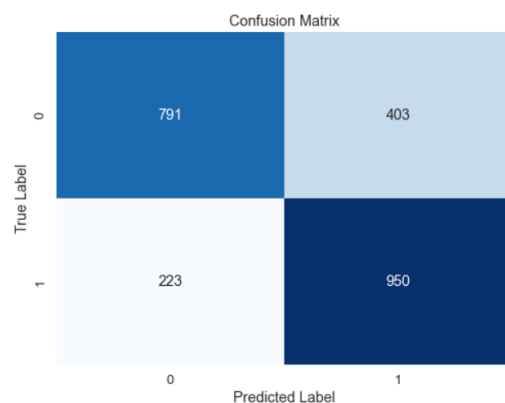
Pada tabel 6 terkait hasil klasifikasi tanpa seleksi fitur, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada *precision* untuk kelas 0 adalah 78% dan untuk kelas 1 adalah 70% yang diartikan bahwa semua prediksi pada kelas 0 yang benar sebesar

78%, dan pada semua prediksi pada kelas 1 yang benar sebesar 70%.

2. Pada *recall* untuk kelas 0 adalah 66% dan untuk kelas 1 adalah 81% yang diartikan bahwa semua data aktual pada kelas 0 yang berhasil diprediksi dengan benar oleh model sebesar 66% dan pada semua data aktual pada kelas 1 yang berhasil diprediksi dengan benar oleh model sebesar 81%.
3. Pada *f1-score* untuk kelas 0 adalah 72% dan untuk kelas 1 adalah 75% yang diartikan bahwa keseimbangan antara *precision* dan *recall* untuk kelas 0 sebesar 72% dan keseimbangan antara *precision* dan *recall* untuk kelas 1 sebesar 75%.
4. Pada *macro avg* menunjukkan untuk *precision* sebesar 74%, untuk *recall* sebesar 74% dan *f1-score* sebesar 73%, yang diartikan bahwa rata-rata *precision* untuk kelas 0 dan 1 adalah 74%, rata-rata *recall* untuk kelas 0 dan 1 adalah 74%, dan rata-rata *f1-score* untuk kelas 0 dan 1 adalah 73%.
5. Pada *weighted avg* menunjukkan untuk *precision* sebesar 74%, untuk *recall* sebesar 74% dan *f1-score* sebesar 73%, yang diartikan bahwa rata-rata tertimbang pada *precision* untuk kelas 0 dan 1 adalah 74%, rata-rata tertimbang pada *recall* untuk kelas 0 dan 1 adalah 74%, dan rata-rata tertimbang pada *f1-score* untuk kelas 0 dan 1 adalah 73%.

Adapun hasil pengukuran kinerja dengan *Confusion Matrix* seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. Hasil *Confusion Matrix* klasifikasi tanpa seleksi fitur

Pada gambar diatas terkait hasil pengukuran kinerja model dengan *Confusion Matrix*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat 791 label kelas 0 yang berhasil diprediksi benar oleh model yaitu memprediksi ke kelas 0.
2. Terdapat 403 label kelas 0 yang tidak berhasil diprediksi dengan benar oleh model yaitu memprediksi ke kelas 1.
3. Terdapat 223 label kelas 1 yang tidak berhasil diprediksi dengan benar oleh model yaitu memprediksi ke kelas 0.
4. Terdapat 950 label kelas 1 yang berhasil diprediksi dengan benar oleh model yaitu memprediksi ke kelas 1.

Klasifikasi Naive Bayes dengan seleksi fitur Chi-Square

Hasil akurasi dari klasifikasi *Naive Bayes* dengan seleksi fitur ini dapat disimpulkan bahwa hasilnya meningkat walau hanya beberapa persen dari hasil klasifikasi tanpa seleksi fitur sebelumnya. Hal ini dapat disimpulkan dikarenakan hasil akurasi dari klasifikasi dengan seleksi fitur ini adalah 74,94%. Untuk hasil klasifikasi keseluruhannya dapat dilihat pada Tabel 7:

Tabel 7. Hasil keseluruhan klasifikasi dengan seleksi fitur

	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
0	80%	67%	73%
1	71%	83%	77%
Macro Avg	76%	75%	75%
Weighted Avg	76%	75%	75%

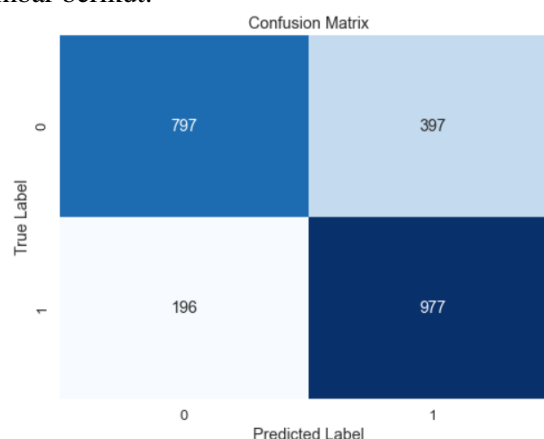
Pada tabel 7 terkait hasil klasifikasi dengan seleksi fitur, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada *precision* untuk kelas 0 adalah 80% dan untuk kelas 1 adalah 71% yang diartikan bahwa semua prediksi pada kelas 0 yang benar sebesar 80%, dan pada semua prediksi pada kelas 1 yang benar sebesar 71%.
2. Pada *recall* untuk kelas 0 adalah 67% dan untuk kelas 1 adalah 83% yang diartikan bahwa semua data aktual pada kelas 0 yang berhasil diprediksi dengan benar oleh model sebesar 67% dan pada semua data aktual pada kelas 1 yang berhasil diprediksi dengan benar oleh model sebesar 83%.
3. Pada *f1-score* untuk kelas 0 adalah 73% dan untuk kelas 1 adalah 77% yang diartikan bahwa keseimbangan antara *precision* dan *recall* untuk kelas 0 sebesar 73% dan keseimbangan

antara *precision* dan *recall* untuk kelas 1 sebesar 77%.

4. Pada *macro avg* menunjukkan untuk *precision* sebesar 76%, untuk *recall* sebesar 75% dan *f1-score* sebesar 75%, yang diartikan bahwa rata-rata *precision* untuk kelas 0 dan 1 adalah 76%, rata-rata *recall* untuk kelas 0 dan 1 adalah 75%, dan rata-rata *f1-score* untuk kelas 0 dan 1 adalah 75%.
5. Pada *weighted avg* menunjukkan untuk *precision* sebesar 76%, untuk *recall* sebesar 75% dan *f1-score* sebesar 75%, yang diartikan bahwa rata-rata tertimbang pada *precision* untuk kelas 0 dan 1 adalah 76%, rata-rata tertimbang pada *recall* untuk kelas 0 dan 1 adalah 75%, dan rata-rata tertimbang pada *f1-score* untuk kelas 0 dan 1 adalah 75%.

Adapun hasil pengukuran kinerja model dengan *Confusion Matrix* seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3. Hasil Confusion Matrix klasifikasi dengan seleksi fitur

Pada gambar diatas terkait hasil pengukuran kinerja model dengan *Confusion Matrix*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat 797 label kelas 0 yang berhasil diprediksi benar oleh model yaitu memprediksi ke kelas 0.
2. Terdapat 397 label kelas 0 yang tidak berhasil diprediksi dengan benar oleh model yaitu memprediksi ke kelas 1.
3. Terdapat 196 label kelas 1 yang tidak berhasil diprediksi dengan benar oleh model yaitu memprediksi ke kelas 0.

4. Terdapat 977 label kelas 1 yang berhasil diprediksi dengan benar oleh model yaitu memprediksi ke kelas 1.

IV. KESIMPULAN

Melalui hasil penelitian yang telah didapatkan maka kesimpulannya adalah:

1. Hasil akurasi dari klasifikasi *Naïve Bayes* tanpa seleksi fitur *Chi-Square* dan klasifikasi *Naïve Bayes* dengan seleksi fitur *Chi-Square* menunjukkan hasil yang sangat baik dalam melakukan proses klasifikasi pada data yang berjumlah lebih dari 9.000, hal itu dikarenakan hasil akurasi di atas 70%.
2. Penggunaan metode seleksi fitur *Chi-Square* dapat terbukti meningkatkan akurasi dari klasifikasi *Naïve Bayes* dalam melakukan klasifikasi pada penyakit stroke. Hal itu dikarenakan hasil akurasi klasifikasi tanpa seleksi fitur *Chi-Square* adalah 73,55% sedangkan hasil akurasi klasifikasi dengan seleksi fitur *Chi-Square* adalah 74,94%.

V. SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya agar dapat mengeksplorasi metode dan hasil penelitian. Berikut saran yang bisa diberikan oleh penulis terhadap penelitian selanjutnya:

1. Mengkombinasikan metode seleksi fitur *Chi-Square* dengan metode klasifikasi lainnya, hal ini dikarenakan agar pada penelitian berikutnya dapat ditunjukkan bahwa teknik seleksi fitur *Chi-Square* dapat membantu metode klasifikasi lainnya dalam klasifikasi penyakit stroke.
2. Melakukan klasifikasi *Naïve Bayes* dengan seleksi fitur *Chi-Square* pada dataset yang persebaran class antara class positif dan negatifnya lebih seimbang, hal itu karena agar tidak perlu melakukan penyeimbangan sample data pada kelas minoritas dengan data replika.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Puspitawuri, E. Santoso, and C. Dewi, "Diagnosis Tingkat Risiko Penyakit Stroke Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor dan Naïve Bayes," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 4, pp. 3319–3324, 2019.
- [2] M. S. Phipps and C. A. Cronin, "Management of acute ischemic stroke," *BMJ*, vol. 368, 2020, doi: 10.1136/bmj.l6983.
- [3] A. Byna and M. Basit, "Penerapan Metode Adaboost Untuk Mengoptimasi Prediksi Penyakit Stroke Dengan Algoritma Naïve Bayes," vol. 09, no. November, pp. 407–411, 2020.
- [4] V. Adelina, D. E. Ratnawati, and M. A. Fauzi, "Klasifikasi Tingkat Risiko Penyakit Stroke Menggunakan Metode GA-Fuzzy Klasifikasi Tingkat Risiko Penyakit Stroke Menggunakan Metode GA- Fuzzy Tsukamoto," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. September, pp. 3015–3021, 2018.
- [5] D. Ulfatul, M. Rachmad, H. Oktavianto, and M. Rahman, "Perbandingan Metode K-Nearest Neighbor Dan Gaussian Naive Bayes Untuk Klasifikasi Penyakit Stroke Comparison Of K-Nearest Neighbor And Gaussian Naive Bayes Methods For Stroke Disease Classification Jurnal Smart Teknologi bidang pengenalan pola , kategori," *J. Smart Teknol.*, vol. 3, no. 4, pp. 405–412, 2022.
- [6] I. Budiman and R. Ramadina, "Penerapan Fungsi Data Mining Klasifikasi untuk Prediksi Masa Studi Mahasiswa Tepat Waktu pada Sistem Informasi Akademik Perguruan Tinggi," *Ijccs*, vol. x, No.x, no. 1, pp. 1–5, 2015.
- [7] H. Annur, "Klasifikasi Masyarakat Miskin Menggunakan Metode Naive Bayes," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 10, no. 2, pp. 160–165, 2018, doi: 10.33096/ilkom.v10i2.303.160-165.
- [8] D. Sartika and D. I. Sensesuse, "Perbandingan Algoritma Klasifikasi Naive Bayes, Nearest Neighbour, dan Decision Tree pada Studi Kasus Pengambilan Keputusan Pemilihan Pola Pakaian," *Jatiji*, vol. 1, no. 2, pp. 151–161, 2017.
- [9] H. Apriyani and K. Kurniati, "Perbandingan Metode Naïve Bayes Dan Support Vector Machine Dalam Klasifikasi Penyakit Diabetes Melitus," *J. Inf. Technol. Ampera*, vol. 1, no. 3, pp. 133–143, 2020, doi: 10.51519/journalita.volume1.issue3.year2020.page133-143.
- [10] S. Paudel, P. W. C. Prasad, A. Alsadoon, M. R. Islam, and A. Elchouemi, "Feature selection approach for twitter sentiment analysis and text classification based on chi-square and naïve bayes," *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 842, pp. 281–298, 2019, doi: 10.1007/978-3-319-98776-7_30.
- [11] X. Deng, Y. Li, J. Weng, and J. Zhang, "Feature

- selection for text classification: A review,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 78, no. 3, pp. 3797–3816, 2019, doi: 10.1007/s11042-018-6083-5.
- [12] S. Thaseen and A. Kumar, “Intrusion detection model using fusion of chi-square feature selection and multi class SVM,” *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 29, no. 4, pp. 462–472, 2017, doi: 10.1016/j.jksuci.2015.12.004.
- [13] S. Hadijah Hasanah, “Application of Machine Learning for Heart Disease Classification Using Naive Bayes,” *J. Mat. MANTIK*, vol. 8, no. 1, pp. 68–77, 2022, doi: 10.15642/mantik.2022.8.1.68-77.
- [14] Y. N. Paramitha, A. Nuryaman, A. Faisol, E. Setiawan, and D. E. Nurvazly, “Klasifikasi Penyakit Stroke Menggunakan Metode Naive Bayes,” *J. Siger Mat.*, vol. 04, no. 01, pp. 11–16, 2023.
- [15] C. Chairunnisa, I. Ernawati, and M. M. Santoni, “Klasifikasi Sentimen Ulasan Pengguna Aplikasi PeduliLindungi di Google Play Menggunakan Algoritma Support Vector Machine dengan Seleksi Fitur Chi-Square,” *Inform. J. Ilmu Komput.*, vol. 18, no. 1, p. 69, 2022, doi: 10.52958/iftk.v17i4.4594.
- [16] V. Zuliana, I. Maulana, and U. S. Karawang, “Analisis Sentimen Program Migrasi Tv Digital Menggunakan,” no. 2, pp. 90–95, 2022.
- [17] H. M. Lumbantobing, R. A. Marcellino, and I. C. Bu’ulolo, “Penerapan Metode Feature Selection pada Algoritma Naive Bayes dalam Kasus Keyword Extraction,” *Citee*, pp. 117–123, 2020.