

Penerepan Analisis Diskriminan Kuadratik *Robust* Pada Klasifikasi Desa

Asnidar^{1*}, Nirwan², Raupong³

¹²³Departemen Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar, 90245, Indonesia

* Corresponding author, email: asnidarnidar66@gmail.com

Abstract

Discriminant analysis is a method used in separating objects into different groups and allocating objects into a predetermined group. Discriminant analysis is bound by the assumption that the mean vector for each group is different, the data is normally distributed multivariate and the covariance variance matrix between groups is the same. If there is a covariance variance matrix between different groups, then quadratic discriminant analysis is used for the classification process. However, sometimes it is found that data contains outliers, so a robust estimator is used, namely the Minimum Covariance Determinant with the fast-MCD algorithm. Therefore, robust quadratic discriminant analysis can be used to classify 128 villages and 48 sub-districts in Wajo district. It was found that 106 villages were correctly classified into village groups and 22 villages were misclassified into sub-district groups and 35 sub-districts were correctly classified as sub-district groups and 13 sub-districts were misclassified into village groups and produced an accuracy of classification results of 80.11%.

Keywords: Classification, Robust, fast-MCD

Abstrak

Analisis diskriminan adalah metode yang digunakan dalam pemisahan objek ke dalam kelompok yang berbeda dan mengalokasikan objek ke dalam suatu kelompok yang telah ditetapkan sebelumnya. Analisis diskriminan terikat asumsi bahwa vektor rata-rata tiap kelompok berbeda, data berdistribusi normal multivariat dan matriks varian kovarian antar kelompok sama. Jika terdapat matriks varian kovarian antar kelompok berbeda, maka digunakan analisis diskriminan kuadratik untuk proses klasifikasi. Namun terkadang ditemukan data yang mengandung pencilan maka digunakan penduga yang *robust* yaitu *Minimum Covariance Determinant* dengan algoritma *fast-MCD*. Oleh karena itu, analisis diskriminan kuadratik *robust* dapat digunakan untuk mengklasifikasi 128 desa dan 48 kelurahan yang ada di kabupaten Wajo. Diperoleh 106 desa tepat diklasifikasikan menjadi kelompok desa dan 22 desa salah klasifikasi menjadi kelompok kelurahan serta 35 kelurahan tepat diklasifikasikan menjadi kelompok kelurahan dan 13 kelurahan salah klasifikasi menjadi kelompok desa dan menghasilkan ketepatan hasil klasifikasi sebesar 80,11 %.

Kata Kunci: Klasifikasi, Robust, fast-MCD.

1. Pendahuluan

Wilayah Indonesia dibagi ke dalam beberapa tingkat wilayah administratif, yaitu provinsi, kabupaten/kota, kecamatan, dan desa/kelurahan yang merupakan wilayah administratif terkecil. Setiap wilayah mempunyai karakteristik sosial ekonomi, akses ke fasilitas perkotaan, ciri dan tipologi lingkungan yang berbeda. Kondisi yang berbeda dan

terus berubah tersebut dijadikan sebagai indikator untuk mengklasifikasi suatu wilayah menjadi desa atau kelurahan [1].

Analisis diskriminan adalah suatu teknik statistik yang dapat digunakan dalam pemisahan objek ke dalam kelompok yang berbeda dan mengalokasikan objek ke dalam suatu kelompok yang telah ditetapkan sebelumnya [2]. Oleh karena itu, analisis diskriminan dapat digunakan untuk mengklasifikasi wilayah ke dalam desa atau kelurahan. Analisis diskriminan mempunyai asumsi, vektor rata-rata antar kelompok berbeda, pengamatan berdistribusi normal multivariat dan matriks varian kovarian antar kelompok sama. Jika terdapat matriks varian kovarian dari dua atau beberapa kelompok berbeda, maka digunakan analisis diskriminan kuadrat untuk proses klasifikasi [3].

Analisis diskriminan kuadrat mengklasifikasi dengan cara membentuk fungsi diskriminan setiap kelompok. Fungsi diskriminan diperoleh dari peluang *prior*, vektor rata-rata dan matriks varian kovarian setiap kelompok. Proses selanjutnya dengan menghitung skor diskriminan untuk setiap pengamatan dari masing-masing fungsi diskriminan, kemudian mengelompokkannya menggunakan skor diskriminan ke dalam kelompok tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya.

Analisis diskriminan kuadrat tidak dapat bekerja dengan baik apabila pengamatan mengandung pencilan. Hal ini karena rata-rata sampel dan matriks varian kovarian sangat sensitif terhadap adanya pengamatan yang pencilan. Agar analisis diskriminan kuadrat tetap optimal dalam pengklasifikasian meskipun terdapat pengamatan yang pencilan diperlukan penduga yang *robust*. Salah satu penduga *robust* yang digunakan untuk mengatasi pengamatan pencilan adalah *fast-Minimum Covariance Determinant (fast-MCD)*. Penduga ini bertujuan untuk mencari pengamatan yang memiliki determinan matriks varian kovarian terkecil. Analisis diskriminan kuadrat yang menggunakan metode *robust* selanjutnya disebut sebagai analisis diskriminan kuadrat *robust* [4].

2. Material dan Metode

2.1. Pengujian Asumsi Analisis Diskriminan

2.1.1. Uji Kesamaan Vektor Rata-Rata

Uji kesamaan vektor rata-rata dilakukan untuk menguji adanya perbedaaan antar kelompok yang terbentuk dari setiap variabel independen. Pengujian ini di lakukan dengan menggunakan statistik *V-Barlett*

$$V = - \left[(n - 1) - \frac{p + k}{2} \right] \ln(\Delta) \quad (1)$$

dengan,

$$\Delta = \frac{|W|}{|W+B|} = \text{wilks lambda}$$

$$W = \sum_{k=1}^g \sum_{i=1}^{n_k} (x_{ik} - \bar{x}_k)(x_{ik} - \bar{x}_k)'$$

$$B = \sum_{k=1}^g n_k (\bar{x}_k - \bar{x})(\bar{x}_k - \bar{x})'$$

x_{ik} = pengamatan ke- i kelompok ke- k
 \bar{x}_k = vektor rata-rata kelompok ke- k
 n_k = banyak pengamatan pada kelompok ke- k
 \bar{x} = vektor rata-rata total
 k = kelompok ke- k
 g = banyaknya kelompok

Apabila $V > \chi_{p(k-1),\alpha}^2$ maka terdapat perbedaan vektor rata-rata antar kelompok [2]

2.1.2. Uji Distribusi Normal Multivariat

Uji distribusi normal multivariat menggunakan jarak mahalanobis (d_i^2)

$$d_i^2 = (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})' S^{-1} (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}}); i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

dengan,

d_i^2 = Jarak mahalanobis pengamatan ke- i
 \mathbf{x}_i = Vektor nilai pengamatan ke- i
 $\bar{\mathbf{x}}$ = Vektor rata-rata variabel independen
 S^{-1} = Invers matriks varian kovarian

Lebih dari 50% nilai dari $d_i^2 \leq \chi_p^2(\frac{i-0,5}{n})$ maka data berdistribusi normal multivariat [5].

2.1.3. Uji Kesamaan Matriks Varian Kovarian

Uji kesamaan matriks varian kovarian antar kelompok sama atau tidak dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Box's M*.

$$M = \sum_{k=1}^g (n_k - 1) \ln|S| - \sum_{k=1}^g (n_k - 1) \ln|S_k| \quad (3)$$

$$C^{-1} = 1 - \left(\frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p+1)(g-1)} \right) \left(\sum_{k=1}^g \frac{1}{n_k - 1} - \frac{1}{\sum_{k=1}^g (n_k - 1)} \right) \quad (4)$$

dengan

$$S = \frac{\sum_{k=1}^g (n_k - 1) S_k}{\sum_{k=1}^g (n_k - 1)}$$

S_k = matriks varian kovarian kelompok ke- k

\bar{x}_k = vektor rata-rata kelompok ke- k

n_k = banyaknya pengamatan kelompok ke- k

Jika nilai $MC^{-1} > \chi_{\alpha, \frac{1}{2}(k-1)p(p+1)}^2$ maka matriks varian kovarian dari g kelompok berbeda [2].

2.2. Pendeteksian Pencilan

Pendekatan untuk mendeteksi adanya pencilan adalah dengan menghitung jarak mahalnobis dari masing-masing pengamatan. Jika data mempunyai nilai $d_i^2 > \chi_{p,\alpha}^2$ maka data tersebut termasuk pencilan [3].

2.3. Penduga *Minimum Covariance Determinant* (MCD)

Penduga ini merupakan penduga *robust* untuk membentuk rata-rata dan matriks varian kovarian yang bertujuan untuk mencari h pengamatan dari total pengamatan n yang memiliki determinan matriks varian kovarian terkecil, dimana h adalah bilangan bulat terkecil dari $(n+p+1)/2$. Misalkan terdapat vektor acak $\mathbf{X} = [\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p]$ dari sejumlah n pengamatan yang terdiri dari p dan $n \geq p + 1$. Penduga MCD merupakan pasangan rata-rata sub sampel $\bar{\mathbf{x}}$ dan matriks varian kovarian S dari suatu sub sampel berukuran h pengamatan dimana $\frac{n+p+1}{2} \leq h < n$ dengan

$$\bar{\mathbf{x}} = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^h x_{ih} \quad (5)$$

$$S = \frac{1}{h-1} \sum_{i=1}^h (x_i - \bar{\mathbf{x}})(x_i - \bar{\mathbf{x}})' \quad (6)$$

Algoritma yang terkenal dalam menaksir penduga MCD adalah algoritma *fast-MCD* yang diperkenalkan oleh Rousseeuw dan Van Driessen yang mampu bekerja lebih cepat dan mampu menangani himpunan data yang sangat besar. Untuk menghitung MCD dengan algoritma *fast-MCD* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan pengamatan yang diambil yaitu $h = (n + p + 1)/2$ dengan syarat $\frac{n+p+1}{2} \leq h < n$, dengan demikian akan terbentuk himpunan pengamatan baru sebanyak $\binom{n}{h}$.
- b. Memilih secara acak himpunan pertama (H_1). Berdasarkan himpunan H_1 menghitung vektor rata-rata dan matriks varian kovarian $(\bar{\mathbf{x}}_1, S_1)$. Kemudian selanjutnya menghitung $\det(S_1)$.
- c. Kemudian menghitung jarak mahalnobis dari setiap pengamatan terhadap rata-rata $\bar{\mathbf{x}}_1$ dan kovarian S_1 menggunakan rumus:

$$d(i) = \sqrt{(x_i - \bar{\mathbf{x}}_1)' S_1^{-1} (x_i - \bar{\mathbf{x}}_1)}$$
- d. Mengurutkan pengamatan tersebut berdasarkan jarak mahalnobis dari yang terkecil ke yang terbesar.
- e. Mengambil elemen dari h pengamatan dengan jarak terkecil untuk menjadi elemen himpunan H_2 .

- f. Menghitung vektor rata-rata dan matriks varian kovarian (\bar{x}_2, S_2) dari himpunan H_2
- g. Membandingkan $\det(S_2)$ dengan $\det(S_1)$. Bila $\det(S_2) > \det(S_1)$ ulangi langkah poin b sampai d, sampai ditemukan $\det(S_{m+1}) \leq \det(S_m)$.
- h. Menetapkan anggota himpunan H_m sebagai himpunan dengan determinan matriks varian kovarian terkecil
- i. Berdasarkan himpunan H_m data selanjutnya diberi bobot

$$w_i = \begin{cases} 1 & \text{jika } (x_i - \bar{x}_m)' S_m^{-1} (x_i - \bar{x}_m) \leq \chi_{p,\alpha}^2 \\ 0 & \text{jika lainnya} \end{cases} \quad (7)$$

- j. Berdasarkan pembobot pada (10), maka penduga *fast*-MCD dihitung:

$$\bar{x}_{MCD} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (11)$$

$$S_{MCD} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i (x_i - \bar{x}_{MCD}) (x_i - \bar{x}_{MCD})'}{\sum_{i=1}^n w_i - 1} \quad (12)$$

2.4. Analisis Diskriminan Kuadratik Robust

Analisis diskriminan bertujuan untuk membentuk fungsi diskriminan yang mampu membedakan kelompok. Pada analisis diskriminan, ada asumsi yang harus dipenuhi yaitu vektor rata-rata antar kelompok berbeda, data berdistribusi normal multivariat, dan matriks varian kovarian pada kelompoknya sama. Namun terkadang ditemukan dari beberapa kasus terdapat matriks varian kovarian yang berbeda. Jika matriks varian kovarian berbeda, maka dapat digunakan fungsi diskriminan kuadratik untuk proses klasifikasi. Agar analisis diskriminan kuadratik tetap optimal dalam pengklasifikasian meskipun dalam kondisi data yang mengandung pencilan maka diperlukan suatu penduga yang *robust* terhadap data yang mengandung pencilan. Analisis diskriminan kuadratik yang menggunakan penduga yang *robust* selanjutnya akan disebut sebagai analisis diskriminan kuadratik *robust*.

$$\hat{d}_k^{QMCD}(x) = \ln p_k - \frac{1}{2} (x - \bar{x}_{MCD(k)})' S_{MCD(k)}^{-1} (x - \bar{x}_{MCD(k)}) - \frac{1}{2} \ln |S_{MCD(k)}| \quad (13)$$

dengan,

$$\hat{d}_k^{QMCD}(x) = \text{skor diskriminan kuadratik } robust \text{ kelompok ke-}k$$

$$p_k = \text{peluang prior kelompok ke-}k$$

$$\bar{x}_{(MCD)k} = \text{vektor rata-rata MCD kelompok ke-}k$$

$$S_{(MCD)k}^{-1} = \text{invers matriks varian kovarian MCD kelompok ke-}k$$

$$|S_{(MCD)k}| = \text{determinan matriks varian kovarian MCD kelompok ke-}k \text{ [4].}$$

2.5. Evaluasi Hasil Klasifikasi

Setelah proses klasifikasi, selanjutnya dapat diketahui seberapa tepat aturan klasifikasi yang telah ditentukan dengan menghitung nilai *Error Rate* yaitu proporsi

kesalahan klasifikasi. Metode untuk menghitung probabilitas kesalahan klasifikasi adalah *Apparent Error Rate* (APER):

$$APER = \left(\frac{n_{12} + n_{21}}{n_1 + n_2} \right) \times 100\% \quad (14)$$

n_{12} = jumlah dari k_1 yang salah diklasifikasikan sebagai k_2

n_{21} = jumlah dari k_2 yang salah diklasifikasikan sebagai k_1

n_1 = jumlah pengamatan dalam kelompok k_1

n_2 = jumlah pengamatan dalam kelompok k_2 [4].

3. Metode Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik Kabupaten Wajo. Data tersebut adalah hasil pendataan 176 Desa/Kelurahan di 14 Kecamatan yang ada di Kabupaten Wajo Tahun 2019 yang tertuang dalam buku Kecamatan dalam Angka 2020. Data tersebut terdiri dari 7 variabel independen yaitu kepadatan penduduk (X_1), jumlah TK (X_2), jumlah SMP (X_3), jumlah SMA (X_4), jumlah pasar (X_5), jumlah toko (X_6), dan jumlah fasilitas kesehatan (X_7) dan 1 (satu) variabel dependen dengan kelompok yaitu desa atau kelurahan.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisis data sebagai berikut:

1. Pengujian asumsi
 - a. Uji kesamaan vektor rata-rata menggunakan statistik *V-Barlett*.
 - b. Uji asumsi distribusi normal multivariat dengan menggunakan jarak mahalanobis.
 - c. Uji asumsi homogenitas matriks varian kovarian menggunakan uji *Box's M*
2. Mendeteksi pencilan.
3. Menduga parameter vektor rata-rata sampel dan matriks varian kovarian dengan algoritma *fast-MCD* pada data yang mengandung pencilan.
4. Melakukan proses analisis diskriminan kuadratik robust.
5. Menghitung nilai APER untuk evaluasi hasil klasifikasi.

4. Hasil dan Diskusi

4.1. Pengujian Asumsi

4.1.1. Uji Kesamaan Vektor Rata-Rata

Sebelum dilakukan analisis diskriminan kuadratik *Robust* perlu pengujian asumsi. Uji asumsi yang pertama adalah uji kesamaan vektor rata-rata menggunakan uji statistik *V-Barlett* untuk melihat perbedaan setiap variabel independen antar kelompok desa dan kelompok kelurahan. Hasil uji diperoleh nilai $V = 46,79 > \chi_{7(2-1),0.05}^2 = 14,07$ maka terdapat perbedaan vektor rata-rata antar kelompok desa dan kelompok kelurahan.

4.1.2. Uji Distribusi Normal Multivariat

Asumsi selanjutnya adalah data harus berdistribusi normal multivariat menggunakan jarak mahalanobis, hasil uji diperoleh jumlah nilai $d_i^2 < \chi_{(0,05;7)}^2$ sebanyak 152 dari total 176 pengamatan atau sebanyak 88,07%, maka data berdistribusi normal multivariat.

4.1.3. Uji Kesamaan Matriks Varian Kovarian

Asumsi selanjutnya adalah kesamaan matriks varian kovarian dari kelompok desa dan kelompok kelurahan menggunakan uji *Box's M*. Hasil uji diperoleh nilai *Box's M* sebesar $395,86 > \chi_{(0,05;28)}^2 = 41,34$ sehingga matriks varian kovarian antar kelompok desa dan kelompok kelurahan berbeda.

4.2. Pendeteksian Pencilan

Data yang mempunyai nilai $d_i^2 > \chi_{(0,05;7)}^2 = 14,07$ maka data tersebut termasuk pencilan. Diperoleh 24 data yang termasuk pencilan yaitu Siengkang, Padduppa, Salomenraleng, Teddaopu, Laelo, Pallawarukka, Lempa, Barangmamase, Doping, Tosora, Rumpia, Botto Benteng, Assorajang, Ujung Baru, Nepo, Pajalele, Waetuwo, Leppangeng, Lautang, Ongkoe, Anabanua, Mattirowalie, Sogi dan Siwa.

4.3. Menduga Parameter Vektor Rata-Rata Sampel dan Matriks Varian Kovarian

Klasifikasi menggunakan analisis diskriminan kuadratik tidak dapat bekerja dengan baik apabila terdapat data yang pencilan. Oleh karena itu, digunakan penduga yang *robust* untuk mengatasi data pencilan tersebut agar hasil klasifikasi yang diperoleh dapat optimal. Penduga yang digunakan adalah *Minimum Covariance Determinant* dengan algoritma *fast-MCD*. Dalam Algoritma *fast-MCD* data yang diidentifikasi sebagai pencilan diberi bobot 0, sedangkan data yang bukan pencilan diberi bobot 1. Penduga MCD dihasilkan dari data yang bukan pencilan. Rumus skor diskriminan kuadratik dengan penduga MCD digunakan untuk mengelompokkan kembali seluruh data.

Berdasarkan hasil *Minimum Covariance Determinant* dengan algoritma *fast-MCD* diperoleh nilai \bar{x}_{MCD} dan S_{MCD} masing-masing kelompok adalah vektor rata-rata dan matriks varian kovarian yang *robust* terhadap pencilan:

4.4. Analisis Diskriminan Kuadratik Robust

Berdasarkan hasil vektor rata-rata dan matriks varian kovarian yang *robust* dapat dibentuk fungsi diskriminan kuadratik *robust* untuk kelompok desa (1) dan kelompok kelurahan (2) sebagai berikut:

$$\hat{d}_1^{QMCD}(x) = \ln 0.73 - \frac{1}{2}(x - \bar{x}_{MCD(1)})' S_{MCD(1)}^{-1} (x - \bar{x}_{MCD(1)}) - \frac{1}{2} \ln 14.79$$

$$\hat{d}_2^{QMCD}(x) = \ln 0.27 - \frac{1}{2}(x - \bar{x}_{MCD(2)})' S_{MCD(2)}^{-1} (x - \bar{x}_{MCD(2)}) - \frac{1}{2} \ln 52.16$$

Fungsi diskriminan kuadratik *robust* yang diperoleh digunakan untuk menghitung skor diskriminan kuadratik *robust* setiap data disetiap kelompok wilayah. Apabila nilai $\hat{d}_1^{QMCD}(x) > \hat{d}_2^{QMCD}(x)$, maka wilayah tersebut masuk ke dalam kelompok desa sedangkan apabila nilai $\hat{d}_2^{QMCD}(x) > \hat{d}_1^{QMCD}(x)$ maka wilayah tersebut termasuk dalam kelompok kelurahan. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Klasifikasi Desa di Kab. Wajo Tahun 2019 Menggunakan Analisis Diskriminan Kuadratik *Robust*.

No	$\hat{d}_1^{QMCD}(x)$	$\hat{d}_2^{QMCD}(x)$	Kawasan Awal	Hasil Klasifikasi
1	-12,79	-33,84	1	1
2	-32,70	-56,28	1	1
3	-22,06	-11,06	1	2
4	-70,49	-99,08	1	1
5	-7,57	-35,80	1	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
129	-23,21	-10,12	2	2
130	-3,50	-12,50	2	1
131	-36,98	-14,05	2	2
132	-87,66	-11,73	2	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
176	-156,97	-355,56	2	1

Sumber : Data diolah, 2022

Tabel 1. menunjukkan hasil klasifikasi 106 dari 128 kelompok desa tepat diklasifikasikan menjadi kelompok desa dan 22 desa salah klasifikasi menjadi kelompok kelurahan. Hasil klasifikasi kelompok kelurahan terdapat 13 dari 48 kelompok kelurahan tepat diklasifikasikan menjadi kelompok kelurahan dan 35 kelurahan salah klasifikasi menjadi kelompok desa.

4.5. Evaluasi Hasil Klasifikasi

Setelah dilakukan proses klasifikasi, selanjutnya dilakukan evaluasi seberapa tepat aturan klasifikasi yang telah dilakukan sebagai berikut:

Tabel 2. Ketepatan Klasifikasi Desa di Kab. Wajo Tahun 2019 Menggunakan Analisis Diskriminan Kuadratik Robust

		Kelompok Hasil Klasifikasi	
		1 (Desa)	2 (Kelurahan)
Kelompok	1 (Desa)	106	22
Asli	2 (Kelurahan)	13	35

Sumber : Data diolah, 2022

$$\begin{aligned} APER &= \left(\frac{22 + 13}{128 + 48} \right) \times 100\% \\ &= \frac{35}{176} \times 100\% \\ &= 19,89\% \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 2. diperoleh nilai pengamatan yang salah klasifikasi sebesar 19,89% sehingga ketepatan klasifikasi desa di Kab. Wajo Tahun 2019 dengan menggunakan metode analisis diskriminan kuadratik *robust* yaitu sebesar 80,11%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan metode analisis diskriminan kuadratik *robust* diperoleh 106 desa tepat diklasifikasikan menjadi kelompok desa dan 22 desa salah diklasifikasi menjadi kelompok kelurahan. Terdapat 35 kelurahan tepat diklasifikasi menjadi kelompok kelurahan dan 13 kelurahan yang salah klasifikasi menjadi kelompok desa dengan ketepatan klasifikasi sebesar 80,11 %.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik. *Peraturan Kepala Badan Pusat Statistik No.37 Tahun 2010 tentang Klasifikasi Perkotaan dan Perdesaan di Indonesia*. Jakarta: BPS. 2010.
- [2] Johnson, R. A., & Wichern, D. W. *Applied Multivariate Statistical Analysis 6th Edition*. United States of America: Prentice Hall International.Inc. 2007.
- [3] Kurniasari, A. S. Pemisahan Desa/Kelurahan Di Kabupaten Semarang Menurut Status Daerah Menggunakan Analisis Diskriminan Kuadratik Klasik dan Diskriminan Kuadratik Robust. *Jurnal Gaussian*, 3(1), 1-10, 2014.
- [4] Khiqmah, L. I. *Perbandingan Diskriminan Kuadratik Klasik dan Diskriminan Kuadratik Robust pada Kasus Pengklasifikasian Peminatan Peserta Didik (Studi Kasus di SMA Negeri 1 Kendal Tahun Ajaran 2014/2015)*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro. 2015.
- [5] Wati, P. I. *Analisis Diskriminan Kuadratik pada Penjurusan Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 1 Jember*. Jember: Universitas Jember. 2013.