



Implementasi Metode Learning Vector Quantization (LVQ) untuk Klasifikasi Jumlah Penduduk Menurut Jenis Kelamin dan Kabupaten di Sumatera Utara

Nur Saida^{1*}, Muhammad Yasin²

^{1,2} Teknik, Informatika, Universitas Asahan

*Penulis Korespondensi: nursaidahidah2@gmail.com¹

Abstract North Sumatra Province has a large population and is spread across various districts, so an effective system is needed to manage and analyze population data. This research aims to implement the Learning Vector Quantization (LVQ) method in classifying population based on gender and district in North Sumatra. The LVQ method was chosen because of its ability to perform classification based on supervised learning that utilizes vector prototypes. The data used is sourced from the Central Bureau of Statistics (BPS) of North Sumatra in 2022 and analyzed using customized parameters in RapidMiner software. This research involves several stages, starting from data collection, UML-based system design, variable selection, to the application and testing of classification models. The results showed that the LVQ method was able to classify the population based on gender and district accurately and efficiently. It is expected that this classification system can be the basis for decision-making in regional development planning and accelerate government programs related to population distribution.

Keywords: District; Gender; Learning Vector Quantization; North Sumatra; Population Classification.

Abstrak. Provinsi Sumatera Utara memiliki jumlah penduduk yang besar dan tersebar di berbagai kabupaten, sehingga diperlukan sistem yang efektif untuk mengelola dan menganalisis data kependudukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode Learning Vector Quantization (LVQ) dalam mengklasifikasikan jumlah penduduk berdasarkan jenis kelamin dan kabupaten di Sumatera Utara. Metode LVQ dipilih karena kemampuannya dalam melakukan klasifikasi berdasarkan pembelajaran terawasi yang memanfaatkan prototipe vektor. Data yang digunakan bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Sumatera Utara pada tahun 2022 dan dianalisis menggunakan parameter yang telah dikustomisasi pada perangkat lunak RapidMiner. Penelitian ini melibatkan beberapa tahapan, mulai dari pengumpulan data, perancangan sistem berbasis UML, pemilihan variabel, hingga penerapan dan pengujian model klasifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode LVQ mampu mengklasifikasikan penduduk berdasarkan jenis kelamin dan kecamatan secara akurat dan efisien. Diharapkan sistem klasifikasi ini dapat menjadi dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan pembangunan daerah dan mempercepat program pemerintah yang berkaitan dengan persebaran penduduk.

Kata kunci: Jenis Kelamin; Kabupaten/Kota; Klasifikasi Penduduk; Learning Vector Quantization; Sumatera Utara

1. LATAR BELAKANG

Provinsi Sumatera Utara merupakan salah satu wilayah dengan jumlah penduduk yang besar di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk Sumatera Utara terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, dengan total populasi mencapai lebih dari 15 juta jiwa pada tahun 2022. Pertumbuhan penduduk ini membawa tantangan tersendiri bagi pemerintah, khususnya dalam aspek perencanaan pembangunan yang meliputi kebutuhan infrastruktur, pelayanan publik, serta distribusi sumber daya manusia secara merata.

Dalam praktiknya pengolahan dan analisis data kependudukan masih menghadapi berbagai kendala. Salah satunya adalah volume data yang besar dan kompleks, terutama ketika data tersebut dikategorikan berdasarkan jenis kelamin dan wilayah administratif seperti kabupaten atau kota. Selain itu pola demografi yang dinamis juga menyulitkan proses klasifikasi secara manual. Oleh karena itu dibutuhkan suatu pendekatan komputasional yang mampu melakukan klasifikasi secara efektif, cepat, dan akurat.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menangani masalah tersebut adalah *Learning Vector Quantization* (LVQ). LVQ merupakan algoritma pembelajaran terawasi (*supervised learning*) yang bekerja dengan memetakan data ke dalam vektor-vektor representatif atau prototipe untuk proses klasifikasi. Metode ini terbukti efektif dalam mengenali pola dan membagi data ke dalam kelas-kelas tertentu berdasarkan karakteristik yang dimiliki.

2. KAJIAN TEORITIS

Jaringan Saraf Tiruan (JST)

Jaringan Saraf Tiruan (JST) Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk menstimulasikan proses pembelajaran otak manusia. (Br Sitepu 2021).

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan representasi buatan dari otak manusia yang selalu berusaha atau mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran otak manusia dan merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang di rancang untuk meniru prinsip kerja otak manusia dan memecahkan suatu masalah dengan melakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya. (Setyowati and Mariani 2021)

Metode Learning Vector Quantization (LVQ)

Metode Learning Vector Quantization (LVQ), yang merupakan metode pembelajaran kompetitif, melibatkan penentuan bagaimana metode ini dapat diterapkan. Secara alami, lapisan lapisan kompetitif digunakan untuk mengkategorikan penggunaan masukan dan vektor masukan. Tapi kelas yang dibuat di lapisan kompetitif hanya mempengaruhi vektor input. Lapisan kompetitif akan menempatkan dua vektor input ke kelas yang sama jika mereka sangat mirip (Harahap et al. 2021).

Learning Vector Quantization (LVQ) merupakan metode pada JST yang bersifat adaptif berdasarkan data latih dengan kelas yang diinginkan. LVQ terdiri atas tiga buah lapisan yaitu masukan, kompetitif, dan keluaran. Metode ini melatih data secara kompetitif pada lapisan

kompetitif yang secara otomatis mengklasifikasikan data masukan ke dalam salah satu kelas (Mardiana and Kalsum 2021).

Klasifikasi

Klasifikasi adalah proses pengelompokan data atau objek ke dalam kategori atau kelas tertentu berdasarkan karakteristik atau atribut yang dimiliki. Tujuan klasifikasi adalah untuk membedakan antara objek atau data yang memiliki karakteristik yang sama dan yang berbeda (Novita Sar et al., 2024).

Menurut (Setyowat & Mariani, 2021) Klasifikasi adalah suatu proses menemukan model atau fungsi yang mendeskripsikan atau membedakan kategori kelas data yang tujuan untuk memperkirakan kelas dari suatu objek yang labelnya belum diketahui.

Penduduk

Penduduk adalah sekelompok individu yang tinggal di suatu wilayah atau daerah tertentu dalam jangka waktu tertentu. Istilah ini sering digunakan untuk merujuk pada orang-orang yang menetap di suatu negara, kota, desa, atau wilayah geografis lainnya. Penduduk dapat mencakup berbagai kalangan, termasuk warga negara, pendatang, dan orang-orang yang memiliki izin tinggal (Ramadhani & Siagian, 2021).

Penduduk adalah setiap orang yang berdomisili di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia selama 1 tahun atau lebih dan atau mereka yang berdomisili kurang dari 1 tahun tetapi bermaksud bertempat tinggal selama 1 tahun atau lebih (https://sensus.bps.go.id/metadata_statistik/).

Unified Modelling Language (UML)

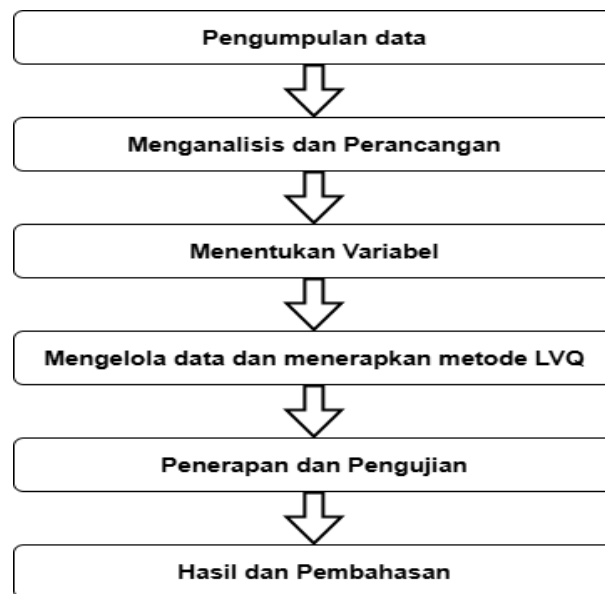
Unified Modelling Language (UML) adalah sebuah bahasa pemodelan visual yang digunakan untuk mendokumentasikan, merancang, dan mengkomunikasikan desain suatu sistem secara terstruktur dan sistematis. UML merupakan standar dikembangkan oleh Object Management Group (OMG) dan diterapkan secara luas dalam industri perangkat lunak (Pranoto et al. 2024).

3. METODE PENELITIAN

Kerangka Kerja Penelitian

Dalam melakukan suatu penelitian, peneliti harus melakukan perencanaan secara tepat dan sistematis. Desain penelitian adalah suatu rencana dari analisis, dan interpretasi yang sama, terperinci, dan spesifik. Rencana penelitian merupakan penjelasan apa yang dilakukan dan masalah apa yang diselesaikan yang ada pada saat penelitian dilakukan. Dengan adanya

perencanaan dalam penelitian memungkinkan peneliti dapat mengambil tindakan dan keputusan yang tepat ketika berhadapan dengan masalah penelitian.



Gambar 1. Kerangka Kerja.

Uraian Kerangka Kerja Penelitian

Uraian kerangka kerja penelitian merupakan langkah-langkah yang akan diambil dalam penelitian. Bagian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai bagaimana penelitian akan dilaksanakan.

Pengumpulan Data

Pada tahapan ini, data kepemilikan jaminan kesehatan di kumpulkan dari sumber resmi Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatra Utara (BPS SUMUT), melalui situs resmi mereka di (<https://sumut.bps.go.id/id>). Data yang diambil mencakup periode pada tahun 2022.

Menganalisis dan Perancangan

Pada tahap ini akan dilakukan analisis dan perancangan terhadap permasalahan yang ada. Penelitian melakukan analisis data metode *Learning Vector Quantization* (LVQ) untuk imendapatkan hasil klasifikasi jumlah penduduk menurut jenis kelamin dan kabupaten di Sumatera Utara, setelah data dianalisis peneliti melakukan tahap perancangan sistem menggunakan UML agar tahapan sistem sesuai dengan yang diinginkan.

Menentukan Variabel

Sebelum data diolah, terlebih dahulu menentukan variable yang digunakan untuk Kalsifikasi. Dalamipenelitian variable yang digunakan adalah variable jenis kelamin, variable Kabupten, selanjutnya dari data yang ada akan dikelompokan berdasarkan data yang ada.

Mengelola data dan menerapkan metode LVQ

Setelah Variable ditentukan maka dilakukan pengolahan terhadap data yang diperoleh dari ipengamatan Langkah-langkah dalam menerapkan metode LVQ adalah:

- Menentukan: Bobot (W), Maksimum Epoch (MaxEpoch) eror minimum yang diharapkan (Eps), learning rate (α)
- Data input : $x(m,n)$
- Target berpakelas : $T(1,n)$
- Epoch = epoch + 1
- Mengerjai untuk $i = 1$ sampai n
- Pilih (J) jarak demikian hingga $\|X - W_j\|$ minimum (bilang sebagai C_j) atau $D1 = \epsilon X W$
- Perbaiki W_j dengan aturan : Jika $T = C_j$ maka,
- $W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) + \alpha(x - W_j(\text{lama})) \dots\dots\dots(2.2)$
- Jika $C_j \neq T$ maka $W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) - \alpha(X - W_j(\text{lama})) \dots\dots\dots(2.3)$
- Kurangi nilai α
 - Setelah melakukan pelatihan, maka diperbolehkan bobot akhir (W). Yang dimana akan digunakan pada proses pengujian. Misalnya, dilakukan proses pengujian terhadap sebuah data. Maka algoritma pengujiannya adalah:
- Pilih data yang akan di uji, misal X_{ij} dengan $i = 1, 2, \dots, np$ dan $j = 1, 2, \dots, m$.
- Kerjakan untuk $i = 1$ hingga np
 - Tentukan J hingga $\|X_{ij} - W_j\|$ minimum
 - J adalah kelas untuk X_i

Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini akan diuraikan hasil dari pengolahan dan pengujian data yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Learning Vector Quantization* (LVQ). Hasil Kalsifikasi tersebut akan menghasilkan tingkat persentase (%) keakuratannya dalam penentuan kondisi penduduk yang tepat sehingga akan berdampak pada peningkatan tarap hidup yang akan di berikan oleh pemerintah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan data jumlah penduduk per kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara, yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data tersebut mencakup total jumlah penduduk untuk tahun 2022, 2023, dan 2024. Data ini dikumpulkan dan diinput ke dalam sistem untuk digunakan dalam proses klasifikasi menggunakan metode *Learning*

Vector Quantization (LVQ). Setiap kabupaten atau kota direpresentasikan dalam bentuk baris data dengan nilai total penduduk per tahun. Dalam sistem berbasis web yang dibangun, pengguna dapat menginput data melalui halaman Dataset. Tabel yang ditampilkan terdiri dari kolom Nama Kabupaten/Kota, jumlah penduduk tahun 2022–2024.

Persiapan data

Langkah awal adalah menyiapkan data jumlah penduduk laki-laki menurut kabupaten/kota untuk tahun 2022–2024 beserta target kelasnya (Tinggi/Rendah). Data ini menjadi input untuk proses pelatihan LVQ.

Tabel 1. Data Jumlah Penduduk Laki-Laki kabupaten/kota untuk tahun 2022–2024

No	Nama Kabupaten/Kota	2022	2023	2024	Target
1	Nias	76259	78595	79577	Rendah
2	Mandailing Natal	241594	247811	252073	Rendah
3	Tapanuli Selatan	154457	157340	159420	Rendah
4	Tapanuli Tengah	188740	195086	199203	Rendah
5	Tapanuli Utara	159102	161782	163845	Rendah
6	Toba	105874	106907	108401	Rendah
7	Labuhan Batu	257802	260717	264147	Rendah
8	Asahan	398595	405617	411138	Tinggi
9	Simalungun	513380	521262	529538	Tinggi
10	Dairi	158077	162928	165937	Rendah
11	Batu Bara	209540	216549	219965	Rendah
12	Labuhanbatu Selatan	163636	168655	171513	Rendah
13	Labuanbatu Utara	198522	203705	207098	Rendah
14	Sibolga	45335	45839	46102	Rendah
15	Tanjung Balai	91099	92715	93932	Rendah
16	Pematang Siantar	135566	135918	137006	Rendah
17	Tebing Tinggi	88549	89025	90018	Rendah
18	Medan	1242313	1231673	1237602	Tinggi
19	Binjai	150032	151627	151627	Rendah
20	Padang Sidempuan	115038	119228	121706	Rendah

Tabel 2. Data Jumlah Penduduk Perempuan kabupaten/kota untuk tahun 2022–2024

No	Nama Kabupaten/Kota	2022	2023	2024	Target
1	Nias	76259	78595	79577	Rendah
2	Mandailing Natal	243280	249164	253287	Rendah
3	Tapanuli Selatan	152855	155200	157066	Rendah
4	Tapanuli Tengah	185994	191809	195707	Rendah
5	Tapanuli Utara	159322	161320	163148	Rendah
6	Toba	106259	106943	108319	Rendah
7	Labuhan Batu	250222	253109	256398	Rendah
8	Asahan	389086	396946	402582	Tinggi
9	Simalungun	508235	514658	522307	Tinggi
10	Dairi	157383	161819	164649	Rendah
11	Batu Bara	206827	213984	217395	Rendah
12	Labuhanbatu Selatan	156688	162142	165064	Rendah
13	Labuanbatu Utara	192432	198158	201651	Rendah
14	Sibolga	45031	45426	45645	Rendah
15	Tanjung Balai	88649	90455	91715	Rendah
16	Pematang Siantar	138490	138920	140048	Rendah
17	Tebing Tinggi	89236	89889	90959	Rendah
18	Medan	1252199	1242493	1248681	Tinggi
19	Binjai	149977	151645	153589	Rendah
20	Padang Sidempuan	116024	116989	118361	Rendah

Inisialisasi Bobot (Prototype)

Metode LVQ membutuhkan bobot awal (prototype) untuk setiap kelas. Bobot ini diambil dari data perwakilan masing-masing kelas, dimana pada perhitungan ini menggunakan data ke-15 dan ke-16 sebagai inisialisasi bobot atau bobot awal.

Tabel 3. Inisialisasi Bobot Penduduk Laki-Laki/Data Uji (Prototype).

No	Nama Kabupaten/Kota	2022	2023	2024	Target
15	Tanjung Balai	91099	92715	93932	Rendah
16	Pematang Siantar	135566	135918	137006	Rendah
17	Tebing Tinggi	88549	89025	90018	Rendah
18	Medan	1242313	1231673	1237602	Tinggi
19	Binjai	150032	151627	151627	Rendah
20	Padang Sidempuan	115038	119228	121706	Rendah

Tabel 4. Inisialisasi Bobot Penduduk Perempuan/Data Uji (Prototype).

No	Nama Kabupaten/Kota	2022	2023	2024	Target
15	Tanjung Balai	88649	90455	91715	Rendah
16	Pematang Siantar	138490	138920	140048	Rendah
17	Tebing Tinggi	89236	89889	90959	Rendah
18	Medan	1252199	1242493	1248681	Tinggi
19	Binjai	149977	151645	153589	Rendah
20	Padang Sidempuan	116024	116989	118361	Rendah

Perhitungan jarak dan update bobot dengan menggunakan rumus:

Jarak Euclidean (antara data x dan prototype w):

$$d(x, w) = \sqrt{\sum_{i=1}^3 (x_i - w_i)^2}$$

Aturan update LVQ (jika prototype pemenang punya label sama dengan target):

$$w_{baru} = w_{lama} - \alpha \times (x - w_{lama})$$

Jika pemenang \neq target, sebaliknya geser menjauh (gunakan minus):

$$w_{baru} = w_{lama} + \alpha \times (x - w_{lama})$$

a. Iterasi Data Ke-1 Penduduk Laki-Laki (Tebing Tinggi)

Menghitung bobot untuk jarak X1 (w1):

$$\text{Tanjungbalai } W1 = (91.099 ; 92.715 ; 93.932)$$

$$\text{Tebing Tinggi } X1 = (88.549 ; 89.025 ; 90.018)$$

Menghitung jarak ke kelas-1 W1 (Tanjungbalai)

$$x_1 - w_{1,1} = 88.549 - 91.099 = -2.550 = (-2.550)^2 = 6.502.500$$

$$x_2 - w_{1,2} = 89.025 - 92.715 = -3.690 = (-3.690)^2 = 13.616.100$$

$$x_3 - w_{1,3} = 90.018 - 93.932 = -3.914 = (-3.914)^2 = 15.319.396$$

$$\text{Jumlah Kuadrat} = 6.502.500 + 13.616.100 + 15.319.396 = 35.437.996$$

$$\text{Jadi } d(x, w_1) = \sqrt{35.437.996} = 5.952,982$$

Menghitung bobot untuk jarak X2(w2):

$$\text{Pematang Siantar} = (135.566 ; 135.918 ; 137.006)$$

$$\text{Tebing Tinggi} = (88.549 ; 89.025 ; 90.018)$$

Menghitung jarak ke kelas-2 W2 (Pematang Siantar)

$$x_1 - w_{1,1} = 88.549 - 135.566 = -47.017 = (-47.017)^2 = 2.210.598.289$$

$$x_2 - w_{1,2} = 89.025 - 135.918 = -46.893 = (-46.893)^2 = 2.198.953.449$$

$$x_3 - w_{1,3} = 90.018 - 137.006 = -46.988 = (-46.988)^2 = 2.207.872.144$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat} &= 2.210.598.289 + 2.198.953.449 \\ &+ 2.207.872.144 = 6.617.423.882 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi } d(x, w_1) = \sqrt{6.617.423.882} = 81.347,55$$

Jarak terkecil pada bobot ke 1 yaitu W1

Target data Ke 1 = Kelas 1 (Rendah)

Karena Kelas 1 sebagai pemenang maka update bobot baru pada Kelas 1 yaitu:

$$W1 = (89824: 90870: 91975)$$

$$W2 = (135566, 135918, 137006)$$

Kelas Pemenang adalah W1 (Tanjungbalai) dengan hasil 5.952.982 maka akan digunakan sebagai update bobot pada W1.

b. Iterasi Data Ke-2 Penduduk Laki-Laki (Medan)

Menghitung bobot untuk jarak kelas 1 (w1):

$$w1 = (89824: 90870: 91975)$$

$$x1 = (1242313: 1231673: 1237602)$$

Menghitung jarak ke Kelas 1 (w1):

$$x_1 - w_{1,1} = 1242313 - 89824 = 1.152.489 = (1.152.489)^2 = 1.328.230.895.121$$

$$\begin{aligned} x_2 - w_{1,2} &= 1231673 - 90870 = 1.140.803 = (1.140.803)^2 \\ &= 1.301.431.484.809 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_3 - w_{1,3} &= 1237602 - 91975 = 1.145.627 = (1.145.627)^2 \\ &= 1.312.461.223.129 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat} &1.332.844.851.121 + 1.301.431.484.809 + 1.301.431.484.809 \\ &= 3.942.123.603.059 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi } d(x, w_1) = \sqrt{3.942.123.603.059} = 1.985.478$$

Menghitung bobot untuk jarak (w2):

$$w2 = (135566, 135918, 137006)$$

$$x1 = (1242313: 1231673: 1237602)$$

Menghitung jarak ke Kelas 2 (w2):

$$\begin{aligned} x_1 - w_{1,1} &= 1242313 - 135566 = 1.106.747 = (1.106.747)^2 \\ &= 1.224.888.922.009 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 - w_{1,2} &= 1231673 - 135918 = 1.095.755 = (1.095.755)^2 \\ &= 1.200.679.020.025 \end{aligned}$$

$$x_3 - w_{1,3} = 1237602 - 137006 = 1.100.596 = (1.100.596)^2$$

$$= 1.211.311.555.216$$

$$\text{Jumlah Kuadrat } 1.224.888.922.009 + 1.200.679.020.025 + 1.211.311.555.216$$

$$= 3.636.879.497.250$$

$$\text{Jadi } d(x, w_1) = \sqrt{3.636.879.497.250} = 1.907,060$$

Jarak terkecil pada bobot ke 2 yaitu W2

Target data Ke 2 = Kelas 2 (Tinggi)

Karena Kelas 2 sebagai pemenang maka update bobot baru pada Kelas 2 yaitu:

$$W1 = (89824, 90870, 91975)$$

$$W2 = (6889395, 6837955, 687304)$$

Setelah diperoleh perhitungan iterasi pertama dan kedua, maka lakukan perhitungan dengan langkah yang sama untuk itreasi selanjutnya sampai selesai.

c. Iterasi Data Ke-1 Penduduk Perempuan (Tebing Tinggi)

Menghitung bobot untuk jarak kelas 1 (w1):

$$\text{Tanjungbalai } w1 = (88649 ; 90455 ; 91715)$$

$$\text{Tebing tinggi } x1 = (89236 ; 89889 ; 90959)$$

Menghitung jarak ke w1 (Tanjung balai)

$$x_1 - w_{1,1} = 89236 - 88649 = 587 = (587)^2 = 344569$$

$$x_2 - w_{1,2} = 89889 - 90455 = -566 = (-566)^2 = 320356$$

$$x_3 - w_{1,3} = 90959 - 91715 = -756 = (-756)^2 = 571536$$

$$\text{Jumlah Kuadrat} = 344569 + 320356 + 571536 = 1.236.461$$

$$\text{Jadi } d(x, w_1) = \sqrt{1.236.461} = 1111,96$$

Menghitung bobot untuk jarak kelas 1 (w1):

$$\text{Pematang siantar } w2 = (138490 ; 138920 ; 140048)$$

$$\text{Tebing Tinggi } x2 = (89236 ; 89889 ; 90959)$$

Menghitung jarak ke-2 w2 (Pematang Siantar)

$$x_1 - w_{1,1} = 89236 - 138490 = -49254 = (-49254)^2 = 2.426.968.516$$

$$x_2 - w_{1,2} = 89889 - 138920 = -49031 = (-49031)^2 = 2.404.038.961$$

$$x_3 - w_{1,3} = 90959 - 140048 = -49089 = (-49089)^2 = 2.409.732.921$$

$$\text{Jumlah Kuadrat} = 2.426.968.516 + 2.404.038.961 + 2.409.732.921$$

$$= 7.240.740.398$$

$$\text{Jadi } d(x, w_1) = \sqrt{7.240.740.398} = 85.086,6$$

Jarak terkecil antara bobot 1 dan 2 yaitu W1

Target data Ke 1 = Kelas 1 (Rendah)

Karena Kelas 1 sebagai pemenang maka update bobot pada Kelas 1 yaitu:

$$W1 = (889425, 90172, 91337)$$

$$W2 = (138490, 138920, 140048)$$

Berdasarkan hasil perhitungan jarak kuadrat yang telah dikoreksi, diperoleh dengan nilai akar pertama 1111,96 dan akar kedua sekitar 85.086,6. Nilai jarak terkecil menunjukkan bahwa kelas 1 (Tanjungbalai) tetap menjadi pemenang dan digunakan sebagai acuan update bobot pada kelas 1.

d. Iterasi Data Ke-2 Penduduk Perempuan (Medan)

$$W1 = (889425, 90172, 91337)$$

$$X1 = (1252199, 1242493, 1248681)$$

Menghitung bobot untuk jarak kelas 1 (w_1):

$$x_1 - w_{1,1} = 1252199 - 889425 = 362.774 = (362.774)^2 = 131.604.975.076$$

$$\begin{aligned} x_2 - w_{1,2} &= 1242493 - 90172 = 1,152,321 = (1,152,321)^2 \\ &= 1.327.843.687.041 \end{aligned}$$

$$x_3 - w_{1,3} = 1248681 - 91337 = 1.157.344 = (1.157.344)^2 = 1.339.445.134.336$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat} &= 131.604.975.076 + 1.327.843.687.041 + 1.339.445.134.336 \\ &= 2.798.893.796.453 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi } d(x, w_1) = \sqrt{2.798.893.796.453} = 2.005.107$$

Menghitung bobot untuk jarak kelas 2 (w_2):

$$W2 = (138490, 138920, 140048)$$

$$X2 = (1252199, 1242493, 1248681)$$

Menghitung jarak ke-2 w_2 :

$$x_1 - w_{2,1} = 1252199 - 138490 = 1.113.709 = (1.113.709)^2 = 1.240.347.736.681$$

$$\begin{aligned} x_2 - w_{2,2} &= 1242493 - 138920 = 1,103.573 = (1,103.573)^2 \\ &= 1.217.873.366.329 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_3 - w_{2,3} &= 1248681 - 140048 = 1.108.633 = (1.108.633)^2 \\ &= 1.229.067.128.689 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat} &= 1.240.347.736.681 + 1.217.873.366.329 + 1.229.067.128.689 \\ &= 3,687.288.231.699 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi } d(x, w_2) = \sqrt{3,687.288.231.699} = 1.920.231$$

Jarak terkecil antara bobot 1 dan 2 yaitu W2

Target data Ke 1 = Kelas 2 (Tinggi)

Karena Kelas 1 sebagai pemenang maka update bobot pada Kelas 1 yaitu:

$$W1 = (889425, 90172, 91337)$$

$$W2 = (6953445, 6907065, 6943645)$$

Proses pembaruan bobot ini dilanjutkan ke iterasi berikutnya dengan langkah perhitungan yang sama hingga seluruh data berhasil terklasifikasi dengan benar.

Setelah perhitungan selesai diperoleh dalam satu iterasi semua data sudah diklasifikasikan dengan benar, maka iterasi pelatihan bisa dihentikan dan memakai bobot terakhir untuk digunakan dalam proses klasifikasi / prediksi. Jika dalam satu iterasi ada yang *outputnya* belum tepat, maka dilanjutkan ke iterasi berikutnya sampai dengan data diklasifikasikan dengan benar atau telah mencapai maksimal iterasi yang telah ditentukan.

Tabel 5. Hasil Klasifikasi Penduduk Laki-Laki.

Nama	Klasifikasi / Prediksi			Hasil
	2022	2023	2024	
Data 1	88549	89025	90018	True
Data 2	1242313	1231673	1237602	True
Data 1	Kelas 1	5952.982		
	Kelas 2	81347.55		
	Hasil	5.952.982	Kelas 1	
Data 2	Kelas 1	1985478		
	Kelas 2	1907060		
	Hasil	1907060	Kelas 2	

Berdasarkan perhitungan LVQ untuk penduduk Laki-Laki, hasil prediksi menunjukkan bahwa:

- Data 1* dengan jumlah penduduk tahun 2022–2024 berturut-turut 88549, 89025, dan 90018 memiliki jarak terdekat ke *prototype Kelas 1* sebesar 5.952.982 dibandingkan jarak ke Kelas 2 sebesar 81347.55. Artinya *Data 1* diklasifikasikan ke *Kelas 1*.
- Data 2* dengan jumlah penduduk 1.242.313, 1.231.673, dan 1.237.602 memiliki jarak terdekat ke *prototype Kelas 2* sebesar 1.907.060 dibandingkan jarak ke Kelas 1 sebesar 1.985.478. Artinya *Data 2* diklasifikasikan ke *Kelas 2*.

Dengan demikian untuk kategori laki-laki, *Data 1* diprediksi masuk kelompok rendah (*Kelas 1*) sedangkan *Data 2* diprediksi masuk kelompok tinggi (*Kelas 2*) sesuai target yang telah ditentukan dalam model.

Tabel 6. Hasil Klasifikasi Penduduk Perempuan

Nama	Klasifikasi / Prediksi			Hasil
	2022	2023	2024	
Data 1	89236	89889	90959	True
Data 2	1252199	1242493	1248681	True
Data 1	Kelas 1	1111.963		
	Kelas 2	85086.58		
	Hasil	1111.963	Kelas 1	
Data 2	Kelas 1	2005107		
	Kelas 2	1920231		
	Hasil	1920231	Kelas 2	

Berdasarkan perhitungan LVQ untuk penduduk perempuan hasil prediksi menunjukkan bahwa:

- Data ke-1 dengan jumlah penduduk perempuan tahun 2022–2024 berturut-turut 89.236, 89.889, dan 90.959 memiliki jarak terdekat ke prototype Kelas 1 sebesar 1.111,96 dibandingkan jarak ke Kelas 2 sebesar 85.086,58. Artinya Data ke-1 diklasifikasikan ke Kelas 1.
- Data ke-2 dengan jumlah penduduk perempuan tahun 2022–2024 berturut-turut 1252199, 1242493, dan 1248681 memiliki jarak terdekat ke prototype Kelas 1 sebesar 2.005.107 dibandingkan jarak ke Kelas 2 sebesar 1.920 231. Artinya Data ke-2 diklasifikasikan ke Kelas 2.

Dengan demikian untuk kategori *perempuan*, *Data 1 diprediksi masuk kelompok rendah (Kelas 1)* sedangkan *Data 2 diprediksi masuk kelompok tinggi (Kelas 2)* sesuai target yang telah ditentukan dalam model.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian Implementasi *Metode Learning Vector Quantization* (LVQ) untuk Klasifikasi Jumlah Penduduk Menurut Jenis Kelamin dan Kabupaten di Sumatera Utara maka dapat disimpulkan sebagai berikut: Sistem klasifikasi jumlah penduduk berhasil dibangun menggunakan metode *Learning Vector Quantization* (LVQ) dan diimplementasikan dalam bentuk aplikasi berbasis web. Sistem ini dirancang untuk mengelompokkan jumlah penduduk dari masing-masing kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara berdasarkan data dari tahun 2022 hingga 2024. Metode LVQ yang diterapkan mampu melakukan proses klasifikasi secara otomatis dengan menghitung jarak antara data input dan bobot tiap kelas.

Hasil klasifikasi ditampilkan dalam bentuk output jarak ke masing-masing kelas serta keputusan akhir mengenai kelas terdekat, seperti Kelas 1 atau Kelas 2.

DAFTAR REFERENSI

- Br Sitepu, N. L. (2021). *Jaringan saraf tiruan memprediksi nilai pembelajaran siswa dengan metode backpropagation (Studi kasus: SMP Negeri 1 Salapian)*. *Journal of Information and Technology*, 1(2), 54–58. <https://doi.org/10.32938/jitu.v1i2.1006>
- Gusman, A. P. (2019). *Analisa perancangan dan implementasi pemesanan secara online berbasis customer relationship management (CRM)*. *Majalah Ilmiah UPI YPTK*, 26(1), 7–13. <https://doi.org/10.35134/jmi.v26i1.17>
- Harahap, M., Mutia, A., Simatupang, D. B. M., Gurning, B. S., & Putri, A. U. (2021). *Implementasi algoritma Learning Vector Quantization (LVQ) pada prediksi produksi tandan buah segar pada perkebunan kelapa sawit*. *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Sains Manajemen Informatika dan Komputer)*, 20(2), 124–131. <https://doi.org/10.53513/jis.v20i2.3757>
- Irvan, M. (2017). *Implementasi jaringan syaraf tiruan (JST) backpropagation neural network untuk prediksi penentuan jurusan calon mahasiswa (Studi kasus: UIN Suska Riau)*. [Skripsi].
- Kaban, R., & Sembiring, D. J. M. (2021). *HTML (Hypertext Markup Language): Pengantar pemrograman berbasis web*. Sumatera Barat: Insan Cendekia Mandiri.
- Kadir, A. (2019). *Tuntunan praktis belajar database menggunakan MySQL*. Yogyakarta: ANDI Offset.
- Kalua, A. L., Mantiri, R., Rumondor, C., & Mogogibung, E. (2024). *Sistem informasi pendaftaran beasiswa dan jadwal legalisir berbasis website responsif (Studi kasus: Dinas Pendidikan Sulawesi Utara)*. *Journal of Information Technology, Software Engineering and Computer Science*, 2(2), 58–74. <https://doi.org/10.58602/itsecs.v2i2.108>
- Kristianto, Y., Indra, Z., & Sari, I. P. (2021). *Smart notepad menggunakan security berbasis Android*. *Jurnal SANTI – Sistem Informasi dan Teknik Informasi*, 1(1), 68–84. <https://doi.org/10.58794/santi.v1i1.14>
- Mahardika, F., Merani, S. G., & Suseno, A. T. (2023). *Penerapan metode extreme programming pada perancangan UML sistem informasi penggajian karyawan*. *Blend Sains: Jurnal Teknik*, 2(3), 204–217. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i3.313>
- Mardiana, Y., & Kalsum, T. U. (2021). *Implementation of artificial neural networks with Learning Vector Quantization (LVQ) algorithm for detecting fingerprint characteristics*. *Jurnal Komputer, Informasi dan Teknologi*, 1(2), 444–450. <https://doi.org/10.53697/jkomitek.v1i2.432>

- Novita Sari, R., Negoro, W. S., & Universitas Potensi Utama. (2024). *Jaringan syaraf tiruan dengan Learning Vector Quantization (LVQ) untuk klasifikasi daun*. *Rekayasa Perangkat Lunak*, 16(1), 25–34.
- Nugroho, A., Supriyadi, U., & Jaenul, A. (2021). *Rancang bangun aplikasi toko online berbasis web CodeIgniter 3 untuk usaha mikro dan UMKM*. Tangerang: Media Sains Indonesia.
- Pamungkas, C. A. (2017). *Dasar pemrograman web dengan PHP*. Yogyakarta: Deepublish.
- Pranoto, S., Sutiono, S., Sarifudin, & Nasution, D. (2024). *Penerapan UML dalam perancangan sistem informasi pelaporan dan evaluasi pembangunan pada Bagian Administrasi Pembangunan Sekretariat Daerah Kota Tebing Tinggi*. *Surplus: Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 2(2), 384–401. <https://qjurnal.my.id/index.php/sur/article/view/866>
- Ramadhani, R., & Siagian, P. (2021). *Proyeksi dampak pertumbuhan penduduk Provinsi Sumatera Utara, Jepang, dan Belanda di tahun 2035: Analisis geometri dan eksponensial*. *Jurnal Ilmiah*, 6(1), 38–48.
- Sa’ad, M. I. (2020). *Otodidak web programming: Membuat website edutainment*. Jakarta: PT Alex Media Komputindo.
- Saputro, H., & Mahendra, D. (2019). *Penerapan aplikasi penjualan online berbasis customer relationship management (CRM) pada Toko Sumber Mulyo di Kabupaten Kudus*. *Jurnal Disprotek*, 10(1), 35–42. <https://doi.org/10.34001/jdpt.v10i1.869>
- Setyowati, E., & Mariani, S. (2021). *Penerapan jaringan syaraf tiruan dengan metode Learning Vector Quantization (LVQ) untuk klasifikasi penyakit infeksi saluran pernapasan akut (ISPA)*. *PRISMA: Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 4, 514–523. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/article/view/44356>
- Tomasouw, B. P., Aulele, S. N., & Rijoly, M. E. (2021). *Penerapan metode Learning Vector Quantization (LVQ) untuk mendeteksi penyalahgunaan narkoba*. *Contemporary Mathematics and Applications (ConMathA)*, 3(1), 36–42. <https://doi.org/10.20473/conmatha.v3i1.26940>