

**PENERAPAN *SELF-ORGANIZING MAP* UNTUK STRATIFIKASI PASIEN
PENYAKIT JANTUNG**

SKRIPSI

**Oleh :
NISA KHOLIFATUL UMMAH
NIM. 18650065**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**PENERAPAN *SELF-ORGANIZING MAP* UNTUK STRATIFIKASI
PASIEN PENYAKIT JANTUNG**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh :
NISA KHOLIFATUL UMMAH
NIM. 18650065**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENERAPAN *SELF-ORGANIZING MAP* UNTUK STRATIFIKASI
PASIEN PENYAKIT JANTUNG**

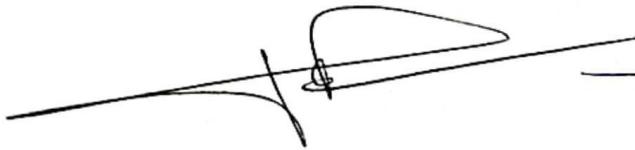
SKRIPSI

Oleh :
NISA KHOLIFATUL UMMAH
NIM. 18650065

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 4 Juni 2025

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Ir. Fachrul Kurniawan ST., M.MT., IPU
NIP. 19771020 200912 1 001



Dr. Zainal Abidin, M. Kom
NIP. 19760613 200501 1 0004

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Ir. Fachrul Kurniawan ST., M.MT., IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

PENERAPAN *SELF-ORGANIZING MAP* UNTUK STRATIFIKASI PASIEN PENYAKIT JANTUNG

SKRIPSI

Oleh :
NISA KHOLIFATUL UMMAH
NIM. 18650065

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 13 Juni 2025

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Fajar Rohman Hariri, M.Kom
NIP. 19890515 201801 1 001

()

Anggota Penguji I : Shoffin Nahwa Utama, M.T
NIP. 19860703 202012 1 003

()

Anggota Penguji II : Dr. Ir. Fachrul Kurniawan ST., M.MT., IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

()

Anggota Penguji III : Dr. Zainal Abidin, M. Kom
NIP. 19760613 200501 1 0004

()

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Ir. Fachrul Kurniawan ST., M.MT., IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nisa Kholifatul Ummah
NIM : 18650065
Fakultas / Program Studi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi : Penerapan *Self-organizing map* Untuk Stratifikasi Pasien Penyakit Jantung

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 25 Juni 2025
Yang membuat pernyataan,



Nisa Kholifatul Ummah
NIM.18650065

HALAMAN MOTTO

... خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ ...

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia.”
(HR. Ahmad).

It just so happens we're facing today for the first time

HALAMAN PERSEMBAHAN

I dedicated this work to my little fireflies, my ice and motivations

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penerapan *Self-organizing map* Untuk Stratifikasi Pasien Penyakit Jantung”.

Sholawat serta salam semoga tetap terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk sehingga kita tetap dalam iman islam dan dapat melakukan kegiatan belajar dengan cahaya islam.

Penulisan dan penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi Teknik Informatika di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan, bimbingan serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh ketulusan hati penulis mengucapkan terimakasih dikhususkan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Ir. Fachrul Kurniawan S.T., M.MT., IPU selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan juga Pembimbing I penulis yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama menulis dan menyusun skripsi ini.

4. Dr. Zainal Abidin, M.Kom., selaku dosen pembimbing II yang telah banyak membantu serta memotivasi penulis untuk tetap melanjutkan penulisan skripsi ini meski tertunda dalam beberapa waktu.
5. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu kepada penulis semenjak di bangku perkuliahan dan di ruang praktikum.
6. Nia Faricha, S.Si sebagai Admin Program Studi Teknik Informatika yang dengan sangat sabar banyak membantu penulis terkait informasi administrasi dan berkas studi.
7. Keluarga penulis, Orang tua penulis, Bapak H. Masduki dan Ibu Hj. Siti Mubarakah yang atas ridho Allah SWT sedang melaksanakan ibadah haji ketika penulis menyelesaikan skripsi yang tentu saja terus memberikan dukungan kepada penulis baik emosional dan tentu saja finansial, Kakak penulis Erwin Laillia Wahdati dan keluarganya, yang kurang lebih banyak memberikan dukungan motivasi untuk penulis. Adik, Tsalits Cahya Anjumi yang memberikan semangat dan juga motivasi kepada penulis.
8. Keluarga Pusat Mahad Al-Jami'ah Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang tahun 2019-2022 yang selalu memberikan motivasi dan kenangan paling mengesankan bagi penulis.
9. Rekan-rekan musyrif/ah Pusat Mahad Al-Jami'ah Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang tahun 2019-2022 yang telah berjuang bersama dalam pengabdian yang tidak mudah tergantikan oleh apapun.

10. Angkatan 18 Teknik Informatika UFO (*Unity of Informatics Force*) yang telah membagi beban, keluh kesah dan solidaritas kuat selama masa kuliah yang paling mengesankan. Dan juga teman-teman *last batch* yang sama-sama saling membantu dalam sisa masa studi dan banyak membantu penulis.
11. *And lastly, I want to thank myself for not giving up on every thorny path in this journey. Ash on in the midst of the pile, metamorphosis born in fire, then I fly away. I'll fly when the wind is right, if it's not okay, I don't care, on the other side, a hurricane.*

Semoga segala bantuan dan doa yang telah diberikan kepada penulis dibalas kebaikan oleh Allah SWT serta dicatat sebagai amal sholeh di dunia dan akhirat. Akhirnya penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat dan menjadi khazanah pengembangan ilmu pengetahuan pada bidang terkait.

Malang, 25 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
مستخلص البحث.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1 Penyakit Jantung.....	6
2.2 <i>Self-organizing map</i>	14
2.2.1 Algoritma <i>Self-organizing map</i>	17
2.3 Penelitian Terkait.....	20
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI	25
3.1 Desain Penelitian	25
3.2 Pengumpulan Data.....	26
3.3 Perancangan Sistem.....	28
3.4 Implementasi <i>Self-Organizing Map</i>	30
3.5 Miniatur penelitian menggunakan <i>Self-organizing map</i>	36
3.5.1 <i>Input</i> Data dan Parameter	36
3.5.2 Memilih <i>Input</i> Vektor dan Menentukan BMU.....	40
3.5.3 <i>Update</i> Bobot	41
3.5.4 Pengujian Hasil	44
3.6 Skenario Uji Coba.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Implementasi Sistem.....	53
4.1.1 <i>Input</i>	54
4.1.2 <i>Process</i>	57

4.1.3 Output.....	59
4.2 Hasil Uji Coba	63
4.2.1 Hasil Uji Coba Skenario A.....	64
4.2.2 Hasil Uji Coba Skenario B	83
4.3 Analisis Hasil.....	91
4.3.1 Hasil Klaster.....	91
4.3.2 Analisis Klaster	94
4.4 Integrasi Islam	101
4.4.1 Integrasi Islam Tentang Jantung	101
4.4.2 Integrasi Islam Tentang Stratifikasi	103
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	107
5.1 Kesimpulan.....	107
5.2 Saran	108
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Elektrokardiogram dengan sinyal normal	10
Gambar 2.2 Tabel parameter EKG pada berbagai usia.....	13
Gambar 2.3 Arsitektur Self-organizing map.....	16
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Desain Sistem.....	29
Gambar 3.3 Diagram Alur Self-organizing map.....	30
Gambar 3.4 Grid Output 3x3.	39
Gambar 3.5 Node pemenang dan tetangganya.....	42
Gambar 3.6 Topologi Self-organizing map	46
Gambar 3.7 Hasil jarak antar anode	48
Gambar 3.8 Hasil rata-rata jarak antar anode.....	48
Gambar 3.9 Peta U-matrix (Kiri) dengan angka (Kanan) Tanpa angka	49
Gambar 4.1 Tampilan bagian input.....	55
Gambar 4.2 Tampilan bagian input dengan data input invalid	55
Gambar 4.3 Tampilan ketika data berhasil di-input-kan.....	55
Gambar 4.4 Tampilan bagian pengaturan.	56
Gambar 4.5 Tampilan bagian pengaturan dengan pengaturan bawaan.....	56
Gambar 4.6 Tampilan bagian input secara keseluruhan	57
Gambar 4.7 Pseudocode min-max normalization.....	57
Gambar 4.8 Pseudocode penentuan bobot	58
Gambar 4.9 Pseudocode penentuan node pemenang	58
Gambar 4.10 Ilustrasi node tetangga.....	59
Gambar 4.11 Pseudocode Quantization error.....	59
Gambar 4.12 Salah Satu Hasil Node Output.....	60
Gambar 4.13 formula menghitung jarak antar anode.....	61
Gambar 4.14 formula menghitung rata-rata jarak antar anode	61
Gambar 4.15 Penerapan conditional formatting	61
Gambar 4.16 Peta U-matrix Hasil Optimal pada Iterasi 1	65
Gambar 4.17 Peta U-matrix Hasil Optimal pada Iterasi 10	67
Gambar 4.18 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Iterasi 10 Kali.....	68
Gambar 4.19 Peta U-matrix Hasil Optimal pada Iterasi 100	69
Gambar 4.20 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Iterasi 100 Kali.....	70
Gambar 4.21 Peta U-matrix Hasil Optimal pada Iterasi 200	71
Gambar 4.22 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Iterasi 200 Kali.....	72
Gambar 4.23 Peta U-matrix Hasil Optimal pada Iterasi 400	73
Gambar 4.24 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Iterasi 400 Kali.....	74
Gambar 4.25 Peta U-matrix Hasil Optimal pada Iterasi 800	75
Gambar 4.26 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Iterasi 800 Kali.....	76
Gambar 4.27 Peta U-matrix Hasil Optimal pada Iterasi 1000	77
Gambar 4.28 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Iterasi 1000 Kali.....	78

Gambar 4.29 Grafik Nilai Quantization error (QE) Optimal Skenario A.....	81
Gambar 4.30 Peta U-matrix Hasil Optimal pada Laju Pembelajaran 0.8	84
Gambar 4.31 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Laju Pembelajaran 0.8.....	85
Gambar 4.32 Peta U-matrix Hasil Optimal pada Laju Pembelajaran 0.9	86
Gambar 4.33 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Laju Pembelajaran 0.9.....	87
Gambar 4.34 Grafik Nilai Quantization error (QE) Optimal Skenario B	90
Gambar 4.35 Grafik Nilai Index Davies-Bouldin Skenario A.....	92
Gambar 4.36 Grafik Nilai Index Davies-Bouldin Skenario B	93
Gambar 4.37 Persentase Anggota Klaster 1	97
Gambar 4.38 Persentase Anggota Klaster 2.....	98
Gambar 4.39 Persentase Anggota Klaster 3.....	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	22
Tabel 3.1 Dataset Penelitian.....	27
Tabel 3.2 Deskripsi variabel data.....	28
Tabel 3.3 Data Untuk Perhitungan Manual.....	36
Tabel 3.4 Nilai terendah dan tertinggi masing-masing atribut.....	36
Tabel 3.5 Data setelah normalisasi.....	38
Tabel 3.6 Bobot dengan Nilai Random.....	39
Tabel 3.7 Seruluh jarak antara input ke-1 dan node.....	41
Tabel 3.8 Node yang di update	42
Tabel 3.9 Seluruh bobot setelah update.	43
Tabel 3.10 Seluruh node yang telah di update.	46
Tabel 3.11 Node pemenang masing-masing input.	47
Tabel 3.12 Nilai vektor setiap node	47
Tabel 3.13 Ketentuan Skenario Pengujian	50
Tabel 3.14 Skema Pengujian Skenario A.....	51
Tabel 3.15 Skema Pengujian Skenario B.....	52
Tabel 3.16 Skema Analisa Hasil	52
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Dengan 1 Iterasi.....	64
Tabel 4.2 Anggota Klaster Iterasi 1	66
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Dengan 10 Iterasi.....	66
Tabel 4.4 Anggota Klaster Iterasi 10	68
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Dengan 100 Iterasi.....	69
Tabel 4.6 Anggota Klaster Iterasi 100	70
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Dengan 200 Iterasi.....	71
Tabel 4.8 Anggota Klaster Iterasi 200	72
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Dengan 400 Iterasi.....	73
Tabel 4.10 Anggota Klaster Iterasi 400	74
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Dengan 800 Iterasi.....	75
Tabel 4.12 Anggota Klaster Iterasi 800	76
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Dengan 1000 Iterasi.....	77
Tabel 4.14 Anggota Klaster Iterasi 1000	78
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Seluruh Skenario A.....	79
Tabel 4.16 Hasil Nilai Quantization error (QE) Optimal Skenario A.....	80
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Dengan Laju Pembelajaran 0.8.....	84
Tabel 4.18 Anggota Klaster Laju Pembelajaran 0.8	85
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Dengan Laju Pembelajaran 0.9.....	86
Tabel 4.20 Anggota Klaster Laju Pembelajaran 0.9	87
Tabel 4.21 Hasil Pengujian Seluruh Skenario B.....	88
Tabel 4.22 Hasil Nilai Quantization error (QE) Optimal Skenario B.....	89
Tabel 4.23 Hasil Anggota Klaster dan Nilai Index Davies-Bouldin.....	91

Tabel 4.24 Rata-rata Variabel Setiap Klaster.....	94
Tabel 4.25 Indikator dan nilai normalnya	95
Tabel 4.26 Nilai Indikator pada Klaster 1	96
Tabel 4.27 Nilai Indikator pada Klaster 2	98
Tabel 4.28 Nilai Indikator pada Klaster 3	99

ABSTRAK

Ummah, Nisa Kholifatul. 2025. **Penerapan *Self-organizing map* Untuk Stratifikasi Pasien Penyakit Jantung**. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Ir. Fachrul Kurniawan S.T., M.MT., IPU (II) Dr. Zainal Abidin, M. Kom.

Kata kunci: *Self-organizing map*, Klastering, Stratifikasi, Jantung.

Penyakit jantung, juga penyakit yang berhubungan dengan kardiovaskular merupakan penyakit dengan tingkat kematian paling tinggi di dunia. Diperlukan penelitian untuk melihat faktor apa saja yang menjadi pengaruh pada kondisi kesehatan jantung. Penelitian ini menggunakan algoritma *self-organizing map* dan elektrokardiogram sinyal *database* dari MIT-BIH *database*. Memanfaatkan kemampuan Self-Organizing Map dalam visualisasi data berdimensi tinggi ke dimensi rendah untuk mendapatkan gambaran kluster yang terbentuk dalam dataset. Pengujian dengan 9 skenario dengan variasi jumlah iterasi dan laju pembelajaran yang masing-masing dilakukan 4 kali pengujian menghasilkan *Quantization error* optimal pada iterasi 1000 kali skenario A dengan laju pembelajaran 0.85 dan menghasilkan DBI sebesar 0.167557041 dengan 3 kluster yang terbentuk. Pengaruh yang diberikan menunjukkan bahwa banyaknya jumlah iterasi cukup mempengaruhi kualitas kluster yang terbentuk, sedangkan pengujian dengan variasi laju pembelajaran menunjukkan laju 0.85 memperoleh performa yang lebih baik dari nilai laju yang lain.

ABSTRACT

Ummah, Nisa Kholifatul. 2025. **Analysis and Visualization of Heart Disease Patient Dataset Using *Self-organizing map***. Undergraduate Thesis. Informatic Engineering Department The Faculty of Science and Technology Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Promotor: (I) Dr. Ir. Fachrul Kurniawan S.T., M.MT., IPU (II) Dr. Zainal Abidin, M. Kom.

Key words: Self-organizing map, Heart, Clustering. Stratification.

Heart diseases, as well as cardiovascular disease, are the number one killer in the world, with a high mortality rate, the WHO says. Many studies need to be conducted to identify the prominent factor of this deadly ailment. This study utilizes the self-organizing map algorithm and an electrocardiogram signal database from the processed MIT-BIH database to investigate which electrocardiogram leads are associated with specific diseases. Wielding the Self-Organizing Map potency to visualize high-dimensional data in a lower dimension to get a cluster depiction of the dataset. The result shows that 3 clusters were forming, with the Davies-Bouldin index showing a good result of 0.167557041 and it was obtained in skenario A with maximum iterations on 1000 and a learning rate value of 0.85. Maximum iteration leverage reaches quite a remarkable performance regarding its influence on the cluster quality; alas, the experiment in variations of learning rate shows that a learning rate of 0.85 got the best performance among the other values.

مستخلص البحث

الأمة، نساء خليفة. 2025. تطبيق خريطة التنظيم الذاتي لتصنيف مرضى القلب. البحث الجامعي. قسم الهندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: د. فخر الكورنياوان، الماجستير؛ المشرف الثاني: د. زين العابدين، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: خريطة تنظيم ذاتي، تجميع، تصنيف، قلب.

هذا مرض القلب، هو الأمراض المتعلقة بالجهاز القلبي الوعائي من الأمراض ذات أعلى معدلات الوفيات في العالم. لذلك، من الضروري إجراء بحوث لفهم العوامل المؤثرة على صحة القلب. في هذا البحث، تم استخدام خوارزمية خريطة التنظيم الذاتي وقاعدة بيانات إشارات تخطيط القلب الكهربائي من قاعدة بيانات MIT-BIH. تُستخدم قدرة خريطة التنظيم الذاتي في تصور البيانات ذات الأبعاد العالية إلى أبعاد منخفضة للحصول على تصور عن المجموعات المتكونة داخل مجموعة البيانات. أُجريت تسع حالات مختلفة باختلاف عدد التكرارات ومعدلات التعلم، وتم تنفيذ كل منها أربع مرات. وقد أظهرت النتائج أن أفضل خطأ في التكميم تحقق في الحالة (A) بعد 1000 تكرار وبمعدل تعلم 0.85، وبلغت قيمة مؤشر ديفيس-بولدين 0.167557041 (DBI) بثلاث مجموعات متكونة. تظهر النتائج إلى أن عدد التكرارات يؤثر بشكل كبير على جودة المجموعات، بينما يُظهر الاختبار باستخدام معدلات تعلم مختلفة أن المعدل 0.85 يحقق أداءً أفضل مقارنة بالمعدلات الأخرى.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan sehari-hari nutrisi manusia seperti oksigen dan vitamin dialirkan ke sel-sel tubuh melalui darah yang dibantu pompa jantung untuk mendistribusikannya ke seluruh tubuh. Bekerja selama 24 jam tanpa henti, jantung merupakan organ vital manusia yang sangat berpengaruh pada kehidupan manusia itu sendiri. Layaknya organ manusia lainnya jantung juga tidak kebal terhadap kerusakan dan serangan penyakit yang bisa disebabkan oleh berbagai macam hal seperti pola hidup, genetik ataupun lingkungan. Satu hal yang menarik diketahui bahwa menurut Kemenkes, penyakit jantung yang merupakan penyakit kardiovaskular dikategorikan sebagai penyakit tidak menular yang lebih dikenal sebagai penyakit kronis dan cenderung berdurasi lama.

Dinobatkan sebagai pembunuh nomor 1 di dunia, penyakit kardiovaskular atau Cardiovascular Disease (CVD) merupakan penyebab kematian utama pada ranah global menurut World Health Organization (WHO). Diperkirakan sebanyak 17.9 juta orang meninggal dunia pada tahun 2019 disebabkan oleh penyakit kardiovaskular. Dari total tersebut sebanyak 85% dikarenakan serangan jantung dan stroke. Dilaporkan pula oleh WHO bahwa tiga per-empat kasus kematian oleh penyakit kardiovaskulas tersebut terjadi di negara dengan pendapatan rendah-menengah. Federasi Jantung Dunia atau *World Heart Federation* (WHF) dalam laporannya pada tahun 2023 menyatakan bahwa ada 20.5 juta kematian akibat

penyakit kardiovaskular pada tahun 2021. Data menunjukkan peningkatan dari data tahun 2019. WHF juga menyatakan bahwa kematian oleh penyakit kardiovaskular lebih banyak terjadi pada laki-laki daripada wanita. Tercatat pada tahun 2019 ada sebanyak 280.8 kematian per 100,000 pria, dan 204.0 kematian per 100,000 wanita.

Seperti disebutkan di atas, penyakit jantung dapat disebabkan oleh pola hidup dan lingkungan yang tidak sehat. Faktor resiko penyakit jantung yang perlu diperhatikan meliputi konsumsi makanan yang tidak sehat, kurangnya aktivitas fisik, merokok, konsumsi alkohol yang berlebihan, dan polusi udara. Pola hidup yang tidak sehat dapat muncul pada individu dengan naiknya tekanan darah, naiknya gula darah, kelebihan berat badan dan obesitas. Faktor resiko yang disebutkan di atas merupakan faktor yang bisa diubah menjadi lebih baik demi menghindari timbulnya penyakit jantung. WHF menuliskan beberapa faktor resiko berdasar pola hidup dan lingkungan yang berkontribusi pada kematian pasien dengan penyakit jantung. Naiknya LDL kolesterol berkontribusi pada 3.8 juta kematian, naiknya tekanan darah berkontribusi pada 10.8 juta kematian dan polusi udara memegang angka 4.8 juta kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung.

Pemahaman tentang penyakit jantung menggiring pemikiran tentang apa saja sebenarnya yang dinamakan penyakit jantung. Dalam hal ini seperti muncul pertanyaan apakah penyakit jantung koroner dan stroke memiliki sumber penyebab yang sama dan apakah apakah penyakit kardiovaskular hanya melingkupi penyakit yang sering terdengar di telinga kita. Dengan kuasanya, Allah SWT telah menciptakan banyak hal yang tentu saja tidak hanya terdiri dari satu jenis saja dan tentu saja penyakit jantung memiliki beberapa penggolongannya sendiri, bahwa

setiap makhluk yang Dia ciptakan memiliki golongan yang membedakan antar satu sama lainnya. Dalam Al Qurán Surat Al Hujurat ayat 13 Allah berfirman sebagai berikut.

يَا أَيُّهَا النَّاسُ إِنَّا خَلَقْنَاكُمْ مِنْ ذَكَرٍ وَأُنْثَىٰ وَجَعَلْنَاكُمْ شُعُوبًا وَقَبَائِلَ لِتَعَارَفُوا إِنَّ أَكْرَمَكُمْ عِنْدَ اللَّهِ

أَتْقَىٰكُمْ إِنَّ اللَّهَ عَلِيمٌ خَبِيرٌ ﴿١٣﴾

“Wahai manusia, sesungguhnya Kami telah menciptakan kamu dari seorang laki-laki dan perempuan. Kemudian, Kami menjadikan kamu berbangsa-bangsa dan bersuku-suku agar kamu saling mengenal. Sesungguhnya yang paling mulia di antara kamu di sisi Allah adalah orang yang paling bertakwa. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui lagi Mahateliti.” (Q.S. Al Hujurat: 13).

Dalam ayat di atas disebutkan bahwa manusia diciptakan berbangsa-bangsa dan bersuku-suku mengisyaratkan bahwa Allah SWT. menciptakan hal di dunia ini terdiri dari berbagai hal yang saling berbeda sehingga perbedaan tersebut dapat digunakan sebagai pembeda satu dengan yang lain. Namun dalam perihal kemanusiaan, tidak semestinya antar suku dan bangsa selagi masih manusia untuk membedakan diri dan merasa rasnya yang paling unggul. Prinsip kesetaraan di antara seluruh manusia juga ditekankan, sementara tolak ukur untuk membedakan orang satu dengan yang lain adalah ketakwaan, kebajikan, dan tingkat kebaikan budi pekerti (Firman dkk, 2023).

Jantung manusia telah bekerja tanpa henti sejak pertama kali diciptakan oleh Allah SWT. Dengan koordinasi yang apik antara semua organ tubuh jantung memiliki peranan vital dalam tim. Bukan hanya peran dalam memompa darah, jantung juga memiliki ritmenya tersendiri jika berkaitan dengan aktifitas manusia baik fisik dan emosional. Sebagai upaya memelihara kesehatan jantung, tenaga

medis memeriksa jantung pasien yang kemudian diketahui kondisi jantung pasien dalam keadaan baik atau tidak. Salah satu upaya lain dalam mendeteksi penyakit jantung adalah dengan bantuan komputasi. Berdasarkan data yang diperoleh yang kemudian diproses dengan bantuan komputer, pasien juga dapat mendapatkan gambaran kondisi kesehatan jantungnya.

Beberapa penelitian upaya diagnosis jantung dengan bantuan data mining telah banyak dilakukan. Fajriati dkk, (2023) berhasil mengklasifikasikan penyakit jantung dengan menggunakan algoritma naïve bayes yang dioptimalkan dengan diskritisasi K-means. Hasil penelitian menunjukkan kenaikan akurasi dari yang semula 86,89% dengan tanpa optimasi menjadi 88,52% setelah dioptimasi. Sedangkan Sonia dkk, (2023) berhasil mengklasterkan resiko penyakit jantung menggunakan algoritma K-means menjadi 3 klaster dengan masing-masing pada klaster *low*, *medium* dan *high*.

Berdasar penelitian yang telah ada, penulis mengusulkan ide serupa untuk mencoba mengklasterkan penyakit jantung namun dengan sedikit pendekatan visual. Penulis mengusulkan menggunakan metode *Self-organizing map* atau *Self-organizing map* karena metode terkait dikenal dapat merepresentasikan model data multidimensi ke dalam peta 2 dimensi.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana penerapan dan pengujian *Self-organizing map* untuk stratifikasi penyakit jantung?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data diperoleh dari website <https://www.kaggle.com/datasets/akki2703/ecg-of-cardiac-ailments-dataset> yang diunduh pada 1 Maret 2025.
2. Data yang digunakan memiliki 54 atribut yang kemudian disesuaikan dengan indikator elektrokardiogram, sehingga hanya ada 6 atribut saja yang digunakan yaitu, *hbpermin*, *RRmean*, *PQdis*, *PonQdis*, *QSdis*, dan *QToffdis*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hasil performa stratifikasi penyakit jantung dengan *Self-organizing map*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan gambaran bagi tenaga medis untuk menggolongkan pasien dengan penyakit jantung dengan bantuan data mining.
2. Memberikan kontribusi terkait penggunaan metode *Self-organizing ma*.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penyakit Jantung

Penyakit kardiovaskular (PKV) adalah penyakit memengaruhi jantung atau pembuluh darah dan dapat disebabkan oleh kombinasi faktor risiko sosial-ekonomi, metabolisme, perilaku, dan lingkungan. Faktor-faktor tersebut meliputi tekanan darah tinggi, pola makan tidak sehat, kolesterol tinggi, diabetes, polusi udara, obesitas, penggunaan tembakau, penyakit ginjal, kurangnya aktivitas fisik, penggunaan alkohol yang berlebihan, dan stress. Penyakit kardiovaskular merupakan penyebab utama kematian dan penyebab utama kecacatan. Secara global, jumlah kematian akibat penyakit kardiovaskular diperkirakan meningkat dari sekitar 12,1 juta pada tahun 1990 (tersebar merata antara pria dan wanita) menjadi 18,6 juta (9,6 juta pria dan 8,9 juta wanita) pada tahun 2019. (WHF, 2023).

Sistem kardiovaskular terdiri dari jantung dan pembuluh darah. Ada berbagai macam masalah yang mungkin timbul dalam sistem kardiovaskular, misalnya, endokarditis, penyakit jantung rematik, dan kelainan pada sistem konduksi. Di antaranya, penyakit kardiovaskular (PKV) atau penyakit jantung mengacu pada 4 entitas berikut (Lopez dkk, 2023):

1. Penyakit arteri koroner: Kadang-kadang disebut sebagai Penyakit Jantung Koroner (PJK), yang disebabkan oleh penurunan perfusi miokard yang menyebabkan angina, infark miokard (MI), dan/atau gagal jantung.

Penyakit ini mencakup sepertiga hingga setengah dari kasus jantung koroner.

2. Penyakit *cerebrovascular*: Termasuk stroke dan serangan iskemik transien (TIA).
3. Penyakit *peripheral artery*: penyakit arteri tertentu yang melibatkan anggota tubuh yang dapat mengakibatkan klaudikasio.
4. *Aortic Atherosclerosis*: Termasuk aneurisma toraks dan abdomen

Masalah sebuah penyakit tentu saja diberikan cara untuk mendiagnosanya. Secara menyeluruh diagnosis hanya berhak dilakukan oleh dokter ahlinya, namun dalam hal kesehatan jantung dikenal alat bernama kardiogram yang digunakan untuk merekam aktifitas jantung guna mengetahui apa saja yang terjadi didalamnya.

Elektrokardiogram (ECG atau EKG) adalah rekaman grafis potensi listrik yang dihasilkan oleh jantung. Sinyal dideteksi melalui elektroda logam yang dipasang pada ekstremitas dan dinding dada, kemudian diperkuat dan direkam oleh elektrokardiograf. Kabel EKG sebenarnya menampilkan perbedaan potensial sesaat antara elektroda. Kegunaan klinis EKG berasal dari ketersediaannya yang langsung sebagai tes yang noninvasif, murah, dan sangat serbaguna. Selain penggunaannya dalam mendeteksi aritmia, gangguan konduksi, dan iskemia miokard, elektrokardiografi dapat mengungkapkan temuan lain yang terkait dengan gangguan metabolik yang mengancam jiwa (misalnya, hiperkalemia) atau peningkatan kerentanan terhadap kematian jantung mendadak (misalnya, sindrom perpanjangan QT) (Goldberger, 2013).

Klinik Cleveland (2025) menjelaskan, tes EKG merupakan cara mudah untuk mendapatkan informasi guna mendiagnosis masalah pada jantung. Tidak memerlukan waktu lama dan tidak menimbulkan rasa sakit, tetapi elektrokardiogram dapat memberi tahu penyedia layanan kesehatan jika mengalami serangan jantung, gagal jantung, atau kerusakan jantung. Elektrokardiogram juga dapat memberi tahu mereka jika ritme jantung tidak normal atau seberapa baik alat pacu jantung bekerja. Penyedia layanan kesehatan dapat menggunakan tes EKG untuk memeriksa kondisi tertentu, seperti dapat menggunakannya untuk mendiagnosis:

1. Aritmia (irama jantung abnormal) atau konduksi listrik abnormal. Aritmia adalah irama jantung yang tidak normal. Satu-satunya irama jantung yang normal adalah irama sinus yang normal. Dalam irama ini, impuls dihasilkan di nodus sinoatrial (SA), yang dihantarkan dan diperlambat saat melewati nodus atrioventrikular (AV). Kemudian impuls dihantarkan melalui berkas His, ke cabang berkas kiri dan kanan, dan akhirnya ke serabut Purkinje. Setiap penyimpangan dari jalur konduksi ini mengakibatkan aritmia. Aritmia dapat diklasifikasikan berdasarkan berbagai kriteria. Cara yang paling umum untuk mengkategorikannya adalah berdasarkan laju konduksi sebagai bradikardia dengan denyut jantung kurang dari 60 denyut per menit (bpm) dan takikardia dengan denyut jantung lebih dari 100 bpm (Desai dan Hajouli, 2023).
2. Aliran darah yang buruk ke otot jantung (iskemia) karena penyakit arteri koroner. Penyakit arteri koroner (PAK) ditandai dengan pasokan darah dan

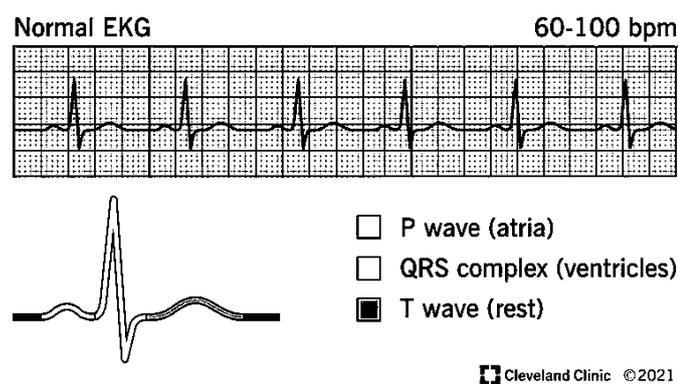
oksigen yang tidak memadai ke miokardium. Kondisi ini muncul akibat penyumbatan arteri koroner dan mengakibatkan ketidaksesuaian antara kebutuhan dan pasokan oksigen. Penyakit arteri koroner (PJK) biasanya melibatkan pembentukan plak di lumen arteri koroner yang menghambat aliran darah (Shahjehan dkk, 2024).

3. Masalah dengan katup jantung. Penyakit katup jantung biasanya disebabkan oleh kerusakan katup jantung seiring berjalannya waktu. Cacat ini umumnya muncul pada orang tua karena keausan. Masalah katup jantung pada anak-anak biasanya sudah ada sejak lahir (kongenital) dan diobati dengan cara yang berbeda (*Institute for Quality and Efficiency in Health Care (IQWiG)*, 2019).
4. Penyakit jantung bawaan. Penyakit jantung bawaan (PJB) adalah kelainan struktural jantung dan/atau pembuluh darah besar yang terjadi saat lahir yang mengakibatkan serangkaian efek samping jangka pendek dan jangka panjang. Penyakit ini menyebabkan 3% kematian neonatal dan 46% kematian akibat semua malformasi kongenital dan merupakan penyebab utama kematian neonatal (Meng dkk, 2024).
5. Serangan jantung (juga dikenal sebagai *myocardial infarctions* (MI)) terjadi ketika sebagian otot jantung tidak menerima aliran darah yang memadai, dan merupakan penyebab utama penyakit jantung, dengan perkiraan 750.000 kasus terjadi setiap tahunnya (Fang dkk, 2019).
6. Kardiomegali berarti pembesaran jantung. Definisinya adalah ketika diameter transversal siluet jantung lebih besar atau sama dengan 50% dari

diameter transversal dada (rasio kardioraks meningkat) pada proyeksi posterior-anterior dari radiografi dada atau tomografi terkomputasi. Ini tidak boleh disamakan dengan pembesaran garis kardiomedastinum (Amin dan Siddiqui, 2022).

7. Kerusakan jantung atau gagal jantung, yang juga dikenal sebagai gagal jantung kongestif, adalah sindrom klinis kompleks yang ditandai dengan ketidakmampuan jantung untuk memompa darah secara efektif karena gangguan struktural atau fungsional. Penyebab paling umum dari gagal jantung adalah penyakit jantung iskemik, tetapi faktor-faktor lain, seperti hipertensi, penyakit katup jantung, dan miokarditis, juga berkontribusi terhadap perkembangannya (Shams dkk, 2025).

Nilai normal elektrokardiogram (EKG) merupakan dasar untuk menetapkan dan menyempurnakan kriteria diagnostik. Nilai normal untuk EKG dewasa telah ditentukan dalam sejumlah penelitian (Rijnbeek, 2014). Gambar 2.1 menunjukkan gambar sinyal elektrokardiogram yang memiliki sinyal normal.



Gambar 2.1 Elektrokardiogram dengan sinyal normal

Hasil abnormal dari rekaman EKG tidak selalu mengindikasikan adanya kelainan pada jantung, begitupun sebaliknya hasil normal dari rekaman EKG belum tentu jantung penderita normal (Harris dalam Laksono, 2021). Pembacaan secara praktis untuk pemula bisa dilakukan dengan menentukan irama sinus, frekuensi denyut jantung, aksis jantung, morfologi gelombang P, interval PR, kompleks QRS, segmen ST dan gelombang T (Khan dalam Laksono, 2021).

Mesin EKG konvensional terdiri dari 12 sadapan, yang dibagi menjadi dua kelompok, yaitu sadapan ekstremitas dan sadapan prekordial. Sadapan ekstremitas selanjutnya dikategorikan sebagai sadapan ekstremitas bipolar standar I, II dan III, dan sadapan *unipolar augmented* aVL, aVF, dan aVR. Sadapan prekordial termasuk V1 hingga V6. Sadapan ekstremitas melihat jantung dalam bidang vertikal, dan sadapan prekordial merekam aktivitas listrik jantung dalam bidang horizontal (Kligfield et al., dalam Laksono, 2021). Penelusuran EKG khas dari detak jantung normal (atau siklus jantung) terdiri dari gelombang P, kompleks QRS, dan gelombang T. Tegangan dasar elektrokardiogram dikenal sebagai garis isoelektrik. Biasanya garis isoelektrik diukur sebagai bagian dari tracing mengikuti gelombang T dan sebelum gelombang P berikutnya (Benade, S.A.;Bombale, dalam Laksono, 2021).

Laksono (2021) menyimpulkan bahwa EKG menggambarkan irama jantung dan memberikan gambaran gangguan kelistrikan jantung, dimana dapat dibaca secara praktis dengan melihat jenis irama, frekuensi denyut nadi, aksis jantung, morfologi gelombang P, interval PR, kompleks QRS, segmen ST dan gelombang T.

Dalam jurnalnya, Rijnbeek (2014) meneliti tentang nilai normal elektrokardiogram untuk usia 16-90 tahun, dan dijelaskan dalam jurnal tersebut bahwa denyut jantung pada pria menurun setelah masa remaja hingga mencapai nilai rata-rata 65 denyut per menit (bpm), dan kembali mencapai tingkat remaja 73 bpm di usia lanjut. Denyut jantung berfluktuasi antara batas atas normal ~95, atau ~100 pada mereka yang berusia di atas 70 tahun, dan batas bawah normal ~50 bpm. Jantung wanita tampaknya berdetak sedikit lebih cepat.

Durasi P sedikit lebih panjang bagi pria daripada bagi wanita, begitu pula durasi PQ. Kedua pengukuran ini sedikit meningkat seiring bertambahnya usia hingga nilai median 120 ms untuk durasi P dan 170 ms untuk durasi PQ, dengan batas atas yang sesuai masing-masing ~ 150 ms dan ~ 230 ms. Istilah lain untuk durasi PQ adalah interval PQ, adapula penyebutan lain yaitu Interval PR. Interval PR sebenarnya adalah interval PQ gelombang P hingga awal gelombang Q (Richig, 2013).

Durasi QRS tetap stabil untuk semua usia pada 100 ms untuk pria dan 92 ms untuk wanita. Batas atas normal adalah 124 ms pada pria dan 114 ms pada wanita. Durasi QT memiliki nilai median mendekati 400 ms dan batas atas normal tidak lebih tinggi dari 460 untuk semua usia dan kedua jenis kelamin. Interval QTc telah dihitung menurut lima rumus koreksi yang berbeda dan secara konsisten lebih panjang daripada interval QT, yang mengikuti dari denyut jantung median yang lebih tinggi dari standar 60 bpm. Tiga rumus (Frederica, Framingham, dan Hodges) berada dalam kisaran dekat dan menghasilkan nilai median untuk pria muda sebesar 405 ms, yang perlahan mendekati 420 ms pada orang yang sangat tua. Batas atas

tetap berada dalam kisaran 440–450 ms hingga naik ke 460 ms pada kelompok usia 70–79 tahun, dan bahkan lebih tinggi pada mereka yang berusia di atas 80 tahun. Dengan rumus Rautaharju, nilai batas atas secara keseluruhan sekitar 5 ms lebih tinggi, untuk koreksi Bazett 10–15 ms. Berbeda dengan metode koreksinya, wanita memiliki durasi 5–10 ms lebih panjang, kecuali pada kelompok usia tertinggi. Gambar 2.2 menunjukkan tabel parameter EKG independen sadapan pada berbagai kelompok usia.

Parameter	Sex	16-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89
Heart rate (bpm)	Male	73 (49, 107)	65 (45, 94)	65 (46, 95)	66 (47, 95)	67 (48, 94)	67 (48, 95)	67 (50, 99)	74 (40, 97)
	Female	72 (47, 105)	67 (48, 98)	66 (47, 95)	67 (47, 90)	69 (52, 94)	71 (53, 94)	72 (55, 98)	72 (50, 102)
P duration (ms)	Male	106 (90, 136)	110 (90, 128)	110 (90, 134)	110 (90, 134)	116 (94, 140)	120 (94, 146)	120 (94, 144)	121 (92, 152)
	Female	104 (89, 124)	104 (88, 122)	106 (89, 128)	108 (90, 128)	112 (92, 134)	114 (92, 138)	116 (90, 144)	118 (90, 146)
PQ duration (ms)	Male	148 (118, 200)	150 (118, 196)	152 (118, 198)	152 (115, 200)	160 (124, 206)	164 (126, 220)	164 (129, 228)	172 (122, 229)
	Female	144 (112, 190)	144 (110, 190)	146 (114, 196)	148 (112, 200)	156 (120, 206)	158 (120, 206)	162 (121, 210)	170 (125, 235)
QRS duration (ms)	Male	100 (82, 126)	100 (80, 126)	100 (78, 124)	100 (78, 122)	100 (80, 124)	100 (80, 124)	101 (80, 131)	98 (70, 136)
	Female	92 (74, 112)	90 (76, 110)	92 (74, 114)	90 (76, 114)	92 (76, 114)	92 (76, 115)	92 (74, 114)	92 (72, 118)
QT interval (ms)	Male	378 (332, 452)	394 (342, 454)	396 (344, 454)	394 (342, 458)	396 (342, 458)	398 (346, 454)	398 (336, 458)	395 (334, 476)
	Female	390 (337, 455)	394 (340, 456)	400 (346, 460)	396 (350, 458)	398 (349, 458)	396 (351, 454)	394 (342, 454)	394 (332, 461)
QTc, Bazett (ms)	Male	416 (379, 460)	409 (364, 455)	413 (365, 458)	416 (372, 462)	418 (375, 463)	419 (379, 463)	421 (379, 478)	430 (388, 500)
	Female	429 (382, 473)	418 (374, 458)	419 (377, 464)	421 (379, 468)	427 (391, 472)	429 (391, 473)	432 (396, 476)	432 (393, 480)
QTc, Frederica (ms)	Male	403 (375, 452)	404 (366, 440)	408 (372, 445)	408 (374, 446)	411 (376, 449)	412 (380, 451)	414 (378, 464)	417 (375, 487)
	Female	415 (377, 452)	409 (375, 446)	413 (378, 452)	414 (377, 449)	417 (385, 456)	419 (386, 460)	419 (387, 464)	419 (377, 453)
QTc, Framingham (ms)	Male	403 (375, 452)	404 (367, 439)	408 (368, 443)	408 (373, 444)	411 (376, 448)	412 (378, 450)	413 (379, 463)	417 (379, 484)
	Female	415 (377, 451)	409 (375, 445)	413 (377, 450)	414 (378, 448)	417 (388, 456)	418 (388, 459)	419 (388, 459)	420 (381, 451)
QTc, Hodges (ms)	Male	405 (374, 450)	405 (369, 440)	408 (374, 445)	408 (376, 448)	410 (377, 447)	412 (381, 450)	413 (379, 462)	418 (378, 479)
	Female	414 (379, 452)	409 (376, 448)	412 (379, 453)	412 (379, 450)	416 (385, 453)	416 (386, 456)	417 (385, 461)	419 (377, 447)
QTc, Rautaharju (ms)	Male	409 (377, 454)	408 (369, 442)	411 (372, 447)	412 (376, 448)	415 (378, 451)	416 (382, 453)	417 (381, 464)	423 (389, 486)
	Female	422 (380, 450)	414 (379, 449)	416 (379, 454)	418 (381, 453)	421 (391, 458)	423 (390, 461)	425 (392, 465)	425 (386, 458)
Frontal P axis (°)	Male	59 (-22, 81)	53 (-8, 79)	57 (-13, 81)	61 (-1, 82)	61 (3, 81)	61 (-1, 82)	63 (-4, 82)	63 (-7, 105)
	Female	51 (-7, 78)	46 (-21, 75)	50 (-20, 79)	58 (-8, 80)	56 (-1, 80)	56 (-2, 81)	57 (-9, 80)	56 (-19, 80)
Frontal QRS axis (°)	Male	74 (-15, 111)	66 (-25, 98)	69 (-29, 100)	69 (-40, 97)	56 (-49, 92)	42 (-62, 90)	33 (-66, 83)	15 (-60, 83)
	Female	65 (-11, 103)	57 (-18, 93)	57 (-25, 95)	58 (-20, 94)	40 (-36, 88)	28 (-46, 81)	13 (-54, 77)	6 (-52, 82)
Frontal T axis (°)	Male	51 (-3, 73)	45 (0, 77)	50 (0, 78)	54 (-2, 81)	51 (-4, 84)	54 (-14, 86)	56 (0, 90)	57 (-142, 93)
	Female	43 (4, 68)	38 (-10, 66)	40 (-5, 74)	48 (-4, 80)	44 (0, 81)	48 (-13, 88)	54 (-2, 104)	56 (-52, 159)
QRS-T angle (°)	Male	51 (9, 111)	46 (9, 97)	44 (9, 101)	49 (11, 107)	50 (13, 117)	57 (16, 125)	61 (10, 129)	61 (13, 142)
	Female	43 (11, 107)	34 (7, 87)	37 (9, 95)	43 (11, 96)	44 (11, 105)	52 (13, 114)	60 (11, 128)	71 (20, 154)

Gambar 2.2 Tabel parameter EKG pada berbagai usia.

Sumbu P frontal median stabil pada berbagai kelompok usia pada sekitar 60° untuk kedua jenis kelamin, ke arah sadapan II. Sumbu QRS median tetap pada sekitar 70° untuk pria, 60° untuk wanita, hingga usia 50 tahun, lalu mulai berputar ke kiri, baik pada pria maupun wanita, hingga hampir horizontal pada kelompok usia tertinggi. Deviasi ke kiri ekstrem berada pada orde -60°. Sumbu T frontal median pada pria berada pada sekitar 50° hingga usia 60 tahun dan berputar sedikit lebih ke kanan pada usia tua. Pada wanita, sumbu ini awalnya 5–10° lebih ke kiri daripada pada pria, tetapi berakhir pada arah yang sama seperti pada pria. ULN awalnya berada pada sekitar 80°, tetapi cenderung membesar seiring bertambahnya usia. Sudut QRS-T spasial lebih besar pada pria daripada pada wanita untuk

kelompok usia yang lebih muda, tetapi perbedaan ini menghilang pada tahun-tahun berikutnya. Pada kedua jenis kelamin, sudut QRS-T menjadi lebih besar pada orang lanjut usia.

2.2 *Self-organizing map*

Jaringan Kohonen diperkenalkan pada tahun 1982 oleh peneliti Finlandia Tuevo Kohonen. Meskipun awalnya diterapkan pada analisis gambar dan suara, jaringan Kohonen adalah mekanisme yang efektif untuk analisis *Klaster*. Jaringan Kohonen mewakili jenis *Self-organizing map* (SOM), yang dengan sendirinya mewakili kelas khusus *Neural Network*. *Self-organizing map* didasarkan pada pengujian kompetitif, di mana *node output* bersaing di antara mereka sendiri untuk menjadi *node* pemenang (*winning node*). Seperti *neural network*, *Self-organizing map* bersifat *feed-forward* dan *completely connected*. Jaringan *feed-forward* tidak mengizinkan perulangan atau *cycling*. *Completely connected* berarti bahwa setiap *node* dalam lapisan tertentu terhubung ke setiap *node* di lapisan berikutnya, meskipun tidak ke *node* lain di lapisan yang sama. Seperti *neural network*, setiap koneksi antar *node* memiliki bobot yang terkait dengannya, yang pada inisialisasi ditetapkan secara acak ke nilai antara nol dan 1. Menyesuaikan bobot ini merupakan kunci untuk mekanisme pengujian di jaringan saraf dan *Self-organizing map*. Nilai variabel perlu dinormalisasi atau distandarisasi, seperti halnya untuk jaringan saraf, sehingga variabel tertentu tidak membebani yang lain dalam algoritma pengujian. Tidak seperti kebanyakan *neural networks*, *Self-organizing map* tidak memiliki *hidden layer*. Data dari lapisan *input* diteruskan langsung ke lapisan *output*. (Larose, 2014).

Van Hulle (2012) menyebutkan bahwa data *input* yang diambil dari ruang *input* harus memiliki dimensi yang sama dengan dimana *node* tersebut diproyeksikan.

Self-organizing map memiliki tiga proses, yaitu sebagai berikut (Larose, 2014):

a. Kompetisi

Seperti disebutkan di atas, *node output* bersaing satu sama lain untuk menghasilkan nilai terbaik untuk fungsi penilaian tertentu, paling sering jarak *Euclidean*. Dalam hal ini, simpul *output* yang memiliki jarak *Euclidean* terkecil antara masukan bidang dan bobot koneksi dinyatakan sebagai pemenang.

b. Kerja Sama

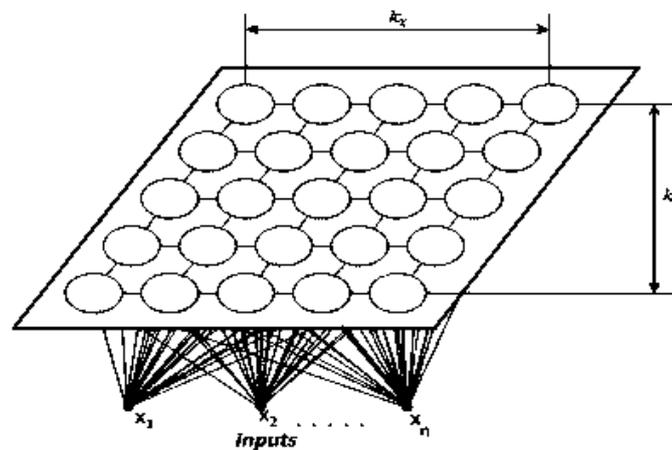
Node pemenang (*winning node*) kemudian menjadi pusat lingkungan dari *node* yang tereksitasi. Ini meniru perilaku *node* manusia, yang sensitif terhadap *output node* lain di lingkungan terdekat mereka. Di *Self-organizing map*, semua *node* di lingkungan ini berbagi "kegembiraan" atau "hadiah" yang diperoleh oleh *node* pemenang, yaitu adaptasi. Jadi, meskipun *node* di lapisan *output* tidak terhubung secara langsung, mereka cenderung berbagi fitur umum, karena parameter tetangga ini.

c. Adaptasi

Node di sekitar *node* pemenang berpartisipasi dalam adaptasi, yaitu mengalami proses pengujian. Bobot *node* ini disesuaikan untuk lebih meningkatkan fungsi skor. Dengan kata lain, simpul-simpul ini dengan

demikian memiliki peluang yang lebih besar untuk memenangkan persaingan sekali lagi, untuk serangkaian nilai bidang yang serupa.

Struktur *Self-organizing map* yang dikenal memiliki dua lapisan utama yaitu lapisan *input* dan *output* tanpa lapisan tersembunyi seperti konsep jaringan syaraf tiruan lainnya. Adapun gambaran arsitektur yang dimaksud digambarkan pada gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Arsitektur Self-organizing map

Setiap *node* pada *input* langsung dihubungkan kepada semua *node* di lapisan output dan tidak selalu terhubung dengan *node* pada layer yang sama. Penggambaran bisa dilakukan dengan melihat bahwa kedua lapisan ini masing-masing merupakan sebuah *array* yang saling terhubung. Lapisan *output* memiliki bobot yang merepresentasikan atribut nilai pada lapisan *output*, oleh karena itu setiap *node* lapisan *output* disyaratkan memiliki dimensi yang sama.

Layer *input* dilambangkan dengan nilai X pada gambar di atas berisikan nilai *input* X_1, X_2 sampai X_n yang kemudian dipetakan ke layer *output* Y yaitu Y_1, Y_2 sampai Y_n sesuai peta yang dinisiasikan. Gambar 2.3 merupakan arsitektur *Self-*

organizing map untuk *output* 2 dimensi sehingga bobot yang menghubungkan masing-masing *input* ke-*output* digambarkan dengan simbol W yang menghubungkan setiap satu *input* X kepada setiap *output* Y .

2.2.1 Algoritma *Self-organizing map*

Algoritma *Self-organizing map* dijelaskan Larose (2014) sebagai berikut.

Untuk setiap nilai *input* vektor x , lakukan:

1. Kompetisi.

Untuk setiap *output node* j , hitung nilai $D(w_j, x_n)$ dari fungsi penilaian.

Semisal contoh menggunakan jarak *Euclidean* dengan formula 2.1 berikut,

$$d_{nj} = \sqrt{\sum_{i=1} (x_n - w_j)^2} \quad (2.1)$$

Keterangan:

d_{nj} : Jarak *Euclidean*

x_n : *input* ke- n

w_j : bobot pada *node* ke- j

Temukan *node* pemenang j , yaitu nilai minimum dari semua *node* terhadap *input* dengan formula 2.2. Nilai ini kemudian disebut *BMU* atau *Best Matching Unit*.

$$BMU_j = \arg \min d_{nj} \quad (2.2)$$

Keterangan:

BMU_j : *Best Matching Unit* atau *node* pemenang.

2. Kerja Sama dan Adaptasi

Identifikasi semua *output node* j pada ketetanggaan di peta *output*. Untuk *node-node* ini dilakukan penyesuaian bobot atau *update* dengan menggunakan formula 2.3. Perubahan bobot tidak hanya dilakukan pada

node pemenang, melainkan juga dilakukan pada semua *node* tetangga dari *node* pemenang yang bersangkutan.

$$w_{t+1} = w_{ij} + \alpha_t \cdot \theta_t \cdot (w_{ij} - x_n) \quad (2.3)$$

Keterangan :

w_{t+1} : Bobot Pembaharuan
 w_{ij} : Bobot lama
 α_t : Laju pengujian pada iterasi ke-t
 θ_t : Fungsi tetangga pada iterasi ke-t
 x_n : Nilai *input* ke-n

Laju pengujian adalah parameter pelatihan yang mengontrol ukuran vektor bobot dalam pengujian SOM. Sedangkan fungsi tetangga menentukan laju perubahan *node* tetangga di sekitar *node* pemenang. Laju pengujian atau *learning rate* dan fungsi tetangga atau *neighbourhood function* dalam *Self-organizing map* dapat menggunakan banyak jenis perhitungan, namun disyaratkan untuk berkurang pada setiap iterasi pengujian (Natita dkk, 2016).

Dalam jurnalnya, Natita, dkk (2016) menyebutkan beberapa fungsi yang sering digunakan dalam penentuan laju pengujian dan fungsi tetangga di *Self-organizing map* . Fungsi laju pengujian yang sering digunakan antara lain:

a. *Linear*

$$\alpha_t = \alpha(0) \cdot \frac{1}{t} \quad (2.4)$$

b. *Inverse of Time*

$$\alpha_{(t,T)} = \alpha(0) \cdot \left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (2.5)$$

c. *Power Series*

$$\alpha_{(t,T)} = \alpha(0). e^{-\frac{t}{T}} \quad (2.6)$$

Keterangan:

t : iterasi ke-t

T : konstanta (jumlah iterasi keseluruhan)

Sedangkan fungsi tetangga yang lazim digunakan adalah fungsi *Bubble* dan Fungsi *Gaussian*. Fungsi *Bubble* adalah fungsi konstan sedangkan fungsi *Gaussian* adalah fungsi yang menurun di lingkungan tetangga yang ditentukan dari *node* pemenang. Adapun fungsi yang disebutkan ditunjukkan dengan formula berikut ini:

a. Fungsi *Bubble*

$$\theta_{ij}^c = \begin{cases} \alpha_t, & (i,j) \in N_c \\ 0, & (i,j) \notin N_c \end{cases} \quad (2.7)$$

Nilai N_c disini merupakan anggota *node* tetangga *node* pemenang. Formula di atas berarti apabila *node* yang diperbarui berada pada anggota *node* tetangga dari *node* pemenang, maka fungsi tetangga menggunakan laju pengujian. Apabila *node* tidak pada anggota *node* tetangga, maka dikalikan dengan 0.

b. Fungsi *Gaussian*

$$\theta_{ij}^c = \alpha_t \cdot e^{\left(\frac{-\|R_c - R_{ij}\|^2}{2(\eta_{ij}^c(t))^2}\right)} \quad (2.8)$$

dimana:

$$\eta_{ij}^c(t) = \eta(0). e^{\left(-\frac{t}{T}\right)} \quad (2.9)$$

Fungsi *Gaussian* menggunakan jarak antara koordinat *node* pemenang dan *node* tetangga digambarkan dengan formula $\|R_c - R_{ij}\|$. Jika *node* pemenang dan *node* yang diperbarui bernilai sama, maka jarak bernilai 0.

Parameter η_{ij}^c adalah radius ketetanggaan yang menentukan jumlah tetangga pada prosedur *Self-organizing map* yang ditentukan dengan fungsi eksponen pada formula 2.9 di atas dimana $\eta(0)$ merupakan nilai awal radius yang ditentukan.

3. Hentikan jika kriteria proses pemberhentian telah ditemui.

2.3 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian terkait penggunaan algoritma yang diusulkan terdapat pada penelitian berikut. Kim, dkk (2023) menggunakan *Self-organizing map* untuk mengidentifikasi karakteristik masyarakat desa yang berpengaruh pada manajemen hutan dengan studi kasus di pegunungan Baekdudaegan, Korea Selatan. Ukuran peta visualisasi data ditetapkan berdasarkan perubahan kuantisasi dan *topographic error* pada peta *grid* yang sama, dan jumlah kluster ditentukan dengan membandingkan *hierarchical clustering techniques* dan K-means. Ukuran peta optimal 17×12 *grid* dan enam kluster digunakan untuk klasifikasi lebih lanjut data masukan untuk analisis *Self-organizing map* dan *Geo-Self-organizing map*. Karakteristik umum desa diidentifikasi menggunakan klasifikasi *Self-organizing map*, sedangkan karakteristik batas geografis diidentifikasi menggunakan *Geo-Self-organizing map*.

En-nkhili, dkk (2022) menilai kualitas air waduk buatan di Maroko menggunakan *Self-organizing map* dan teknik statistik *multivariate*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Self-organizing map* 1 (Januari 2020) dicirikan oleh konsentrasi ion yang lebih rendah akibat hujan yang mineralisasinya lemah dan oksigen terlarut yang lebih tinggi (10,5 mg/L). Hal yang sebaliknya terlihat pada *Self-organizing map* 4 (Juni 2019). Meskipun demikian, *Self-organizing map* 2 (Oktober 2019) tampaknya sangat sarat dengan nutrisi, yang menyebabkan pencemaran organik. *Self-organizing map* 3 (April 2021) menunjukkan peningkatan kandungan kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) yang menandakan kesadahan air. Hasil yang diperoleh membuktikan bahwa teknik statistik multivariat dan *Self-organizing map* sangat efektif dalam memantau kualitas air permukaan dan, oleh karena itu, dapat digunakan untuk mendeteksi sumber pencemaran.

Pandangan masyarakat Amerika tentang sumber energi sangatlah beragam dan kompleks serta bergantung pada berbagai karakteristik sosio-demografis. Bedle, dkk (2023) melakukan penelitian untuk membagi pandangan masyarakat Amerika tentang sumber energi menggunakan *Self-organizing map*. Dalam pendekatan baru untuk menyelidiki opini energi pada energi terbarukan dan bahan bakar fosil, *Self-organizing map* digunakan untuk mengelompokkan individu hanya berdasarkan pandangan mereka mengenai energi menggunakan data survei sosial yang dikumpulkan dari *Pew Research* pada musim semi tahun 2021. Hasil dari analisis *Self-organizing map* mengungkap empat kelompok yang berbeda: kaum tradisional energi yang menentang sumber terbarukan karena ideologi partisan;

kaum pembaru energi yang sangat menyukai investasi hanya pada sumber energi terbarukan; kaum universalis energi yang secara universal mendukung semua bentuk energi; dan kelompok yang menyimpang, individu yang lebih menyukai tenaga surya daripada energi angin tetapi tidak menunjukkan pola preferensi energi lainnya. Hasil dari analisis regresi mengungkap bahwa kelompok *Self-organizing map* sangat prediktif terhadap sikap mengenai kebijakan energi.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti (Tahun)	Judul	Hasil
1	Bedle, H., Garneau, C. R. H., & Vera-Arroyo, A. (2023).	<i>Clustering energy support beliefs to reveal unique sub-populations using Self-organizing map s</i>	<i>Self-organizing map</i> digunakan untuk membagi pandangan masyarakat Amerika tentang energi. Hasil penelitian didapatkan 4 klaster. Kemudian <i>binary logistic regressions</i> digunakan untuk menilai klaster dan didapati hasil yang membuktikan bahwa hasil klaster sangat prediktif.
2	Urme, O., Reza, A. S., Adham, M. I., & Satar, G. S. (2025).	<i>Arsenic, manganese, and iron concentration in groundwater of northwestern part of Bangladesh using Self-organizing map s: Implication for health risk assessment</i>	Kuantifikasi hubungan non-linier antara arsenik (As) dan parameter fisika-kimia dalam air tanah melalui <i>Self-organizing map (SOM)</i> telah dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 57% dan 31% sampel air tanah (n = 35) melebihi batas As yang diizinkan menurut standar air minum yang direkomendasikan WHO (10 μ g/L) dan Standar Air Minum Bangladesh (BDWS) (50 μ g/L).
3	R, Dr. M., Kuwelkar, S., & Sivakumar, R. (2023).	<i>An hybrid technique for optimized clusstering of EHR using binary particle swarm and constrained optimization for beter performance in prediction of cardiovascular diseases</i>	Algoritma yang berbeda dengan parameter yang berbeda menghasilkan klaster yang berbeda, dan tidak ada yang dapat dibuktikan sebagai solusi terbaik. Makalah ini mengusulkan pendekatan hibrida dengan menggabungkan Binary particle Swarm optimization dan teknik Constrained Optimization (CO). Hasilnya dievaluasi menggunakan metode ROUGUE yang standar evaluasi dokumennya paling sesuai adalah pengelompokan. Nilai entropi H2–H1 adalah 4,12, DE adalah 3,16, ACO adalah 5,21, GA adalah 3,54, PASO adalah 3,57 dan BPS:CO yang diusulkan adalah 2,52. Hasil eksperimen membuktikan bahwa pendekatan optimasi yang diusulkan menghasilkan presisi, recall, dan F-Score yang tinggi jika dibandingkan dengan teknik optimasi lainnya.

4	Kim, T.-S., Dhakal, T., Kim, S.-H., Lee, J.-H., Kim, S.-J., & Jang, G.-S. (2023).	<i>Examining village characteristics for forest management using self- and geographic Self-organizing map s: A case from the Baekdudaegan mountain range network in Korea</i>	Ukuran peta visualisasi data ditetapkan berdasarkan perubahan kuantisasi dan <i>topographic error</i> pada peta <i>grid</i> yang sama, dan jumlah kluster ditentukan dengan membandingkan <i>hierarchical clustering techniques</i> dan K-means. Ukuran peta optimal 17×12 <i>grid</i> dan enam kluster digunakan untuk klasifikasi lebih lanjut data masukan untuk analisis <i>Self-organizing map</i> dan <i>Geo-Self-organizing map</i> . Karakteristik umum desa diidentifikasi menggunakan klasifikasi <i>Self-organizing map</i> , sedangkan karakteristik batas geografis diidentifikasi menggunakan <i>Geo-Self-organizing map</i> .
5	Liu, Z., Feng, S., Zhangsong, A., Han, Y., & Cao, R. (2023).	<i>Long-term evolution of groundwater hydrochemistry and its influencing factors based on Self-organizing map (SOM)</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil klasifikasi sampel air tanah dan air Sungai Kuning berdasarkan <i>Self-organizing map</i> menunjukkan karakteristik regional dan bertahap. Secara regional, <i>Self-organizing map</i> mengklasifikasikan air tanah menjadi lima kluster, dan Kluster I–III air tanah sebagian besar terdistribusi di wilayah hulu, tengah, dan timur laut. Kluster IV dan V air tanah sebagian besar terdistribusi di wilayah barat laut.
6	Iyer, R. T., & Krishnan, M. T. (2024).	<i>Spatial Prediction of Soil Micronutrients using Supervised Self-organizing map s</i>	Penulis mengusulkan <i>supervised Self-organizing map s</i> (<i>xyf-Self-organizing map</i>) untuk pertama kalinya guna memprediksi mikronutrien tanah secara kuantitatif dan spasial, yaitu Boron, Besi, Mangan, Tembaga, dan Seng. Akurasi prediksi dibandingkan dengan prediksi spasial berbasis Regresi Kriging dan <i>Random Forest</i> . Hasil penelitian menunjukkan bahwa prediksi <i>supervised Self-organizing map s</i> menghasilkan akurasi prediksi yang tinggi dan konsisten secara signifikan untuk semua mikronutrien jika dibandingkan dengan prediksi Geostatistik dan <i>Random Forest</i> . Model prediksi diaplikasikan pada jaringan data dengan interval spasial 200×200 m, dan hasil prediksi dikonversi dan divisualisasikan dalam kerangka geospasial.
7	En-nkhili, H., Igouzal, M., & Etebaai, I. (2022).	<i>Water quality assessment of an artificial small-scale reservoir in the Moroccan Pre-Rif: a case study of Boudaroua Lake using multivariate</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa <i>Self-organizing map 1</i> (Januari 2020) memiliki konsentrasi ion yang lebih rendah akibat hujan yang mineralisasinya lemah dan oksigen terlarut yang lebih tinggi (10,5 mg/L). Hal yang sebaliknya terlihat pada <i>Self-organizing map 4</i> (Juni 2019). Meskipun demikian, <i>Self-</i>

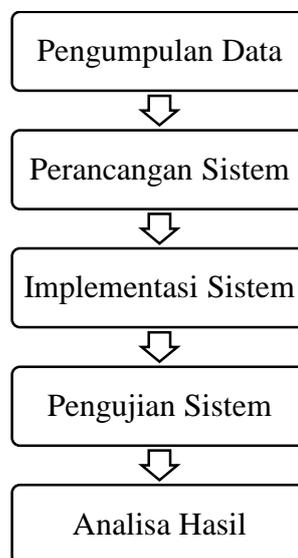
		<i>statistical techniques and Self-organizing maps</i>	<i>organizing map 2</i> (Oktober 2019) tampaknya sangat sarat dengan nutrisi, yang menyebabkan pencemaran organik. <i>Self-organizing map 3</i> (April 2021) menunjukkan peningkatan kandungan kalsium (Ca ²⁺) dan magnesium (Mg ²⁺) yang menandakan kesadahan air. Hasil yang diperoleh menunjukkan dapat mendeteksi sumber pencemaran.
--	--	--	--

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian mencerminkan alur kegiatan penelitian yang terstruktur dan dijadikan patokan dengan tujuan supaya penelitian yang dilakukan tidak keluar dari jalur dan mendapatkan hasil sesuai yang diinginkan. Diawali dengan pengumpulan data, dilanjutkan dengan perancangan sistem, kemudian dilakukan implementasi sistem serta pengujian sistem, dan diakhiri dengan analisa hasil. Adapun desain penelitian yang digunakan dalam penelitian kali ini ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Desain Penelitian

Tahapan penelitian dimulai pengumpulan data menjadi tahap penting dalam penelitian ini dikarenakan data sangatlah vital dalam penelitian. Perancangan sistem bertujuan untuk mendesain jalannya program yang dibangun dimulai dari

proses *input*, proses dan tahap akhir *output*. Implementasi sistem merupakan bagian utama dalam penelitian kali ini yang selanjutnya diuji performanya dengan metode yang dijelaskan kemudian. Analisis hasil adalah tujuan dari penelitian ini dimana hasil yang didapat dapat diketahui *insight* atau informasi yang berguna.

3.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang merupakan data yang dikumpulkan oleh pihak lain berupa *public* dataset yang penulis peroleh dengan mengunduh di web Kaggle. Data yang penulis gunakan diperoleh dari alamat web <https://www.kaggle.com/datasets/akki2703/ecg-of-cardiac-ailments-dataset> dengan judul *ECG of Cardiac Ailments Dataset* yang diunggah oleh Dr. Alekhya Lanka sekitar 2 tahun lalu. Data asli berisi data Elektrokardiogram (EKG) Kardiovaskular yang dikumpulkan dari *MIT-BIH physio-net Database*. Dari database, rekaman EKG telah disegmentasi dan dibentuk menjadi sinyal. Rekaman tersebut dinormalisasi dengan gain yang disebutkan untuk database dan diproses terlebih dahulu dengan filter bandpass. Teknik MODWPT digunakan untuk memperoleh 54 fitur yang diberikan sebagai kolom dalam file .csv yang diunggah. Jadi file tersebut memiliki rekaman berukuran 1200 x 54 (*ECG of Cardiac Ailments Dataset*, 2023).

Dataset memiliki 1200 *record* dengan 54 atribut data yang terdiri dari *hbpermin*, *Pseg*, *PQseg*, *QRSseg*, *QRseg*, *QTseg*, *RSseg*, *STseg*, *Tseg*, *PTseg*, *ECGseg*, *QRtoQSdur*, *RStoQSdur*, *RRmean*, *PPmean*, *PQdis*, *PonQdis*, *PRdis*, *PonRdis*, *PSdis*, *PonSdis*, *PTdis*, *PonTdis*, *PToffdis*, *QRdis*, *QSdis*, *QTdis*, *QToffdis*, *RSdis*, *RTdis*, *RToffdis*, *STdis*, *SToffdis*, *PonToffdis*, *PonPQang*, *PQRang*, *QRSang*, *RSTang*, *SToffang*, *RRTot*, *NNTot*, *SDRR*, *IBIM*, *IBISD*, *SDSD*, *RMSSD*, *QRSarea*,

QRSperi, *PQslope*, *QRSslope*, *RSslope*, *STslope*, *NN50* dan *pNN50*. Pada penelitian kali ini, semua atribut yang disebutkan tidak akan digunakan semuanya. Adapun dataset dan variabel yang digunakan ditampilkan pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Dataset Penelitian.

<i>Record</i>	<i>hbpermin</i>	<i>RRmean</i>	<i>PQdis</i>	<i>PonQdis</i>	<i>QSdis</i>	<i>QToffdis</i>
1	74.926	2.91794	0.391512	0.55149	0.31765	0.98766
2	68.503	3.18387	0.345884	0.46487	0.33839	0.85356
3	83.489	2.59763	0.312662	0.42538	0.14606	0.63532
4	68.503	3.12839	0.389417	0.54777	0.32548	0.79518
5	82.08	2.60784	0.370051	0.49975	0.36378	0.8519
6	66.96	3.13933	0.222795	0.37639	0.32767	0.81269
7	69.12	3.06742	0.354908	0.50068	0.40807	0.98034
8	59.941	3.65741	0.204149	0.35608	0.01259	0.47342
9	94.192	2.27721	0.335623	0.4198	0.4007	0.86815
10	68.776	3.07613	0.310994	0.37841	0.40551	0.85
11	85.97	2.51692	0.370822	0.51592	0.33308	0.92642
12	58.03	3.715	0.364281	0.49695	0.31962	0.90001
13	60.179	3.54148	0.331739	0.44709	0.22779	0.68818
14	62.328	3.45679	0.416114	0.57002	0.31893	0.88644
15	49.433	4.30682	0.298957	0.39644	0.20139	0.68731
16	64.478	3.25241	0.351126	0.45936	0.35724	0.9145
17	60.179	3.56852	0.342658	0.49484	0.37	0.88298
18	88.119	2.431	0.36484	0.49754	0.3545	0.90702
19	49.433	4.34091	0.365501	0.56456	0.34773	0.93092
20	88.119	2.43375	0.32602	0.44806	0.222	0.70378
21	87.77	2.462	0.358556	0.46429	0.3425	0.91526
22	51.378	4.05609	0.3392	0.50742	0.35087	0.83741
23	100.614	2.14174	0.360499	0.46503	0.34544	0.92393
24	87.77	2.4055	0.349575	0.47278	0.332	0.89127
25	92.052	2.31357	0.393137	0.51645	0.31119	0.65002
26	89.911	2.38512	0.323478	0.43612	0.35147	0.75513
27	109.612	1.9574	0.334495	0.45043	0.3268	0.66842
28	111.761	1.92529	0.445499	0.59765	0.31981	0.93118
29	70.925	3.02469	0.37224	0.53846	0.40845	0.90626
30	70.925	2.99438	0.380053	0.5194	0.33406	0.9847
...
1197	61.44	1.24557	0.066868	0.11824	0.11152	0.28524
1198	93.323	0.81983	0.150981	0.18817	0.11017	0.27814
1199	63.744	1.20073	0.129203	0.17082	0.11293	0.26981
1200	70.656	1.07967	0.140628	0.1846	0.11539	0.28236

Rijnbeek (2014) menjelaskan tentang beberapa parameter pengukuran elektrokardiogram, beberapa parameter yang disebutkan adalah *Heart rate (bpm)*, *P duration*, *PQ duration*, *QRS duration*, *QT interval*, *QTc* dengan berbagai

perhitungan formula seperti Bazet, Frederica dan lainnya, serta beberapa sudut gelombang seperti *Frontal P axis*, *Frontal QRS* dan lainnya. Variabel pada data yang digunakan adalah variabel yang dianggap setara dengan parameter pengukuran elektrokardiogram. Parameter pada tabel 3.1 adalah parameter yang dianggap setara nilainya dengan parameter pengukuran elektrokardiogram, yaitu *hbpermin* untuk *heart rate (bpm)*, *PQdis* dan *PonQdis* untuk perhitungan *P duration* dan *PQ duration*, *QSdis* sebagai nilai *QRS duration*, *QToffdis* untuk *QT interval* dan *RRmean* untuk perhitungan *QTc* dengan penjelasan setiap variabel dengan keterangan masing-masing yang disajikan dalam tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Deskripsi variabel data

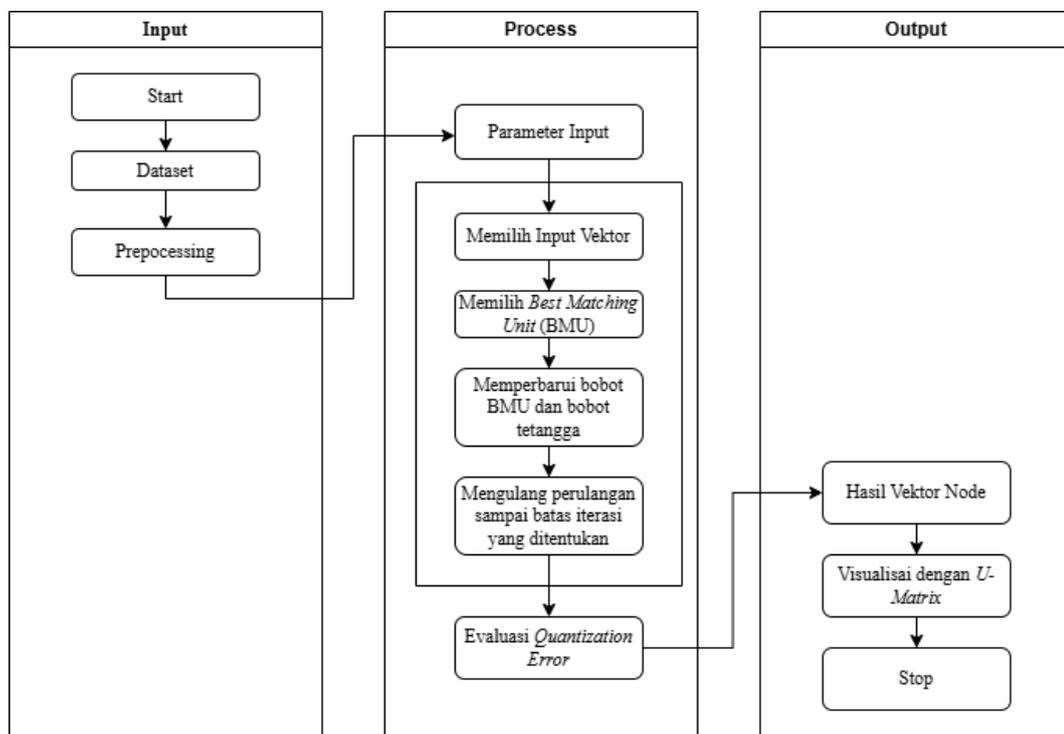
No	Variabel	Deskripsi
1	<i>hbpermin</i>	Detak jantung per menit
2	<i>RRmean</i>	Nilai rata-rata durasi puncak R ke puncak R
3	<i>PQdis</i>	Jarak Euclidean titik PQ
4	<i>PonQdis</i>	Titik P-on ke titik Q Jarak Euclidean
5	<i>QSdis</i>	Titik Q ke titik S Jarak Euclidean
6	<i>QToffdis</i>	Titik Q ke titik T-off Jarak Euclidean

Pada parameter *Frontal P axis*, *Frontal QRS* serta ukuran sudut lainnya tidak dimasukkan kedalam perhitungan dikarenakan sulit untuk mencari nilai yang setara pada variabel data.

3.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem memberikan gambaran tentang bagaimana sistem yang dibangun dimulai dari bagian *input* sampai bagian *output*. Tiga tahapan utama dalam sebuah sistem yang baik terdiri dari bagian *input*, *process* dan *output*. Pada bagian *input*, seluruh proses persiapan data dilakukan, dimulai dari pengumpulan data sampai proses *preprocessing* data. Data yang belum diproses dinamakan data

mentah dan seringkali tidak bisa langsung digunakan dalam program dan sangat berpotensi untuk terjadinya kegagalan dan *error*. Oleh karena itu tahapan *preprocessing* merupakan tahapan awal yang penting untuk tercapainya tujuan penelitian. Jenis data yang digunakan pada setiap penelitian tentu berbeda dan dapat berbentuk sebagai angka, huruf bahkan gambar. Pada penelitian ini semua data bersifat numerikal tanpa ada bentuk data lain. Perancangan yang dimaksudkan disini adalah membuat desain sistem seperti gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Desain Sistem.

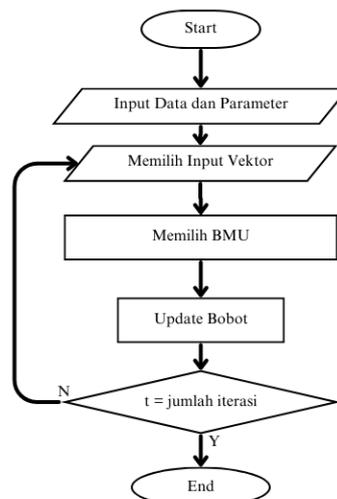
Tahapan *process* merujuk pada bagian inti dalam sistem. Pada bagian inilah algoritma dari metode yang diusulkan digunakan. Pada penelitian kali ini digunakan metode *Self-organizing map*, sebuah jaringan syaraf tiruan yang tidak memerlukan inisiasi kelas di awal atau disebut *unsupervised learning*. Tahapan *process* juga tidak memerlukan inisiasi awal kluster dan hanya bergantung pada parameter-

parameter yang telah ditentukan untuk membentuk kluster. Tahapan setelah dilakukannya pengujian dengan *Self-organizing map* adalah pengujian kualitas dengan *Quantization error*. Pengujian ini dilakukan untuk menguji seberapa baik peta yang dihasilkan pada setiap pengujian. *Quantization error* tidak bisa digunakan untuk mengukur kinerja *Self-organizing map* secara mandiri, artinya *Quantization error* digunakan untuk membandingkan antara hasil pengujian pada struktur yang sama. Dalam hal ini nilai yang optimal didapat dengan nilai terkecil dalam satu skenario.

Hasil *output* dari sistem adalah berupa visualisasi peta dengan *U-matrix*. Sebagai standar visualisasi untuk *Self-organizing map*, *U-matrix* telah disarankan untuk digunakan demi mendapatkan gambaran hasil kluster. *U-matrix* kerap kali digambarkan dengan skala abu-abu (*Greyscale*).

3.4 Implementasi Self-Organizing Map

Adapun gambar 3.3 berikut ini menggambarkan diagram-alur dari *Self-organizing map*.



Gambar 3.3 Diagram Alur *Self-organizing map*.

a. **Input Data**

Implementasi *Self-organizing map* diawali dengan *input* data. Tahap *input* data dalam proses kali ini meliputi dilakukannya normalisasi data mengingat bahwa data mentah yang di unduh dari website memiliki nilai yang tidak sama. Setelah dilakukan pembersihan pada *Ms. Excel* data kemudian masih perlu dilakukan tahap proses selanjutnya. Data asli yang diunduh dari sumber memiliki skala nilai yang berbeda satu sama lain sehingga jika langsung diproses tidak menghasilkan nilai yang optimal. Adapun proses normalisasi data menggunakan metode *Min-Max normalization* dimana data *input* dikurangi nilai terkecil dalam satu variabel data yang kemudian dibagi dengan selisih nilai terbesar dan terkecil dalam satu variabel yang sama. Persamaannya dapat dilihat pada formula 3.1.

$$X = \frac{x - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}} \quad (3.1)$$

Keterangan:

X : data hasil normalisasi
 x : data yang dinormalisasi
 Min : nilai paling kecil dalam variabel data x
 Max : nilai paling besar dalam variabel data x

b. **Penentuan parameter**

Dalam *Self-organizing map* terdapat beberapa parameter yang perlu ditentukan di awal seperti jumlah *grid*, nilai bobot, jumlah iterasi, nilai laju pengujian, nilai fungsi tetangga dan inisiasi awal radius ketetanggaan.

1. Jumlah *Grid*

Penentuan *grid* menjadi penting dalam *Self-organizing map* karena *grid* menjadi penentuan peta yang dihasilkan pada visualisasi data. Secara umum *grid* mempunyai dua dimensi yaitu x dan y yang sejalan dengan salah satu

fungsi dari *Self-organizing map* yaitu untuk memetakan data berdimensi tinggi ke dimensi yang lebih rendah (Bread, 2017). Nilai x dan y dapat beragam sesuai kebutuhan, namun menurut Bread (2017) penentuan nilai ukuran peta yang optimum masih tidak menggambarkan akibat kurangnya penelitian terkait. Nilai optimum peta dapat dinilai sebanding dengan ukuran sampe data. Semakin banyak data yang digunakan maka peta yang diperlukan juga semakin besar. Peta yang terlalu kecil ketika digunakan pada data yang besar berakibat pada hasil klaster yang tumpang tindih dan tidak optimal. Bread (2017) melakukan penelitian menggunakan ukuran peta dengan jumlah *node* sama dengan sekitar 75% jumlah titik data.

2. Nilai Bobot (*Weight*)

Bobot awal pada *Self-organizing map* bernilai random dengan rentang antara 0-1. Nilai rentang ini diharapkan sebagai penyesuaian dengan nilai dari data yang telah dinormalisasi agar berada pada rentang nilai yang sama. Nilai bobot ini diinisiasi pada masing-masing *node* pada *grid* yang telah ditentukan. Dimisalkan *grid* yang digunakan berukuran 8x8, maka *node* yang dihasilkan berjumlah 64. Dengan informasi yang tersedia, dapat dikatakan bahwa setiap *node* memiliki dimensi yang sama dengan dimensi data *input*. Diberikan data *input* yang memiliki 10 variabel, maka setiap *node* juga memiliki bobot dengan 10 dimensi.

3. Jumlah Iterasi

Jumlah pengulangan atau iterasi pengklasteran dapat bervariasi yang secara umum ditentukan nilai optimal apabila bobot telah mencapai konvergen

atau tidak mengalami perubahan yang signifikan atau tidak mengalami perubahan sama sekali.

4. Nilai Laju Pengujian

Natita, dkk (2016) menyatakan bahwa laju pengujian adalah parameter pelatihan yang mengontrol ukuran vektor bobot dalam pengujian. Dalam penelitiannya diketahui bahwa laju pengujian dengan fungsi linier memiliki nilai *Quantization error* yang rendah. Namun dalam jurnalnya disebutkan pula bahwa penentuan parameter seperti *learning rate* dan fungsi tetangga tergantung pada kasus data yang digunakan. Pada penelitian kali ini menggunakan fungsi inverse of time yang memiliki grafik perubahan laju pembelajaran yang lebih stabil. Fungsi inverse of time yang dimaksud ditunjukkan pada formula 3.2.

$$\alpha_{(t,T)} = \alpha(0) \cdot \left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (3.2)$$

Dimana $\alpha_{(t,T)}$ merupakan laju pembelajaran pada iterasi t , dengan T adalah total iterasi yang dipakai. Adapun $\alpha(0)$ adalah laju pembelajaran yang ditentukan di awal.

Pada penelitian terkait menggunakan *learning rate* awal sebesar 0.85 yang kemudian semakin berkurang seiring iterasi berlangsung. Kemudian dilakukan pula pengujian dengan perubahan laju pembelajaran untuk melihat performanya pada laju yang berbeda.

5. Inisiasi Awal Radius Ketetanggaan

Setiap *node* pada peta *Self-organizing map* memiliki tetangga yang berada disekitarnya. Tetangga ini memiliki peran pada proses *Self-organizing map*

ke-dua yaitu kerja sama. Radius ketetanggan yang dimaksud merupakan berapa banyak *node* sekitar dari *node* pemenang yang ikut diperbarui pada saat *update* bobot BMU.

6. Nilai Fungsi Tetangga

Fungsi tetangga atau *Neighborhood function* berperan penting dalam perhitungan *Self-organizing map*. Fungsi ini juga bergantung pada radius awal yang diinisiasi. Nilai *Quantization error* yang rendah didapat Natita, dkk (2016) menggunakan fungsi *Gaussian*. Pada penelitiannya terdapat dua macam fungsi yang dapat digunakan sebagai fungsi tetangga, yaitu fungsi *Bubble* dan fungsi *Gaussian*, dan fungsi *Gaussian* mendapat hasil yang lebih optimal. Adapun fungsi *Gaussian* yang dimaksud ditunjukkan pada formula 3.3 berikut.

$$\theta_{ij}^c = \alpha_t \cdot e^{\left(\frac{-\|R_c - R_{ij}\|^2}{2(\eta_{ij}^c(t))^2}\right)} \quad (3.3)$$

dimana:

$$\eta_{ij}^c(t) = \eta(0) \cdot e^{\left(\frac{-t}{T}\right)} \quad (3.4)$$

c. Menentukan *Best Matching Unit*

Kompetisi merupakan konsep *Self-organizing map* yang pertama. Untuk setiap satu vektor *input*, semua *node* dalam *grid* peta disyaratkan untuk melakukan pengukuran jarak terhadap semua *input* yang tersedia dan memilih nilai jarak diantara semua jarak yang telah dihitung yaitu nilai paling rendah untuk dijadikan pemenang, *node* terkait yang memiliki jarak paling kecil dari suatu *input* itulah yang dinamakan *node* pemenang atau Best Matching Unit (BMU). Pengukuran jarak

yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah jarak *Euclidean* dengan formula 3.5 sebagai berikut.

$$d_{nj} = \sqrt{\sum_{i=1} (x_{in} - w_{ji})^2} \quad (3.5)$$

Keterangan:

d_{nj} : Jarak *Euclidean*

x_n : *input* ke- n

w_j : bobot pada *node* ke- j

Penentuan *node* pemenang adalah argumen minimum dari jarak *Euclidean* sehingga:

$$BMU_j = \arg \min d_{nj} \quad (3.6)$$

Keterangan:

BMU_j : Best Matching Unit atau *node* pemenang.

d. **Update Bobot**

Node pemenang yang telah terpilih diberikan pembaharuan pada bobotnya untuk menyamakan diri dengan data *input*. Adapun persamaan yang digunakan untuk memperbarui bobot ditunjukkan pada formula 3.7 sebagai berikut.

$$w_{t+1} = w_{ij} + \alpha_t \cdot \theta_t \cdot (w_{ij} - x_n) \quad (3.7)$$

Keterangan:

w_{t+1} : Bobot Pembaharuan

w_{ij} : Bobot lama

α_t : Laju pengujian pada iterasi ke- t

θ_t : Fungsi tetangga pada iterasi ke- t

x_n : Nilai *input* ke- n

Update bobot dilakukan pada setiap *node* pemenang dan *node* tetangganya. Hal ini merupakan bagian dari konsep dasar *Self-organizing map* yaitu kerja sama dan adaptasi. Adaptasi dilakukan pada *node* pemenang, namun tidak hanya *node* pemenang saja yang di perbarui, *node* tetangganya yang berada pada radius tertentu

juga mengalami perubahan. Perbedaan yang terjadi adalah pada fungsi tetangga yang digunakan untuk memperbarui. Fungsi tetangga untuk memperbarui *node* pemenang bernilai berbeda dengan fungsi yang digunakan pada *node* tetangga.

3.5 Miniatur penelitian menggunakan *Self-organizing map*

Berikut ini merupakan contoh perhitungan *Self-organizing map* secara manual. Perhitungan secara manual dimaksudkan untuk menguji dan menunjukkan proses pembelajaran secara matematis sehingga dapat diamati lebih baik.

3.5.1 *Input Data dan Parameter*

Berikut ini merupakan perhitungan manual dari normalisasi data. Diberikan data pada tabel 3.3 dimana terdapat 5 data dengan 2 variabel *hbpermin* dan *RRmean* sebagai data awal untuk melakukan perhitungan manual. Pada tahap ini data dinormalisasi untuk menyamaratakan skala data sehingga pengujian dapat lebih optimal.

Tabel 3.3 Data Untuk Perhitungan Manual.

RECORD	<i>hbpermin</i>	<i>RRmean</i>
1	74.926	2.91794
2	68.503	3.18387
3	83.489	2.59763
4	68.503	3.12839
5	82.08	2.60784

Data yang terdapat pada tabel 3.3 kemudian dicari masing-masing nilai data yang terendah dan tertinggi untuk setiap atribut yang ditunjukkan. Nilai tersebut kemudian ditampilkan pada tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.4 Nilai terendah dan tertinggi masing-masing atribut

	<i>hbpermin</i>	<i>RRmean</i>
min	68.503	2.59763
max	83.489	3.18387

Untuk setiap nilai *input* pada tabel 3.4, dilakukan proses normalisasi sebagai berikut.

ID 1 :

$$X_{11} = \frac{74.926 - 68.503}{83.489 - 68.503} = 0.428600027$$

$$X_{12} = \frac{2.91794 - 2.59763}{3.18387 - 2.59763} = 0.546380322$$

ID 2 :

$$X_{21} = \frac{68.503 - 68.503}{83.489 - 68.503} = 0$$

$$X_{22} = \frac{3.18387 - 2.59763}{3.18387 - 2.59763} = 1$$

ID 3 :

$$X_{31} = \frac{83.489 - 68.503}{83.489 - 68.503} = 1$$

$$X_{32} = \frac{2.59763 - 2.59763}{3.18387 - 2.59763} = 0$$

ID 4 :

$$X_{41} = \frac{68.503 - 68.503}{83.489 - 68.503} = 0$$

$$X_{42} = \frac{3.12839 - 2.59763}{3.18387 - 2.59763} = 0.905362991$$

ID 5 :

$$X_{51} = \frac{82.08 - 68.503}{83.489 - 68.503} = 0.905978914$$

$$X_{52} = \frac{2.60784 - 2.59763}{3.18387 - 2.59763} = 0.017416075$$

Setelah dilakukan penghitungan normalisasi, maka didapati hasil data setelah normalisasi yang disajikan dalam tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.5 Data setelah normalisasi

Record	hbpermin	RRmean
1	0.428600027	0.546380322
2	0	1
3	1	0
4	0	0.905362991
5	0.905978914	0.017416075

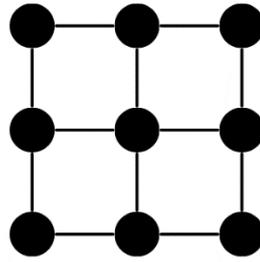
Sedangkan untuk parameter di inisiasi pada awal program untuk menentukan laju pengujian. Beberapa parameter yang di inisiasi adalah *Learning rate*, jumlah iterasi dan juga ukuran *grid output*.

Pada perhitungan contoh ditentukan iterasi sebanyak 2 (dua) kali. *Learning rate* atau laju pengujian pada contoh kali ini menggunakan laju pengujian awal sebesar 0.85 yang kemudian dimasukkan ke dalam fungsi pada formula 3.2 sehingga menghasilkan perhitungan sebagai berikut.

$$\alpha_{(1,1)} = 0.85 \cdot \left(1 - \frac{1}{2}\right) = 0.425$$

Weight atau bobot *node output* ini diinisiali random dengan nilai antara 0 dan 1. Vektor *input* dan *node output* memiliki dimensi yang sama dalam perhitungan sehingga dalam inisiasi bobot diharuskan sesuai dengan dimensi dari *node input*.

Untuk ukuran *grid output* dapat ditentukan dengan ukuran persegi dengan dua sisi bernilai sama seperti 10x10 atau 20x20 ataupun persegi panjang seperti 17x20. Pada perhitungan contoh menggunakan peta dengan ukuran 3x3. Gambar 3.4 berikut ini diberikan *grid output* dengan ukuran 3x3.



Gambar 3.4 Grid Output 3x3.

Berikut ini pada tabel 3.6, diberikan bobot pada *node* berupa angka random dengan nilai antara 0 dan 1 dimana setiap *node* memiliki dimensi yang sama dengan vektor *input*. Sehingga pada data yang diberikan, vektor *output* memiliki 9 *node* dan 2 dimensi.

Tabel 3.6 Bobot dengan Nilai Random.

<i>Node</i>	Bobot 1	Bobot 2
1	0.443422	0.764711
2	0.183019	0.600474
3	0.871020	0.235725
4	0.594438	0.068776
5	0.143495	0.411385
6	0.518445	0.407775
7	0.949560	0.627420
8	0.622859	0.733466
9	0.119335	0.827478

Inisiasi selanjutnya yaitu fungsi ketetanggaan yang diawali dengan inisiasi radius peta. Radius yang digunakan pada perhitungan contoh adalah satu karena peta yang digunakan berukuran 3x3, maka tetangga yang mengalami perbaruan bobot adalah satu *node* di sekitar *node* pemenang. Maka kemudian menentukan nilai radius tetangga dengan perhitungan sebagai berikut

$$\eta_{ij}^c(1) = 1. e^{\left(-\frac{1}{2}\right)} = 0.60653066$$

Dan menentukan fungsi tetangga sebagai berikut ini untuk $R_c = R_{ij}$, yaitu pada *node* pemenang.

$$\theta_{ij}^c = 0.425 \cdot e^{\left(\frac{-0^2}{2(0.60653066)^2}\right)} = 0.425$$

Dan berikut ini fungsi tetangga untuk $R_c \neq R_{ij}, R_{ij} \in N_c$ dimana *node* terkait merupakan anggota dari tetangga *node* pemenang.

$$\theta_{ij}^c = 0.425 \cdot e^{\left(\frac{-1^2}{2(0.60653066)^2}\right)} = 0.215404727$$

3.5.2 Memilih *Input* Vektor dan Menentukan BMU

Untuk memetakan nilai X yang mana adalah *node input* ke Y yang merupakan *node output* digunakan rumus jarak *Euclidean*. Masing-masing *node* pada layer *output* memiliki dimensi yang sama dengan nilai *input*, dimisalkan nilai *input* memiliki 10 atribut, maka setiap *node output* juga memiliki 10 dimensi atribut.

Setiap satu *input* diharuskan untuk dihitung jaraknya dengan semua *node output* dimana disini terjadi proses pengujian kompetitif yang mana semua jarak *input* dengan *node output* di pilih jarak paling kecil yang kemudian dijadikan *Best Matching Unit* (BMU) atau unit pemenang dalam kompetisi ini. Unit ini juga disebut sebagai unit yang paling mirip dengan *output*. Pada akhirnya dalam memetakan nilai X atau nilai *input* ke Y atau layer *output* adalah dengan memilih nilai paling minimal dari jarak X ke semua *node output*.

Berikut ini merupakan contoh sifat kompetitif yang dimiliki *Self-organizing map* dimana setiap *node output* berkompetisi untuk menjadi *node* pemenang. Dihitungkan pada *input* pertama sebagai berikut.

$$d_{11} = \sqrt{((0.4286 - 0.443422)^2 + (0.546380322 - 0.764711)^2)} = 0.218833$$

$$d_{12} = \sqrt{((0.4286 - 0.183019)^2 + (0.546380322 - 0.600474)^2)} = 0.251468$$

$$d_{13} = \sqrt{((0.4286 - 0.871020)^2 + (0.546380322 - 0.235725)^2)} = 0.540594$$

...

$$d_{19} = \sqrt{((0.4286 - 0.119335)^2 + (0.546380322 - 0.827478)^2)} = 0.417924$$

Dari perhitungan di atas diketahui masing-masing jarak antara vektor *input* ke-1 dengan setiap neuron yang ditampilkan dalam Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Seruluh jarak antara *input* ke-1 dan *node*.

<i>Node</i>	<i>Distance</i>
1	0.218833215
2	0.251468023
3	0.540594267
4	0.505577019
5	0.315449858
6	0.165177343
7	0.527225496
8	0.269699091
9	0.417924349

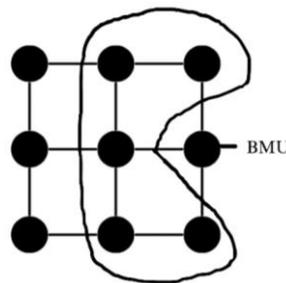
Setelah diketahui semua jaraknya, selanjutnya adalah mencari BMU atau jarak terkecil antara nilai *input* dengan *node* yang kemudian diketahui berada pada *node* ke-6 sesuai data yang berwarna abu-abu. Setelah ditentukan *node* pemenang, tahap selanjutnya adalah *update* bobot.

3.5.3 Update Bobot

Update bobot dilakukan kepada bobot *node* pemenang dan *node* tetangga. Setelah BMU telah ditentukan, bobot pada *node* tersebut kemudian diperbarui. Pada bagian ini *learning rate* mempengaruhi perbaruan bobot. Adapun rumus untuk *update* bobot diperbarui setiap perhitungan untuk setiap X dan terus berlanjut

setelah semua data selesai dilatih dalam satu iterasi. Hal ini berarti perubahan bobot tidak terjadi sekali selama proses satu iterasi berlangsung, melainkan beberapa kali selama *node* tersebut masih terpilih sebagai *node* pemenang, sedangkan untuk *learning rate* diperbarui setiap satu iterasi selesai dilakukan.

Pembaharuan bobot memerlukan bobot *node* lama yang dijumlahkan dengan selisih nilai X dan bobot lama yang telah dikali dengan *Learning rate* dan fungsi tetangga. Dikarenakan *node* pemenang pada contoh di atas adalah *node* ke-6, maka dilakukan *update* bobot pada *node* pemenang dan tetangganya seperti terlihat pada gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.5 *Node* pemenang dan tetangganya

Node pemenang ditentukan berada di *node* ke-6, sesuai dengan topologi *node*, maka tetangga yang berada di dekat *node* pemenang juga harus dilakukan *update* bobot yang jika diperhatikan pada gambar berada pada *node* 2, *node* 3, *node* 5, *node* 8 dan *node* 9. Pada tabel 3.8 berikut ini, disajikan data beberapa bobot yang berhak untuk diperbarui berikut dengan keterangan dan nilai masing-masing.

Tabel 3.8 *Node* yang di *update*

Node	Keterangan	Bobot	Bobot
2	<i>Node</i> Tetangga	0.183019	0.600474
3	<i>Node</i> Tetangga	0.87102	0.235725
5	<i>Node</i> Tetangga	0.143495	0.411385
6	<i>Node</i> Pemenang	0.518445	0.407775
8	<i>Node</i> Tetangga	0.622859	0.733466
9	<i>Node</i> Tetangga	0.119335	0.827478

Dengan menggunakan persamaan *update* bobot diperoleh perhitungan sebagai berikut.

$$w_{21+1} = 0.183019 + 0.425 \times 0.21540 \times (0.42860 - 0.183019) = 0.227377$$

$$w_{22+1} = 0.600474 + 0.425 \times 0.21540 \times (0.546380 - 0.600474) = 0.590703$$

$$w_{31+1} = 0.87102 + 0.425 \times 0.21540 \times (0.42860 - 0.87102) = 0.791107892$$

$$w_{32+1} = 0.235725 + 0.425 \times 0.21540 \times (0.546380 - 0.235725) = 0.291837$$

$$w_{51+1} = 0.143495 + 0.425 \times 0.21540 \times (0.42860 - 0.143495) = 0.194992$$

$$w_{52+1} = 0.411385 + 0.425 \times 0.21540 \times (0.546380 - 0.411385) = 0.43576$$

$$w_{61+1} = 0.518445 + 0.425 \times 0.425 \times (0.42860 - 0.518445) = 0.502216752$$

$$w_{62+1} = 0.407775 + 0.425 \times 0.425 \times (0.546380 - 0.407775) = 0.432810586$$

$$w_{81+1} = 0.622859 + 0.425 \times 0.21540 \times (0.42860 - 0.622859) = 0.587770$$

$$w_{82+1} = 0.733466 + 0.425 \times 0.21540 \times (0.546380 - 0.733466) = 0.699673$$

$$w_{91+1} = 0.119335 + 0.425 \times 0.21540 \times (0.42860 - 0.119335) = 0.175195$$

$$w_{92+1} = 0.827478 + 0.425 \times 0.21540 \times (0.546380 - 0.827478) = 0.776704$$

Setelah dilakukan *update* bobot, maka nilai bobot yang telah diperbarui ditunjukkan pada tabel 3.9 seperti berikut.

Tabel 3.9 Seluruh bobot setelah *update*.

Node	Bobot 1	Bobot 2
1	0.443422	0.764711
2	0.227377073	0.590703329
3	0.791107892	0.291837118
4	0.594438	0.068776
5	0.194992095	0.43576853
6	0.502216752	0.432810586
7	0.94956	0.62742
8	0.587770973	0.699673649
9	0.175195995	0.776704732

Tabel 3.9 adalah perubahan bobot setelah nilai *input* ke-1 pada iterasi 1, untuk nilai *input* selanjutnya dilakukan perlakuan sama untuk melihat *node* pemenang masing-masing nilai *input*.

3.5.4 Pengujian Hasil

a. *Quantization error*

Agar *Self-organizing map* menjadi model yang akurat, peta tersebut harus mempertahankan topologi dan lingkungan dari data masukan, sekaligus menyesuaikan data tersebut dengan data masukan. Metode tradisional yang diusulkan oleh Kohonen adalah *Quantization error* yang dihitung dengan menjumlahkan jarak antara simpul dan titik data. (Bread, 2017). *Quantization error* menunjukkan seberapa baik *node* jaringan yang terlatih beradaptasi dengan vektor masukan (Stefanovič, 2011).

Setiap vektor satu nilai masukan dihitung jaraknya dengan masing-masing *node* pemenang (BMU) yang kemudian dijumlahkan secara keseluruhan dan dihitung rata-ratanya. Adapun formulanya ditunjukkan pada formula 3.8 sebagai berikut.

$$E_{QE} = \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m \|x_p - M_{c(p)}\| \quad (3.8)$$

Keterangan

E_{QE} : *Quantization error*
 m : Jumlah data
 x_p : *input* ke- p
 $M_{c(p)}$: BMU data ke- p

Perlu diperhatikan bahwa nilai yang dihasilkan berada pada skala yang sama dengan data *input* dan oleh karena itu hanya dapat digunakan untuk

membandingkan peta satu dengan yang lain, bukan sebagai penilaian kualitas yang berdiri sendiri (Bread, 2017).

Pada perhitungan manual yang telah dilakukan sebelumnya, kemudian dilakukan perhitungan *Quantization error* dengan cara menghitung jarak *input* dengan masing-masing BMU sebagai berikut.

$$D_1 = \sqrt{(0.428600027 - 0.3537571)^2 + (0.546380 - 0.489094)^2} = 0.094250$$

$$D_2 = \sqrt{(0 - 0.11762228)^2 + (1 - 0.832991242)^2} = 0.204271696$$

$$D_3 = \sqrt{(1 - 0.842772421)^2 + (0 - 0.199078037)^2} = 0.253678096$$

$$D_4 = \sqrt{(0 - 0.11762228)^2 + (0.905362991 - 0.832991242)^2} = 0.13810384$$

$$D_5 = \sqrt{(0.905978914 - 0.842772)^2 + (0.0174160 - 0.199078)^2} = 0.192343$$

Hitung rata-rata jumlah jarak vektor *input* dengan masing-masing BMU.

$$QE = \frac{0.094250 + 0.204271 + 0.253678 + 0.13810 + 0.192343}{5} = \frac{0.882648}{5}$$

$$= 0.17652960$$

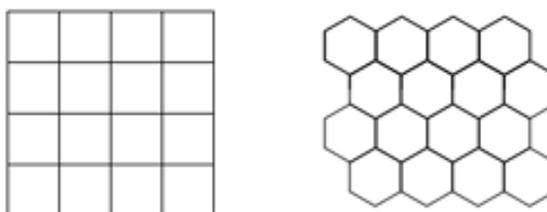
Pada pengujian perhitungan manual di atas, diketahui memiliki *Quantization error* sebesar 0.17652960.

b. Unified Distance Matrix

Unified distance matrix atau *U-matrix* merupakan representasi dari *Self-organizing map* dimana jarak antar *node* dalam *grid* matriks *Self-organizing map* ditampilkan dalam bentuk gambar 2 dimensi. Secara umum *U-matrix* ditampilkan dengan skala warna hitam-putih dimana area yang terang menandakan bahwa terdapat banyak data yang terkumpul di area tersebut atau dapat disebut juga

sebagai kluster yang terbentuk, sedangkan warna yang lebih gelap menandakan area dimana jarak antar data terbentuk dan dapat dikatakan sebagai pemisah antar kluster. Disinilah secara umum jarak antar kluster tercipta. Area gelap juga menandakan pemisah antara satu kluster dengan kluster yang lain.

Peta *grid* (*codebook*) hasil *klustering Self-organizing map* memiliki masing-masing nilai vektor. Untuk membuat visualisasi dari *U-matrix*, masing-masing vektor dalam *grid* dihitung jaraknya antar satu *node* dengan masing-masing tetangga dari *node* yang bersangkutan. *U-matrix* sendiri merupakan jarak rata-rata satu *node* dengan semua tetangganya. Bentuk topologi yang umum digunakan adalah segi enam dan segi empat yang dapat digambarkan pada gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Topologi *Self-organizing map*

Pada data yang telah dilakukan perhitungan manual pada semua *input* dan dihasilkan bobot yang telah diperbarui baik pada *node* pemenang dan tetangga masing-masing *input* yang disajikan dalam tabel 3.10 sebagai berikut.

Tabel 3.10 Seluruh *node* yang telah di *update*.

<i>Node</i>	Bobot 1	Bobot 2
1	0.443422	0.764711
2	0.353757119	0.489094072
3	0.842772421	0.199078037
4	0.594438	0.068776
5	0.291300998	0.442327112
6	0.500551209	0.440312462
7	0.94956	0.62742
8	0.485079647	0.743480881
9	0.11762228	0.832991242

Tabel 3.10 berisikan bobot yang telah diperbarui untuk semua *input* data dan pada semua iterasi. Pada perbaruan bobot maka ditentukan pula *node* pemenang atau BMU dari masing-masing *input*. *Node* pemenang pada nilai *input* ke-1 berubah dari yang semula pada *node* 6, pada iterasi ke-2 berubah ke *node* 2. Hal ini dapat terjadi dimana pada satu perulangan mendapat hasil berbeda dengan perulangan selanjutnya. Adapun *node* pemenang untuk masing-masing *input* disajikan pada tabel 3.11 sebagai berikut.

Tabel 3.11 *Node* pemenang masing-masing *input*.

<i>Input</i>	<i>Node Pemenang</i>
1	2
2	9
3	3
4	9
5	3

Setelah diketahui *node* pemenang masing-masing *input*, kemudian dilakukan perhitungan vektor untuk bobot setiap *node* yang dilakukan dengan perhitungan seperti berikut.

$$N_1 = \sqrt{(0.443422^2 + 0.764711^2)} = 0.88397171$$

$$N_2 = \sqrt{(0.353757119^2 + 0.489094072^2)} = 0.603620005$$

$$N_3 = \sqrt{(0.842772421^2 + 0.199078037^2)} = 0.865966176$$

...

$$N_9 = \sqrt{(0.11762228^2 + 0.832991242^2)} = 0.841254665$$

Hasil perhitungan dilihat pada tabel 3.12 berikut.

Tabel 3.12 Nilai vektor setiap *node*

	0	1	2
0	0.88397171	0.603620005	0.865966176
1	0.598403438	0.529631519	0.666653266
2	1.138121281	0.887730863	0.841254665

Tabel 3.12 berbentuk 3x3 menyesuaikan ukuran peta yang digunakan dalam perhitungan manual. Semua *node* yang ada dalam ukuran 3x3 yaitu 9 *node* direpresentasikan seperti yang terbentuk dalam tabel.

Langkah selanjutnya adalah kemudian dilakukan penghitungan untuk melihat jarak antar *node* seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.7 yang menunjukkan beberapa macam warna abu-abu. Kolom berwarna putih adalah *node* dari peta, sedangkan kolom berwarna abu-abu adalah jarak antar *node* dan tetangganya. .

0.88397	0.28035	0.60362	0.26235	0.86597
0.28557		0.07399		0.19931
0.5984	0.06877	0.52963	0.13702	0.66665
0.53972		0.3581		0.1746
1.13812	0.25039	0.88773	0.04648	0.84125

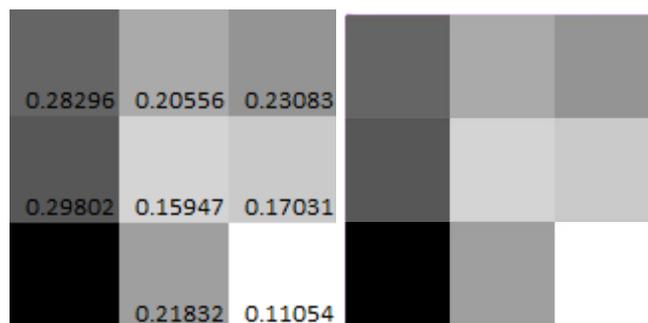
Gambar 3.7 Hasil jarak antar *node*

Jarak yang sudah dihitung kemudian dicari rata-ratanya seperti gambar 3.8. Warna abu-abu menunjukkan hasil rata-rata jarak *node* ke tetangganya. Dengan informasi yang tersedia, dapat dikatakan bahwa yang dimaksud tetangga adalah *node* yang berada di atas, bawah dan samping kanan-kiri. Area hitam meskipun dekat dengan *node*, namun area menyamping pada topologi segiempat tidak dihitung.

0.28296	0.28035	0.20556	0.26235	0.23083
0.28557		0.07399		0.19931
0.29802	0.06877	0.15947	0.13702	0.17031
0.53972		0.3581		0.1746
0.39505	0.25039	0.21832	0.04648	0.11054

Gambar 3.8 Hasil rata-rata jarak antar *anode*

Hasil rata-rata jarak antar *node* yang telah dihitung adalah yang kemudian dijadikan peta visualisasi *U-matrix*. Dengan topologi yang ditentukan yaitu 3x3 peta yang dihasilkan adalah seperti gambar 3.9 berikut ini.



Gambar 3.9 Peta U-matrix (Kiri) dengan angka (Kanan) Tanpa angka

Analisis pada gambar menunjukkan bahwa data terkonsentrasi di sebelah kanan bawah peta. Hal ini konsisten dengan hasil perhitungan di awal dimana data perhitungan manual masing-masing berada di *node* 2, 3 dan 9. *Grid* sebelah kiri memiliki warna gelap menunjukkan bahwa posisi jarak (*gap*) data terbesar pada data.

3.6 Skenario Uji Coba

Skenario pengujian coba yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan dengan dua perlakuan. Perlakuan pertama yaitu menguji *maximum* jumlah iterasi dengan 7 macam skenario dan pengujian kedua dilakukan dengan menguji perubahan pada laju pembelajaran. Pada pengujian tersebut dilakukan dengan 2 macam perubahan laju pembelajaran. Pada masing-masing skenario uji coba dilakukan masing-masing empat kali pengujian dengan data sebanyak 1200 buah untuk mengetahui nilai *Quantization error* yang paling rendah yang mengartikan

bahwa nilai paling optimal. Pada masing-masing pengujian menghasilkan visualisasi peta *U-matrix* yang kemudian pada *Quantization error* paling optimal dilakukan analisis kluster secara manual dengan bantuan *Microsoft Excel*. Setelah anggota kluster berhasil diidentifikasi, kemudian kualitas kluster diuji kualitasnya menggunakan *Davies-Bouldin Index* untuk mendapatkan hasil kluster yang paling optimal. Ketentuan skenario pengujian disajikan dalam tabel 3.13 sebagai berikut.

Tabel 3.13 Ketentuan Skenario Pengujian

No	Skenario	Ketentuan
1	Jumlah Data	1200 record
2	Jumlah Atribut	6 atribut
3	Jumlah Skema Pengujian Kluster	9 Skenario
4	Fungsi Tetangga	Fungsi <i>Gaussian</i>
5	Radius Awal	2
6	Ukuran Peta	30x30
7	Pengujian Kualitas <i>Self-organizing map</i>	<i>Quantization error</i>
8	Visualisasi Peta	<i>U-matrix</i>
9	Pengujian Kualitas Kluster	<i>Davies-Bouldin Index</i>

Skenario pengujian yang berjumlah 9 skenario selanjutnya dibagi menjadi dua sesi scenario yaitu scenario A dan scenario B. Pengujian pertama dimana 7 skenario awal adalah pengujian dengan variasi iterasi dimulai dari 1 kali iterasi sampai jumlah paling banyak yaitu 1000 kali iterasi. Pengujian ini selanjutnya disebut skenario A. Pengujian selanjutnya yaitu dua skenario terakhir disebut sebagai skenario B dimana pengujian lanjutan untuk menguji performa dengan variasi laju pembelajaran.

Skenario A dimana pengujian menggunakan variasi iterasi dimana beberapa macam jumlah perulangan digunakan dalam pengujian. Skenario A merupakan struktur pembelajaran yang membedakan antara satu pengujian dengan yang lain. Selain perbedaan jumlah maksimal iterasi, parameter lain diatur sama pada semua

pengujian termasuk laju pengujian pada skenario ini yang selanjutnya disebut skenario A ditentukan sebesar 0.85. Adapun skema pengujian A ditampilkan dalam tabel 3.14 berikut.

Tabel 3.14 Skema Pengujian Skenario A

No	Jumlah Iterasi	Pengujian	Evaluasi Peta	Visualisasi
1	1	Ke-1	<i>Quantization error</i>	<i>U-matrix</i>
		Ke-2		
		Ke-3		
		Ke-4		
2	10	Ke-1		
		Ke-2		
		Ke-3		
		Ke-4		
3	100	Ke-1		
		Ke-2		
		Ke-3		
		Ke-4		
4	200	Ke-1		
		Ke-2		
		Ke-3		
		Ke-4		
5	400	Ke-1		
		Ke-2		
		Ke-3		
		Ke-4		
6	800	Ke-1		
		Ke-2		
		Ke-3		
		Ke-4		
7	1000	Ke-1		
		Ke-2		
		Ke-3		
		Ke-4		

Skema skenario pengujian selanjutnya yaitu skenario B dilakukan dengan variasi laju pembelajaran, dimana ada 2 nilai laju pembelajaran baru dari nilai yang telah ada yaitu meliputi satu nilai dibawah 0.85 yaitu 0.8, dan satu nilai yang lebih besar dari 0.85 yaitu 0.9.. Adapun penentuan *maximum* iterasi yang digunakan pada

skenario B yaitu *maximum* iterasi terbesar pada pengujian A yaitu 1000 kali iterasi.

Skema pengujian skenario B disajikan dalam tabel 3.15 berikut ini.

Tabel 3.15 Skema Pengujian Skenario B

No	Laju	Pengujian	Evaluasi Peta	Visualisasi
8	0.8	Ke-1	<i>Quantization error</i>	<i>U-matrix</i>
		Ke-2		
		Ke-3		
		Ke-4		
9	0.9	Ke-1		
		Ke-2		
		Ke-3		
		Ke-4		

Masing-masing nilai *Quantization error* paling optimal pada masing-masing skenario dilakukan perlakuan khusus yaitu analisa anggota kluster dengan skema yang disajikan dalam tabel 3.16 sebagai berikut.

Tabel 3.16 Skema Analisa Hasil

Kondisi		Perlakuan	Pengujian
A	Nilai optimal Skenario 1	Analisa Jumlah Anggota kluster	<i>Davies-Bouldin Index</i>
	Nilai optimal Skenario 2		
	Nilai optimal Skenario 3		
	Nilai optimal Skenario 4		
	Nilai optimal Skenario 5		
	Nilai optimal Skenario 6		
	Nilai optimal Skenario 7		
B	Nilai optimal Skenario 8		
	Nilai optimal Skenario 9		

Hasil *Davies-Bouldin Index* yang paling baik menunjukkan hasil pengelompokan yang dapat digunakan sebagai bahan analisis kluster lebih lanjut yaitu mengetahui informasi yang terkandung dalam kluster yang telah terbentuk.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab uji coba dan pembahasan ditulis sesuai urutan desain penelitian yang mencangkup urutan nomor 4, 5 dan 6 yang masing-masing adalah implementasi sistem, pengujian sistem dan analisa hasil. Bab ini ditulis secara sistematis mengikuti urutan desain penelitian yang telah disebutkan.

4.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem membahas tentang bagaimana menerjemahkan desain sistem yang telah dibuat sedemikian rupa pada Bab 3 kepada sebuah program agar bisa dibaca dan dijalankan oleh komputer. Diawali dengan *input*, program memerlukan *input* berupa dataset dan beberapa parameter awal. Dataset diperlukan sebagai bintang utama dalam penelitian ini. Data ini yang dianalisis dengan program yang dibangun untuk menghasilkan hasil yang diinginkan. Adapun beberapa parameter awal yang perlu dimasukkan digunakan sebagai kunci dalam penelitian terkait. Parameter ini menjadi awal dari variabel yang berpengaruh dalam pembelajaran. Parameter ini pula yang dijadikan dasar dalam pemilihan skenario uji coba yang digunakan. Tahap selanjutnya adalah proses yang merupakan tahap utama dalam sistem. Tahap proses mencakup poin dimana data yang bersangkutan diolah sedemikian rupa dengan metode yang digunakan untuk menghasilkan hasil yang diinginkan. Pada tahap ini juga dilakukan penghitungan *error* yang menunjukkan kualitas hasil dari pembelajaran yang dilakukan. *Output* pada tahap proses adalah berupa matriks *node* dari peta yang dihasilkan yang kemudian diolah

lebih lanjut dengan *Ms. Excel*. Semua tahap di atas yang mencakup *input* dan proses menggunakan bahasa pemrograman *PHP* dan memanfaatkan *database Mysql* untuk menjalankan dan menerjemahkan ke bahasa komputer. Namun pada tahap *output* dimana hasil penelitian divisualisasikan ke dalam *U-matrix*, penelitian ini menggunakan bantuan dari *Ms. Excel*. Hasil *U-matrix* yang telah dihitung dengan *Ms. Excel* kemudian ditampilkan kembali ke website dengan bantuan *library PHPSpreadsheet*.

Penjelasan lebih lanjut mengenai tahapan yang dilakukan dijelaskan dalam sub-bab berikut.

4.1.1 Input

Tahap *input* diawali dengan *input* dataset dan parameter ke *database*. Dataset yang digunakan telah dijelaskan pada bab 3. Perlakuan khusus pada tahap awal data mining terhadap dataset adalah dilakukannya tahap *preprocessing* dengan mempersiapkan data mentah agar proses pembelajaran lebih mudah dan mencapai hasil optimal. *Preprocessing* yang telah dijelaskan pada bab 3 mencakup *data cleaning* dan *data normalization*. Tahapan *data normalization* pada program dilakukan pada awal program berjalan, namun tahapan *data cleaning* dilakukan sebelum dataset masuk ke dalam *database*. *Data cleaning* yang dimaksud adalah mencari data duplikat dan data yang hilang. Kedua hal tadi dilakukan dengan *Ms. Excel*.

Data yang telah diolah dengan *Ms. Excel* kemudian disimpan dengan format salah satu dari ketiga format dasar pada *Ms. Excel* yaitu xls, csv atau xlsx. Jika data

disimpan dengan format lain, maka sistem membaca data dengan data invalid.

Adapun tampilan dari *input data* digambarkan pada gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Tampilan bagian *input*.

Data *input* harus pada ekstensi yang diperbolehkan, apabila data *input* berupa data dengan ekstensi lain maka data tidak akan dapat masuk. Berikut ini tampilan ketika ekstensi *data* tidak sesuai aturan yang ditampilkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tampilan bagian input dengan data input invalid

Data yang sesuai dengan ekstensi yang diperbolehkan akan dapat terinput ke *database*. Gambar 4.3 menunjukkan tampilan ketika *data* berhasil diinputkan.



Gambar 4.3 Tampilan ketika data berhasil di-input-kan

Tampilan data ketika data berhasil di-*upload* adalah perintah untuk mengatur *setting* atau pengaturan yang berkaitan erat dengan penelitian ini. *Setting*

disini merujuk pada parameter yang digunakan. Parameter yang perlu dimasukkan antara lain jumlah maksimum iterasi dan juga *learning rate*. Pada bagian atas terdapat form untuk mengisi jumlah data dan jumlah atribut yang digunakan dalam penelitian. Tombol *generate* akan membaca *database* terkait dan mengisikannya pada form yang ada. Berikut ini tampilan bagian pengaturan yang ditunjukkan pada gambar 4.4.

2. Generate Dataset

Total Data :

Attribute :

3. Adjust Setting

Max Iteration: Function: Gaussian

Initiate Learning Rate:

Grid: x

Initiate Neighbourhood Radius:

[Go to Process!](#)

Gambar 4.4 Tampilan bagian pengaturan.

Pada pengaturan terdapat aturan bawaan yang mengatur parameter awal iterasi sebesar 1 kali dan laju pembelajaran pada 0.85. Bagian *grid* dan radius awal tidak dapat diubah dan hanya bisa diisi dengan pengaturan bawaan. Penelitian ini menggunakan fungsi *Gaussian* sebagai fungsi ketetangaan. Gambar 4.5 menunjukkan tampilan dengan pengaturan bawaan.

2. Generate Dataset

Total Data :

Attribute :

3. Adjust Setting

Max Iteration: Function: Gaussian

Initiate Learning Rate:

Grid: x

Initiate Neighbourhood Radius:

[Go to Process!](#)

Gambar 4.5 Tampilan bagian pengaturan dengan pengaturan bawaan.

b. Penentuan bobot

Adapun *pseudocode* untuk penentuan bobot ditampilkan pada gambar 4.8 sebagai berikut.

```

MULAI
DEKLARASI ARRAY node
DEKLARASI grid, variabel
MULAI
PERULANGAN SESUAI grid SEBAGAI c
MULAI
PERULANGAN SESUAI grid SEBAGAI d
MULAI
PERULANGAN SESUAI variabel SEBAGAI e
MENENTUKAN BOBOT PADA NODE BARIS c KOLON d DIMENSI e DENGAN NILAI RANDOM DENGAN BESAR ANTARA 0 DAN 1
SELESAI
SELESAI
SELESAI
SELESAI

```

Gambar 4.8 *Pseudocode* penentuan bobot

c. Penentuan *node* pemenang

Adapun *pseudocode* untuk penentuan bobot ditampilkan pada gambar 4.9 sebagai berikut.

```

MULAI
DEKLARASI [jumlah data, grid, variabel, baris, kolom]
MULAI
PERULANGAN SESUAI jumlah data SEBAGAI a
//MENGHITUNG JARAK EUCLIDEAN DATA
MULAI
PERULANGAN SESUAI grid SEBAGAI b
MULAI
PERULANGAN SESUAI grid SEBAGAI c
MULAI
PERULANGAN SESUAI variabel SEBAGAI d
MULAI
MENGHITUNG JARAK EUCLIDEAN DATA KE a DENGAN NODE BARIS b KOLON c SESUAI Masing-Masing VARIABEL d
SELESAI
SELESAI
SELESAI
SELESAI
//MENENTUKAN NODE PEMENANG
MULAI
PERULANGAN SESUAI grid SEBAGAI e
MULAI
PERULANGAN SESUAI grid SEBAGAI f
PENENTUAN JARAK TERDEKAT DATA a DENGAN PETA OUTPUT
MENGANTI NILAI baris MENJADI e //KOORDINAT BARIS NODE PEMENANG PADA PETA
MENGANTI NILAI kolom MENJADI f //KOORDINAT KOLON NODE PEMENANG PADA PETA
SELESAI
SELESAI
SELESAI
SELESAI

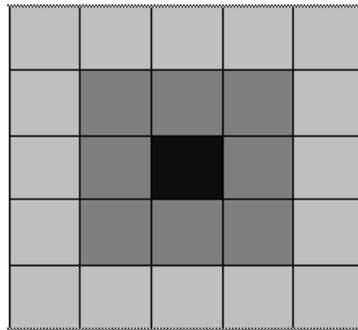
```

Gambar 4.9 *Pseudocode* penentuan *node* pemenang

d. Perbaruan bobot

Bobot yang diperbarui merupakan milik *node* pemenang dan tetangga sekitarnya. Pada gambar 4.10 *node* pemenang digambarkan dengan warna hitam, tetangga radius 1 merupakan *node* yang mengelilingi tepat di samping *node* pemenang dan *node* tetangga radius 2 merupakan *node* yang

mengelilingi *node* tetangga radius 1. Gambar 4.10 menunjukkan ilustrasi *node* pemenang dan *node* tetangga sebagai berikut.



Gambar 4.10 Ilustrasi *node* tetangga

4.1.3 Output

Tahap akhir setelah dilakukan proses klastering maka dilakukan evaluasi hasil untuk menentukan kualitas dari pembelajaran yang telah berlangsung. Kualitas disini bertujuan untuk menentukan apakah hasil yang didapat layak atau tidak untuk dipakai sesuai keperluan selanjutnya. Hasil yang bagus tentu lebih dipertimbangkan daripada hasil yang kurang memenuhi standar. Tahap evaluasi untuk satu kali pembelajaran dengan sistem menggunakan *Quantization error*. Sebuah metode yang digunakan secara standar untuk menilai kualitas dari peta *output self-organizing map*. *Pseudocode Quantization error* ditunjukkan pada gambar 4.11 sebagai berikut.

```

MULAI
DEKLARASI jumlah data, variabel
MULAI
PERULANGAN SESUAI jumlah data SEBAGAI a
  MULAI
  PERULANGAN SESUAI variabel SEBAGAI b
    MULAI
    MENGHITUNG JARAK DATA INPUT KE a VARIABEL b DENGAN NODE PEMENANG VARIABEL b
    SELESAI
  SELESAI
SELESAI
SELESAI
MENGHITUNG RATA-RATA JARAK DAN TETAPKAN SEBAGAI QUANTIZATION ERROR
SELESAI

```

Gambar 4.11 *Pseudocode Quantization error*

skala abu-abu. Adapun tahapannya dilalui dengan tahapan yang dijelaskan pada gambar-gambar berikut ini:

1. Mencari jarak antar masing-masing *node* dilakukan dengan formula seperti yang ada di gambar 4.13 berikut.

	E	F	G	H
2		GRID 3		GRID 4
121	0.30396	3.78768	=SQRT((F2-H2)^2)	3.69581
477	0	0.16415	0	0.17179
004	0.30335		0.0995	0.0927
741	0	0.09167	0	0.0061

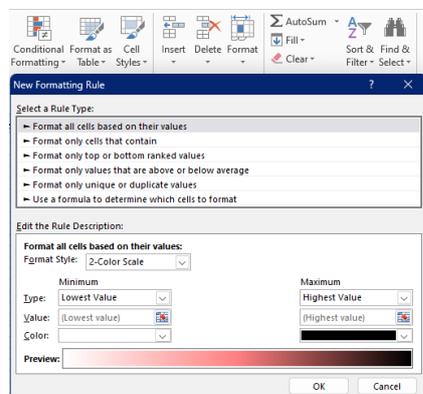
Gambar 4.13 formula menghitung jarak antar *anode*

2. Mencari rata-rata jarak antar node dilakukan dengan formula seperti yang ada di gambar 4.14 berikut.

	E	F	G	H
2		GRID_3		GRID_4
121	0.30396	0.18666	0.09187	0.0995
477	0	0.16415	0	0.17179
004	0.30335	=AVERAGE(E4,F5,G4,F3)	0.0995	0.0927
741	0	0.09167	0	0.0061

Gambar 4.14 formula menghitung rata-rata jarak antar *anode*

3. Penerapan *conditional formatting* untuk visualisasi peta dilakukan dengan cara seperti yang ada di gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Penerapan *conditional formatting*

Penerapan *conditional formatting* seperti gambar 4.15 digunakan untuk mendapatkan visualisasi peta *U-matrix* yang memiliki skala abu-abu dimana area berwarna gelap merupakan batas klaster dan area berwarna lebih terang dianggap sebagai klaster yang terbentuk.

Hasil *output* yang masih terkait dengan visualisasi *U-matrix* yaitu hasil frekuensi data yang menunjukkan lokasi data, atau lokasi *node* pemenang dari masing-masing data *input*. Pada penelitian kali ini divisualkan dalam bentuk peta berbintik merah dimana setiap bintik merah merupakan representasi dari lokasi sebuah data. Hasil *output* program selain berupa *node* untuk visualisasi peta *U-matrix*, terdapat pula nilai koordinat data dalam peta. Koordinat inilah yang menunjukkan lokasi data dalam peta. Setiap koordinat ditentukan berdasarkan lokasi dari masing-masing *node* pemenang dari data *input*, sehingga menjadikan koordinat ini lokasi data dalam peta. Koordinat yang dimaksud terdiri dari nilai *row* dan *column* yang merepresentasikan peta 2Dimensi. Dalam representasi *U-matrix*, setiap *node* dalam peta dapat dianalogikan seperti setiap *pixel* dalam sebuah gambar yang membangun gambar itu sendiri, sedangkan peta frekuensi data menunjukkan jumlah data yang menempati sebuah *node* dalam peta. Sehingga dalam satu *node* dapat diisi oleh lebih dari satu data atau bahkan tidak diisi oleh satupun data.

Pernyataan selanjutnya bahwa peta frekuensi belum tentu merepresentasikan klaster yang terbentuk. Dalam satu visualisasi memungkinkan terbentuk bintik merah yang seolah memisah dari yang lain, akan tetapi dalam peta *U-matrix* diketahui berada dalam satu klaster yang sama. Sedangkan dalam visualisasi yang lain, bentuk bintik merah mirip dengan bentuk klaster yang

diidentifikasi pada *U-matrix*. Identifikasi kluster yang terbentuk tetap mengacu pada peta *U-matrix* yang terbentuk.

4.2 Hasil Uji Coba

Pengujian yang dilakukan terdiri dari skenario pengujian A dan skenario pengujian B dimana pengujian A adalah pengujian dengan variasi *maximum* iterasi dan pengujian B merupakan pengujian dengan variasi laju pembelajaran. Adapun parameter laju pembelajaran pada skenario A di atur pada 0.85, sedangkan *maximum* iterasi untuk skenario B adalah 1000 iterasi. Nilai parameter lain seperti ukuran peta, ukuran radius awal sesuai dengan ketentuan yang disebutkan pada Bab 3 subbab 3.6. Ukuran peta pada semua pengujian tidak dilakukan perlakuan dan bernilai tetap sepanjang pengujian dilakukan. Begitu pula dengan ukuran radius awal dan fungsi tetangga. Inisiasi bobot ditentukan dengan angka *random* pada setiap pengujian.

Pada pengujian-coba kedua skenario, visualisasi peta *U-matrix* dan frekuensi data merupakan hasil perhitungan dari program yang telah dibangun berdasarkan penjelasan pada subbab sebelumnya, namun untuk melakukan penggambaran dari identifikasi kluster pada peta *U-matrix*, peneliti menambahkan garis bantu yang digambarkan manual pada peta berdasarkan dari hasil visualisasi kluster yang muncul. Garis bantu digunakan untuk memudahkan identifikasi kluster yang terbentuk.

Disajikan juga pada setiap pengujian grafik yang menunjukkan rata-rata perubahan bobot pada setiap iterasi. Grafik tersebut tidak merepresentasikan seluruh pengujian, melainkan hanya salah satu dari pengujian yang dilakukan.

4.2.1 Hasil Uji Coba Skenario A

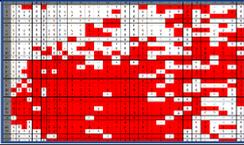
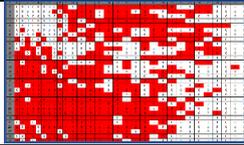
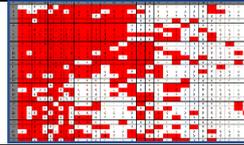
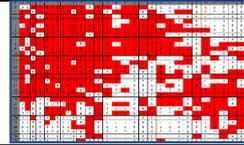
Pada skenario uji coba dijelaskan bahwa pengujian dilakukan dengan 7 kali pengujian berbeda dengan menggunakan perbedaan jumlah maksimal terasi dimulai dari 1 kali iterasi, dilanjutkan 10, 100, 200, 400, 800 dan 1000 kali. Adapun besar *learning rate* awal kali ini tidak dilakukan perlakuan dan tetap pada seluruh penelitian yakni sebesar 0.85, namun nilainya tetap berkurang seiring banyaknya iterasi yang dilakukan.

Pemilihan jumlah *maximum* iterasi dalam pengujian kali ini adalah untuk melihat bentuk peta pada setiap iterasi. Termasuk digunakannya iterasi 1 kali yang secara hipotesis memiliki nilai yang kurang baik, namun tujuannya adalah untuk melihat hasil pemetaan yang kurang baik sehingga dapat digunakan sebagai pembandingan untuk hasil peta yang lain.

1. Hasil dengan 1 iterasi

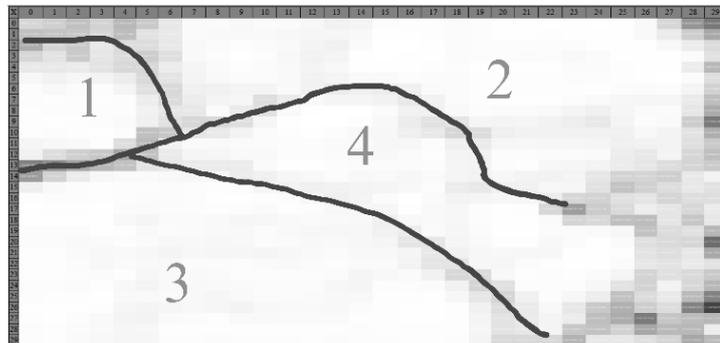
Hasil pengujian dengan iterasi 1 kali dilakukan dengan 4 kali pengujian yang tersajikan pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Dengan 1 Iterasi.

1	2	3	4
			
			
QE: 0.075026350067832	QE: 0.072404529606276	QE: 0.073620576474728	QE: 0.073123425127456

Pengujian dengan 1 iterasi menghasilkan peta dengan bagian gelap yang terlihat cukup jelas dan dapat dibedakan antar bagian. Pada peta persebaran data

terlihat *node* yang didalamnya terdapat data (berwarna merah) cukup tersebar meski masih banyak bagian yang tidak terisi data (bagian putih). *Node* yang berisi data masih terkonsentrasi pada sebagian besar bagian peta dan belum tersebar merata keseluruhan bagian peta. Hasil pemetaan paling optimal yaitu nilai *Quantization error* paling rendah didapat pada pengujian ke-2 dengan nilai sebesar 0.072404529606276. Klaster yang ditentukan ditunjukkan pada gambar 4.16 berikut ini.



Gambar 4.16 Peta *U-matrix* Hasil Optimal pada Iterasi 1

Analisis anggota klaster pada peta dengan nilai paling optimal dilakukan dengan mengidentifikasi garis batas klaster yang berwarna gelap pada peta yang dihasilkan. Garis bantu digunakan untuk memudahkan identifikasi klaster yang terbentuk. Garis gelap yang muncul pada gambar 4.16 cukup jelas sehingga identifikasi dapat dilakukan dengan mudah. Garis yang ditampilkan memiliki bentuk beragam. Dengan beberapa bagian gelap yang menandakan *node* kosong (tidak berisi data) pada bagian atas kiri dan sebagian besar tepi kanan peta, klaster diidentifikasi menjadi 4 bagian. Bagian kiri atas peta dengan sebuah bagian kecil, dan 3 lainnya yang tersebar membagi peta menjadi 3 bagian.

Selanjutnya dilakukan analisis anggota klaster terhadap klaster yang telah ditentukan. Pada identifikasi yang telah dilakukan, didapat 4 klaster yang terbentuk. Hasil *Index Davies-Bouldin* pada pengujian dengan 1 iterasi sebesar 0.630318497 menandakan hasil klaster yang cukup baik. Anggota masing-masing klaster dapat dilihat pada tabel 4.2. sebagai berikut.

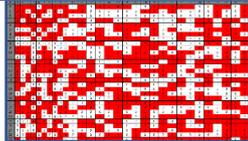
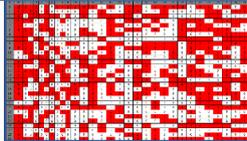
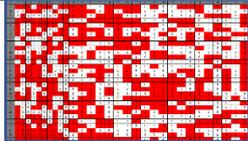
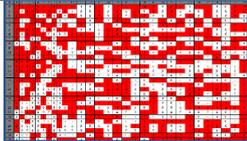
Tabel 4.2 Anggota Klaster Iterasi 1

Klaster	Anggota	<i>Davies-Bouldin Index</i>
Klaster 1	43	0.630318497
Klaster 2	232	
Klaster 3	762	
Klaster 4	163	

2. Hasil dengan 10 iterasi

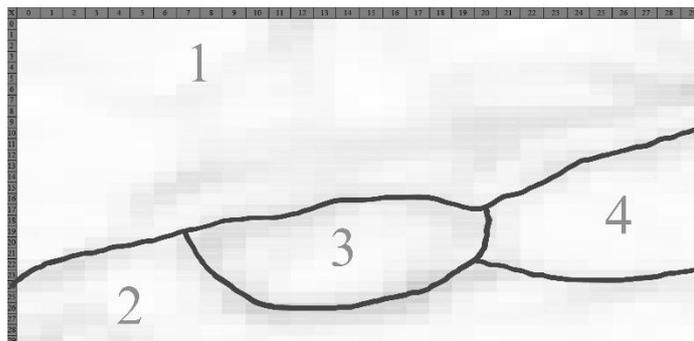
Pada pengujian dengan 10 iterasi menghasilkan peta dengan data yang lebih tersebar dan menghasilkan gap yang sudah tidak terlihat dibandingkan dengan pengujian sebelumnya. Titik merah (*node* yang berisi data) tersebar dengan baik keseluruh bagian peta dengan jumlah *node* putih (*node* yang tidak berisi data) menggambarkan hasil yang lebih baik dari sebelumnya. Adapun hasil pengujian dengan 10 iterasi dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Dengan 10 Iterasi.

1	2	3	4
			
			
QE: 0.051531974253156	QE: 0.051309268735544	QE: 0.051913812955368	QE: 0.050857508523313

Peta *U-matrix* yang dihasilkan terlihat garis batas data yang cukup terlihat jelas pada setiap pengujian yang dilakukan. Pada setiap pengujian terlihat struktur garis yang berbeda antar satu sama lainnya. Hasil pemetaan paling optimal pada pengujian dengan skenario 10 iterasi ditunjukkan pada pengujian ke-4 dengan nilai *Quantization error* sebesar 0.050857508523313.

Perlakuan selanjutnya adalah identifikasi anggota klaster yang didahului dengan penentuan batas klaster yaitu garis batas pada peta. Garis batas pada pengujian ke-4 terlihat cukup jelas sehingga identifikasi dapat dilakukan dengan cukup mudah. Penggambaran garis batas klaster kemudian dilakukan dengan garis bantu yang digambarkan manual. Adapun garis batas tersebut adalah dapat dilihat pada gambar 4.17 sebagai berikut.



Gambar 4.17 Peta *U-matrix* Hasil Optimal pada Iterasi 10

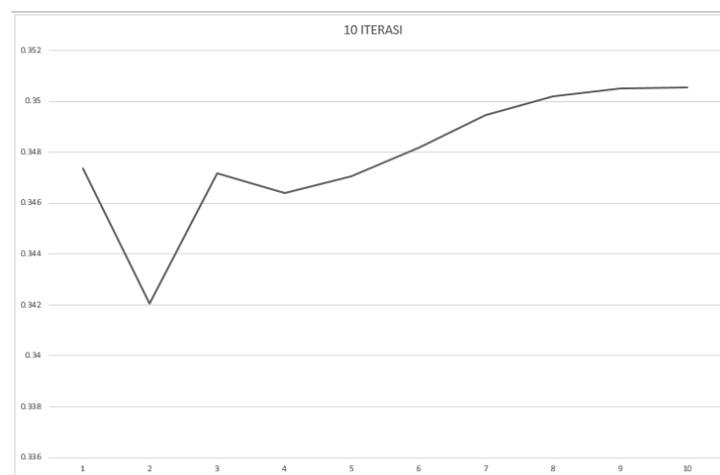
Pada pengujian dengan 10 iterasi ditentukan klaster yang dihasilkan sebanyak 4 buah. Satu klaster besar berada di hampir seluruh bagian kiri atas peta dengan sisa 3 klaster lain yang berdempetan pada sebagian sisi yang lain. Klaster 3 dan 4 terlihat jelas membagi dirinya sendiri dengan bentuk lingkaran sedangkan klaster ke-2 terlihat memanjang memenuhi bagian bawah peta. Hasil nilai *Index*

Davies-Bouldin untuk pengujian kualitas klaster sebesar 0.476685262 dengan anggota klaster disajikan pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Anggota Klaster Iterasi 10

Klaster	Anggota	<i>Davies-Bouldin Index</i>
Klaster 1	779	0.476685262
Klaster 2	187	
Klaster 3	132	
Klaster 4	102	

Pada pengujian dengan 10 iterasi disajikan grafik rata-rata perubahan bobot pada satu pengujian. Adapun grafik yang dimaksud adalah disajikan dalam gambar 4.18 sebagai berikut.



Gambar 4.18 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Iterasi 10 Kali

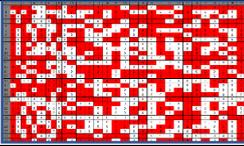
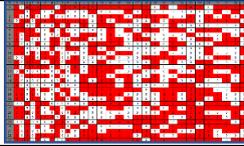
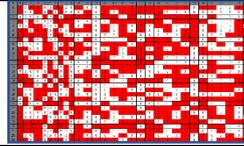
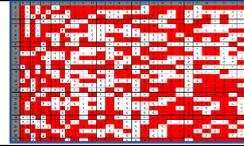
Perubahan rata-rata bobot terjadi cukup besar pada 3 iterasi awal dan mulai stabil pada iterasi ke-8.

3. Hasil dengan 100 iterasi

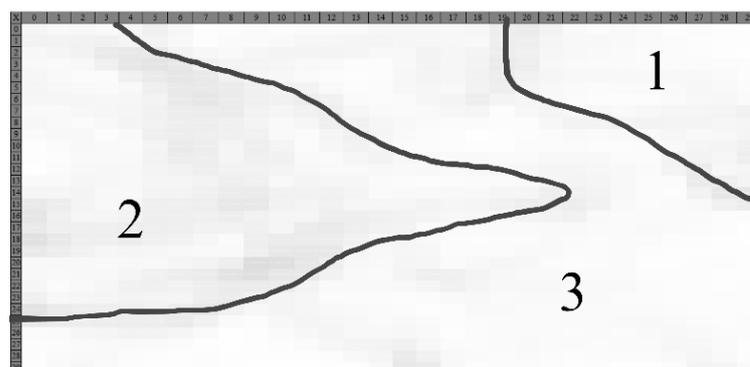
Peta dengan 100 iterasi terlihat menunjukkan struktur yang tidak memiliki kesamaan antar pengujian. Setiap pengujian menunjukkan hasil pemetaan yang

berbeda pada tiap peta U-matrix yang dihasilkan. Adapun hasil pengujian disajikan dalam tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Dengan 100 Iterasi.

1	2	3	4
			
			
QE: 0.04445446265167	QE: 0.043998525013392	QE: 0.045311155745498	QE: 0.043849499577622

Pengujian dengan 100 iterasi menunjukkan peta yang tidak memiliki garis batas yang begitu jelas. Pada semua pengujian garis pengujian terlihat hanya menjalar dan tidak menunjukkan bagian tertentu dengan jelas. Bagian garis yang samar yang tampak mendominasi peta. Hasil paling optimal pada pengujian dengan 100 iterasi ditunjukkan pada pengujian ke-4 dengan *Quantization error* sebesar 0.043849499577622. Adapun pembagian peta dapat dilihat seperti gambar 4.19 berikut ini:



Gambar 4.19 Peta *U-matrix* Hasil Optimal pada Iterasi 100

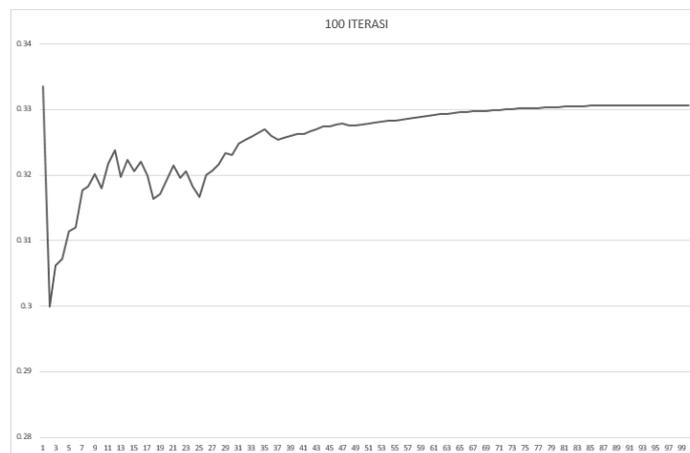
Kluster yang dihasilkan pada peta dengan hasil optimal sebanyak 3 buah dengan pembagian seperti gambar di atas. Kluster pertama terlihat di ujung kanan

atas peta. Klaster kedua dan ketiga terlihat memenuhi sisa bagian peta dengan klaster kedua yang memenuhi sisi kiri dan sebagian berada di tengah peta dengan bentuk meruncing. Hasil pengujian kualitas klaster menunjukkan angka 0.469479425. Angka yang dianggap sangat baik dalam pengujian kualitas. Berikut ini disajikan anggota dengan 3 klaster dalam tabel 4.6.

Tabel 4.6 Anggota Klaster Iterasi 100

Klaster	Anggota	<i>Davies-Bouldin Index</i>
Klaster 1	132	0.469479425
Klaster 2	389	
Klaster 3	679	

Diberikan gambaran tentang rata-rata perubahan bobot pengujian dengan 100 iterasi dalam gambar 4.20 sebagai berikut.



Gambar 4.20 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Iterasi 100 Kali.

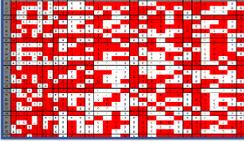
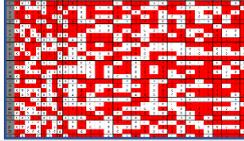
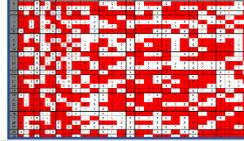
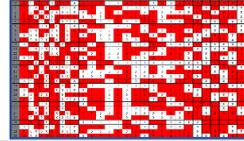
Gambar grafik rata-rata perubahan bobot menunjukkan perubahan bobot mulai stabil pada iterasi sekitar 85 kali.

4. Hasil dengan 200 iterasi

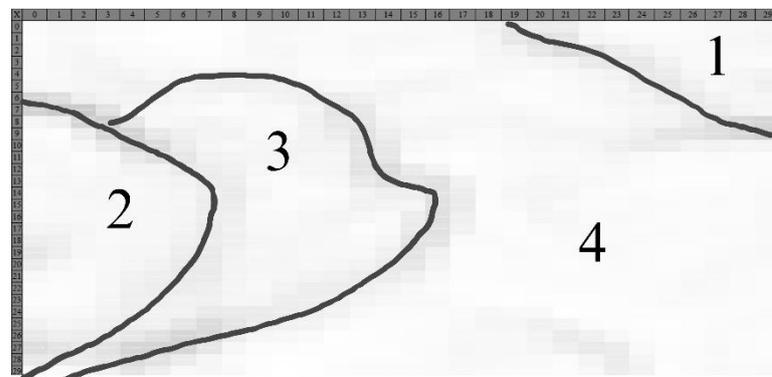
Batas garis pada peta dengan pengujian sebanyak 200 iterasi menunjukkan gambaran yang tidak jauh berbeda dengan pengujian sebelumnya. Masih banyak

terdapat garis samar dan hanya beberapa garis tegas yang terlihat. Adapun hasil pengujian disajikan dalam tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Dengan 200 Iterasi.

1	2	3	4
			
			
QE: 0.04308271063066	QE: 0.043099490237419	QE: 0.043131938959315	QE: 0.042892628318109

Didapat hasil pengujian optimal dengan nilai *quantization* paling rendah pada pengujian ke-4 dan menunjukkan batas yang membagi data menjadi 4 kluster. Persebaran data pada pengujian kali ini juga merata pada seluruh peta dan tidak meninggalkan gap yang berlebihan.



Gambar 4.21 Peta *U-matrix* Hasil Optimal pada Iterasi 200

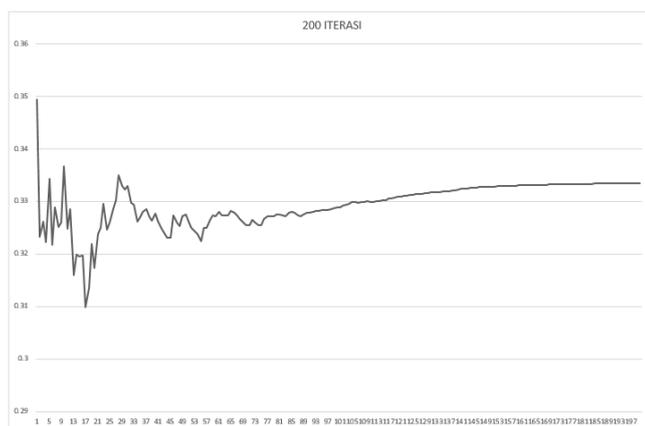
Pada gambar 4.21 peta kluster ditentukan dengan garis batas warna hitam sebagai pemisah antar kluster. Garis yang dihasilkan pada peta dengan 200 iterasi cukup jelas terlihat dan dapat diidentifikasi dengan cukup mudah. Kluster 1 nampak berada di ujung kanan atas, posisi yang mirip dengan pengujian sebelumnya. Kluster ke-2 dan ke-3 terlihat berdampingan satu sama lain di sisi kiri peta, dan

klaster ke-4 memenuhi sebagian besar sisa peta. Dengan ini klaster yang dihasilkan berjumlah 4 buah. Hasil pengujian kualitas klaster dan anggota klaster ditampilkan pada tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Anggota Klaster Iterasi 200

Klaster	Anggota	<i>Davies-Bouldin Index</i>
Klaster 1	103	0.476904422
Klaster 2	192	
Klaster 3	177	
Klaster 4	728	

Hasil pengujian kualitas menunjukkan nilai *Index Davies-Bouldin* sebesar 0.476904422, hasil yang dapat dikatakan sangat bagus karena nilai mendekati 0. Anggota klaster 1 sampai 3 berjumlah kurang dari 200 buah, dengan spesifikasi klaster 1 berjumlah 103 buah, klaster 2 berjumlah 192 buah, dan klaster 3 berjumlah 177 buah. Sedang anggota klaster ke-4 lebih dari 700 buah. Selain hasil peta, disajikan pula grafik dari rata-rata perubahan bobot setiap iterasi. Grafik rata-rata perubahan bobot ditampilkan pada gambar 4.22 sebagai berikut.



Gambar 4.22 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Iterasi 200 Kali

Perubahan bobot mulai mengecil pada iterasi kurang dari 120 dan stabil pada sekitar iterasi ke-150.

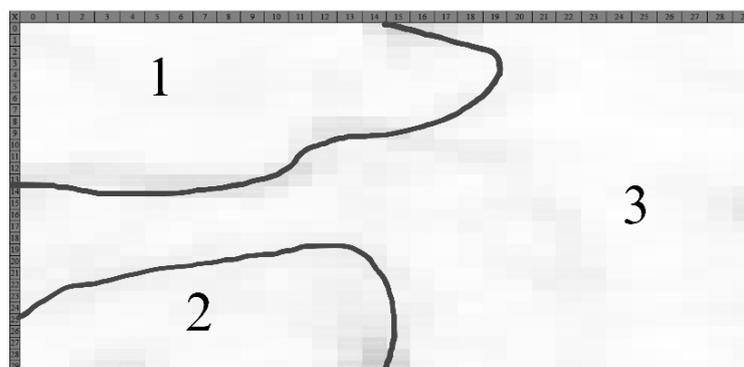
5. Hasil dengan 400 iterasi

Peta *U-matrix* dengan 400 iterasi menghasilkan beberapa struktur yang terlihat mirip pada semua pengujian ke-2 sampai ke-4 yaitu berupa struktur garis yang nampak melengkung pada bagian bawah peta *U-matrix* pada pengujian ke-2, pengujian ke-3 dan juga pada pengujian ke-4. Selain itu terlihat garis yang terlihat mirip pada bagian tengah peta pengujian ke-3 dan pada pengujian ke-4. Sedangkan pengujian ke-1 kurang memiliki struktur yang mirip. Adapun hasil pengujian dengan 400 iterasi dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Dengan 400 Iterasi.

1	2	3	4
			
QE: 0.041842429525135	QE: 0.042379195079508	QE: 0.041779549630797	QE: 0.041454150604818

Hasil optimal pada pengujian dengan 400 iterasi terdapat pada pengujian ke-4 dengan nilai *Quantization error* sebesar 0.041454150604818. Adapun pembagian peta dapat dilihat pada gambar 4.23 sebagai berikut.



Gambar 4.23 Peta *U-matrix* Hasil Optimal pada Iterasi 400

Gambar peta *U-matrix* terlihat memiliki garis batas yang memisahkan data menjadi 3 kluster dengan garis batas pada bagian kiri bawah, dan kiri atas. Kluster ke-3 terlihat memenuhi bagian kanan peta dengan sedikit bagian di sisi kiri peta.

Hasil uji kualitas kluster pada pengujian ini bernilai baik dengan nilai *Index Davies-Bouldin* sebesar 0.207771689. Pengujian dengan 400 iterasi menghasilkan kualitas kluster yang bernilai sangat baik karena nilainya yang cukup kecil dan hampir mendekati 0. Jumlah anggota kluster yang terbentuk bervariasi dengan kluster 1 sejumlah 367, kluster ke 2 tidak mencapai angka 200 dan kluster ke-3 yang berjumlah lebih dari 600 buah. Berikut ini disajikan tabel 4.10 dengan 3 kluster dan jumlah anggotanya.

Tabel 4.10 Anggota Kluster Iterasi 400

Klaster	Anggota	<i>Davies-Bouldin Index</i>
Klaster 1	367	0.207771689
Klaster 2	188	
Klaster 3	645	

Disajikan pula grafik perubahan rata-rata bobot yang ditampilkan pada gambar 4.24 sebagai berikut.



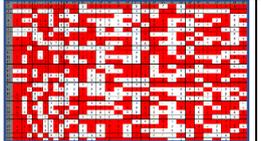
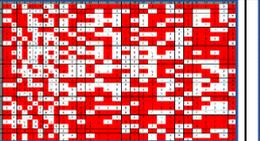
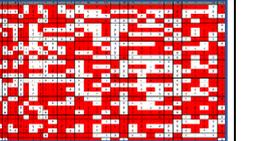
Gambar 4.24 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Iterasi 400 Kali

Grafik menunjukkan bahwa perubahan rata-rata bobot mulai stabil pada sekitar iterasi ke 276.

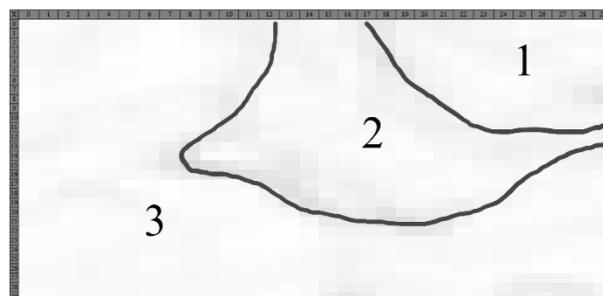
6. Hasil dengan 800 iterasi

Pengujian dengan 800 iterasi menunjukkan peta yang cukup bervariasi. Struktur garis lengkung terlihat pada semua peta dengan posisi yang beragam. Namun satu struktur yang terlihat sama yaitu adanya sebuah garis melengkung yang berada di tengah peta yang terlihat mirip pada peta ke-1, ke-3 dan ke-4. Selain bentuk yang disebutkan, nampak tidak banyak kesamaan struktur pada peta yang muncul. Semua pengujian tersebut disajikan dalam tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Dengan 800 Iterasi.

1	2	3	4
			
			
QE: 0.041403717757671	QE: 0.04259980776037	QE: 0.041899997395849	QE: 0.041263622284994

Hasil pengujian paling optimal diketahui pada pengujian ke-4 dengan nilai *Quantization error* sebesar 0.041263622284994. Penentuan kluster pada peta ini menghasilkan 3 buah kluster yang digambarkan pada gambar 4.25 berikut.



Gambar 4.25 Peta *U-matrix* Hasil Optimal pada Iterasi 800

Dihasilkan 3 klaster pada iterasi sejumlah 800 kali. Satu klaster berada di ujung kanan atas peta dengan dilingkupi oleh klaster kedua. Kedua struktur mencangkup setengah lebar peta. Sisa peta yang lain berisi klaster ketiga yang merupakan klaster dengan bentuk terbesar dalam pengujian kali ini. Menempati seluruh sisi kiri peta dan sebagian besar bagian bawah peta. Nilai *Index Davies-Bouldin* pada 3 klaster dan anggotanya disajikan dalam tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Anggota Klaster Iterasi 800

Klaster	Anggota	<i>Davies-Bouldin Index</i>
Klaster 1	176	0.217641807
Klaster 2	264	
Klaster 3	760	

Pengujian dengan 800 iterasi menghasilkan 3 klaster dengan anggota masing-masing 176 untuk klaster pertama, 264 buah anggota dimiliki klaster kedua dan sisanya yaitu sebesar 760 buah berada pada klaster besar ketiga. Perubahan rata-rata bobot pada pengujian dengan iterasi 800 dapat dilihat pada gambar 4.26 berikut ini:



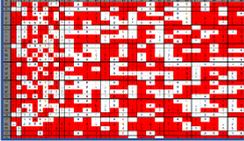
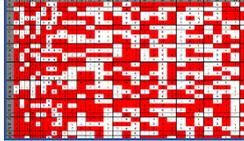
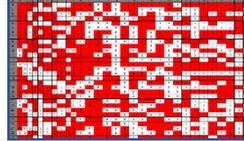
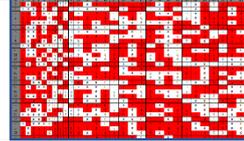
Gambar 4.26 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Iterasi 800 Kali

Dapat diketahui bahwa bobot mulai mengalami sedikit perubahan pada sekitar iterasi ke-358.

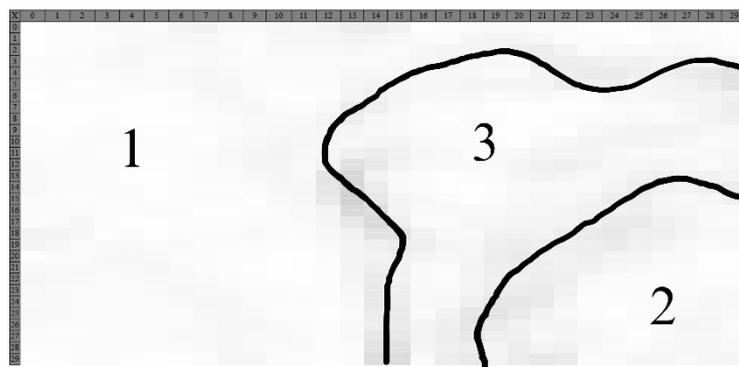
7. Hasil dengan 1000 iterasi

Peta yang dihasilkan dengan iterasi terbanyak pada penelitian kali cukup beragam dan sulit ditentukan pola atau struktur yang mirip terlihat pada semua peta. Setiap peta yang dihasilkan memiliki visualisasi yang berbeda. Adapun hasil pengujian disajikan dalam tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Dengan 1000 Iterasi.

1	2	3	4
			
			
QE: 0.035450705467203	QE: 0.034769996816971	QE: 0.035399353873519	QE: 0.035378642825502

Nilai paling optimal didapat pada pengujian ke-2 dengan nilai *Quantization error* sebesar 0.034769996816971. Peta yang dihasilkan menghasilkan garis samar berbentuk gelombang yang menandakan klaster terpisah. Adapun pembagian peta dapat dilihat pada gambar 4.27 berikut.



Gambar 4.27 Peta *U-matrix* Hasil Optimal pada Iterasi 1000

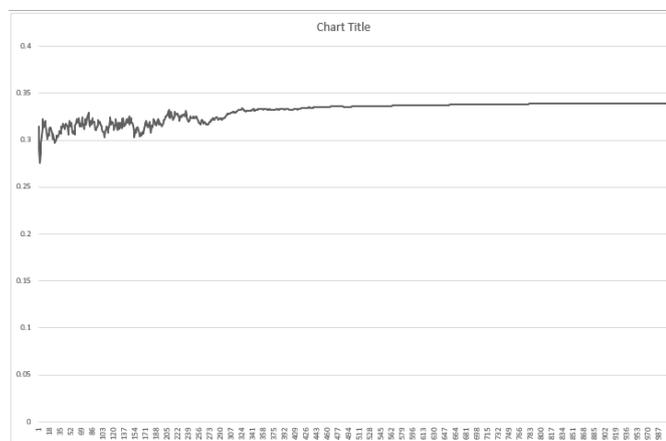
Sebuah garis samar tampak berada di tengah peta membelah peta menjadi dua bagian dan menjalar dari bawah ke sisi kiri peta sehingga area yang

dilingkupinya nampak berbentuk seperti persegi. Di dalam struktur persegi tersebut terlihat sebuah garis lain yang nampak samar, struktur ini diputuskan untuk menjadi struktur lain menjadikan sisi kanan peta memiliki dua klaster yang terbentuk. Sisa bagian peta yang berwarna terang terlihat tidak memiliki garis gelap lainnya sehingga bagian ini diputuskan menjadi sebuah klaster yang berukuran besar. Anggota 3 klaster pada pengujian 1000 kali yang telah ditentukan dan nilai *Index Davies-Bouldin* disajikan dalam tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Anggota Klaster Iterasi 1000

Klaster	Anggota	<i>Davies-Bouldin Index</i>
Klaster 1	718	0.167557041
Klaster 2	182	
Klaster 3	300	

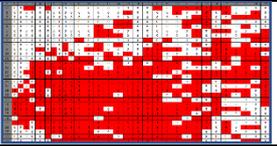
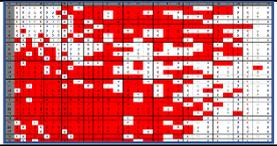
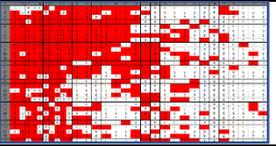
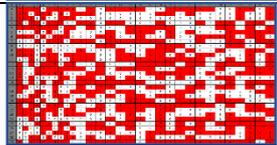
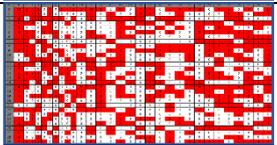
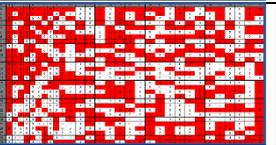
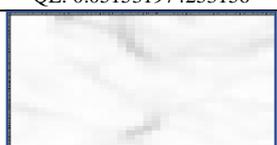
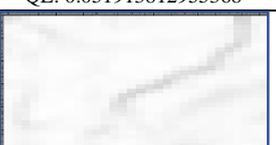
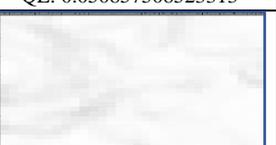
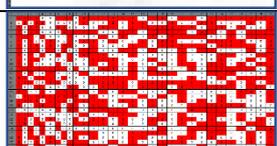
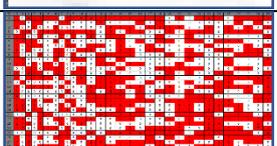
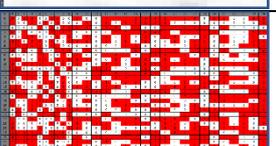
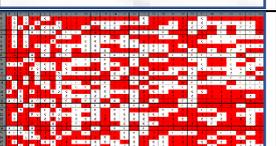
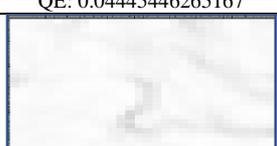
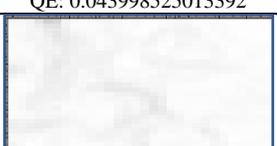
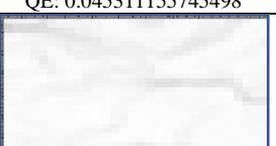
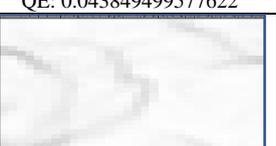
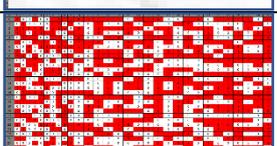
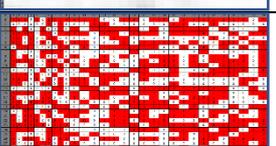
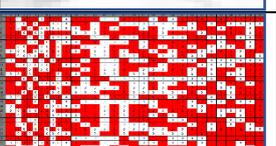
Pengujian dengan iterasi 1000 kali menghasilkan 3 klaster dengan nilai *Index Davies-Bouldin* mencapai angka 0.167557041 yang merupakan nilai paling rendah dalam semua skenario pengujian. Klaster pertama memiliki anggota terbanyak yaitu sebesar 718 anggota, diikuti klaster kedua dengan angka 182 buah. Klaster terakhir memiliki anggota dengan angka mencapai 300 buah. Berikut ini disajikan pada grafik rata-rata perubahan bobot pada gambar 4.28.

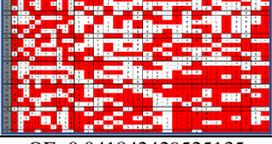
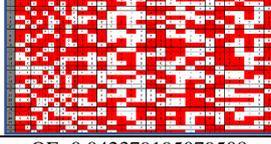
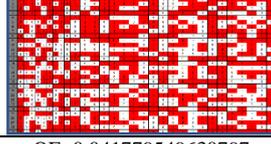
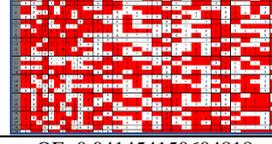
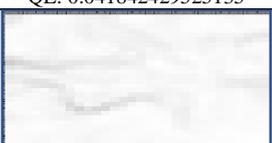
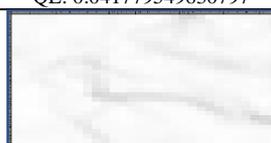
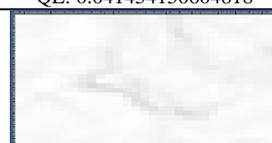
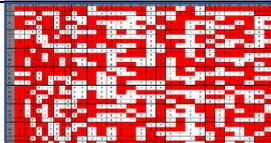
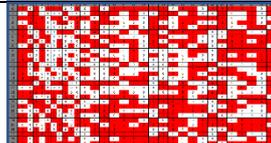
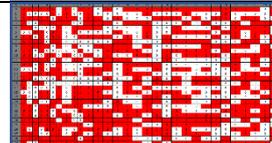
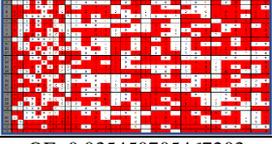
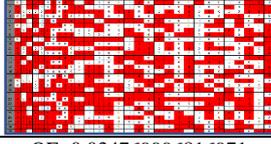
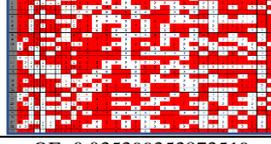
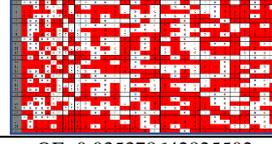


Gambar 4.28 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Iterasi 1000 Kali

Pengujian seluruh skenario A yang terdiri dari 7 skenario perubahan iterasi telah dilakukan dan dihasilkan berbagai variasi nilai *error* dan nilai kualitas kluster. Berikut visualisasi *U-matrix*, persebaran dan masing-masing hasil dari *Quantization error* keseluruhan pengujian disajikan pada tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Seluruh Skenario A

	1	2	3	4
1				
				
	QE: 0.075026350067832	QE: 0.072404529606276	QE: 0.073620576474728	QE: 0.073123425127456
10				
				
	QE: 0.051531974253156	QE: 0.051309268735544	QE: 0.051913812955368	QE: 0.050857508523313
100				
				
	QE: 0.04445446265167	QE: 0.043998525013392	QE: 0.045311155745498	QE: 0.043849499577622
200				
				
	QE: 0.04308271063066	QE: 0.043099490237419	QE: 0.043131938959315	QE: 0.042892628318109

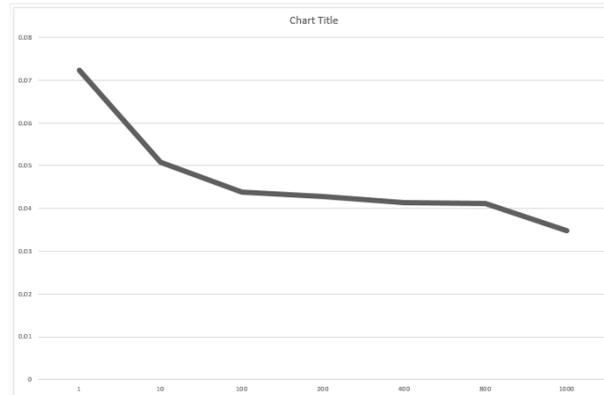
400				
				
	QE: 0.041842429525135	QE: 0.042379195079508	QE: 0.041779549630797	QE: 0.041454150604818
800				
				
	QE: 0.041403717757671	QE: 0.04259980776037	QE: 0.041899997395849	QE: 0.041263622284994
1000				
				
	QE: 0.035450705467203	QE: 0.034769996816971	QE: 0.035399353873519	QE: 0.035378642825502

Dari semua hasil pengujian skenario A, nilai paling optimal dari *Quantization error* yang berarti pemetaan paling baik dari sebuah struktur pengujian dinilai dari nilai yang paling rendah dengan struktur pengujian yang sama. Nilai masing-masing hasil optimal dapat dilihat pada tabel 4.18 berikut.

Tabel 4.16 Hasil Nilai *Quantization error* (QE) Optimal Skenario A

No	Max Iterasi	QE
1	1	0.072404529606
2	10	0.050857508523
3	100	0.043849499578
4	200	0.042892628318
5	400	0.041454150605
6	800	0.041263622285
7	1000	0.034769996816

Pada gambar 4.29, disajikan grafik dari nilai *Quantization error* paling optimal dari semua pengujian skenario A.



Gambar 4.29 Grafik Nilai *Quantization error* (QE) Optimal Skenario A

Dengan informasi yang tersedia, dapat dikatakan bahwa meskipun nilai pada masing-masing pengujian terlihat menurun seiring iterasi yang semakin besar, penentuan nilai optimal tetap harus dibandingkan dengan yang memiliki struktur pengujian yang sama. Pada gambar diatas jelas terlihat bahwa nilai *Quantization error* menurun seiring bertambahnya jumlah maksimal iterasi yang digunakan. Hal ini dapat diambil kesimpulan bahwa jumlah iterasi berpengaruh pada kualitas peta yang dihasilkan.

Pada pengujian dengan skenario A, pengujian ke-1 dilakukan dengan 1 kali iterasi menunjukkan nilai yang cukup baik yaitu menghasilkan klaster yang terpisah dengan baik. Nilai 0.630318497 bukanlah nilai yang dianggap buruk dalam pengujian dengan *Index Davies-Bouldin*. Hasil visualisai dengan *U-matrix* pada pengujian dengan 1 kali iterasi belum bisa menggambarkan kondisi data secara menyeluruh mengingat konsentrasi frekuensi persebaran data masih belum tersebar dengan baik dengan masih adanya gap pada visualisasi peta.

Pada pengujian selanjutnya, yaitu dengan 10, 100 dan 200 iterasi menunjukkan angka yang cukup mirip yaitu secara berurutan 0.476685262, 0.469479425 dan 0.476904422. Nilai yang dianggap cukup baik mengingat angka yang dihasilkan hampir mendekati 0. Angka pada pengujian 10 ke 100 iterasi mengalami sedikit penurunan dan pada pengujian dengan 200 iterasi kembali naik ke angka 0.476. Jumlah klaster yang dihasilkanpun beragam dengan pengujian 10 dan 200 kali menghasilkan 4 buah, sedang pengujian dengan 100 kali menghasilkan 3 buah klaster. Peta pada ketiga pengujian juga menunjukkan berbagai macam bentuk yang meski pada beberapa peta memiliki garis yang samar sehingga batas klaster sulit diidentifikasi, data pada ketiga pengujian terlihat cukup menyebar dan tidak memunculkan gap bahkan pada pengujian dengan 10 iterasi.

Pengujian dengan iterasi 400 dan 800 dilain hal menunjukkan nilai yang sangat bagus dan mengindikasikan peningkatan kualitas daripada pengujian sebelumnya. Nilai *Index Davies-Bouldin* yang menyentuh angka 0.2 pada kedua pengujian menunjukkan hasil yang sangat bagus. Pengujian dengan 400 iterasi memiliki nilai sebesar 0.207771689 dan pada pengujian 800 iterasi mencapai angka 0.217641807. Masing-masing pengujian menghasilkan jumlah klaster yang sama yaitu 3 buah. Peta yang dihasilkan pada pengujian 400 kali menunjukkan beberapa struktur garis yang mirip pada beberapa pengujian, dan pada pengujian dengan 800 kali justru tidak terlalu nampak struktur garis yang mirip antar peta.

Hasil *Index Davies-Bouldin* dengan pengujian 1000 kali menghasilkan nilai yang sangat baik yaitu 0.167557041. Nilai yang merupakan nilai paling baik dari seluruh pengujian yang dilakukan. Pengujian dengan 1000 iterasi menghasilkan 3

buah kluster. Peta *U-matrix* dan persebaran data juga telah menghasilkan hasil yang baik dengan garis batas yang samar, namun masih dapat diinterpretasikan dengan baik. Kluster yang terbentuk pada pengujian ini kemudian dibandingkan lebih lanjut dengan hasil pengujian skenario B karena kesamaan jumlah iterasi.

4.2.2 Hasil Uji Coba Skenario B

Pengujian pada skenario B mencakup pengujian dengan variasi laju pembelajaran. Disebutkan sebelumnya pada Bab 3 subbab Skenario Uji Coba bahwa variasi laju pembelajaran yang digunakan ada dua macam yaitu, satu nilai dibawah 0.85 yaitu 0.8, dan satu nilai diatas 0.85 yaitu 0.9. Adapun nilai 0.85 sendiri merupakan laju pembelajaran tunggal yang digunakan pada skenario A. Pemilihan nilai laju pembelajaran yang menggunakan nilai di atas dan di bawah nilai laju pembelajaran sebelumnya mengindikasikan pengujian yang mencakup nilai laju yang lebih kecil dan nilai laju yang lebih besar dari nilai yang ada sehingga penelitian mendapatkan gambaran keseluruhan untuk pengujian dengan nilai tertentu serta menunjukkan bahwa nilai pada laju tertentu lebih efektif digunakan daripada nilai lainnya.

Parameter lain yang digunakan seperti ukuran peta, ukuran radius awal dan inisiasi bobot masih sama dengan yang digunakan pada pengujian skenario A, yaitu menggunakan nilai yang ditentukan pada Bab 3 subbab skenario uji coba, kecuali pada parameter maximum iterasi. Pengujian dengan skenario B menggunakan maximum iterasi 1000 kali merujuk pada skenario A. Pada skenario A, 1000 kali iterasi menghasilkan kualitas kluster yang paling baik, selain itu 1000 kali iterasi adalah jumlah yang paling besar dari semua pengujian pada skenario A.

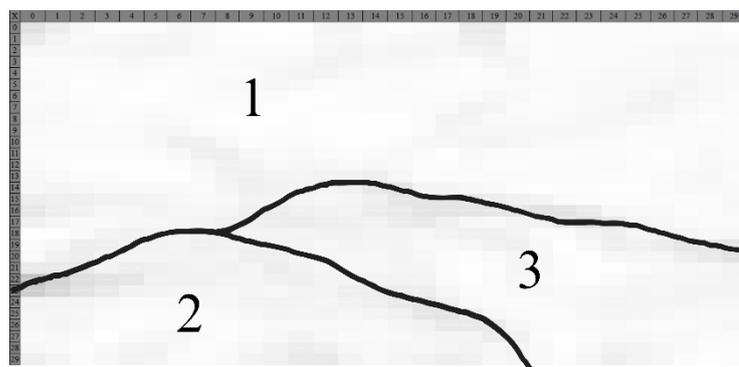
1. Hasil Pengujian dengan Laju Pembelajaran 0.8

Pengujian dengan Laju pembelajaran sebesar 0.8 menghasilkan peta dengan gambar beragam. Semua pengujian menghasilkan peta dengan pola yang berbeda antar satu sama lainnya. Peta yang dihasilkan tidak memiliki kesamaan struktur ataupun bentuk dan garis yang bias dikatakan mirip. Hasil pengujian ditampilkan pada tabel 4.17 berikut ini.

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Dengan Laju Pembelajaran 0.8.

1	2	3	4
			
QE: 0.035959468874195	QE: 0.034925945481132	QE: 0.035981985118026	QE: 0.036133582461829

Visualisasi peta pada pengujian ini menunjukkan hasil yang optimal pada pengujian ke-2 dengan nilai *Quantization error* sebesar 0.034925945481132. Peta dengan hasil optimal menghasilkan 3 buah kluster yang digambarkan pada



Gambar 4.30 Peta *U-matrix* Hasil Optimal pada Laju Pembelajaran 0.8

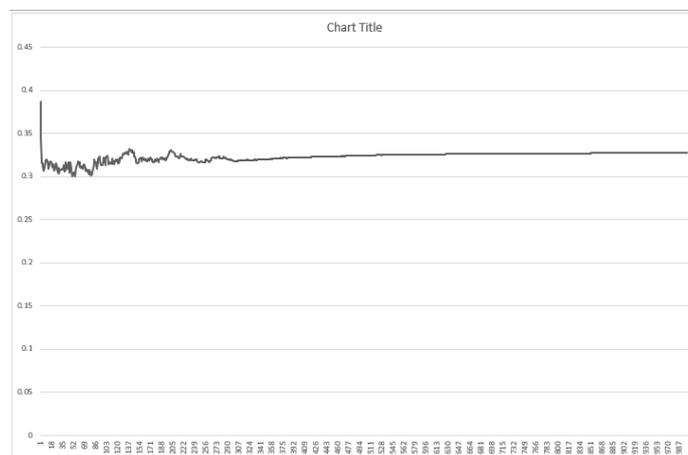
Kluster pertama yang teridentifikasi mendominasi sisi atas peta dan hampir berukuran separuh peta. Kluster lainnya membentuk seperti bentuk kerucut dan

tumpang tindih antar satu sama lainnya. Kluster kedua berada di sisi kiri bawah peta dan kluster ketiga tepat berada di atasnya dengan sebagian area menempati sisi kanan dari peta. Adapun nilai *Index Davies-Bouldin* pada pengujian ini adalah 0.188407314 dengan anggota yang disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.18 Anggota Kluster Laju Pembelajaran 0.8

Kluster	Anggota	<i>Davies-Bouldin Index</i>
Kluster 1	732	0.188407314
Kluster 2	198	
Kluster 3	270	

Anggota yang dihasilkan menggambarkan ukuran kluster yang diidentifikasi pada peta visualisasinya. Kluster pertama yang diidentifikasi berupa kluster dengan ukuran besar memiliki anggota sebanyak 732. Kluster kedua memiliki anggota sebanyak 198 buah. Kluster ketiga memiliki anggota sebanyak 270 buah.



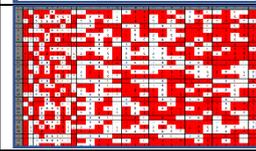
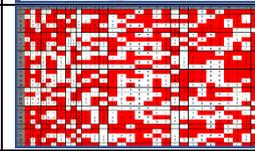
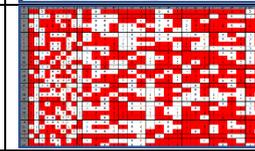
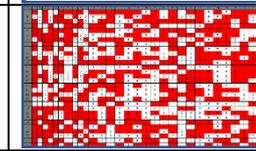
Gambar 4.31 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Laju Pembelajaran 0.8

Gambar 4.31 menunjukkan grafik perubahan rata-rata bobot pada pengujian dengan laju pembelajaran 0.8. Dapat dilihat pada gambar bahwa pengujian telah konvergen pada setengah laju iterasi dan telah menemui kestabilan bobot.

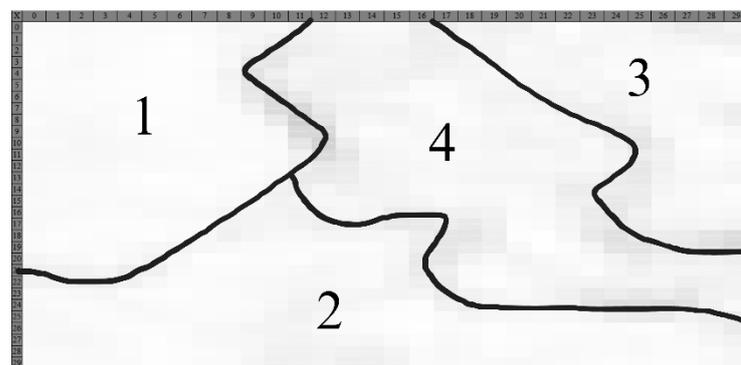
2. Hasil Pengujian dengan Laju Pembelajaran 0.9

Garis gelap yang dihasilkan pada peta visualisasi dari pengujian dengan laju pembelajaran sebesar 0.9 terlihat jelas pada semua pengujian, meski tidak menunjukkan adanya kemiripan antar sesama pengujian.

Tabel 4.19 Hasil Pengujian Dengan Laju Pembelajaran 0.9.

1	2	3	4
			
			
QE: 0.03558444464357	QE: 0.035367197661912	QE: 0.035781781879696	QE: 0.035253635572714

Nilai *Quantization error* optimal didapat pada pengujian ke 4 dengan nilai sebesar 0.035253635572714. Gambar yang dihasilkan memiliki beberapa garis yang cukup menonjol sehingga garis kluster cukup mudah diidentifikasi. Berdasarkan gambar yang dihasilkan, klaster yang terbentuk yaitu mengikuti tiga garis gelap seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.32 berikut ini.



Gambar 4.32 Peta *U-matrix* Hasil Optimal pada Laju Pembelajaran 0.9

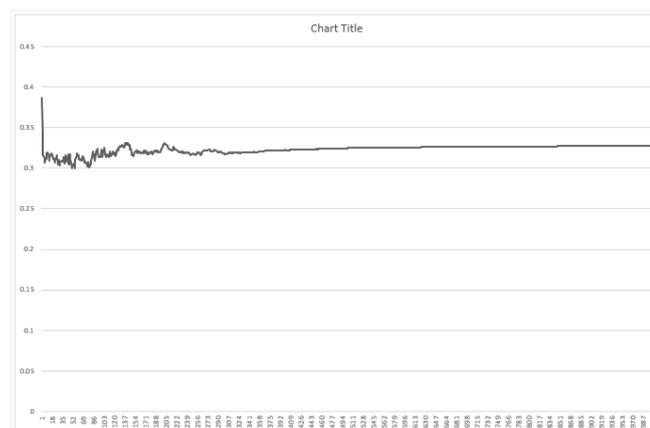
Mengikuti gambar 4.32, ada 4 buah klaster yang terbentuk. Satu klaster berada di masing-masing ujung kanan atas dan kiri atas dengan klaster yang berada

di ujung kiri atas sedikit lebih besar daripada klaster pada ujung kanan atas. Dari informasi ini, dapat disimpulkan bahwa dua klaster telah terbentuk. Satu klaster lainnya memenuhi sisi bawah peta memanjang dari ujung kiri bawah hingga ujung kanan bawah. Klaster terakhir terbentuk dimulai dari bagian tengah peta, dan menjorok ke sisi tengah bawah samping kanan peta. Total klaster yang terbentuk adalah 4 buah klaster dengan anggota dan kualitas *Index Davies-Bouldin* ditampilkan pada tabel 4.20 berikut.

Tabel 4.20 Anggota Klaster Laju Pembelajaran 0.9

Klaster	Anggota	<i>Davies-Bouldin Index</i>
Klaster 1	296	0.383570669
Klaster 2	366	
Klaster 3	191	
Klaster 4	347	

Gambar 4.33 menunjukkan grafik perubahan rata-rata bobot pada pengujian dengan laju pembelajaran 0.9. Dapat dilihat pada gambar bahwa pengujian telah konvergen pada setengah laju iterasi dan telah menemui kestabilan bobot.



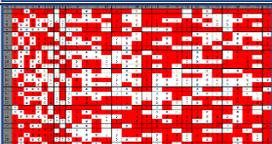
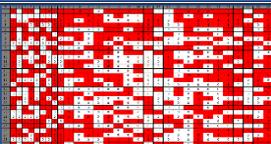
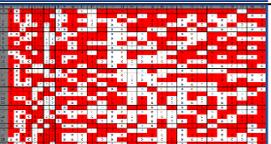
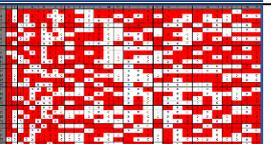
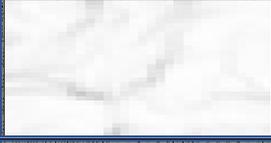
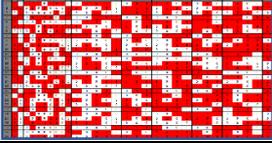
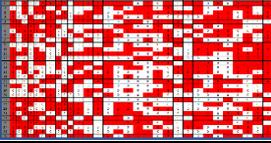
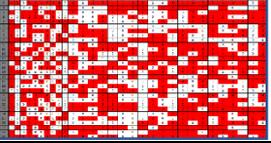
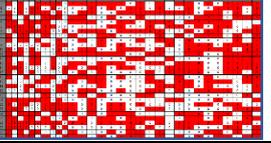
Gambar 4.33 Grafik Rata-Rata Perubahan Bobot Laju Pembelajaran 0.9

Anggota klaster yang terbentuk memiliki jumlah beragam. Klaster pertama dengan jumlah 296 memiliki anggota dengan hampir seperempat jumlah total data.

Klaster kedua dengan 366 buah anggota, menempati klaster dengan jumlah anggota terbanyak, sedangkan klaster selanjutnya yaitu ketiga menempati urutan terakhir dalam jumlah anggota klaster yang terbentuk dengan jumlah anggota 191 buah, menjadikan klaster ketiga menjadi klaster dengan anggota paling sedikit. Klaster terakhir yakni klaster keempat memiliki anggota sebanyak 347 buah.

Pengujian skenario B telah selesai dilakukan dan semua hasil visualisasi berikut nilai *Quantization error* ditampilkan pada tabel 4.21 berikut ini.

Tabel 4.21 Hasil Pengujian Seluruh Skenario B

	1	2	3	4
0.8				
				
	QE: 0.035959468874195	QE: 0.034925945481132	QE: 0.035981985118026	QE: 0.036133582461829
0.9				
				
	QE: 0.03558444464357	QE: 0.035367197661912	QE: 0.035781781879696	QE: 0.035253635572714

Pada pengujian skenario B dimulai dari pengujian ke-8 dilanjutkan dengan pengujian ke-9 dilakukan dengan menggunakan variasi laju pembelajaran. Pengujian ke- 8 dengan laju pembelajaran sebesar 0.8 menghasilkan peta yang beragam dan tidak memiliki struktur yang mirip antar peta, namun garis yang dihasilkan pada semua peta terlihat cukup jelas dan dapat diidentifikasi dengan mudah. Berbeda dengan skenario A dimana pada beberapa pengujian ditemukan

struktur yang mirip berupa garis, bentuk atau lengkung yang serupa pada beberapa peta, pengujian pada skenario B terkhusus pada pengujian dengan laju 0.8 tidak ditemukan kemiripan pada struktur garis. Pengujian ini menghasilkan nilai *Index Davies-Bouldin* sebesar 0.188407314 yang merupakan nilai terbaik diantara kedua pengujian dengan membentuk 3 buah klaster.

Pada pengujian dengan 0.9, hasil yang ditampilkan terkait visualisasi peta cukup mirip dengan yang dihasilkan pada pengujian sebelumnya yaitu pengujian dengan laju 0.8 dimana garis gelap cukup terlihat jelas dan tidak munculnya struktur yang mirip antar peta visualisasi. Kualitas klaster yang dihasilkan pada pengujian ini merujuk pada nilai *Index Davies-Bouldin* yang dihasilkan menunjukkan hasil yang cukup bagus dengan nilai sebesar 0.383570669. Nilai yang tidak lebih kecil dari pengujian sebelumnya, namun sudah dapat dinilai bahwa hasil yang didapat cukup bagus dengan 4 klaster terbentuk pada pengujian ini.

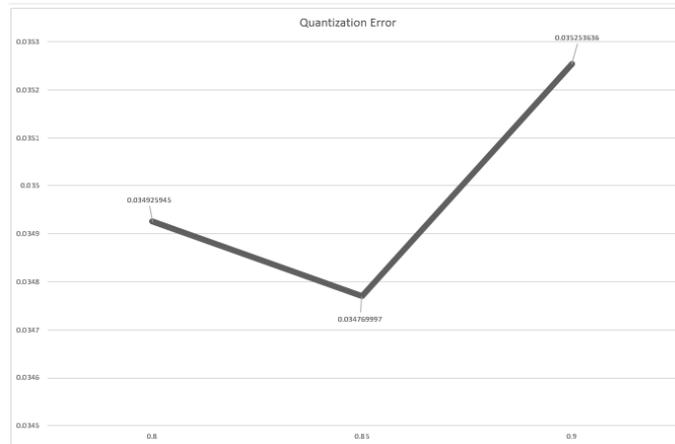
Hasil *Quantization error* optimal yang berarti nilai yang paling kecil pada setiap pengujian pada skenario B di sajikan dalam tabel 4.22 berikut.

Tabel 4.22 Hasil Nilai *Quantization error* (QE) Optimal Skenario B

No	Laju Pembelajaran	<i>Quantization error</i>
1	0.8	0.034925945481132
2	0.85	0.034769996816971
3	0.9	0.035253635572714

Penyertaan laju pembelajaran 0.85 atau salah satu pengujian pada skenario A yang menggunakan 1000 iterasi digunakan untuk membandingkan hasil dari 1000 iterasi yang juga digunakan pada skenario B. Perbandingan ini sejalan dengan tujuan pengujian lanjutan untuk menguji performa self-organizing map menggunakan parameter laju pembelajaran sebagai bahan uji. Adapun grafik yang

dihasilkan dari perbandingan tiga pengujian tersebut digambarkan pada gambar 4.34 berikut.



Gambar 4.34 Grafik Nilai *Quantization error* (QE) Optimal Skenario B

Nilai *Quantization error* pada kedua pengujian skenario B masih lebih tinggi daripada pengujian skenario A dengan 1000 iterasi dengan nilai masing—masing yaitu 0.034925945481132 dan 0.035253635572714. Pengujian pertama dengan laju 0.8 menunjukkan grafik yang menurun terhadap pengujian skenario A dengan laju 0.85, dan grafik selanjutnya menunjukkan peningkatan cukup signifikan pada pengujian dengan laju 0.9. Penggunaan jumlah maksimum iterasi yang sama, yaitu 1000 iterasi pada perbandingan kali ini menunjukkan bahwa besaran laju pembelajaran yang digunakan tidak berbanding lurus dengan nilai optimal *Quantization error* yang dihasilkan. Akan tetapi pada pembahasan kali ini belum bias ditentukan nilai laju yang paling baik dikarenakan hasil kualitas kluster yang belum dianalisis. Pembahasan mengenai analisis kluster akan dijelaskan pada subbab 4.3.

4.3 Analisis Hasil

4.3.1 Hasil Klaster

Kualitas klaster yang dihasilkan pada pengujian yang telah dilakukan adalah menghitung nilai *Index Davies-Bouldin* pada setiap pengujian yang dinilai paling optimal. Ada 9 total skenario yang digunakan dengan pembagian skenario A sebanyak 7 skenario untuk pengujian menggunakan variasi jumlah maksimum iterasi, dan skenario B sebanyak 2 skenario untuk variasi laju pembelajaran. Adapun hasil nilai *index* Davie-Bouldin pada pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.32 berikut:

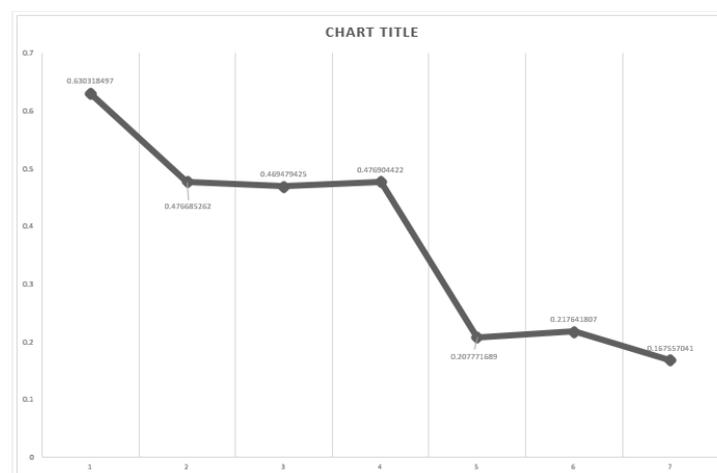
Tabel 4.23 Hasil Anggota Klaster dan Nilai *Index Davies-Bouldin*

Skenario	Pengujian Ke-	Hasil Klaster	<i>Index Davies-Bouldin</i>
A	1	4	0.630318497
	2	4	0.476685262
	3	3	0.469479425
	4	4	0.476904422
	5	3	0.207771689
	6	3	0.217641807
	7	3	0.167557041
B	8	3	0.188407314
	9	4	0.383570669

Tabel 4.23 menunjukkan hasil klaster yang terbentuk beserta nilai *Index Davies-Bouldin* yang dimiliki. Dapat dilihat bahwa variasi klaster yang terbentuk hanya berada pada angka 3 dan 4 buah, hal ini mengindikasikan bahwa dalam dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdapat data yang dapat dikelompokkan menjadi 3 atau 4 kelompok. Mengenai jumlah klaster mana yang paling optimal, perlu dilihat pada nilai *Index Davies-Bouldin* yang telah diukur. Pengujian yang menghasilkan 4 klaster secara keseluruhan memiliki nilai *Index*

Davies-Bouldin yang lebih tinggi daripada pengujian yang menghasilkan 3 buah kluster saja, baik pada pengujian skenario A, maupun pada pengujian skenario B.

Pada pengujian skenario A, pengujian yang menghasilkan 4 kluster menghasilkan nilai index Davies-Boudin sebesar 0.630318497 pada iterasi 1 kali, 0.476685262 pada iterasi 10 kali dan nilai sebesar 0.476904422 pada pengujian 200 kali iterasi. Ketiganya merupakan nilai yang terbesar pada pengujian skenario A. Pengujian yang tersisa yaitu pengujian pada iterasi 100, 400, 800 dan 1000 masing-masing membentuk 3 kluster mendapati nilai *Index Davies-Bouldin* yang lebih rendah mencapai 0.469479425 untuk iterasi 100 kali, 0.207771689 untuk iterasi 400 kali, 0.217641807 untuk iterasi 800 kali dan 0.167557041 untuk iterasi 1000 kali. Berikut ini pada gambar 4.35, disajikan grafik perbandingan nilai *Index Davies-Bouldin* masing-masing pengujian.

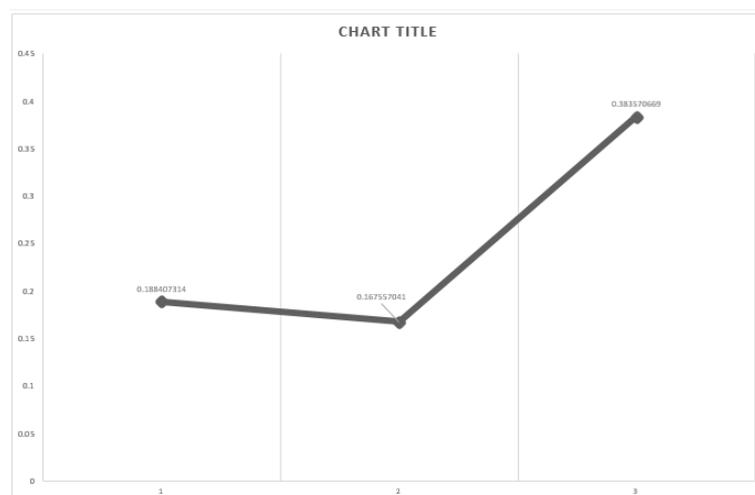


Gambar 4.35 Grafik Nilai *Index Davies-Bouldin* Skenario A

Garis grafik nilai *Index Davies-Bouldin* skenario A yang semakin menunjukkan penurunan seiring bertambahnya jumlah maksimal iterasi menunjukkan bahwa jumlah iterasi cukup berpengaruh pada peningkatan kualitas yang dihasilkan dalam pengujian yang telah dilakukan. Diawali dengan angka

0.630318497 pada pengujian dengan 1 kali iterasi, dilanjutkan dengan 3 pengujian selanjutnya yang nilai *index* bertahan disekitar 0.47. Angka yang sempat sedikit turun pada pengujian 100 kali, namun sedikit terjadi peningkatan pada pengujian 200 kali. Pengujian dengan jumlah iterasi maksimal 400 dan 800 kali menunjukkan penurunan nilai pada angka 0.2 dan nilai *index* terbaik pada seluruh pengujian ditemukan pada pengujian dengan 1000 kali iterasi dengan angka *index* mencapai 0.167557041. Dapat disimpulkan bahwa kluster terbaik yang terbentuk berdasarkan nilai *Index Davies-Bouldin* tersebut adalah kluster pada pengujian dengan 1000 iterasi.

Pengujian skenario B dilakukan dengan 2 skenario pengujian. Kluster yang dihasilkan untuk pengujian dengan laju 0.8 adalah 3 buah, sedangkan untuk pengujian dengan laju 0.9 dihasilkan kluster sebanyak 4 buah dimana laju 0.8 dengan 3 buah kluster memiliki nilai *Index Davies-Bouldin* yang lebih rendah daripada pengujian laju 0.9 dengan nilai 0.188407314. Sedangkan pengujian laju 0.9 menghasilkan nilai sebesar 0.383570669. Berikut ini gambar 4.36 menunjukkan perbandingan skenario B dan iterasi 1000 pada skenario A.



Gambar 4.36 Grafik Nilai *Index Davies-Bouldin* Skenario B

Perbandingan menggunakan iterasi 1000 kali pada skenario A bertujuan untuk membandingkan hasil yang didapat pada skenario dengan jumlah maksimum iterasi yang sama. Hasil menunjukkan bahwa pengujian skenario A dengan iterasi 1000 masih memiliki nilai yang lebih baik daripada kedua pengujian yang dilakukan pada skenario B. Pengujian skenario B dengan variasi laju pembelajaran 0.8 dan 0.9 didasarkan pada pengujian skenario A dimana laju yang digunakan adalah 0.85. Pada pengujian yang dilakukan dibuktikan bahwa nilai 0.85 memiliki performa yang lebih baik dalam membentuk klaster daripada kedua nilai laju pembelajaran yang lainnya.

4.3.2 Analisis Klaster

Perlakuan yang diberikan kepada hasil yang paling optimal selanjutnya adalah dilakukan analisis klaster untuk mendapatkan gambaran informasi yang terkandung di dalamnya. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai beberapa variabel dengan nilai batas normal yang menjadi dasar untuk melihat karakteristik klaster yang terbentuk. Rata-rata variabel setiap klaster disajikan dalam tabel 4.24 berikut.

Tabel 4.24 Rata-rata Variabel Setiap Klaster

Variabel	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3
<i>hbpermin</i>	83.44647911	75.10858791	82.29472667
<i>RRmean</i>	1.563810864	2.967933791	2.1605403
<i>PQdis</i>	0.128691	0.344665399	0.251220125
<i>PonQdis</i>	0.189897228	0.467466209	0.331441067
<i>QSdis</i>	0.033108148	0.334540604	0.194304
<i>QToffdis</i>	0.326566574	0.844657198	0.584019033

Diketahui anggota klaster optimal yang terbentuk yaitu pada pengujian skenario A dengan jumlah iterasi 1000 kali atau pengujian nomor 7 dengan anggota

untuk kluster 1 sebanyak 718 buah anggota, kluster 2 sebanyak 182 dan kluster ketiga beranggotakan 300 buah anggota.

Pada bab 3 telah disebutkan beberapa indikator yang digunakan untuk penilaian karakteristik kluster yaitu, *hbpermin* untuk *Heart rate (bpm)*, *PQdis* dan *PonQdis* untuk perhitungan *P duration* dan *PQ duration*, *QSdis* sebagai nilai *QRS duration*, *QToffdis* untuk *QT interval* dan *RRmean* untuk perhitungan *QTc*. Beberapa variabel dapat langsung digunakan, dan untuk *P duration* dan *QTc* diperlukan perhitungan tambahan sebelum dapat digunakan. *P duration* didapat setelah mengurangi variabel *PonQdis* dengan variabel *PQdis*, sedangkan *QTc* didapatkan dengan menggunakan formula yang menurut Rijnbeek (2014) paling umum digunakan yaitu formula Bazett dengan persamaan (Straus, 2006):

$$QTc \text{ Bazett} = QT / \sqrt{RR} \quad (4.1)$$

Indikator yang telah ditentukan kemudian ditentukan pula batas nilai normal yang dalam hal ini adalah batas atas normal dan batas bawah normal. Rijnbeek (2014) dalam penelitiannya menentukan beberapa batas atas normal dan batas bawah normal untuk rentang usia 16-90 tahun. Berikut ini pada tabel 4.25 disajikan indikator dan batas atas normal serta batas bawah normal masing-masing.

Tabel 4.25 Indikator dan nilai normalnya

No	Indikator	Nilai Normal
1	<i>Heart rate (bpm)</i>	50 - 95 bpm
2	<i>PQ duration</i>	0.119 - 0.211 s
3	<i>QT interval</i>	0.342 - 0.460 s
4	<i>P duration</i>	0.091 - 0.15 s
5	<i>QRS duration</i>	0.077 - 0.119 s
6	<i>QTc Bazett</i>	0.380 - 0.460 s

Beberapa indikator disebutkan dengan jelas nilai rentang yang diberikan, namun pada beberapa indikator tidak dituliskan dengan jelas nilainya, oleh karena

itu untuk beberapa indikator yang tidak dituliskan dengan jelas batas normal yang diberikan, akan digunakan rata-rata nilai pada persentil rendah pada semua usia untuk nilai batas bawah normal, dan persentil tinggi untuk batas atas normal indikator yang ditentukan.

Dengan informasi batas normal masing-masing indikator kemudian dilakukan analisis pada anggota kluster yang telah terbentuk yang pada hal ini sebanyak 3 kluster berdasarkan nilai batas atas normal dan nilai batas bawah normal pada indikator yang telah disebutkan. Berikut ini disajikan tabel persentase dan nilai masing-masing indikator untuk kluster 1 pada tabel 4.26, dengan nilai berwarna merah merupakan nilai persentase terbesar pada indikator terkait.

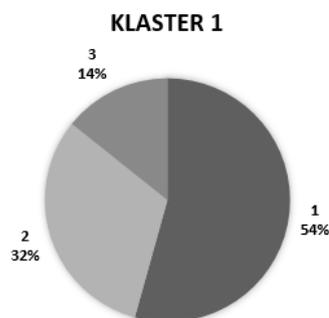
Tabel 4.26 Nilai Indikator pada Kluster 1

Indikator	Normal	<	Normal	>	Persentase		
<i>Heart rate (bpm)</i>	50 - 95 bpm	5	511	202	0.70%	71.17%	28.13%
<i>PQ duration</i>	0.119 - 0.211 s	141	294	283	19.64%	40.9%	39.42%
<i>QT interval</i>	0.342 - 0.460 s	450	151	117	62.67%	21.0%	16.30%
<i>P duration</i>	0.091 - 0.15 s	551	159	8	76.74%	22.1%	1.11%
<i>QRS duration</i>	0.077 - 0.119 s	541	176	1	75.35%	24.5%	0.14%
<i>QTc Bazett</i>	0.380 - 0.460 s	651	65	2	90.67%	9.1%	0.28%
Rata-Rata					54.29%	31.48%	14.23%

Dengan 718 anggota, nilai persentase terbesar pada kluster 1 didominasi dengan nilai yang berada di bawah rentang normal, dengan indikator *QTc Bazett* memiliki persentase tertinggi sebesar 90.67%, diikuti oleh *P duration* dengan 76.74%. Indikator ketiga dengan nilai yang tinggi pada nilai dibawah rentang normal yaitu *QRS duration* sebesar 75.35% dan indikator terakhir yaitu *QT interval* sebesar 62.67%. Indikator yang memiliki persentase tertinggi berada pada rentang

nilai normal adalah *heart rate* dan *PQ duration* dengan masing-masing nilai sebesar 71.17% dan 40.9%.

Rata-rata persentase yang dihasilkan pada klaster 1 menunjukkan bahwa sebagian besar anggota memiliki kondisi jantung dengan nilai dibawah rentang nilai normal dengan persentase sebesar 54.29%. Diikuti dengan anggota yang memiliki kondisi jantung normal sebesar 31.48% dan dengan persentase terkecil pada klaster ini yaitu pasien dengan kondisi jantung abnormal melebihi rentang nilai normal dengan nilai 14.23%. Berikut ini gambar 4.37 menunjukkan diagram untuk perbandingan persentase antar anggota dengan nilai normal dan abnormal pada klaster 1.



Gambar 4.37 Persentase Anggota Klaster 1

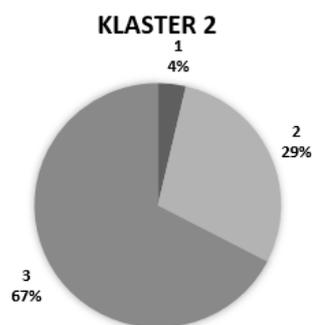
Pada klaster 2 yang beranggotakan 182 buah dapat dilihat perbedaan mencolok daripada klaster sebelumnya. Hasil analisis klaster kedua dapat dilihat pada tabel 4.27 dengan angka berwarna merah merupakan nilai persentase terbesar pada indikator terkait. Dapat dilihat pada klaster kedua persentase pasien dengan jantung normal berada pada angka 28.94%, sedikit lebih rendah daripada klaster sebelumnya. Akan tetapi nilai untuk yang melebihi batas normal naik cukup signifikan, dan angka yang kurang dari batas normal justru turun cukup jauh dari

klaster 1. Dengan angka tersebut ada tiga buah indikator yang memiliki persentase sebesar 100% pada nilainya, yaitu pada indikator *QT interval* dan *QRS duration*.

Tabel 4.27 Nilai Indikator pada Klaster 2

Indikator	Normal	<	Normal	>	Persentase		
<i>Heart rate (bpm)</i>	50 - 95 bpm	13	149	20	7.14%	81.87%	10.99%
<i>PQ duration</i>	0.119 - 0.211 s	0	1	181	0.00%	0.55%	99.45%
<i>QT interval</i>	0.342 - 0.460 s	0	0	182	0.00%	0.00%	100.00%
<i>P duration</i>	0.091 - 0.15 s	22	111	49	12.09%	60.99%	26.92%
<i>QRS duration</i>	0.077 - 0.119 s	0	0	182	0.00%	0.00%	100.00%
<i>QTc Bazett</i>	0.380 - 0.460 s	5	55	122	2.75%	30.22%	67.03%
Rata-Rata					3.66%	28.94%	67.40%

Nilai pada kondisi jantung normal dan kondisi dibawah batas normal cukup mirip yaitu berada pada angka 28.94%, sedangkan pada persentase angka yang diatas mencapai angka 67.40%, lebih tinggi daripada klaster pertama. Diagram perbandingan ditunjukkan pada gambar 4.38 berikut.



Gambar 4.38 Persentase Anggota Klaster 2

Ada empat indikator yang memiliki persentase yang tinggi pada nilai abnormal diatas rentang normal, yaitu, *PQ duration*, *QT interval*, *QRS duration*,

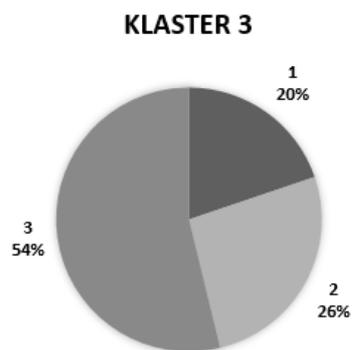
dan *QTc Bazett*. Sedangkan kedua indikator lainnya yaitu *heart rate* dan *P duration* memiliki persentase tinggi pada rentang nilai normal.

Selanjutnya pada klaster ke-3 yang memiliki anggota 300 buah data disajikan pada tabel 4.28 yang menunjukkan persentase data dengan angka berwarna merah yang merupakan nilai persentase terbesar pada indikator terkait.

Tabel 4.28 Nilai Indikator pada Klaster 3

Indikator	Normal	<	Normal	>	Persentase		
<i>Heart rate (bpm)</i>	50 - 95 bpm	16	194	90	5.33%	64.67%	30.00%
<i>PQ duration</i>	0.119 - 0.211 s	0	26	274	0.00%	8.67%	91.33%
<i>QT interval</i>	0.342 - 0.460 s	2	14	284	0.67%	4.67%	94.67%
<i>P duration</i>	0.091 - 0.15 s	210	88	2	70.00%	29.33%	0.67%
<i>QRS duration</i>	0.077 - 0.119 s	32	16	252	10.67%	5.33%	84.00%
<i>QTc Bazett</i>	0.380 - 0.460 s	96	138	66	32.00%	46.00%	22.00%
Rata-Rata					19.78%	26.44%	53.78%

Berbeda dengan dua klaster sebelumnya, klaster ketiga meski memiliki rata-rata persentase untuk nilai yang diatas rentang normal sebanyak 53.78%, untuk nilai yang berada di dalam rentang normal dan nilai yang berada di bawah normal memiliki selisih cukup sedikit, yaitu hanya sebesar 6.66%, dengan nilai masing-masing yaitu 26.44% dan 19.78%. Ada tiga indikator yang memiliki nilai persentase tertinggi berada pada nilai yang diatas nilai rentang normal yaitu *PQ duration*, *QT interval* dan *QRS duration*. Sedangkan indikator yang memiliki nilai normal yaitu *heart rate* dan *QTc Bazett*. Indikator yang tersisa, yaitu *P duration* memiliki persentase terbesar pada nilai dibawah rentang nilai normal. Gambar 4.39 berikut ini menunjukkan diagram untuk perbandingan masing-masing persentase pada klaster ke-3.



Gambar 4.39 Persentase Anggota Klaster 3

Pada pembahasan untuk menentukan jenis penyakit yang diderita pada setiap klaster, tentu saja dibutuhkan opini lebih lanjut dari petugas medis yang lebih berpengalaman, namun dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa informasi mengenai potensi terjadinya satu penyakit pada pasien. Tidak semua indikator akan dianalisis, melainkan hanya *QTc interval* yang akan digunakan. Memperhatikan pada hasil persentase anggota klaster, *QTc interval* memiliki nilai yang berbeda antar klaster. Klaster pertama *QTc* berada dibawah batas normal, klaster kedua berada pada nilai diatas batas normal, dan klaster ketiga berada pada batas normal.

Straus (2006) dalam studinya menemukan bahwa perpanjangan *QTc* yang abnormal pada EKG harus dilihat sebagai faktor risiko independen untuk kematian jantung mendadak. Dua pertiga kasus kematian jantung mendadak dikaitkan dengan perpanjangan interval *QTc* yang abnormal. Sedangkan untuk nilai *QTc* yang kurang dari normal, Bjerregaard (2010) menjelaskan bahwa dalam praktik klinis sehari-hari, sebagian besar episode interval QT pendek adalah varian normal, dengan kemungkinan lain terjadi hiperkalsemia dan repolarisasi dini. Bjerregaard (2010) juga menyebutkan tentang sindrom QT pendek yang merupakan bentuk

langka dari kanalopati herediter dengan interval QT yang sangat pendek dan kecenderungan tinggi terhadap fibrilasi atrium dan ventrikel (VF).

4.4 Integrasi Islam

4.4.1 Integrasi Islam Tentang Jantung

Diantara tanda kebesaran Allah SWT adalah tubuh manusia itu sendiri yang memiliki irama tubuh yang sangat sempurna pada setiap jalannya. Setiap organ pada tubuh manusia saling bekerja sama sesuai kodrat yang telah ditetapkan oleh Allah SWT. Tidak lupa bagian tubuh manusia yang paling penting, yaitu jantung. Jantung berfungsi untuk memompa darah keseluruh tubuh guna mengedarkan nutrisi dan oksigen untuk sel tubuh. Peran ini menjadi krusial dalam makhluk hidup dimana saat kondisi jantung gagal memompa darah sehingga darah tidak mencapai tempat tertentu maka akan terjadi gangguan kesehatan yang fatal.

Jantung atau *qalb* dalam al-quran telah disebutkan sebanyak 168 kali (Agustiar, 2017). Pemaknaan kata *qalb* sendiri menurut Ilmi (2023) tidak bisa dimaknai sebagai sebuah kata individu, melainkan harus disertai kata atau disertakan dalam sebuah kalimat sehingga kata *qalb* dapat diketahui maksudnya. Dalam penelitiannya, Ilmi (2023) menemukan bahwa Fakhr al-Dīn al-Rāzi dalam kitabnya Tafsir *Mafatih al-Ghaib* menafsirkan kata *qalb* dalam QS. Al-Hajj ayat 46 sebagai organ manusia yang berbunyi sebagai berikut.

أَفَلَمْ يَسِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَتَكُونَ لَهُمْ قُلُوبٌ يَعْقِلُونَ بِهَا أَوْ آذَانٌ يَسْمَعُونَ بِهَا فَإِنَّهَا لَا تَعْمَى

الْأَبْصَارَ وَلَكِنْ تَعْمَى الْقُلُوبُ الَّتِي فِي الصُّدُورِ؛ ﴿٤٦﴾

” Tidakkah mereka berjalan di bumi sehingga hati mereka dapat memahami atau telinga mereka dapat mendengar? Sesungguhnya bukanlah mata itu yang buta, tetapi yang buta ialah hati yang berada dalam dada.” (QS. Al-Hajj : 46).

Fakhr al-Dīn al-Rāzi juga mengutip hadis yang menjelaskan *qalb* adalah sebuah organ dalam tubuh manusia yaitu hadis yang diriwayatkan dari Dari An Nu'man bin Basyir radhiyallahu ‘anhuma, Nabi shallallahu ‘alaihi wa sallam bersabda:

أَلَا وَإِنَّ فِي الْجَسَدِ مُضْغَةً إِذَا صَلَحَتْ صَلَحَ الْجَسَدُ كُلُّهُ ، وَإِذَا فَسَدَتْ فَسَدَ الْجَسَدُ كُلُّهُ . أَلَا
وَهِيَ الْقَلْبُ

”Ingatlah bahwa di dalam jasad itu ada segumpal daging. Jika ia baik, maka baik pula seluruh jasad. Jika ia rusak, maka rusak pula seluruh jasad. Ketahuilah bahwa ia adalah hati (jantung)” (HR. Bukhari no. 52 dan Muslim no. 1599).

Dari hadis yang dikutip di atas *qalb* dapat bermakna organ jantung yang berkaitan erat dengan kondisi jasad (tubuh) manusia. Dapat dipahami dari hadis di atas bahwa organ jantung yang rusak dapat berakibat fatal pada manusia sehingga untuk mencegah kerusakan tersebut hendaklah manusia untuk menjaga kesehatan jantung. Kesehatan jantung menjadi sangat penting karena dapat mempengaruhi keadaan tubuh secara keseluruhan. Akibat fatal dari ketidakmampuan manusia menjaga kesehatan tubuhnya sendiri mungkin jelas tergambar. Selain akibat yang fatal, akibat kecil ketika salah satu aspek kesehatan diabaikan adalah suatu ketidaknyamanan dalam kegiatan sehari-hari termasuk juga berakibat pada kekhusyukan dalam beribadah. Beribadah ataupun beraktifitas apapun tentu tidak diinginkan dalam kondisi yang kurang sehat. Allah berfirman dalam surat Al Maidah ayat 6 yang berbunyi :

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قُمْتُمْ إِلَى الصَّلَاةِ فَاغْسِلُوا وُجُوهَكُمْ وَأَيْدِيَكُمْ إِلَى الْمَرَافِقِ وَامْسَحُوا بِرُءُوسِكُمْ وَأَرْجُلَكُمْ إِلَى الْكَعْبَيْنِ وَإِنْ كُنْتُمْ جُنُبًا فَاطَّهَّرُوا وَإِنْ كُنْتُمْ مَرْضَىٰ أَوْ عَلَىٰ سَفَرٍ أَوْ جَاءَ أَحَدٌ مِّنْكُمْ مِنَ الْغَائِبِ أَوْ لَمَسْتُمُ النِّسَاءَ فَلَمْ تَجِدُوا مَاءً فَتَيَمَّمُوا صَعِيدًا طَيِّبًا فَامْسَحُوا بِوُجُوهِكُمْ وَأَيْدِيكُمْ مِنْهُ مَا يُرِيدُ اللَّهُ لِيَجْعَلَ عَلَيْكُمْ مِنْ حَرَجٍ وَلَٰكِنْ يُرِيدُ لِيُطَهِّرَكُمْ وَلِيُتِمَّ نِعْمَتَهُ عَلَيْكُمْ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿٦﴾

“Wahai orang-orang yang beriman, apabila kamu berdiri hendak melaksanakan salat, maka basuhlah wajahmu dan tanganmu sampai ke siku serta usaplah kepalamu dan (basuh) kedua kakimu sampai kedua mata kaki. Jika kamu dalam keadaan junub, mandilah. Jika kamu sakit, dalam perjalanan, kembali dari tempat buang air (kakus), atau menyentuh perempuan, lalu tidak memperoleh air, bertayamumlah dengan debu yang baik (suci); usaplah wajahmu dan tanganmu dengan (debu) itu. Allah tidak ingin menjadikan bagimu sedikit pun kesulitan, tetapi Dia hendak membersihkan kamu dan menyempurnakan nikmat-Nya bagimu agar kamu bersyukur.” (Q.S. Al Maidah : 6).

Dari ayat di atas Allah SWT telah memerintahkan umat islam untuk melakukan kegiatan bebersih diri sebelum melakukan ibadah atau dikenal dengan wudhu. Allah tidak menjadikan setiap langkah ibadah umat islam menjadi sulit dan ingin setiap langkah ibadah kita disertai rasa syukur. Jadi tidak ada sebuah alasan untuk manusia mempersulit diri sendiri dalam beribadah salah satunya dengan tidak menjaga kesehatan.

4.4.2 Integrasi Islam Tentang Stratifikasi

Penelitian ini disusun dengan salah satu harapan yaitu mempermudah mengelompokkan pasien dengan resiko penyakit jantung dengan bantuan *neural network* yang dalam hal ini *self-organizing map*. Ketika teknologi dikenalkan kepada manusia salah satunya adalah untuk membuat hidup manusia lebih mudah dan efisien sehingga suatu hal yang awalnya dikerjakan dengan cara manual membutuhkan waktu yang cukup lama untuk selesai, bisa lebih cepat selesai dan menghasilkan hasil yang jauh lebih baik dengan bantuan teknologi. Dengan

pembagian kelas penyakit jantung atau stratifikasi diharapkan dapat membantu umat manusia dalam mengidentifikasi penyakit terutama penyakit jantung. Seperti halnya hadis Rasulullah yang diriwayatkan Jabir yang berbunyi:

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia (lainnya).”
(HR. Ahmad dan Muslim).

Hendaklah manusia saling tolong menolong dalam hal kebaikan dan kebermanfaatn bersama. Apabila seseorang memiliki keahlian tertentu untuk bergerak dalam kemanfaatan umat melalui apa yang dia kuasai. Ketika penulis belajar tentang ilmu computer, maka hendaknya sesuai kemampuan yang penulis dapatkan untuk menyebarkan kemanfaatan kepada sesama umat melalui keahlian dalam bidang computer.

Penyajian data dalam pembagian kelas atau stratifikasi bermanfaat untuk memberikan gambaran suatu informasi dalam data yang dikenal sebagai metode data mining, proses mengolah data untuk mendapatkan informasi darinya. Dalam Al Qur’an hal ini bukan tidak berkaitan, hal ini Allah jelaskan dalam firman-Nya yang berbunyi:

وَاللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَابَّةٍ مِّن مَّاءٍ فَمِنْهُمْ مَّن يَمْشِي عَلَى بَطْنٍ وَمِنْهُمْ مَّن يَمْشِي عَلَى رِجْلَيْنِ وَمِنْهُمْ مَّن يَمْشِي عَلَى أَرْبَعٍ يَخْلُقُ اللَّهُ مَا يَشَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ ﴿٤٥﴾

“Allah menciptakan semua jenis hewan dari air. Sebagian berjalan dengan perutnya, sebagian berjalan dengan dua kaki, dan sebagian (yang lain) berjalan dengan empat kaki. Allah menciptakan apa yang Dia kehendaki. Sesungguhnya Allah Mahakuasa atas segala sesuatu.” (Q.S. An Nur : 45).

Pembagian informasi dalam kelas-kelas atau klastering sendiri merupakan terjemah dari apa yang telah Allah SWT tetapkan kepada hambanya. Allah SWT tidak hanya menciptakan satu jenis makhluk hidup di dunia ini, melainkan berbagai macam makhluk hidup sejauh yang dapat disebutkan. Maha Besar Allah dengan segala ciptaannya yang berbagai macam tersebar dipermukaan bumi dan alam semesta. Dari ayat diatas dapat dipahami bahwa Allah telah menciptakan makhluk-Nya untuk menjadi berbeda satu sama lainnya. Bukan hanya penciptaan jenis hewan yang memiliki berbagai macam jenis, Allah SWT juga menghendaki penciptaan manusia dalam berbagai macam jenis dimulai dari berbagai macam Bahasa dan juga warna kulit. Perbedaan yang paling nampak terlihat dalam kehidupan sehari-hari bermasyarakat. Ayat yang menyebutkan hal tersebut adalah Al-Qur'an Surat Ar-Rum ayat 22 yang berbunyi:

وَمِنْ آيَاتِهِ خَلْقُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافُ أَلْسِنَتِكُمْ وَالْوَأْنِكُمْ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّلْعَالَمِينَ ﴿٢٢﴾

“Di antara tanda-tanda (kebesaran)-Nya ialah penciptaan langit dan bumi, perbedaan bahasa dan warna kulitmu. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang berilmu.” (Q.S. Ar-Ruum: 22).

Dengan hadirnya pembahasan di atas, hendaknya manusia lebih banyak bersyukur atas apa yang diterimanya hari ini karena apapun bentuk berkah Allah yang manusia terima merupakan anugrah yang wajib disyukuri apapun bentuknya. Salah satu cara manusia dalam menngungkapkan rasa syukur adalah dengan menjaga kesehatan dirinya sendiri atau dalam pembahasan kali ini kesehatan jantung yang merupakan alat vital dalam tubuh manusia. Keadaan tubuh yang

kurang sehat berdampak pada kualitas ibadah dan juga keimanan manusia terhadap tuhan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Penelitian stratifikasi pasien penyakit jantung menggunakan metode *Self-organizing map* telah dilakukan dan dijelaskan pada bab sebelumnya dengan tujuan untuk menanalisa performa yang diberikan metode terkait dalam mengklasterkan penyakit jantung. Dengan hal tersebut didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan dengan 9 skenario yang dibagi menjadi 2 bagian skenario A dan skenario B, dimana skenario A menggunakan jumlah maksimum iterasi yang berbeda yaitu dimulai dari iterasi 1, iterasi 10, iterasi 100, iterasi 200, iterasi 400, iterasi 800 dan iterasi 1000 kali, dan skenario B menggunakan variasi laju pembelajaran 0.8 dan 0.9 yang masing-masing dilakukan 4 kali pengujian yang kemudian hasil optimal masing-masing skenario yang diukur dari nilai *Quantization error* paling rendah yang kemudian diuji kualitas klaster yang dihasilkan dengan *Index Davies-Bouldin* dan didapat bahwa pengujian dengan 1000 kali terasi skenario A dengan laju 0.85 mendapat nilai *index Davies-Bouldin* yang paling bagus yaitu sebesar 0.161571684. Hasil ini diukur pada peta dengan nilai *Quantization error* sebesar 0.034769996816 pada pengujian ke-2.

2. Penelitian ini menghasilkan 3 kluster dengan anggota masing masing yaitu, kluster 1 berjumlah 718, kluster 2 berjumlah 182 dan kluster 3 berjumlah 300.
3. Penelitian ini menggunakan variasi iterasi dan laju pembelajaran dalam pengujian, didapati bahwa jumlah *maximum* iterasi berpengaruh pada kualitas peta yang dihasilkan, dan cukup berpengaruh pada kualitas kluster. Sedangkan pengaruh besar laju pembelajaran tidak sejalan terhadap kualitas kluster yang dihasilkan, namun kualitas kluster yang dihasilkan berbanding lurus dengan nilai optimal *Quantization error*-nya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengalaman peneliti selama melakukan penelitian, ada beberapa saran yang dapat disampaikan, yaitu:

1. Disarankan untuk membangun program menggunakan media dan Bahasa pemrograman lain untuk meningkatkan efisiensi pembelajaran.
2. Melakukan perhitungan visualisasi *U-matrix* di dalam program supaya ukuran peta dapat diatur dengan lebih bebas.
3. Menambah *code* untuk menghitung radius tetangga agar radius yang ditentukan bisa lebih fleksibel dan sesuai dengan ukuran peta.
4. Menyesuaikan parameter lebih lanjut apabila diaplikasikan pada dataset yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiar, A. (2017). *The Meaning Of Al-Qalb And Disclosure In Al-Qur'an*. Jurnal Ushuluddin, 23(2), 118. <https://doi.org/10.24014/jush.v23i2.1126>
- Alekhya, L., & Kumar, P. R. (2022). *A new approach to detect cardiovascular diseases using ECG scalograms and ML-based CNN algorithm*. *International Journal of Computational Vision and Robotics*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.1504/IJCVR.2022.10051429>
- Amin, H., dan Siddiqui, W. J. (2022). *Cardiomegaly*. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542296/> Diakses tanggal 27 Mei 2025
- Bedle, H., Garneau, C. R. H., & Vera-Arroyo, A. (2023). *Clustering energy support beliefs to reveal unique sub-populations using Self-organizing map s*. *Heliyon*, 9(7), e18351. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18351>
- Bjerregaard, P., Nallapaneni, H., & Gussak, I. (2010). *Short QT interval in clinical practice*. *Journal of Electrocardiology*, 43(5), 390–395. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2010.06.004>
- Breard, G. T. (2017). *Evaluating Self-organizing map Quality Measures as Convergence Criteria*. <https://doi.org/10.23860/thesis-breard-gregory-2017>
- Centre, J. I. (2016). *Jika Hati Baik*. Jakarta Islamic Centre. <https://islamic-center.or.id/jika-hati-baik/>. Diakses tanggal 27 April 2025
- Clifford, C., Twerenbold, R., Hartel, F., Löwe, B., & Kohlmann, S. (2024). *Self-organizing map atic symptom disorder symptoms in individuals at risk for heart failure: A klaster analysis with cross-sectional data from a population-based cohort study*. *Journal of PsychoSelf-organizing map atic Research*, 184, 111848. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2024.111848>
- Desai, D. S., dan Hajouli, S. (2023). *Arrhythmias*. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558923/> Diakses tanggal 27 Mei 2025
- ECG of Cardiac Ailments Dataset. (2023). Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/akki2703/ecg-of-cardiac-ailments-dataset>
- En-nkhili, H., Igouzal, M., & Etebaai, I. (2022). *Water quality assessment of an artificial small-scale reservoir in the Moroccan Pre-Rif: a case study of Boudaroua Lake using multivariate statistical techniques and Self-organizing map s*. *Desalination and Water Treatment*, 260, 279–290. <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28533>
- Fajriati, N., & Prasetyo, B. (2023). *Optimasi Algoritma Naive Bayes dengan Diskritisasi K-Means pada Diagnosis Penyakit Jantung*. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 10(3), 503–512. <https://doi.org/10.25126/jtiik.20231036510>

- Fang, J., Luncheon, C., Ayala, C., Odom, E., & Loustalot, F. (2019). *Awareness of heart attack symptoms and response among adults — United States*, 2008, 2014, and 2017. *MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report*, 68(5), 101–106. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6805a2>
- Firman, F., Abubakar, A., & Yusuf, M. (2024). Membangun Kehidupan Beragam : Kajian Tahlili QS. AL Hujurat Ayat 13. *Jurnal Al-Mubarak Jurnal Kajian Al-Qur an Dan Tafsir*, 8(2), 47–60. <https://doi.org/10.47435/al-mubarak.v8i2.2418>
- Goldberger, A. L. (2013). *ELECTROCARDIOGRAPHY*. In J. Loscalzo, & T. R. Harrison, *Harrison's Cardiovascular Medicine 2* (p. 89). Blacklick: McGraw-Hill Publishing.
- Ilayaraja M., & Meyyappan T. (2015). *Efficient Data Mining Method to Predict the Risk of Heart Diseases Through Frequent Itemsets*. *Procedia Computer Science*, 70, 586–592. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.10.040>
- Ilmi, M. N., Robi'aqolbi, R., & Edison, R. E. (2023). Makna Qalb dalam Al-Qur'an Berbasis Tafsir Mafatih al-Ghaib dan Neurosains. *Jurnal Intelektualita Keislaman Sosial Dan Sains*, 12(2). <https://doi.org/10.19109/intelektualita.v12i2.19190>
- Institute for Quality and Efficiency in Health Care (IQWiG). (2019). *Overview: Heart valve diseases*. *InformedHealth.org - NCBI Bookshelf*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK536872/> Diakses tanggal 27 Mei 2025
- Iyer, R. T., & Krishnan, M. T. (2024). *Spatial Prediction of Soil Micronutrients using Supervised Self-organizing map s*. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 101033. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101033>
- Kim, T.-S., Dhakal, T., Kim, S.-H., Lee, J.-H., Kim, S.-J., & Jang, G.-S. (2023). *Examining village characteristics for forest management using self- and geographic Self-organizing map s: A case from the Baekdudaegan mountain range network in Korea*. *Ecological Indicators*, 148, 110070. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110070>
- Kohonen, T. (1990). *The Self-organizing map* . *Proceedings of the IEEE*, 78(9), 1464–1480. <https://doi.org/10.1109/5.58325>
- Kohonen, T. (2012). *Essentials of the self-organizing map*. *Neural Networks*, 37, 52–65. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2012.09.018>
- Laksono, S. (2021). Interpretasi Ekg Normal Praktis Bagi Pemula: Suatu Tinjauan Mini. *Jurnal Kedokteran*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.36679/kedokteran.v7i1.408>
- Larose, D. T., & Larose, C. D. (2014). *Discovering Knowledge in Data*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118874059>

- Licen, S., Astel, A., & Tsakovski, S. (2023). *Self-organizing map algorithm for assessing spatial and temporal patterns of pollutants in environmental compartments: A review*. *Science of The Total Environment*, 878, 163084. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163084>
- Liu, Z., Feng, S., Zhangsong, A., Han, Y., & Cao, R. (2023). *Long-term evolution of groundwater hydrochemistry and its influencing factors based on Self-organizing map (Self-Organizing Map)*. *Ecological Indicators*, 154, 110697. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110697>
- Lopez, E. O., Ballard, B. D., dan Jan, A. (2023). *Cardiovascular disease*. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535419/>
- Meng, X., Song, M., Zhang, K., Lu, W., Li, Y., Zhang, C., & Zhang, Y. (2024). *Congenital heart disease: types, pathophysiology, diagnosis, and treatment options*. *MedComm*, 5(7). <https://doi.org/10.1002/mco2.631>
- Natita, W., Wiboonsak, W., & Dusadee, S. (2016). *Appropriate Learning Rate and Neighborhood Function of Self-organizing map (SOM) for Specific Humidity Pattern Classification over Southern Thailand*. *International Journal of Modeling and Optimization*, 6(1), 61–65. <https://doi.org/10.7763/ijmo.2016.v6.504>
- Prasetyo, E., & Prasetyo, B. (2020). Peningkatan Akurasi Klasifikasi Algoritma C 4.5 Menggunakan Teknik Bagging pada Diagnosis Penyakit Jantung. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 7(5), 1035–1040. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020752379>
- Professional, C. C. M. (2025). *Electrocardiogram (ECG/EKG)*. Cleveland Clinic. <https://my.clevelandclinic.org/health/diagnostics/16953-electrocardiogram-ekg>
- R, Dr. M., Kuwelkar, S., & Sivakumar, R. (2023). *An hybrid technique for optimized clustering of EHR using binary particle swarm and constrained optimization for beter performance in prediction of cardiovascular diseases*. *Measurement: Sensors*, 25, 100577. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100577>
- Richig, J. W., & Sleeper, M. M. (2013). *PR (PQ), QRS, QT, and other issues*. In Elsevier eBooks (pp. 115–116). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-415936-5.00008-6>
- Rijnbeek, P. R., Van Herpen, G., Bots, M. L., Man, S., Verweij, N., Hofman, A., Hillege, H., Numans, M. E., Swenne, C. A., Witeman, J. C., & Kors, J. A. (2014). *Normal values of the electrocardiogram for ages 16–90years*. *Journal of Electrocardiology*, 47(6), 914–921. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2014.07.022>
- Salehi, A., & Khedmati, M. (2024). *Identifying at-risk patients for congenital heart disease using integrated predictive models and fuzzy clustering analysis: A*

- cross-sectional study. *Heliyon*, 10(20), e39609. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39609>
- Serantoni, C., Riente, A., Abeltino, A., Biancheti, G., Maria De Giulio, M., Salini, S., Russo, A., Landi, F., de Spirito, M., & Maulucci, G. (2024). *Integrating Dynamic Time Warping and K-means clustering for enhanced cardiovascular fitness assessment*. *Biomedical Signal Processing and Control*, 97, 106677. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2024.106677>
- Shahjehan, R. D., Sharma, S., dan Bhutta, B. S. (2024, October 9). *Coronary artery disease*. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564304/> Diakses tanggal 27 Mei 2025
- Shams, P., Malik, A., & Chhabra, L. (2025, February 26). *Heart failure (Congestive heart failure)*. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430873/> Diakses tanggal 27 Mei 2025
- Sonia Indhira, & Billy Hendrik. (2023). *Implementation Of The K-Means Clustering Algorithm For Grouping Heart Disease Risk Levels*. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(3), 154–170. <https://doi.org/10.55606/juisik.v3i3.677>
- Stefanovič, P., & Kurasova, O. (2011). *Visual analysis of Self-organizing map s. Nonlinear Analysis: Modelling and Control*, 16(4), 488–504. <https://doi.org/10.15388/NA.16.4.14091>
- Straus, S. M., Kors, J. A., De Bruin, M. L., Van Der Hooft, C. S., Hofman, A., Heeringa, J., Deckers, J. W., Kingma, J. H., Sturkenboom, M. C., Stricker, B. H. C., & Witteman, J. C. (2006). *Prolonged QTc interval and risk of sudden cardiac death in a population of older adults*. *Journal of the American College of Cardiology*, 47(2), 362–367. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.08.067>
- Surat Al-Hajj Ayat 46: Arab, Latin, Terjemah dan Tafsir Lengkap | Quran NU Online. (n.d.-b). <https://quran.nu.or.id/al-hajj/46>. Diakses tanggal 27 April 2025
- Surat Al-Hujurat Ayat 13: Arab, Latin, Terjemah dan Tafsir Lengkap | Quran NU Online. (n.d.). <https://quran.nu.or.id/al-hujurat/13>. Diakses tanggal 19 Maret 2025
- Surat Al-Ma'idah Ayat 6: Arab, Latin, Terjemah dan Tafsir Lengkap | Quran NU Online. (n.d.). <https://quran.nu.or.id/al-maidah/6>. Diakses tanggal 27 April 2025
- Surat An-Nur Ayat 45: Arab, Latin, Terjemah dan Tafsir Lengkap | Quran NU Online. (n.d.). <https://quran.nu.or.id/an-nur/45>. Diakses tanggal 27 April 2025

- Surat Ar-Rum Ayat 22: Arab, Latin, Terjemah dan Tafsir Lengkap | Quran NU Online. (n.d.-b). <https://quran.nu.or.id/ar-rum/22>. Diakses tanggal 6 Mei 2025
- Swathi Priyadarshini, T., & Hameed, M. A. (2025). *Collaboration of clustering and classification techniques for beter prediction of severity of heart stroke using deep learning*. *Measurement: Sensors*, 37, 101405. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101405>
- Urme, O., Reza, A. S., Adham, M. I., & Satar, G. S. (2025). *Arsenic, manganese, and iron concentration in groundwater of northwestern part of Bangladesh using Self-organizing map s: Implication for health risk assessment*. *Heliyon*, 11(2), e41805. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41805>
- Van Hulle, M. M. (2012). *Self-organizing maps*. In *Springer eBooks* (pp. 585–622). https://doi.org/10.1007/978-3-540-92910-9_19
- World Health Organization: WHO. (2021). *Cardiovascular diseases (CVDs)*. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- World Heart Report 2023: *Confronting the World's Number One Killer*. Geneva, Switzerland. World Heart Federation. 2023.
- Zhou, W., Liu, H., Zhou, R., Li, J., & Ahmadi, S. (2024). *An optimal method for diagnosing heart disease using combination of grasshopper evolutionary algorithm and support vektor machines*. *Heliyon*, 10(9), e30363. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30363>