



IMPLEMENTAS ALGORITME FUZZY C-MEANS DENGAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (FCMP SO) UNTUK PENGELOMPOKAN PROSES BERPIKIR SISWA DALAM PROSES BELAJAR

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Nur Sa'diyah

NIM: 16515020111117



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2020

PENGESAHAN

IMPELEMENTASI ALGORITME FUZZY C-MEANS DENGAN PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION (FCMPSO) UNTUK PENGELOMPOKAN PROSES BERPIKIR SISWA
DALAM PROSES BELAJAR

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

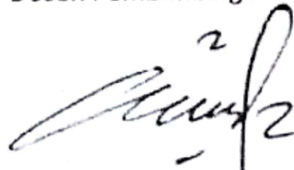
Nur Sa'diyah

NIM: 165150201111117

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
30 Juni 2020

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing 1



Dr. Eng. Ahmad Afif Supianto, S.Si., M.Kom.
NIK: 201201 820623 1 001

Dosen Pembimbing 2



Candra Dewi, S.Kom., M.Sc.
NIP: 19771114 200312 2 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Prastoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D

NIP: 19710518 200312 1 001



PRAKATA

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Implementasi Algoritme Fuzzy C-Means dengan Particle Swarm Optimization (FCMP SO) untuk Pengelompokan Proses Berpikir Siswa dalam Proses Belajar”. Selama proses pengerjaan skripsi ini, penulis tidak lepas dari bantuan, dukungan, bimbingan serta doa yang diberikan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. Ibu Ratih dan Bapak Sudarto selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta doa selama proses pengerjaan skripsi ini hingga terselesaikan.
2. Bapak Dr. Eng. Ahmad Afif Supianto, S.Si., M.Kom selaku Dosen Pembimbing I yang dengan tulus ikhlas membimbing dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Candra Dewi, S.Kom. M.Sc selaku Dosen Pembimbing II yang dengan sabar membimbing dan memberikan arahan dan masukan untuk penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si, M.T, Ph.D selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
5. Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph,D selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
6. Bapak Agus Wahyu Widodo, S.T, M.Cs selaku Kepala Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
7. Bapak Marji, Drs., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis yang sudah sabar membimbing penulis selama perkuliahan.
8. Wanda Septia, Ridho Ghiffary, M. Zaini Rahman, Sabrina Hanifah, Azizah Nurul Asri, Annisa Salamah, Nadia Adiningtias, Felinda Gracia L, serta Asti Annisa sebagai sahabat dan tempat mencurahkan keluh kesah penulis selama proses perkuliahan hingga proses penyelesaian skripsi ini.
9. Teman-teman CFams (Dedes, Endah, Dita, Ardian, Bryan, Fahmy, Titis, Bernandus) yang sudah menjadi sahabat penulis sejak SMA dan selalu memberikan dukungan serta doa dalam pengerjaan dan penyelesaian skripsi ini.
10. Seluruh teman-teman dan rekan-rekan penulis yang telah memberikan kelancaran serta bantuannya pada proses perkuliahan sampai dengan penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.



Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dengan harapan dapat menjadi masukan penulis dan memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Malang, 20 Juni 2020

Penulis
nursadiyah73@gmail.com



ABSTRAK

Nur Sa'diyah, Implementasi Algoritme Fuzzy C-Means dengan Particle Swarm Optimization (FCMPSO) untuk Pengelompokan Proses Berpikir Siswa dalam Proses Belajar

Pembimbing: Dr. Eng. Ahmad Afif Supianto, S.Si., M.Kom. dan Candra Dewi, S.Kom, M.Sc.

Proses belajar saat ini dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai media pembelajaran, yang salah satu contohnya bernama *Monsakun*. Kegiatan belajar yang dilakukan siswa pada media pembelajaran *Monsakun* akan tersimpan dalam bentuk *datalog*. Proses berpikir yang dilakukan siswa ketika melakukan proses belajar tentu berbeda-beda antara satu siswa dengan siswa yang lainnya. Maka dari itu, diperlukannya algoritme untuk mengelompokkan siswa yang memiliki kecenderungan cara berpikir yang mirip kedalam kelompok yang sama. Harapannya, dengan dapat dideteksinya kelompok-kelompok berdasarkan cara berpikir siswa tersebut akan memudahkan tenaga pengajar dalam menangani siswa-siswanya. Penelitian ini memiliki tujuan memanfaatkan *datalog* dari media pembelajaran *Monsakun* untuk mendapatkan kelompok-kelompok proses berpikir siswa dalam proses belajar menggunakan algoritme *Fuzzy C-Means* yang dioptimasi dengan *Particle Swarm Optimization (FCMPSO)*. Berdasarkan hasil implementasi dan analisis yang telah dilakukan menggunakan 12 data *assignment Monsakun*, diperoleh hasil terbaik pembentukan kelompok didominasi oleh 2 *cluster* dan parameter optimal untuk setiap data *assignment* memiliki nilai optimumnya masing-masing. Adapun hasil penerapan algoritme FCMPSO yang dibandingkan dengan penerapan algoritme *Fuzzy C-Means* tanpa optimasi terbukti lebih baik berdasarkan nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan untuk 12 data *assignment*. Pada penelitian ini juga telah dilakukan analisis terhadap kelompok-kelompok yang terbentuk disetiap data *assignment* untuk mengetahui karakteristik yang ada pada setiap kelompok tersebut.

Kata kunci: *clustering*, proses berpikir siswa, media pembelajaran, *Fuzzy C-Means*, *particle swarm optimization*, FCMPSO

**ABSTRACT**

Nur Sa'diyah, Implementation of the Fuzzy C-Means Algorithm with Particle Swarm Optimization (FCMPSO) for Student Thinking Process Clustering in the Learning Process

Supervisors: Dr. Eng. Ahmad Afif Supianto, S.Si., M.Kom. dan Candra Dewi, S.Kom, M.Sc.

The current learning process can be done using various learning media, one example named Monsakun. Study activities conducted by students on the Monsakun learning media will be stored in the form of a datalog. The process of thinking students do when studying is different from one student to another. Thus, the algorithm is required to group students who have a similar way of thinking into the same group. Hopefully, with the detection of groups based on how the student thinks it will facilitate the teachers in handling the students. The study aims to utilize the Datalog from the Monsaccount learning media to acquire groups of student thought processes in the learning process using the Fuzzy C-Means algorithm that is optimized with Particle Swarm Optimization (FCMPSO). Based on the results of implementation and analysis that has been done using 12 data assignment Monsakun, obtained the best result of group formation dominated by 2 clusters and the optimal parameters for each data assignment have their respective optimisation value. The results of the implementation of the FCMPSO algorithm compared to the application of the Fuzzy C-Means algorithm without optimization proved better based on the silhouette coefficient value generated for 12 data assignment. This research has also been conducted analysis of groups that are formed in each data assignment to determine the characteristics that exist in each group.

Keywords: clustering, student thinking process, learning media, Fuzzy C-Means, particle swarm optimization, FCMPSO



DAFTAR ISI

PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Kerangka Berpikir.....	4
1.7 Sistematika Pembahasan.....	5
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Media Pembelajaran <i>Monsakun</i>	10
2.3 Normalisasi.....	12
2.4 <i>Fuzzy C-Means Clustering (FCM)</i>	13
2.5 <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	14
2.6 <i>Fuzzy C-Means</i> dengan <i>Particle Swarm Optimization (FCMPSO)</i>	15
2.7 <i>Silhouette coefficient</i>	16
BAB 3 METODOLOGI.....	18
3.1 Tipe Penelitian.....	18
3.2 Lokasi Penelitian.....	18
3.3 Peralatan Pendukung.....	18



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Hardware Pendukung.....	18
Tabel 3.2 Software Pendukung.....	18
Tabel 4.1 <i>Datalog</i> Sampel Aktivitas Siswa pada <i>Monsakun</i>	32
Tabel 4.2 Nilai Maksimum dan Nilai Minimum.....	33
Tabel 4.3 Data Hasil Normalisasi.....	33
Tabel 4.4 Nilai Parameter Awal.....	34
Tabel 4.5 Matriks Posisi Partikel dan Kecepatan Partikel 1.....	35
Tabel 4.6 Matriks Posisi Partikel dan Kecepatan Partikel 2.....	35
Tabel 4.7 Matriks Posisi Partikel dan Kecepatan Partikel 3.....	35
Tabel 4.8 Matriks Hasil Perhitungan <i>Pusat cluster</i> (V).....	36
Tabel 4.9 Nilai <i>Objektif</i> Partikel.....	37
Tabel 4.10 Hasil Nilai <i>Fitness</i>	37
Tabel 4.11 Nilai P_r dan P_g	37
Tabel 4.12 Kecepatan dan Posisi Partikel 1 Ter- <i>Update</i>	38
Tabel 4.13 Kecepatan dan Posisi Partikel 2 Ter- <i>Update</i>	39
Tabel 4.14 Kecepatan dan Posisi Partikel Ter- <i>Update</i>	39
Tabel 4.15 Nilai Evaluasi Partikel Baru	39
Tabel 4.16 Partikel Terpilih dengan Nilai <i>Fitness</i> Terbaik.....	40
Tabel 4.17 Matriks Hasil Perhitungan <i>Pusat cluster</i> FCM (V).....	41
Tabel 4.18 Perubahan Matriks Keanggotaan.....	41
Tabel 4.19 Hasil <i>Clustering</i> Data	42
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Jumlah <i>Cluster</i>	50
Tabel 5.2 Jumlah <i>Cluster</i> Optimal <i>Assignment</i> 1 - 12	51
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Jumlah Partikel.....	52
Tabel 5.4 Jumlah Partikel Optimal <i>Assignment</i> 1 - 12	52
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Nilai Bobot Inersia.....	54
Tabel 5.6 Nilai Bobot Inersia Optimal <i>Assignment</i> 1 - 12.....	54
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Nilai <i>Learning factor</i>	55
Tabel 5.8 Nilai <i>Learning factor</i> Optimal <i>Assignment</i> 1 - 12	56
Tabel 5.9 Hasil Pengujian <i>Velocity</i> Maksimum.....	57



Tabel 5.10 Nilai <i>Velocity</i> Maksimum Optimal <i>Assignment</i> 1 - 12.....	57
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Jumlah Iterasi Maksimum.....	58
Tabel 5.12 Jumlah Iterasi Maksimum Optimal <i>Assignment</i> 1 - 12.....	59
Tabel 5.13 Hasil Pengujian FCM terhadap Data <i>Assignment</i> 1 - 12.....	60
Tabel 5.14 Hasil Pengujian FCMPSO terhadap Data 1 - 12.....	61
Tabel 5.15 Nilai <i>Varians</i> Fitur Terpilih <i>Assignment</i> 1.....	63
Tabel 5.16 Nilai <i>Varians</i> Fitur Terpilih <i>Assignment</i> 2.....	64
Tabel 5.17 Nilai <i>Varians</i> Fitur Terpilih <i>Assignment</i> 3.....	65
Tabel 5.18 Nilai <i>Varians</i> Fitur Terpilih <i>Assignment</i> 4.....	65
Tabel 5.19 Nilai <i>Varians</i> Fitur Terpilih <i>Assignment</i> 5.....	67
Tabel 5.20 Nilai <i>Varians</i> Fitur Terpilih <i>Assignment</i> 6.....	67
Tabel 5.21 Nilai <i>Varians</i> Fitur Terpilih <i>Assignment</i> 7.....	68
Tabel 5.22 Nilai <i>Varians</i> Fitur Terpilih <i>Assignment</i> 8.....	69
Tabel 5.23 Nilai <i>Varians</i> Fitur Terpilih <i>Assignment</i> 9.....	70
Tabel 5.24 Nilai <i>Varians</i> Fitur Terpilih <i>Assignment</i> 10.....	70
Tabel 5.25 Nilai <i>Varians</i> Fitur Terpilih <i>Assignment</i> 11.....	71
Tabel 5.26 Nilai <i>Varians</i> Fitur Terpilih <i>Assignment</i> 12.....	72
Tabel 5.27 Daftar Fitur Terpilih Proses Analisis Pembentukan <i>Cluster</i>	73



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alur Kerangka Berpikir	4
Gambar 2.1 Diagram <i>Research Area</i> dan <i>Research Position</i>	7
Gambar 2.2 <i>Interface Monsakun</i>	11
Gambar 4.1 Diagram Alir Perancangan Algoritme	23
Gambar 4.2 Diagram Alir Normalisasi Data	24
Gambar 4.3 Diagram Alir Proses FCMP SO Clustering	25
Gambar 4.4 Diagram Alir Perhitungan Pusat Cluster	27
Gambar 4.5 Diagram Alir Perhitungan Fungsi Objektif	28
Gambar 4.6 Diagram Alir Proses Evaluasi Partikel	29
Gambar 4.7 Diagram Alir Proses Update Posisi dan Kecepatan Partikel	30
Gambar 4.8 Diagram Alir Perhitungan Nilai <i>Silhouette coefficient</i>	31
Gambar 5.1 Perbandingan Hasil Pengujian FCM dan FCMP SO	62



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA AKTIFITAS BELAJAR SISWA..... 79

LAMPIRAN B HASIL PENGUJIAN..... 103



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses berpikir yang dimiliki setiap siswa dalam proses belajar dan menyelesaikan permasalahan-permasalahan tertentu memiliki perbedaan dan karakteristiknya masing-masing (Dewiyani, 2009) dan (Perdana & Budiarto, 2014). Tenaga pengajar harus memahami proses berpikir siswa agar dapat memberikan penanganan yang tepat untuk setiap siswa. Oleh karena itu, diperlukan proses pengelompokan berdasarkan proses berpikir yang dilakukan siswa untuk memberikan kemudahan bagi tenaga pengajar dalam memberikan penanganan untuk siswa.

Hingga saat ini, kegiatan belajar mengajar dapat dilakukan dengan berbagai media, salah satunya dengan memanfaatkan sebuah media pembelajaran. *Monsakun* merupakan sebuah media pembelajaran interaktif yang menerapkan permasalahan aritmatika melalui integrasi kalimat (Supianto, et al., 2016). Media pembelajaran ini akan merekam setiap kegiatan siswa ketika menyelesaikan tugas yang diberikan kedalam sebuah *datalog*. Berdasarkan *datalog* yang dikumpulkan tersebut, dapat dilakukan penelitian terhadap proses berpikir siswa.

Penelitian yang telah dilakukan menggunakan *datalog* siswa pada media pembelajaran *Monsakun* antara lain yaitu menganalisis nilai *pre-test* dan *post-test* siswa. Berdasarkan penelitian tersebut, terbukti bahwa kemampuan siswa dalam menyelesaikan suatu masalah meningkat (Yamamoto, et al., 2012). Langkah-langkah yang dilakukan siswa pada *Monsakun* juga telah dianalisis sehingga dapat diidentifikasi *state-state* yang menjadi tempat siswa mengalami kesulitan dalam menemukan jawaban yang benar (Supianto, et al., 2016). Analisis berbasis model terhadap *datalog* untuk menyelidiki proses berpikir siswa (Supianto, et al., 2017), dan investigasi aktivitas serta pertimbangan yang dilakukan siswa dalam menggunakan *Monsakun* juga telah dilakukan (Supianto, et al., 2017). Namun, penelitian-penelitian tersebut belum menerapkan *data mining* dalam proses pengolahan *datalog*.

Penerapan *data mining* dapat dilakukan untuk menggali informasi yang belum diketahui dari *datalog* hasil aktivitas siswa. Jenis data yang tidak berlabel seperti *datalog Monsakun* dapat analisis menggunakan teknik *clustering*, yaitu dengan mengelompokkan data berdasarkan prinsip memaksimalkan kemiripan *intra-class* dan meminimalkan kemiripan *inter-class* (Han, et al., 2011). Proses evaluasi performa siswa ketika melakukan kegiatan belajar menggunakan *Monsakun* tidak memiliki target kelas, sehingga pendekatan yang dapat dilakukan adalah teknik *clustering* (Supianto, et al., 2017). Salah satu algoritme *clustering*



adalah *Fuzzy C-Means* (FCM), yang mana merupakan sebuah teknik pengklasteran data yang keberadaan tiap-tiap titik data dalam 1 *cluster* bergantung pada derajat keanggotaannya. Pemilihan metode FCM pada penelitian ini berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Ramadhan, et al., 2017), yang melakukan perbandingan proses *clustering* menggunakan metode K-Means dan FCM pada data pengetahuan siswa, dan FCM menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan dengan K-Means. Namun, FCM juga memiliki kelemahan yaitu sensitif terhadap pusat *cluster* awal sehingga menyebabkan mudah terjebak pada optimum lokal (Ma, et al., 2015).

Terdapat beberapa algoritme optimasi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah yang ada pada *Fuzzy C-Means* (FCM). Salah satunya yaitu menggunakan algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO). Penerapan PSO untuk meningkatkan performa pada FCM telah dibuktikan oleh (Siringoringo & Jamaluddin, 2019). Penelitian tersebut meng-*cluster*-kan ulasan *product* yang diambil dari toko *online*. Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, terbukti bahwa perbaikan performa FCM dapat dilakukan dengan menerapkan PSO.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bermaksud mengolah *datalog* dari aktivitas belajar siswa pada media pembelajaran *Monsakun* menggunakan teknik *clustering* untuk mendapatkan kelompok-kelompok berdasarkan proses berpikir siswa. Algoritme yang akan digunakan pada penelitian ini adalah algoritme *Fuzzy C-Means* yang dioptimasi menggunakan algoritme *Particle Swarm Optimization*. Harapannya informasi tersembunyi dalam data dapat diperoleh sehingga kecenderungan proses berpikir siswa dapat terlihat berdasarkan aktivitas yang dilakukan dalam menggunakan *Monsakun*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah yang didapatkan adalah:

1. Berapa jumlah *cluster* optimal pada penerapan algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMPSO) untuk pengelompokan proses berpikir siswa dalam proses belajar?
2. Berapa nilai parameter *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang paling optimal untuk pengelompokan proses berpikir siswa dalam proses belajar?
3. Bagaimana perbandingan hasil penerapan algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMPSO) untuk pengelompokan proses berpikir



siswa dalam proses belajar dengan algoritme *Fuzzy C-Means* (FCM) tanpa optimasi?

4. Bagaimana hasil analisis penerapan algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMP SO) untuk pengelompokan proses berpikir siswa dalam proses belajar?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat adalah:

a. Secara umum

Mendapatkan hasil *cluster* terbaik serta analisisnya pada pengelompokan proses berpikir siswa dalam proses belajar.

b. Secara Khusus

1. Mendapatkan jumlah *cluster* optimal pada algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMP SO) untuk pengelompokan proses berpikir siswa dalam proses belajar.
2. Mendapatkan parameter optimal pada algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk pengelompokan proses berpikir siswa dalam proses belajar.
3. Mendapatkan hasil perbandingan penerapan algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMP SO) untuk penelompokan proses berpikir siswa dalam proses belajar dengan algoritme *Fuzzy C-Means* (FCM) murni.
4. Mendapatkan hasil analisis penggunaan algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMP SO) untuk pengelompokan proses berpikir siswa dalam proses belajar.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah:

a. Secara Umum

Secara umum manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah memperoleh hasil *cluster* terbaik dan analisis untuk setiap *cluster* yang terbentuk, sehingga dapat membantu tenaga pengajar dalam memberi penanganan yang tepat terhadap siswa berdasarkan proses berpikir yang dilakukan siswa.

b. Secara Akademis

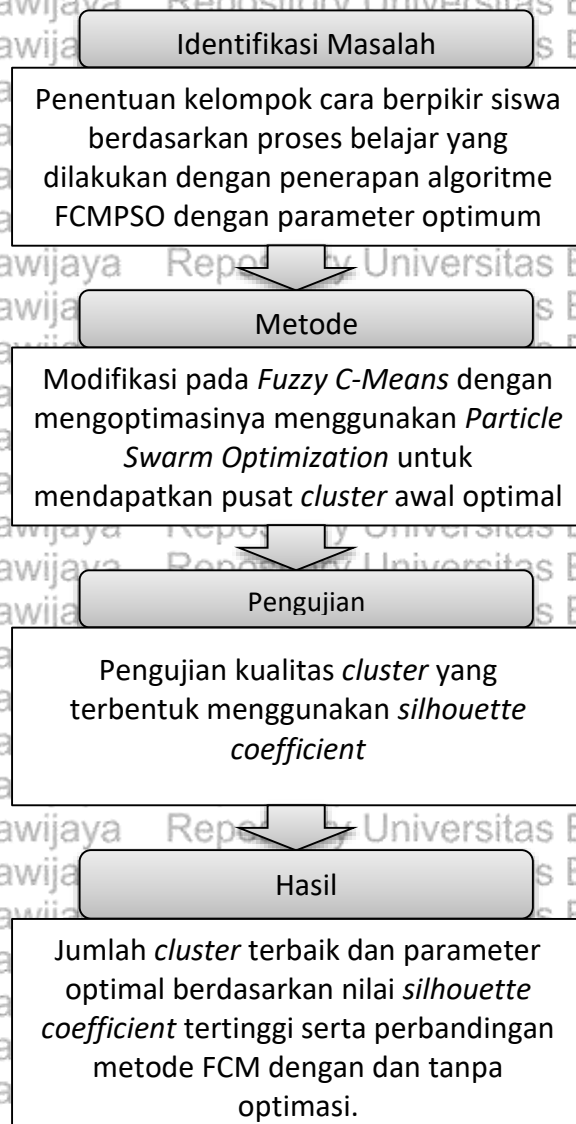
Secara akademis manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah menjadi bahan pertimbangan dan referensi kepada pembaca perihal penggalan informasi terhadap *datalog* proses berpikir siswa, maupun penerapan algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMPSO).

1.5 Batasan Masalah

Hal-hal yang menjadi batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan merupakan *datalog* kegiatan aktivitas belajar siswa pada *Monsakun*-level 5 tahun 2014 yang berjumlah 12 *assignment*.
2. Data yang digunakan berasal dari hasil kegiatan belajar siswa sekolah dasar kelas 1 di Jepang berjumlah 40 anak.

1.6 Kerangka Berpikir



Gambar 1.1 Alur Kerangka Berpikir



Alur kerangka berpikir yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 dimulai dengan proses identifikasi masalah, dari sisi objek pada penelitian ini adalah bagaimana mendapatkan jumlah kelompok terbaik pada permasalahan proses berpikir siswa dalam proses belajar. Proses belajar yang dimaksudkan adalah proses belajar yang dilakukan menggunakan sebuah media pembelajaran. Adapun aktivitas masing-masing siswa akan tersimpan dalam bentuk *datalog* yang kemudian akan digunakan untuk penelitian ini.

Dari sisi metode, akan dilakukan pencarian parameter terbaik pada algoritme yang digunakan yaitu *Fuzzy C-Means* yang dioptimasi menggunakan *Particle Swarm Optimization* (FCMPSO). Optimasi dilakukan guna mendapatkan pusat *cluster* awak optimal. Penentuan parameter terbaik berdasarkan hasil pengujian yang menunjukkan nilai terbaik.

Pada proses pengujianya, dilakukan pengukuran kualitas untuk setiap *cluster* yang terbentuk dan parameter-parameter yang digunakannya. Masing-masing parameter akan diujikan untuk mengetahui nilai yang menghasilkan hasil terbaik. Nilai *silhouette coefficient* tertinggi akan menjadi acuan pemilihan setiap nilai parameter terbaik tersebut.

Adapun hasil penelitian ini akan menghasilkan jumlah *cluster* atau kelompok dari proses berpikir siswa dalam proses belajar yang mereka lakukan menggunakan sebuah media pembelajaran. Jumlah *cluster* terbaik dan parameter optimum yang digunakan merupakan yang menghasilkan nilai evaluasi tertinggi. Selain itu juga akan diperoleh nilai evaluasi perbandingan dari algoritme *Fuzzy C-Means* dengan dan tanpa optimasi.

1.7 Sistematika Pembahasan

Adapun sistematika dalam penulisan hasil penelitian ini akan dibagi dalam beberapa bab yaitu:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, serta sistematika pembahasan. Dimana merupakan landasan dari penulisan skripsi.

BAB II : LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab ini menjelaskan kajian literatur yang dilakukan berupa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, teori pendukung, serta uraian tentang kajian literatur ilmiah yang sudah dilakukan guna mendukung penelitian.



BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan penjabaran dari metode yang nantinya akan digunakan untuk menyelesaikan penelitian, penentuan tipe penelitian, serta langkah-langkah penelitian.

BAB IV : PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini akan menjelaskan alur perhitungan algoritme dalam bentuk diagram, serta menjabarkan proses manualisasi perhitungan pembentukan *cluster* dengan menggunakan metode yang ditentukan. Pada bab ini akan menjelaskan proses implementasi algoritme kedalam kode program, serta penjelasan singkat masing-masing kode program.

BAB V : PENGUJIAN DAN ANALISIS

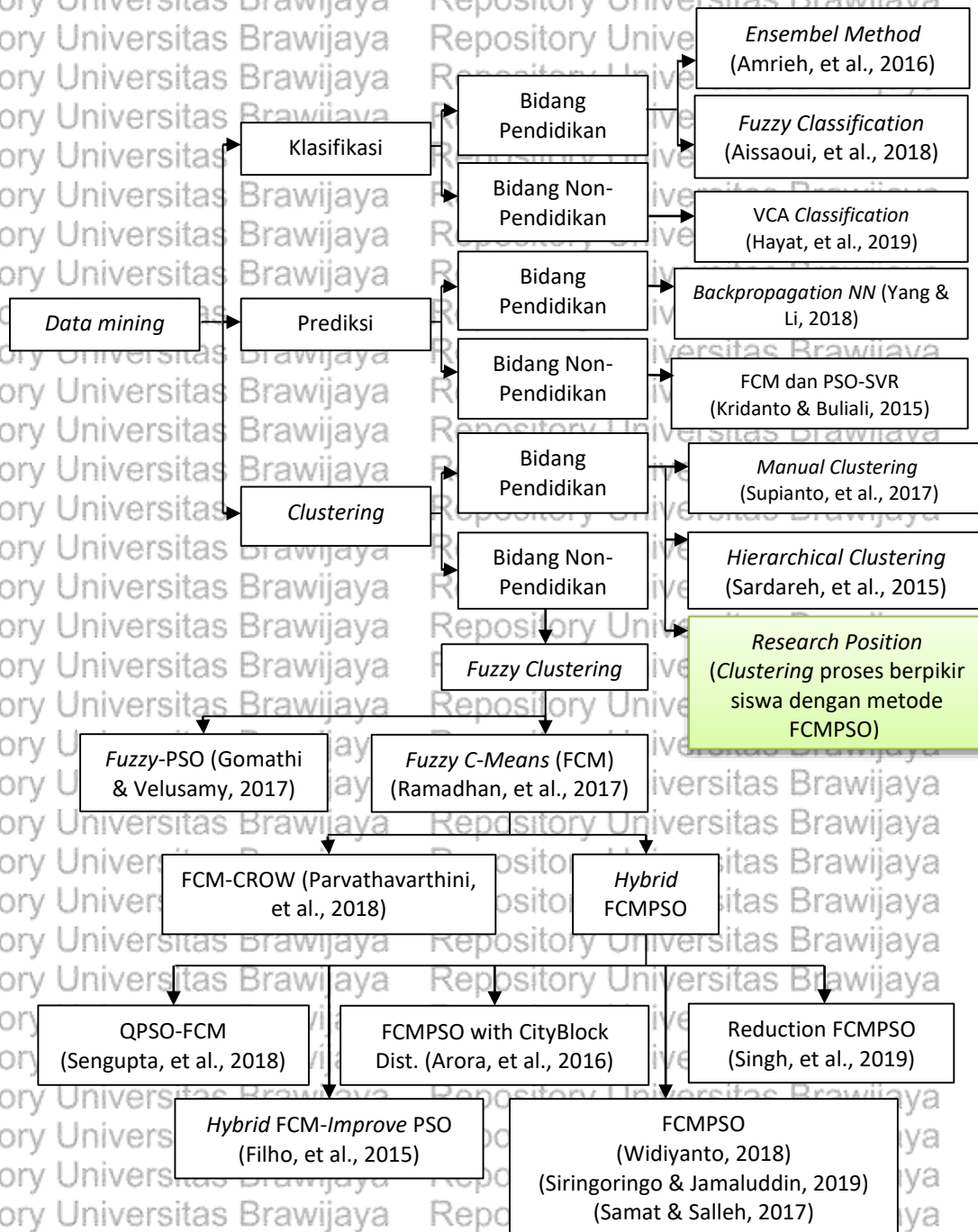
Pada bab ini akan menjelaskan proses pengujian dari implementasi kode program yang telah dibuat, meliputi pengujian parameter-parameter yang digunakan. Serta analisis hasil dari pengujian yang dilakukan.

BAB VI : PENUTUP

Bab ini akan menjelaskan isi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan yang berisi jawaban dari rumusan masalah yang telah dibuat. Pada bab ini juga terdapat saran yang bermaksud sebagai masukan untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Tinjauan Pustaka



Gambar 2.1 Diagram *Research Area* dan *Research Position*



Research area dan *research position* ditunjukkan pada Gambar 2.1. Alur *research area* pada penelitian ini dimulai dari *data mining*. *Data mining* merupakan teknik untuk menemukan struktur yang menarik, belum diketahui, atau informasi penting lainnya dalam sebuah data. Seiring waktu, *data mining* modern telah menggabungkan statistic dengan ide, alat dan metode untuk ilmu computer, machine learning, teknologi database dan teknologi analitik data klasik lainnya (Hand, 2007). Salah satu tujuan *data mining* adalah untuk menemukan sebuah pola dari suatu data. Teknik yang dapat digunakan antara lain teknik klasifikasi dan regresi untuk analisis prediksi, serta teknik pengelompokan (Han, et al., 2011).

Hingga saat ini, berbagai macam data telah diolah menggunakan teknik-teknik *data mining*, tak terkecuali data yang dihasilkan di bidang pendidikan seperti data aktivitas siswa, data performa siswa, atau data proses berpikir siswa. Pengolahan data tersebut biasa disebut dengan *Educational Data mining* (EDM). EDM adalah bidang yang muncul yang menggunakan teknik *data mining* untuk menganalisis dan mengekstrak pengetahuan tersembunyi dari konteks data pendidikan (Romero & Ventura, 2007).

Penggunaan teknik klasifikasi pada EDM telah dilakukan untuk beberapa kasus, seperti mendeteksi gaya belajar siswa secara otomatis pada *e-Learning* menggunakan *Fuzzy classification* (Aissaoui, et al., 2018). Penelitian lain yang juga memanfaatkan data yang berasal dari *Learning Management System* (LMS) adalah penelitian untuk mengklasifikasikan *student's behavior* untuk memprediksi preforma siswa yang menerapkan tiga metode klasifikasi diantaranya *Artificial Neural Network* (ANN), *naïve bayes*, dan *decision tree*. Ketiga metode tersebut di tingkatkan performanya menggunakan metode *Ensembl* untuk mendapatkan hasil klasifikasi yang lebih baik (Amrieh, et al., 2016). Selain pada bidang pendidikan, proses klasifikasi yang menggunakan *datalog* salah satu nya pada penelitian yang dilakukan oleh (Hayat, et al., 2019). *Datalog* yang digunakan merupakan *datalog* sinyal sumur yang dianalisis menggunakan metode *Vanishing Component Analysis* (VCA), metode yang dipilih dibandingkan dengan empat metode lainnya. Hasil menunjukkan bahwa VCA jauh lebih baik dari pada akurasi rata-rata yang diperoleh dengan metode yang sama pada data asli.

Penggalian informasi pada EDM juga dapat dilakukan untuk memprediksi kemajuan performa dan potensi siswa. Metode *Backpropagation Neural Network* (BP-NN) telah digunakan untuk memprediksi kemajuan proses belajar siswa berdasarkan evaluasi prestasi siswa dengan menggunakan 60 data siswa sekolah menengah (Yang & Li, 2018). Berdasarkan penelitian tersebut memberikan hasil



yang benar dan akurat perihal analisis prediksi siswa, dan juga dapat menawarkan pemahaman yang lebih baik tentang kemajuan siswa.

Teknik *data mining* lainnya, seperti *clustering* juga dapat digunakan pada EDM. Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang telah disebutkan menggunakan teknik klasifikasi dan prediksi yang termasuk kedalam *supervised learning*. Teknik *clustering* termasuk kedalam *unsupervised learning* yang tidak membagi data menjadi data latih dan data uji. Prinsip yang digunakan proses *clustering* adalah dengan mengelompokkan data dengan memaksimalkan kemiripan *intra*class dan meminimalkan kemiripan *inter*class (Han, et al., 2011).

Penelitian tentang pengelompokan pada EDM pernah dilakukan baik secara manual maupun otomatis. Pengelompokan secara manual dilakukan pada *data log* sebuah media pembelajaran dengan analisis berbasis model untuk menyelidiki proses berpikir siswa (Supianto, et al., 2017). Adapun proses pengelompokan yang dilakukan secara otomatis yaitu penggunaan algoritme *hierarchical clustering*, dengan menggunakan *data log* media pembelajaran fisika untuk memprediksi kemampuan pemecahan masalah siswa (Sardareh, et al., 2015).

Selain algoritme *hierarchical clustering*, ada berbagai macam algoritme pengelompokan lainnya. Salah satu algoritme pengelompokan yang populer adalah *Fuzzy C-Means clustering* (FCM). Berbeda yang algoritme *clustering* lainnya yang memberikan nilai 0 atau 1 kepada hasil *clusternya*. Algoritme FCM lebih fleksibel dengan memberikan derajat keanggotaan kepada setiap data di setiap *clusternya* (Ramadhan, et al., 2017). Namun, algoritme ini memiliki kelemahan yaitu sensitif terhadap pusat *cluster* awal sehingga menyebabkan mudah terjebak pada optimum lokal (Ma, et al., 2015).

Algoritme optimasi yang berasal dari *swarm intelligent* atau *genetic algorithm* dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan tersebut. Algoritme *Crow* diterapkan untuk mengatasi kelemahan FCM, dengan menggunakan data UCI *repository* menghasilkan efisiensi lebih baik dari FCM tanpa optimasi dan beberapa algoritme lainnya (Parvathavarthini, et al., 2018). Algoritme optimasi lainnya yang banyak digunakan untuk mengatasi kelemahan FCM adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO), dikarenakan memiliki konsep yang sederhana dibandingkan *genetic algorithm* (Wang, et al., 2006).

Penerapan PSO untuk meningkatkan performa suatu algoritme tidak hanya dilakukan pada algoritme FCM. Performa *fuzzy clustering* juga terbukti meningkat dengan penerapan PSO (Gomathi & Velusamy, 2017). Adapun peningkatan performa algoritme FCM menggunakan PSO bergantung pada masing-masing kasus yang diselesaikan.



Penerapan PSO pada FCM yang diuji cobakan pada dataset *UCI repository* dengan tujuan spesifik mengurangi angka *quantization error* menghasilkan algoritme yang disebut QPSO-FCM (Sengupta, et al., 2018). Penerapan lainnya yang masih menggunakan dataset *UCI repository* adalah dengan menerapkan *improve* PSO pada algoritme FCM (Filho, et al., 2015). Pemanfaatan algoritme FCMP SO juga dilakukan untuk pengolahan data yang tidak lengkap pada data repositori kangker hati, iris, dan kangker payudara (Samat & Salleh, 2017). Pada kasus perhitungan numerik diterapkan algoritme FCMP SO untuk mendapatkan model order terbaik (Singh, et al., 2019).

Kasus lainnya yang membuktikan peningkatan performa algoritme adalah dengan menggunakan perhitungan jarak *city block* pada algoritme FCMP SO yang terbukti memberikan hasil lebih baik (Arora, et al., 2016). Penerapan algoritme FCMP SO juga telah dilakukan untuk pengklasteran sentimen pada ulasan toko *online* (Siringoringo & Jamaluddin, 2019), dan pengelompokan kelas berdasarkan nilai rapor siswa (Widiyanto, 2018). Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah disebutkan, terbukti bahwa PSO dapat meningkatkan performa dari algoritme FCM.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritme FCM yang dioptimasi menggunakan PSO dalam konteks *Educational Data mining* (EDM). Data yang digunakan pada penelitian ini berupa *datalog* aktivitas belajar siswa dari sebuah media pembelajaran bernama *Monsakun*. *Datalog* akan diolah yang nantinya menghasilkan *cluster-cluster* dari proses berpikir siswa saat proses belajar.

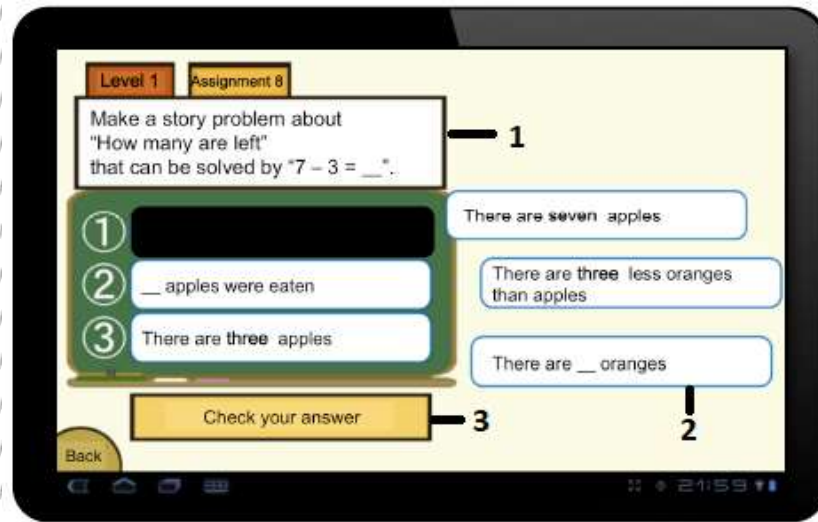
2.2 Media Pembelajaran *Monsakun*

Seiring dengan perkembangan teknologi, proses belajar kini dapat gunakan menggunakan berbagai media, salah satunya yang disebut dengan media pembelajaran. Sebuah media berfungsi menjadi bagian dari proses komunikasi. Penggunaan media berpengaruh pada baik atau buruknya sebuah komunikasi (Susilana & Riyana, 2009). Dalam kasus proses pembelajaran, peran media akan membantu proses penyampaian pesan yang terjadi dari tenaga pengajar kepada siswa. Media dalam proses pengajaran sudah tentu bertujuan untuk menunjang proses pembelajaran.

Monsakun merupakan sebuah media pembelajaran digital interaktif berbasis *tablet-PC* yang menerapkan konsep pembelajaran *problem-posing* (Hasanah, et al., 2015). *Monsakun* menyajikan kasus-kasus berbasis aritmatika dalam bentuk kata-kata terintegrasi. Perangkat ini diperuntukan siswa kelas 1 Sekolah Dasar di Jepang. Dengan menggunakan *Monsakun*, maka para guru memungkinkan proses penilaian dan proses pengajaran secara otomatis, selain itu juga guru dapat



memantau kemajuan siswa secara individual maupun sekaligus dengan *realtime* (Kurayama & Hirashima, 2010). *Interface* dari *Monsakun* ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Interface Monsakun

Berdasarkan *interface* dari *Monsakun* yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, bagian dari *interface* dapat dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu (Supianto, et al., 2016):

1. *Problem composition area*

Problem composition area terletak pada bagian kiri *interface*. Dimana terdapat persyaratan permasalahan yang harus dipenuhi berupa kartu kalimat dan ekspresi numerik, serta terdapat tiga slot kartu untuk memenuhi persyaratan yang ada.

2. *Sentence card including dummy card*

Pada bagian kanan dari *interface* terdapat lima sampai enam kartu *dummy*, yang tiga diantaranya harus diintegrasikan kedalam tiga slot kartu yang terdapat pada *problem composition area*. Para siswa akan dituntut melakukan kegiatan *problem-posing* dengan bentuk pengintegrasian kalimat ketika mereka mengintegrasikan kartu-kartu yang ada sesuai dengan permasalahan yang tertera (Hirashima & Kurayama, 2011).

3. *Diagnosis button*

Diagnosis button terletak dibawah *problem composition area*. *Diagnosis button* digunakan untuk memeriksa kebenaran dari kartu-kartu yang telah diintegrasikan.



Media pembelajaran ini menyajikan permasalahan-permasalahan aritmatika yang tersaji dari level 1 sampai dengan 6. Karakteristik soal-soal yang ada untuk setiap level yaitu, level 1 dan 2 mengharuskan para siswa untuk melakukan *forward thinking problems*, siswa diharuskan memenuhi masalah hubungan numerik maupun hubungan perhitungan numerik. Pada level 3 dan 4 mengharuskan para siswa untuk melakukan *reverse thinking problems*, yaitu jenis soal-soal yang mengharuskan siswa tidak hanya memahami struktur cerita namun juga melakukan perhitungan (Hirashima, et al., 2014). Sedangkan, level 5 para siswa mengharuskan para siswa untuk melakukan *reverse thinking problems* dari hubungan perhitungan numerik yang diajukan, adapun level 6 berisi campuran dari penguasaan-penguasaan sebelumnya yang ada pada level 1 hingga 5 (Hasanah, et al., 2014).

Assignment atau tugas yang disajikan disetiap levelnya masing-masing sebanyak 12 *assignment*. Jenis *assignment* di setiap level dibagi menjadi 4 yaitu, cerita kombinasi (*assignment 1 – 3*), cerita pertambahan (*assignment 4 – 6*), cerita pengurangan (*assignment 7 – 9*), dan cerita perbandingan (*assignment 10 – 12*). Sebagai fitur *Monsakun*, setiap kali seorang siswa membuat kesalahan, sistem akan memberikan umpan balik penjelasan sesuai dengan kesalahan. Umpan balik ini akan merangsang siswa untuk berpikir tentang solusi lain dan memimpin mereka untuk jawaban yang benar (Supianto, et al., 2017).

Cara penggunaan media pembelajaran *Monsakun* sendiri adalah para siswa akan diminta untuk mengintegrasikan 5 sampai 6 kartu yang tersedia pada *sentence card including dummy card* kedalam 3 slot kartu yang tersedia pada *problem composition area*. Urutan tiga kartu yang diintegrasikan harus terurut dengan benar untuk dapat menjawab permasalahan yang diajukan. Para siswa dapat melakukan pengecekan menggunakan tombol *diagnosis button*.

Siswa-siswa ketika melakukan kegiatan belajar menggunakan media pembelajaran *Monsakun* akan melakukan kegiatan seperti *set*, *remove*, pemilihan kartu yang akan digunakan dan pengecekan *error*. Kegiatan-kegiatan tersebut akan terekam dan tersimpan dalam bentuk datalog, termasuk didalamnya juga akan terekam waktu yang dibutuhkan siswa dan jumlah langkah atau kegiatan yang dilakukan dalam mengakses dan menyelesaikan soal tersebut.

2.3 Normalisasi

Normalisasi adalah teknik *scaling* atau teknik pemetaan data. Normalisasi memegang peran penting dalam hal *soft computing* dan *cloud computing* dalam memanipulasi data dengan menaikkan atau menurunkan rentang data (*range*) sebelum data digunakan untuk tahapan yang lebih jauh. Contoh teknik normalisasi



antara lain yaitu *min-max normalization*, *z-score normalization* dan *decimal scaling normalization* (Patro & Sahu, 2015). Pada penelitian ini, teknik normalisasi data yang akan digunakan yaitu *min-max normalization*. Penggunaan teknik tersebut dengan pertimbangan bahwa *min-max normalization* dapat mempertahankan keseimbangan data sebelum dan sesudah di normalisasi (Hanifa, et al., 2017). Performa dari teknik *min-max normalization* dengan teknik normalisasi lainnya juga telah terbukti menghasilkan hasil yang lebih baik (Nasition, et al., 2019) (Chamidah, et al., 2012).

Min-Max Normalization memberikan transformasi linier pada rentang data asli namun tetap mempertahankan hubungan antar data aslinya (Shalabi & Shaaban, 2006). Teknik normalisasi ini secara spesifik menyesuaikan data dalam kisaran nilai yang telah ditentukan sebelumnya. Rumus *Min-Max Normalization* ditunjukkan pada Persamaan (2.1).

$$x' = \left(\frac{x_i - \min \text{ value of } x}{\max \text{ value of } x - \min \text{ value of } x} \right) \quad (2.1)$$

Keterangan

x' : data setelah normalisasi *min-max*.

x_i : data awal ke- i

2.4 Fuzzy C-Means Clustering (FCM)

Fuzzy C-Means (FCM) merupakan algoritme *clustering* berbasis *fuzzy* yang paling banyak digunakan. FCM bekerja dengan mengelompokkan suatu data berdasarkan derajat keanggotaannya. Derajat keanggotaan yang diberikan bernilai 0 sampai 1. Semakin tinggi derajat keanggotaan maka semakin besar kemiripan data terhadap data dalam satu kelompok yang ada (Ye & Jin, 2016a). Fungsi objektif FCM dapat dituliskan dengan persamaan 2.2.

$$J(U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n (u_{ij})^m d_{ij}^2 \quad (2.2)$$

Dimana, $\sum_{i=1}^c u_{ij} = 1$ dan $\forall j = 1 \dots n$

Keterangan :

$U = \{u_{ij}\} \text{ c} \times \text{n}$: matriks derajat keanggotaan, dengan $u_{ij} \in [0,1]$

$u_{ij} \in [0,1]$: derajat keanggotaan antara suatu data x_j pada *cluster* v_i

$D_{ij} = \|v_i - x_j\|$: jarak *Euclidean* antara data x_j dengan pusat *cluster* v_i

Langkah-langkah *clustering* menggunakan algoritme FCM adalah sebagai berikut:



Langkah 1: Inisialisasi parameter awal seperti jumlah *cluster* (c), nilai bobot (m), nilai *error* terkecil dan nilai maksimum iterasi (T).

Langkah 2: Inisialisasi matriks keanggotaan $U \{u_{ij}\}_{c \times n}$ secara acak.

Langkah 3: Menentukan matriks *pusat cluster* (V) = $\{v_i\}_c$. Matriks *pusat cluster* dihitung menggunakan persamaan 2.3.

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^n (u_{ij})^m x_j}{\sum_{j=1}^n (u_{ij})^m} \quad (2.3)$$

Langkah 4: Hitung fungsi objektif $J(U, V)$ menggunakan persamaan 2.2.

Langkah 5: Menentukan perubahan matriks keanggotaan menggunakan persamaan 2.4.

$$u_{ij} = \frac{[\sum_{i=1}^n (d_{ij})]^{-\frac{1}{m-1}}}{\sum_{j=1}^c [\sum_{i=1}^n (d_{ij})]^{-\frac{1}{m-1}}} \quad (2.4)$$

Langkah 6: Cek kondisi berhenti dengan membandingkan nilai objektif saat ini dengan nilai objektif sebelumnya, jika $|J_t - J_{t+1}| < \text{error}$ terkecil (ϵ) atau jika iterasi saat ini (t) $> T$ maka kondisi berhenti terpenuhi, iterasi dihentikan. Jika tidak maka $t = t + 1$, kembali ke langkah 2.

2.5 Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization (PSO) diperkenalkan pertama kali oleh Kennedy dan Eberhart (Kennedy & Eberhart, 1995). PSO didasarkan pada pergerakan sekumpulan burung untuk mendapatkan posisi terbaik di ruang pencarian dimensi D . setiap individu yang disebut dengan partikel akan berpindah ke posisi terbaik sesuai dengan nilai *fitness* yang dimilikinya. Setiap partikel memiliki 2 komponen utama yaitu posisi (X) dan kecepatan atau *velocity* (V) yang terus diperbaharui di setiap iterasi hingga menemukan posisi optimal. Persamaan PSO untuk setiap partikel yang terdapat dalam ruang dimensi D didefinisikan sebagai $\vec{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$ sedangkan untuk kecepatan partikel didefinisikan sebagai $V_i = (v_{i1}, \dots, v_{in})$ dengan i adalah jumlah partikel dan n adalah jumlah anggota pada setiap partikel. Pada setiap iterasi, setiap partikel memperbarui posisi dan kecepatannya menggunakan persamaan 2.5 dan 2.6.

$$V_i(t+1) = W V_i(t) + c_1 r_1 (P_i - X_i) + c_2 r_2 (P_g - X_i) \quad (2.5)$$

$$X_i(t+1) = X(t) + V_i(t+1) \quad (2.6)$$

Keterangan:

$V_i(t)$ = kecepatan partikel ke- i pada iterasi ke- t

$X_i(t)$ = posisi partikel- i pada iterasi ke- t

c_1 dan c_2 = *learning factor*



W = bobot inersia

r_1 dan r_2 = konstanta

P_i = vector posisi terbaik partikel ke- i

P_g = posisi terbaik secara global

Variabel *learning factor* merupakan bilangan yang menentukan sejauh mana sebuah partikel menjalani proses learning terhadap lingkungannya. Adapun penggunaan bobot inersia adalah untuk menyeimbangkan pencarian global dan pencarian lokal dengan cara meredam kecepatan selama iterasi dan memungkinkan kumpulan partikel menuju titik konvergen (Bisilisin, et al., n.d.) (Zhang, et al., 2015). Penggunaan bobot inersia diusulbobot inersia yang baik biasanya adalah kurang sedikit dari 1 (Siringoringo & Jamaluddin, 2019). Nilai bobot inersia akan mengecil nilainya dengan bertambahnya iterasi, formula bobot inersia ditunjukkan pada persamaan 2.7.

$$W(i) = W_{max} \frac{W_{max} - W_{min}}{iterasi_{max}} \times iterasi \quad (2.7)$$

Keterangan :

$W(i)$ = nilai bobot inersia pada iterasi ke- i

W_{max} = nilai bobot inersia maksimum

W_{min} = nilai bobot inersia minimum

$iterasi_{max}$ = jumlah iterasi maksimum

$iterasi$ = posisi iterasi saat ini

2.6 Fuzzy C-Means dengan Particle Swarm Optimization (FCMPSO)

Penerapan algoritme PSO terhadap FCM bertujuan untuk mendapatkan *pusat cluster* terbaik. Adapun langkah-langkah dari algoritme FCMPSO adalah sebagai berikut (Wang, et al., 2006) (Siringoringo & Jamaluddin, 2019):

Langkah 1: Penentuan parameter awal yang terdiri dari jumlah *cluster* (c), jumlah partikel, W_{max} dan W_{min} , kecepatan (velocity) maksimum, *error* terkecil, bobot (m), dan iterasi maksimum (T).

Langkah 2: Membangkitkan partikel keanggotaan $U = \{u_{ik}\}_{c \times n}$ sejumlah partikel dengan n adalah banyak data dan c banyak *cluster* serta matriks kecepatan partikel

Langkah 3: Menghitung pusat *cluster* untuk masing-masing partikel menggunakan persamaan 2.3



Langkah 4: Menghitung fungsi objektif masing-masing partikel menggunakan persamaan 2.2.

Langkah 4: Mengevaluasi partikel untuk memperoleh partikel terbaik di setiap iterasi dan partikel terbaik global. Fungsi *fitness* partikel pada PSO dievaluasi berdasarkan nilai objektif yang didapatkan menggunakan persamaan 2.8.

$$F(P) = \frac{1}{J_{FCM}} \quad (2.8)$$

Dengan

J_{FCM} = fungsi objective FCM (persamaan 2.2)

Langkah 5: Perbaharui posisi dan kecepatan partikel untuk memperoleh $(X_i + t)$ dan $(V_i + t)$ menggunakan persamaan 2.5 dan 2.6.

Langkah 6: Evaluasi partikel untuk memperoleh nilai partikel terbaik setiap iterasi (P_i) dan partikel terbaik global (P_g) yang baru.

Langkah 7: Cek kondisi berhenti. Iterasi dihentikan apabila iterasi telah mencapai iterasi maksimum atau $|gbest(t) - gbest(t+1)| < \epsilon$. Jika tidak, kembali kelangkah 3.

Langkah 8: Pusat *cluster* yang didapatkan pada langkah 7 di terapkan untuk proses pengklasteran.

2.7 Silhouette coefficient

Silhouette coefficient merupakan suatu metode evaluasi untuk menguji kualitas dari hasil *cluster* yang dihasilkan. Metode ini menggabungkan 2 metode, yakni metode *cohesion* dengan mengukur jarak kedekatan antar objek dalam satu *cluster*, dan metode *separation* dengan mengukur jarak kedekatan objek antar *cluster* yang berbeda (Roesita, et al., 2010). Adapun langkah-langkah dari *silhouette coefficient* sebagai berikut:

1. Menghitung rata-rata jarak objek dengan semua objek lain yang berada didalam satu *cluster* dengan persamaan 2.9.

$$a(i) = \frac{1}{|A|-1} \sum_{j \in A, j \neq i} d(i, j) \quad (2.9)$$

Keterangan:

$a(i)$: rata-rata jarak objek i ke semua objek lain pada A , dimana A merupakan *cluster* objek tersebut berada.

$d(i, j)$: jarak antara objek i dengan objek j , dimana $i \neq j$.

$|A|$: jumlah objek dalam *cluster* A .



2. Menghitung rata-rata jarak objek dengan semua objek lain yang berbeda pada *cluster* lain, kemudian ambil nilai paling minimum dengan persamaan 2.10.

$$d(i, C) = \frac{1}{|C|} \sum_{j \in C} d(i, j) \quad (2.10)$$

Kemudian mencari nilai minimum dari $d(i, C)$ sesuai persamaan 2.11.

$$b(i) = \min_{C \neq A} d(i, C) \quad (2.11)$$

Keterangan:

$d(i, C)$: jarak antara objek i dengan *cluster* C .

$d(i, j)$: jarak antara objek i dengan objek j , dimana j anggota *cluster* C .

$b(i)$: rata-rata objek dengan semua objek lain yang berada pada *cluster* C , dengan $C \neq A$.

3. Hitung nilai *silhouette coefficient* dengan persamaan 2.12.

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))} \quad (2.12)$$

Keterangan:

$s(i)$: nilai *silhouette coefficient*.

Nilai yang didapatkan dari hasil perhitungan *silhouette coefficient* merupakan nilai dengan rentang -1 sampai dengan 1. Hasil *cluster* akan dinilai baik jika nilai *silhouette coefficient*nya mendekati 1. Sebaliknya, jika nilai semakin mendekati -1 maka hasil *clustering* semakin buruk.



BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai tahapan seputar metodologi dan langkah-langkah yang akan dilakukan pada penelitian.

3.1 Tipe Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan bersifat *analitik non-implementatif*, dimana berarti penelitian ini akan mengutamakan nilai analisis terhadap suatu data dan menguji suatu teori atau hipotesis dengan tujuan memperkuat atau menolak hasil penelitian sebelumnya dan mengevaluasi hasil dari penelitian yang dilakukan.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini terkait dengan Implementasi Algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMP SO) untuk Pengelompokan Proses Berpikir Siswa dalam Proses Belajar. Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Teknologi Pembelajaran Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.

3.3 Peralatan Pendukung

Peralatan pendukung yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini terdiri dari *hardware* dan *software* yang lebih lengkapnya tertera pada Tabel 3.1 dan 3.2.

Tabel 3.1 Hardware Pendukung

Jenis Hardware	Spesifikasi
Laptop	Tipe : ASUS X407MA RAM : 4 <i>gigabyte</i> Hard disk : 1 <i>terabyte</i> Processor : Intel Celeron

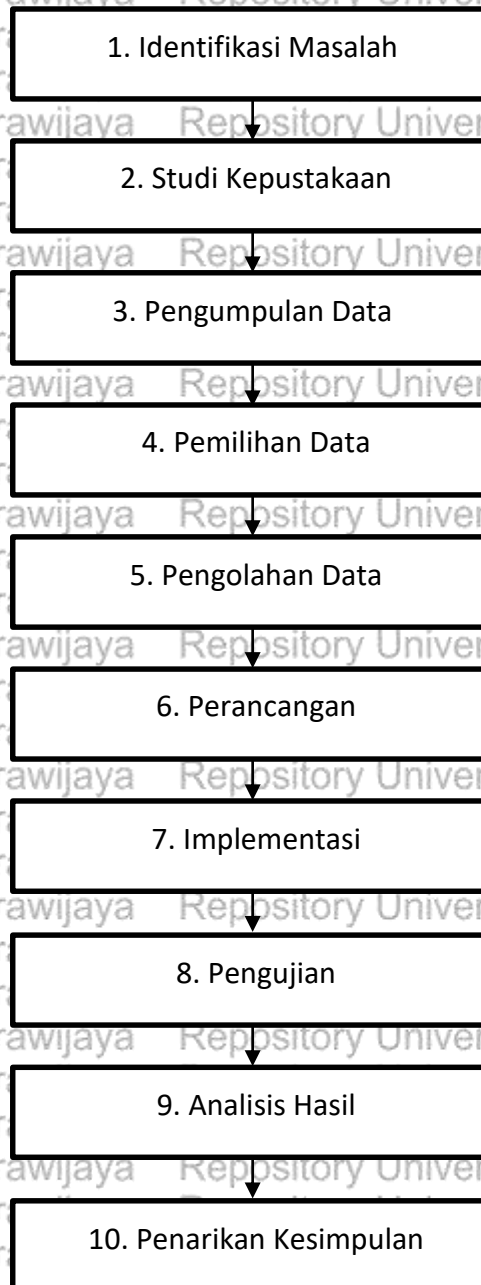
Tabel 3.2 Software Pendukung

Jenis Software	Spesifikasi
Sistem Operasi (OS)	Windows 10
Bahasa Pemrograman	Python 3.7
IDE	PyCharm



3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dirancang berupa langkah-langkah secara urut yang akan dilalui untuk menyelesaikan sebuah penelitian agar proses penelitian dapat berjalan dengan baik. Adapun fase tahapan penelitian ini digambarkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Tahapan Penelitian



Penjelasan setiap langkah yang akan dilalui untuk menyelesaikan penelitian ini berdasarkan Gambar 3.1 adalah:

1. Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah merupakan proses pengenalan masalah dalam sebuah proses penelitian. Pada penelitian ini masalah yang telah diidentifikasi adalah tentang implementasi algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* untuk pengelompokan proses berpikir siswa dalam proses belajar. Poin-poin utama yang akan dibuktikan pada penelitian ini telah dituliskan pada subbab rumusan masalah.

2. Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan landasan teori dalam penulisan hasil penelitian. Proses studi kepustakaan juga dapat dijadikan dasar dalam pengimplementasian algoritme yang digunakan. Adapun komponen-komponen yang ada antara lain:

- *Data mining*
- Algoritme *Fuzzy C-Means* (FCM)
- Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO)
- Algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMPSO)
- *Datalog* media pembelajaran
- *Silhouette Coefficient*

Tahapan proses studi kepustakaan pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa langkah antara lain:

- Penyusunan *Research Question*.
Research Question dibuat guna membatasi cakupan penelitian serta pencarian sumber kepustakaan yang akan digunakan.
- Pengumpulan sumber kepustakaan
Sumber kepustakaan serta entitas pendukung yang berkaitan pada proses penelitian berasal dari jurnal, skripsi, buku, dan laman *website*.
- *Filtering* sumber kepustakaan

Sumber kepustakaan yang telah dikumpulkan akan dilakukan *filtering* sebanyak empat kali hingga didapatkan sumber kepustakaan yang sesuai.

- Penyusunan *Research Area* dan *Research Position*

Research area menggambarkan penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki kaitan dengan penelitian yang dilakukan. Adapun *research position* menunjukkan letak penelitian ini diantara penelitian-penelitian yang telah dilakukan. *Research area* pada penelitian ini telah di tunjukan pada Gambar 2.1, sedangkan *research position* pada penelitian ini berada



dalam konteks *data mining* dengan menggunakan teknik pengelompokan yang diterapkan pada *datalog* dari sebuah media pembelajaran.

3. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan *datalog* hasil aktivitas belajar siswa kelas 1 SD di Jepang pada media pembelajaran *Monsakun*.

4. Pemilihan Data

Proses pemilihan data dilakukan untuk mendapatkan data yang nantinya akan diimplementasikan menggunakan algoritme yang digunakan. Pada penelitian ini data yang dipilih adalah *datalog* aktivitas siswa belajar siswa kelas 1 SD di Jepang pada media pembelajaran *Monsakun* di level 5 yang berjumlah 12 *assignment*.

5. Pengolahan Data

Datalog yang telah dikumpulkan dan dipilih selanjutnya diolah menjadi bentuk yang dibutuhkan untuk nantinya dapat diimplementasikan pada algoritme yang digunakan. *Datalog* akan diolah dari bentuk data *sequential* kedalam bentuk fitur. Proses ini mengubah kegiatan yang dilakukan siswa menjadi satu baris data yang menafsirkan seluruh kegiatan siswa ketika menyelesaikan sebuah *assignment* atau tugas. Fitur yang terbentuk sebanyak 13 fitur yang meliputi *id siswa*, *lama waktu yang dibutuhkan siswa*, *jumlah langkah yang dilakukan siswa*, *jumlah set*, *jumlah remove*, *jumlah penggunaan kartu 1*, *jumlah penggunaan kartu 2*, *jumlah penggunaan kartu 3*, *jumlah penggunaan kartu 4*, *jumlah penggunaan kartu 5*, *jumlah penggunaan kartu 6*, *jumlah langkah unik yang dilakukan siswa*, dan *jumlah error*. (Supianto, et al., 2019).

Bentuk dari konversi data yang berjumlah 13 fitur tersebut berlaku untuk setiap *assignment*. Meskipun dalam praktiknya terdapat beberapa *assignment* yang tidak menyajikan kartu 6, namun pada proses konversi yang dilakukan kartu 6 tetap akan termasuk kedalam fitur yang ada. Hal tersebut dilakukan dikarenakan penerapan fitur setiap data *assignment* harus sama.

6. Perancangan

Proses perancangan dilakukan untuk merancang algoritme yang nantinya akan digunakan pada proses implementasi pengelompokan proses berpikir siswa dalam proses belajar menggunakan algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMPSO). Proses ini juga meliputi perhitungan manual dari algoritme dengan tujuan untuk mengetahui langkah-langkah perhitungan yang ada.

7. Implementasi

Proses implementasi dari algoritme yang digunakan yakni *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMPSO) adalah menggunakan bahasa pemrograman *Python*.



8. Pengujian

Proses pengujian dilakukan untuk mengetahui performa dari implementasi algoritme yang digunakan. Proses pengujian pada penelitian ini menggunakan algoritme *Silhouette Coefficient* yang berfungsi untuk mengukur kualitas *cluster* yang dibentuk. Adapun skenario pengujian yang akan dilakukan guna menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan adalah:

- Pengujian jumlah *cluster* optimal.
- Pengujian parameter optimal pada algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO).
- Membandingkan hasil algoritme *Fuzzy C-Means* (FCM) murni dan *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMPSO).

9. Analisis Hasil

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, selanjutnya dilakukan analisis terhadap hasil yang ada. Analisis hasil dilakukan untuk mengetahui informasi penting pada proses pengelompokan yang telah dilakukan.

10. Penarikan Kesimpulan

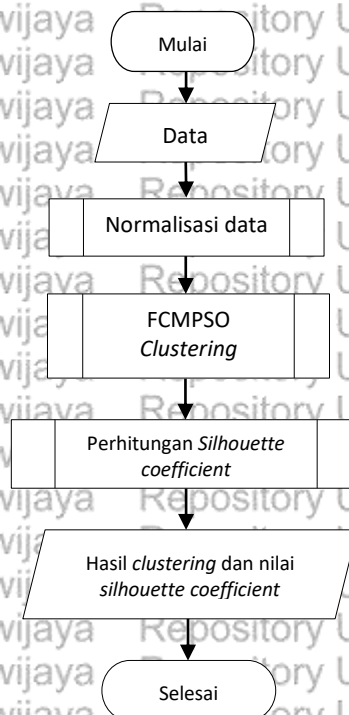
Proses penarikan kesimpulan diperoleh setelah melalui semua tahapan penelitian, dari identifikasi masalah hingga proses pengujian dan analisis hasil. Isi kesimpulan akan menjawab rumusan masalah yang sebelumnya telah diidentifikasi. Setelah itu akan dipaparkan saran yang dapat dijadikan motivasi untuk dilakukan pengembangan pada penelitian selanjutnya.

BAB 4 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini membahas alur perancangan perhitungan *clustering* yang digambarkan dalam diagram alir. Penjabaran dari perhitungan manual serta implementasi kode program juga akan dijelaskan pada bab ini.

4.1 Deskripsi Umum

Pada penelitian ini, penulis ingin menyelesaikan permasalahan dalam pengelompokan proses berpikir siswa dalam proses belajar. Data yang digunakan dalam proses pengelompokan (*clustering*) adalah *data log* aktivitas belajar 40 orang siswa kelas 1 SD di Jepang dalam menggunakan media pembelajaran *Monsakun*. Data terdiri dari *data log* kegiatan siswa di *Monsakun* level 5 yang berjumlah 12 *assignment*. Pada proses perhitungannya, data dinormalisasi terlebih dahulu menggunakan *Min-Max Normalization*. Setelah itu dilakukan proses *clustering*, dan perhitungan kualitas *cluster* yang didapatkan dihitung menggunakan *silhouette coefficient*. Keluaran yang didapat dari hasil *clustering* merupakan hasil pengelompokan siswa untuk setiap *assignment* yang dikerjakan dan nilai *silhouette coefficient*. Perancangan algoritme digambarkan dalam diagram alir yang terdapat pada Gambar 4.1

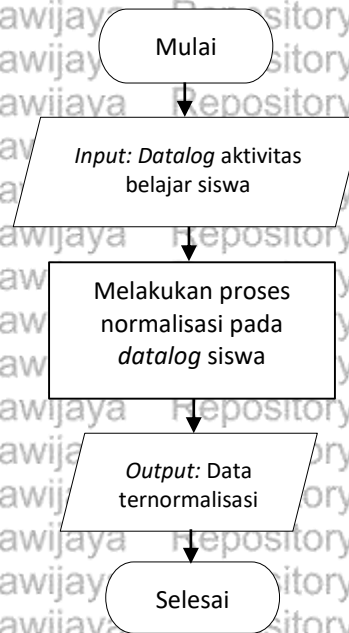


Gambar 4.1 Diagram Alir Perancangan Algoritme



4.2 Alur Normalisasi Data

Proses normalisasi data dilakukan untuk menyamakan rentang data. Normalisasi dilakukan kepada data yang menjadi masukan yang memiliki satuan yang tidak sama. Normalisasi dilakukan dengan menyamakan rentang data kedalam rentang yang lebih kecil, yakni antara 0 sampai 1. Pada penelitian ini, normalisasi data dilakukan menggunakan metode *Min-Max Normalization*. Diagram alir proses normalisasi data ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Alir Normalisasi Data

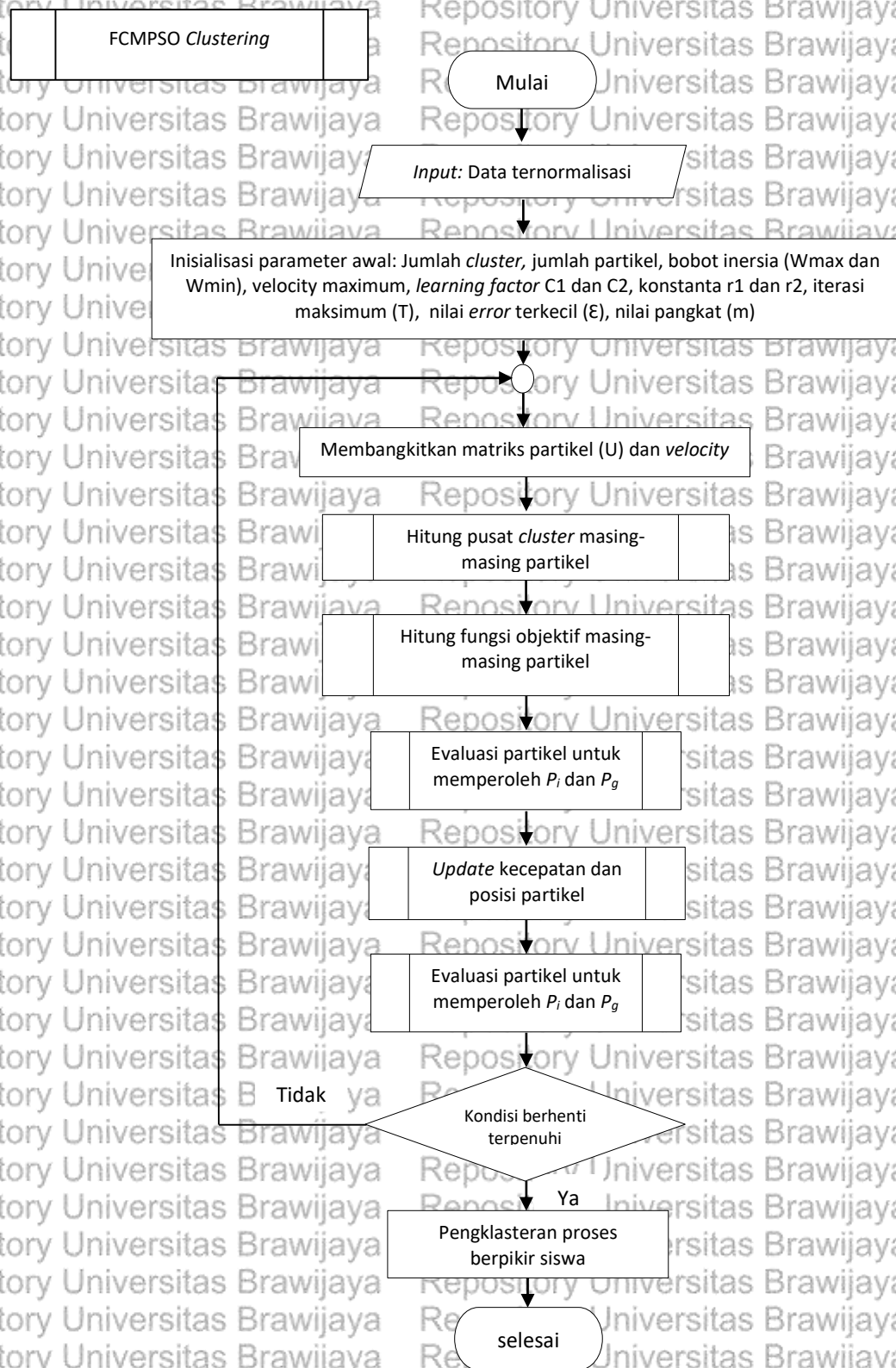
Langkah-langkah proses normalisasi nilai dalam *datalog* aktivitas siswa pada *Monsakun* berdasarkan Gambar 4.2 adalah:

1. Program menerima masukan berupa *datalog* aktivitas siswa pada *Monsakun*.
2. Melakukan proses normalisasi pada *datalog* siswa.
3. Keluaran berupa data yang telah dinormalisasi.

4.3 Alur Clustering menggunakan Metode Fuzzy C-Means dengan Particle Swarm Optimization (FCMPSO)

Clustering datalog proses berpikir siswa dalam proses belajar menggunakan metode *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMPSO) memiliki tujuan untuk mengetahui kelompok-kelompok proses berpikir siswa berdasarkan kecenderungan aktivitas yang dilakukannya saat menggunakan media pembelajaran *Monsakun*. Tahap awal pada proses *clustering* yang akan dilakukan adalah dengan mencari *pusat cluster* awal yang paling optimal yang kemudian

akan digunakan dalam proses pengelompokan. Diagram alir proses pengelompokan proses berpikir siswa ditunjukkan pada Gambar 4.3.

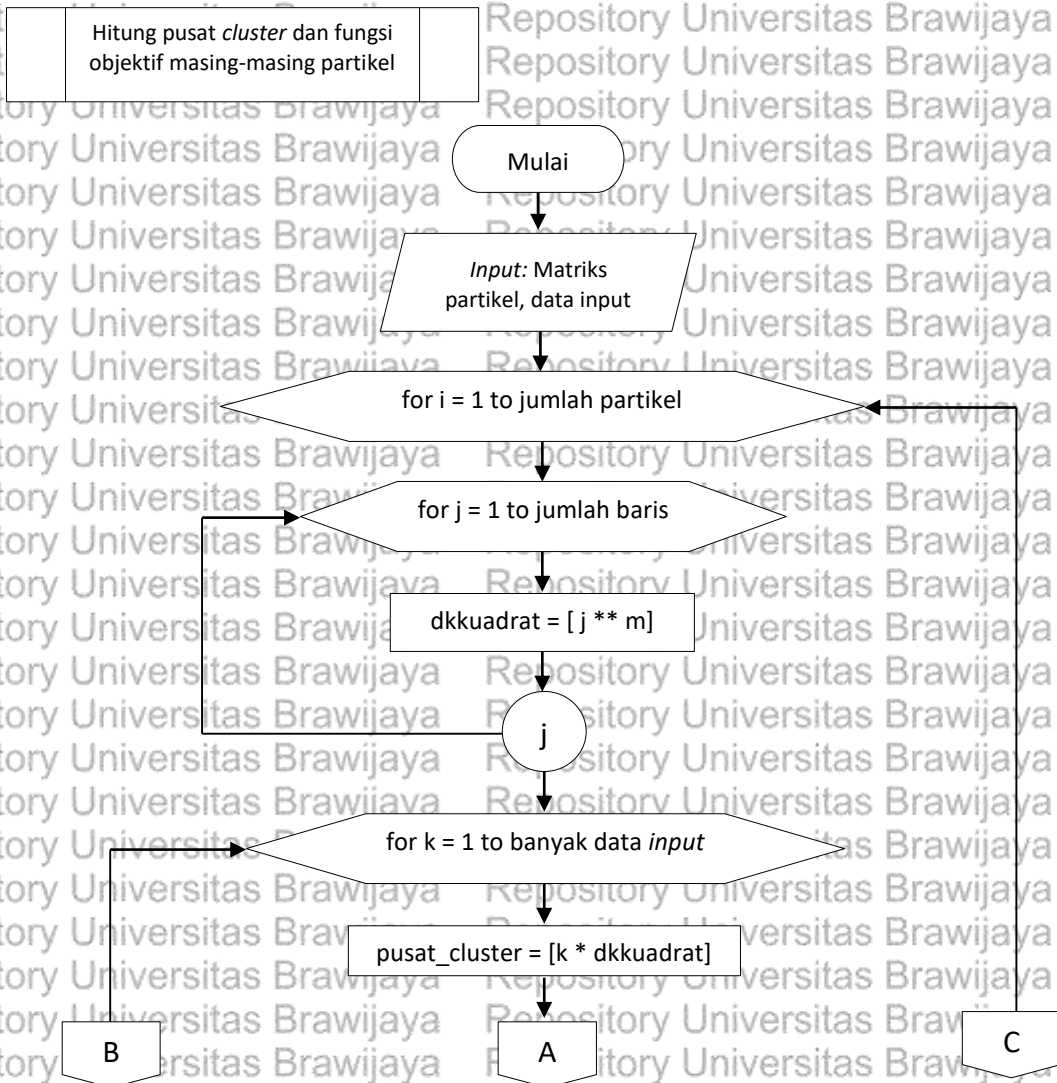


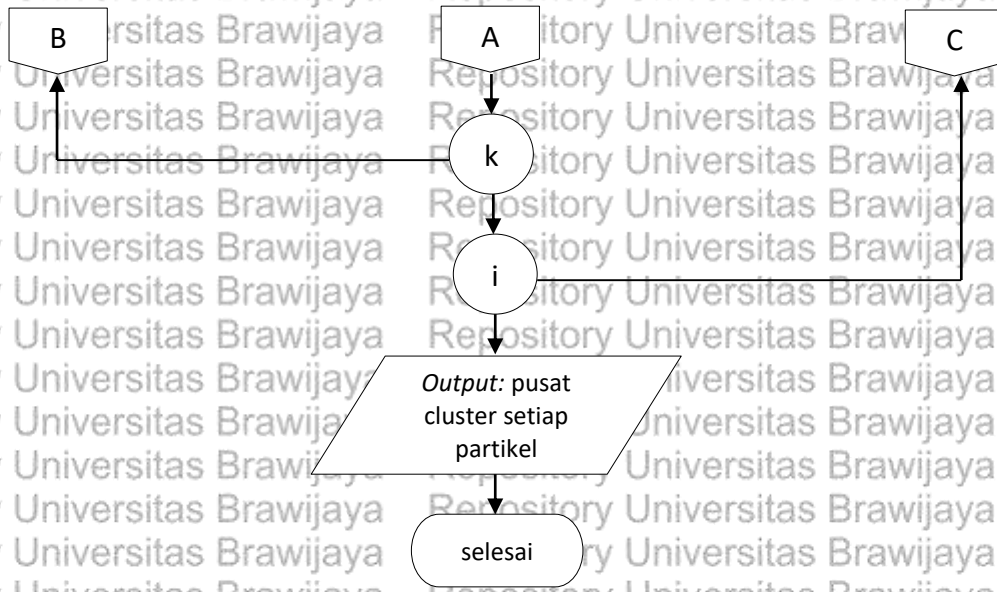
Gambar 4.3 Diagram Alir Proses FCMP SO Clustering



Langkah-langkah proses *clustering* proses berpikir siswa yang ditunjukkan berdasarkan Gambar 4.3 adalah:

1. Program menerima masukan berupa data yang telah ternormalisasi pada proses sebelumnya.
2. Inialisasi parameter awal yang dibutuhkan.
3. Membangkitkan partikel posisi dan *velocity*.
4. Menghitung pusat *cluster* untuk setiap partikel
5. Menghitung fungsi objektif untuk setiap partikel
6. Evaluasi partikel untuk mendapatkan P_i dan P_g .
7. *Update* kecepatan dan posisi partikel.
8. Kondisi berhenti yang terpenuhi menandai didapatkannya partikel yang akan digunakan untuk *pusat cluster* optimal.
9. Pengelompokan proses berpikir siswa.
10. Keluaran berupa hasil pengelompokan proses berpikir siswa.

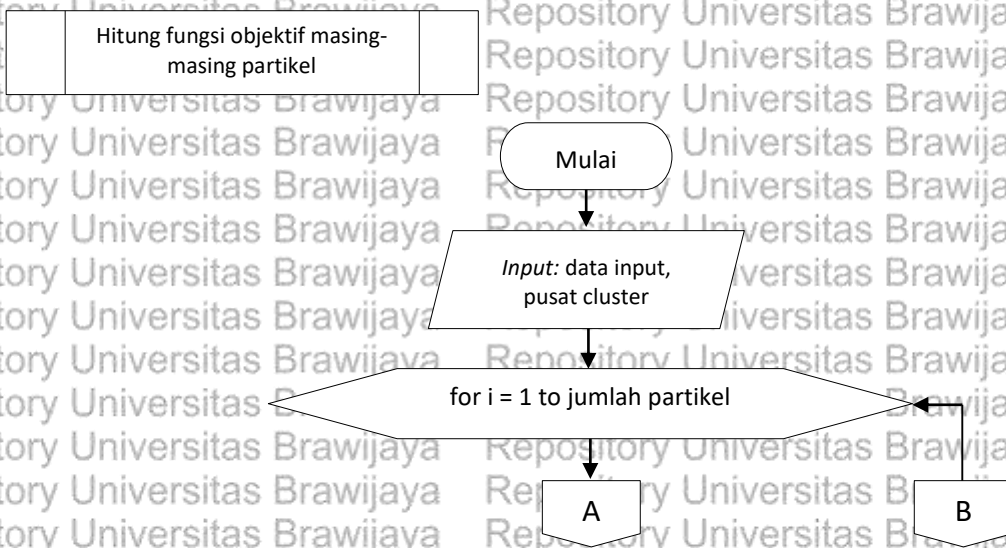


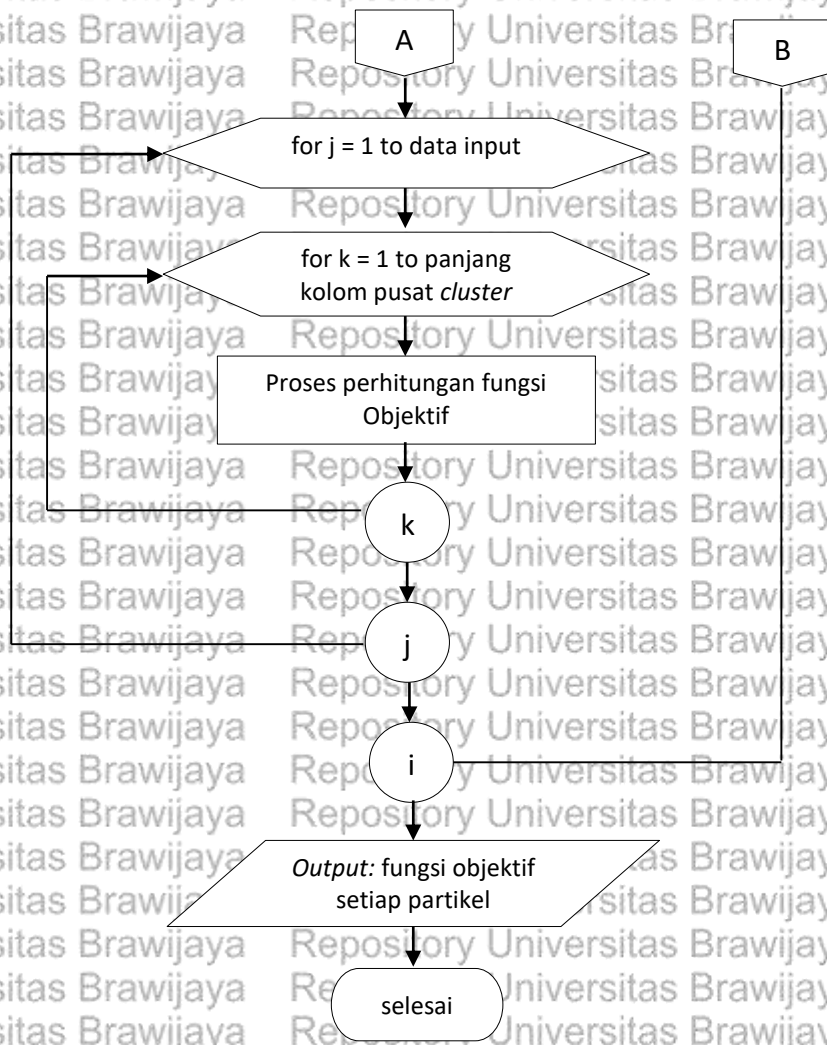


Gambar 4.4 Diagram Alir Perhitungan Pusat Cluster

Langkah-langkah proses perhitungan pusat cluster berdasarkan Gambar 4.4 adalah:

1. Program menerima *input* berupa matriks partikel dan data *input*.
2. Program melakukan perulangan sejumlah banyak partikel.
3. Program melakukan perulangan sejumlah banyak baris.
4. Program melakukan proses perhitungan dkkudrat.
5. Program melakukan perulangan sejumlah banyak data *input*.
6. Program melakukan proses perhitungan pusat cluster menggunakan Persamaan 2.3.
7. Keluaran program berupa pusat cluster untuk setiap partikel.



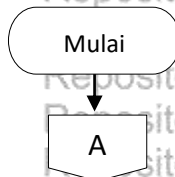


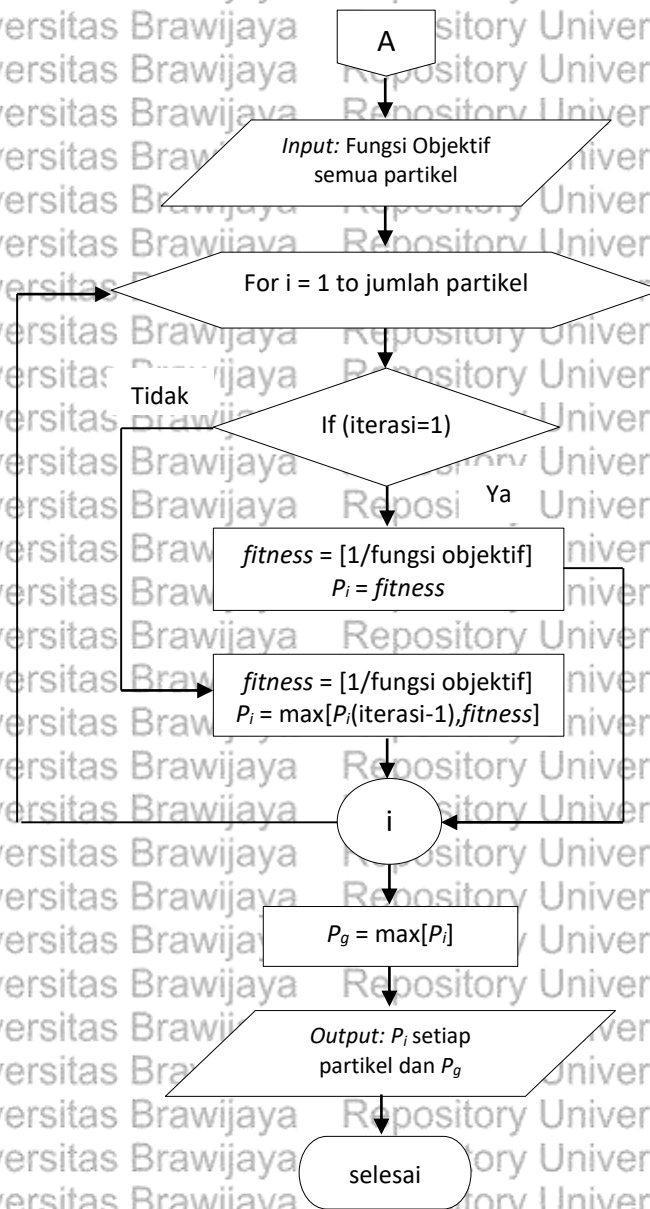
Gambar 4.5 Diagram Alir Perhitungan Fungsi Objektif

Langkah-langkah perhitungan fungsi objektif berdasarkan Gambar 4.5 adalah:

1. Program menerima *input* berupa data *input* dan pusat *cluster*.
2. Program melakukan perulangan sejumlah partikel.
3. Program melakukan perulangan sejumlah data *input*.
4. Program melakukan perulangan sejumlah panjang kolom pusat *cluster*.
5. Program melakukan proses perhitungan fungsi objektif.
6. Keluaran program berupa fungsi objektif untuk setiap partikel.

Evaluasi partikel untuk memperoleh P_i dan P_g





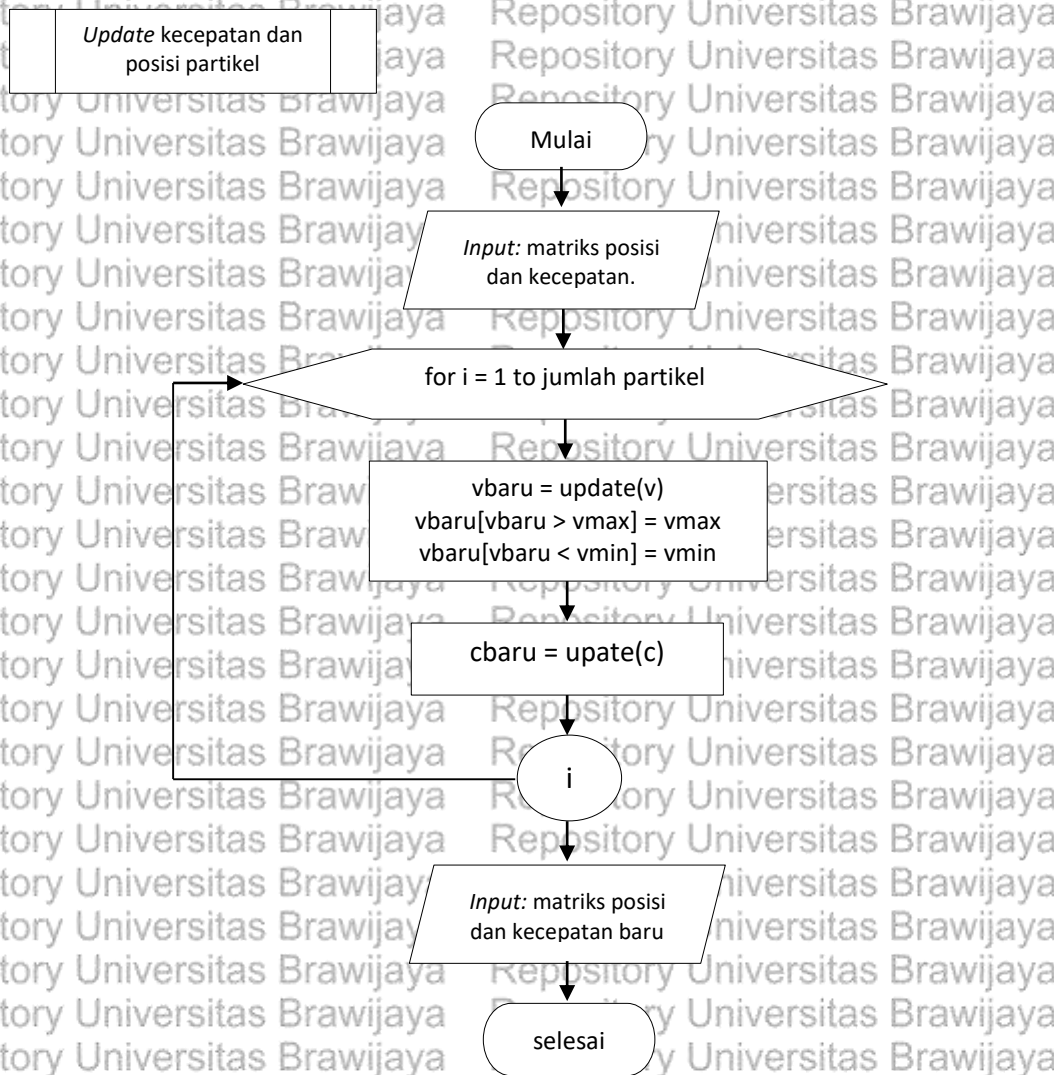
Gambar 4.6 Diagram Alir Proses Evaluasi Partikel

Langkah-langkah proses evaluasi partikel berdasarkan Gambar 4.6 adalah:

1. Program menerima masukan berupa fungsi objektif setiap partikel.
2. Program melakukan perulangan sejumlah partikel.
3. Program melakukan seleksi kondisi.
4. Jika seleksi kondisi ya, maka program melakukan proses perhitungan nilai *fitness* untuk mendapatkan nilai posisi terbaik setiap partikel.
5. Jika seleksi kondisi tidak, maka program melakukan proses perhitungan nilai *fitness* dan membandingkan posisi terbaik setiap partikel pada iterasi saat ini dan iterasi sebelumnya.



6. Program melakukan proses pencarian nilai posisi terbaik global.
7. Keluaran program berupa posisi terbaik setiap partikel dan posisi terbaik global.



Gambar 4.7 Diagram Alir Proses Update Posisi dan Kecepatan Partikel

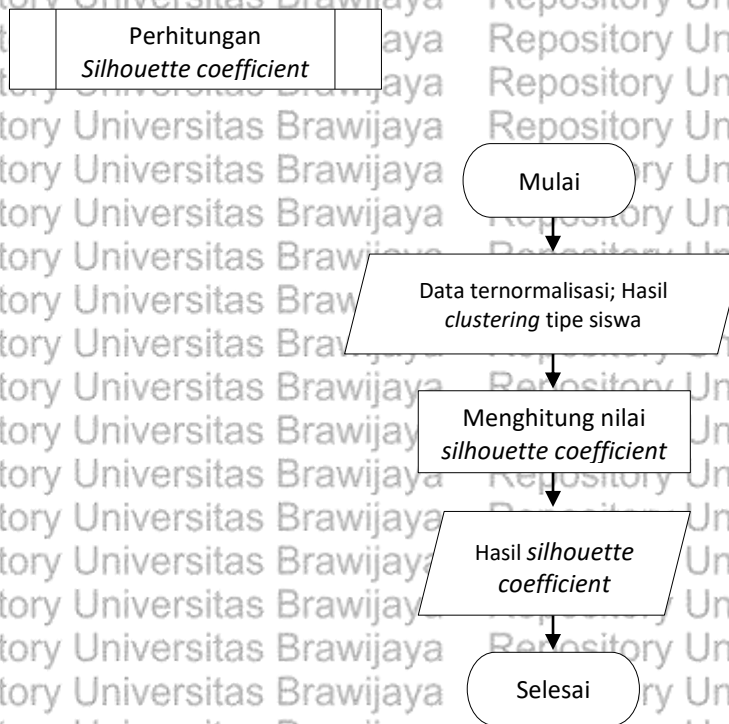
Langkah-langkah proses *update* posisi dan kecepatan partikel berdasarkan Gambar 4.7 adalah:

1. Program menerima masukan berupa matriks posisi dan kecepatan partikel.
2. Program melakukan proses perulangan sejumlah partikel.
3. Program melakukan proses *update* kecepatan menggunakan Persamaan 2.5.
4. Program melakukan proses *update* posisi menggunakan Persamaan 2.6.
5. Keluaran program berupa matriks posisi dan kecepatan partikel yang baru.



4.4 Alur Proses Perhitungan Nilai *Silhouette coefficient*

Perhitungan nilai *silhouette coefficient* dilakukan setelah terbentuk hasil klusterisasi. *Silhouette coefficient* digunakan untuk mengetahui kualitas *cluster* yang dihasilkan dengan mengukur seberapa dekat relasi antar objek dalam satu *cluster* dan seberapa jauh sebuah *cluster* terpisah dengan *cluster* lainnya. Langkah-langkah perhitungan nilai *silhouette coefficient* ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Diagram Alir Perhitungan Nilai *Silhouette coefficient*

Langkah-langkah proses perhitungan nilai *silhouette coefficient* berdasarkan Gambar 4.8 adalah:

1. Program menerima masukan berupa data hasil normalisasi dan data hasil *clustering* proses berpikir siswa.
2. Menghitung nilai *silhouette coefficient* menggunakan persamaan 2.12.
3. Keluaran berupa nilai *silhouette coefficient*.

4.5 Perhitungan Manual

Pada bagian ini, akan dijelaskan mengenai langkah-langkah perhitungan manual dari implementasi algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMPSO) dalam pengelompokan proses berpikir siswa. Tujuan dari perhitungan manual ini adalah untuk membuktikan apakah perancangan algoritme yang telah dirancang sebelumnya sudah sesuai. Dalam perhitungan

manual ini terdapat langkah-langkah yang sudah didefinisikan sebelumnya pada Gambar 4.1.

4.5.1 Dataset

Datalog yang digunakan pada penelitian ini merupakan *datalog* aktivitas belajar siswa pada media pembelajaran *Monsakun*. Data yang digunakan adalah *datalog* pada level 5 dengan jumlah *assignment* sebanyak 12. *Field* yang ada meliputi *id*, *lama*, *langkah*, *set*, *remove*, *c1*, *c2*, *c3*, *c4*, *c5*, *c6*, *unik*, dan *err*. *Datalog* sampel aktivitas siswa pada media pembelajaran *Monsakun* yang akan digunakan pada proses perhitungan manual ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Datalog* Sampel Aktivitas Siswa pada *Monsakun*

id	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	48	19	11	8	7	5	1	0	6	0	11	3
2	742	251	127	124	77	20	51	56	46	0	71	51
3	176	37	20	17	14	3	8	6	6	0	19	6
4	691	121	62	59	21	9	41	34	16	0	40	12
5	361	113	61	52	32	20	20	19	22	0	56	23
6	454	58	30	28	10	10	11	11	15	0	25	21
7	185	65	34	31	19	9	10	13	14	0	37	11
8	817	125	64	61	34	18	12	30	31	0	37	24
9	52	17	10	7	7	3	1	6	0	0	9	2
10	129	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0

Field id berisi nomor *id* dari siswa. *Field lama* berisi tentang waktu yang dibutuhkan siswa untuk mengerjakan suatu *assignment*, dituliskan dalam satuan detik. *Field langkah* berisi jumlah langkah yang dilakukan siswa dalam menyelesaikan suatu *assignment* dari mulai hingga selesai. *Field set* berisi tentang jumlah aktivitas *set* yang dilakukan siswa dalam menyelesaikan sebuah *assignment*. *Field remove* berisi tentang jumlah aktivitas *remove* yang dilakukan siswa dalam menyelesaikan sebuah *assignment*. *Field c1*, *c2*, *c3*, *c4*, *c5*, dan *c6* mewakili jenis *dummy card* yang tersedia dari *card1* hingga *card6* dan berapa banyak kartu tersebut yang diambil oleh siswa. *Field unik* berisi langkah *unik* atau langkah berbeda yang dilakukan siswa dalam menyelesaikan suatu *assignment*. *Field* terakhir yaitu *err* yang berisi jumlah *error* yang dilakukan siswa dalam menyelesaikan sebuah *assignment*.



4.5.2 Perhitungan Normalisasi data

Pada bagian ini, normalisasi data dilakukan menggunakan *MinMax Normalization*. Normalisasi data dilakukan untuk menyamaratakan rentang data dan mempertahankan hubungan antar data asli. Persamaan *MinMax Normalization* yang digunakan terdapat pada persamaan 2.1.

Langkah 1: Menentukan nilai maksimum dan nilai minimum. Pencarian nilai maksimum dan nilai minimum dilakukan pada data di setiap fitur kecuali fitur *id*, karena fitur *id* hanya mewakili index data. Nilai maksimum dan minimum dari data sampel ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai Maksimum dan Nilai Minimum

id	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
MIN	48	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
MAX	817	251	127	124	77	20	51	56	46	0	71	51

Langkah 2: Melakukan perhitungan normalisasi data untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk proses selanjutnya. Contoh perhitungan normalisasi data adalah sebagai berikut:

$$x'_{1,1} = \frac{x_{1,1} - \min}{\max - \min} = \frac{48 - 48}{817 - 48} = 0$$

Seluruh data yang sudah dinormalisasi kemudian akan dijadikan masukan dalam proses klusterisasi. Hasil perhitungan normalisasi terdapat dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil Normalisasi

id	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	0,000	0,065	0,065	0,065	0,079	0,211	0,000	0,000	0,130	0,000	0,118	0,059
2	0,902	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000
3	0,166	0,137	0,137	0,137	0,171	0,105	0,140	0,107	0,130	0,000	0,235	0,118
4	0,836	0,476	0,476	0,476	0,263	0,421	0,800	0,607	0,348	0,000	0,544	0,235
5	0,407	0,444	0,468	0,419	0,408	1,000	0,380	0,339	0,478	0,000	0,779	0,451
6	0,528	0,222	0,218	0,226	0,118	0,474	0,200	0,196	0,326	0,000	0,324	0,412
7	0,178	0,250	0,250	0,250	0,237	0,421	0,180	0,232	0,304	0,000	0,500	0,216
8	1,000	0,492	0,492	0,492	0,434	0,895	0,220	0,536	0,674	0,000	0,500	0,471
9	0,005	0,056	0,056	0,056	0,079	0,105	0,000	0,107	0,000	0,000	0,088	0,039
10	0,105	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



4.5.3 Inisialisasi Parameter Awal

Setelah dilakukan proses normalisasi data, maka selanjutnya adalah inisialisasi parameter awal untuk proses pengelompokan menggunakan algoritme FCMPSO. Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk proses klusterisasi antara lain jumlah *cluster* (c), jumlah partikel, W_{max} dan W_{min} , kecepatan (*velocity*) maksimum, *error* terkecil, bobot (m), dan iterasi maksimum (T). Nilai parameter awal untuk proses perhitungan FCMPSO ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai Parameter Awal

Nama Parameter	Nilai
Jumlah <i>cluster</i> (c)	3
Jumlah partikel (P)	3
Bobot inersia (W_{max})	0,9
Bobot inersia (W_{min})	0,4
<i>Learning factor</i> ($C1$ dan $C2$)	[2;2]
Kecepatan Maksimum (V_{max})	0,3
Iterasi Maksimum (T)	2
<i>Error</i> terkecil (ξ)	0,1
Nilai pangkat (m)	2

4.5.4 Membangkitkan Matriks Keanggotaan Awal (U)

Langkah selanjutnya setelah menginisialisasikan parameter awal adalah membangkitkan matriks keanggotaan awal (U) secara random dengan bilangan antara 0 sampai 1. Matriks yang dibuat berukuran $n \times c$, dengan n adalah banyak data dan c adalah banyak *cluster*. Matriks dibangkitkan sebanyak jumlah partikel yang diinisialisasikan yang kemudian akan dilakukan proses *Particle Swarm Optimization* untuk didapatkan partikel terbaik untuk dijadikan *pusat cluster* optimal pada proses klusterisasi. Selain membangkitkan matriks keanggotaan awal sebagai posisi partikel awal, dibangkitkan pula matriks kecepatan partikel dengan ukuran yang sama dengan matriks keanggotaan, pada inisialisasi awal matriks kecepatan partikel akan diinisialisasikan dengan nilai 0 dikarenakan pada awal proses, partikel dinilai masih dalam keadaan diam. Matriks posisi partikel dan kecepatan partikel yang dibangkitkan ditunjukkan pada tabel 4.5, 4.6, dan 4.7



Tabel 4.5 Matriks Posisi Partikel dan Kecepatan Partikel 1

Partikel 1					
μ_{11}	μ_{12}	μ_{13}	V_{11}	V_{12}	V_{13}
0,5659	0,9705	0,8375	0,0000	0,0000	0,0000
0,2374	0,6549	0,4815	0,0000	0,0000	0,0000
0,4766	0,4564	0,7942	0,0000	0,0000	0,0000
0,7287	0,9893	0,5549	0,0000	0,0000	0,0000
0,9638	0,0885	0,4192	0,0000	0,0000	0,0000
0,0967	0,3187	0,2795	0,0000	0,0000	0,0000
0,9553	0,3997	0,9368	0,0000	0,0000	0,0000
0,1118	0,3772	0,3555	0,0000	0,0000	0,0000
0,5786	0,0390	0,0806	0,0000	0,0000	0,0000

Tabel 4.6 Matriks Posisi Partikel dan Kecepatan Partikel 2

Partikel 2					
μ_{21}	μ_{22}	μ_{23}	V_{21}	V_{22}	V_{23}
0,8835	0,8804	0,7732	0,0000	0,0000	0,0000
0,3473	0,8868	0,5059	0,0000	0,0000	0,0000
0,6492	0,1277	0,8980	0,0000	0,0000	0,0000
0,2406	0,0054	0,9557	0,0000	0,0000	0,0000
0,2409	0,7660	0,3502	0,0000	0,0000	0,0000
0,2302	0,0113	0,6292	0,0000	0,0000	0,0000
0,6435	0,2628	0,1921	0,0000	0,0000	0,0000
0,7180	0,3020	0,7546	0,0000	0,0000	0,0000
0,6437	0,9186	0,5810	0,0000	0,0000	0,0000
0,9301	0,6736	0,4828	0,0000	0,0000	0,0000

Tabel 4.7 Matriks Posisi Partikel dan Kecepatan Partikel 3

partikel 3					
μ_{31}	μ_{32}	μ_{33}	V_{31}	V_{32}	V_{33}
0,3313	0,4991	0,4019	0,0000	0,0000	0,0000
0,5169	0,8270	0,6950	0,0000	0,0000	0,0000
0,9864	0,7011	0,9557	0,0000	0,0000	0,0000
0,1169	0,8004	0,8217	0,0000	0,0000	0,0000
0,8768	0,6981	0,5648	0,0000	0,0000	0,0000
0,3267	0,8546	0,5806	0,0000	0,0000	0,0000
0,8688	0,8387	0,4672	0,0000	0,0000	0,0000
0,1063	0,9299	0,4795	0,0000	0,0000	0,0000
0,9495	0,1709	0,2023	0,0000	0,0000	0,0000
0,1321	0,7871	0,9617	0,0000	0,0000	0,0000



4.5.5 Pemilihan Partikel terbaik untuk Pusat Cluster Optimal

Langkah 1: Menghitung matriks pusat *cluster* (*V*) untuk masing-masing partikel menggunakan persamaan 2.3. Berikut merupakan contoh perhitungan pusat *cluster* ke 1 pada fitur *lama* di Partikel 1:

$$v_{11} = \frac{\sum_{j=1}^n (u_{ij})^m x_j}{\sum_{j=1}^n (u_{ij})^m} = \frac{(u_{11})^m x_1 + (u_{12})^m x_2 + \dots + (u_{1n})^m x_n}{(u_{11})^m + (u_{12})^m + \dots + (u_{1n})^m}$$

$$= \frac{(0,3202)(0,000) + (0,0564)(0,2998) + \dots + (0,7927)(0,034)}{0,3202 + 0,0564 + \dots + 0,7927}$$

$$= \frac{1,322}{4,126} = 0,32045$$

Perhitungan dengan cara yang sama dilakukan untuk setiap fitur pada setiap partikel. Hasil perhitungan matriks *pusat cluster* (*V*) untuk setiap partikel ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Matriks Hasil Perhitungan Pusat cluster (*V*)

	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
Partikel 1	0,320	0,244	0,245	0,242	0,217	0,359	0,227	0,243	0,263	0,000	0,317	0,233
	0,492	0,375	0,375	0,375	0,305	0,439	0,443	0,396	0,369	0,000	0,439	0,297
	0,307	0,281	0,282	0,280	0,260	0,403	0,264	0,264	0,309	0,000	0,410	0,247
Partikel 2	0,260	0,182	0,183	0,182	0,177	0,302	0,121	0,175	0,221	0,000	0,245	0,169
	0,306	0,334	0,338	0,330	0,335	0,480	0,288	0,315	0,346	0,000	0,412	0,328
	0,466	0,302	0,303	0,302	0,249	0,403	0,318	0,320	0,314	0,000	0,368	0,260
Partikel 3	0,239	0,261	0,266	0,256	0,262	0,418	0,221	0,239	0,268	0,000	0,411	0,251
	0,523	0,373	0,375	0,372	0,325	0,539	0,348	0,375	0,413	0,000	0,469	0,361
	0,425	0,308	0,310	0,307	0,268	0,390	0,332	0,312	0,312	0,000	0,388	0,278

Langkah 2: Menghitung fungsi objektif menggunakan persamaan 2.2 untuk masing-masing partikel. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai *objektif* untuk partikel 1:

$$J(U, V)_1 = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n (u_{ij})^m d_{ij}^2 = 0,41898 + 0,22507 + \dots + 0,01959$$

$$= 15,415493$$

Perhitungan dengan cara yang sama dilakukan untuk partikel-partikel selanjutnya. Hasil nilai objektif untuk setiap partikel ditunjukkan pada tabel 4.9.



Tabel 4.9 Nilai *Objektif* Partikel

Partikel	Nilai <i>Objektif</i>
1	15,415493
2	12,490450
3	13,541049

Langkah 3: Mengevaluasi partikel dengan menghitung nilai *fitness* untuk masing-masing partikel. Perhitungan nilai *fitness* menggunakan persamaan 2.8. Contoh perhitungan nilai *fitness* untuk partikel 1 adalah:

$$F(P_1) = \frac{1}{J_{FCM}} = \frac{1}{15,415493} = 0,06487$$

Perhitungan dengan cara yang sama dilakukan untuk partikel-partikel selanjutnya. Hasil perhitungan nilai *fitness* untuk setiap partikel ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Nilai *Fitness*

Partikel	Nilai <i>Fitness</i>
1	0,06487
2	0,08006
3	0,07385

Setelah nilai *fitness* diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai P_i (posisi terbaik partikel) dan P_g (posisi terbaik global). Pada iterasi awal, nilai *fitness* yang didapatkan akan menjadi nilai posisi terbaik untuk setiap partikel, namun pada iterasi selanjutnya, nilai *fitness* akan dibandingkan dengan nilai *fitness* pada iterasi sebelumnya, nilai *fitness* terbesar yang akan menjadi nilai posisi terbaik pada iterasi tersebut.

Nilai P_g (posisi terbaik global) didapatkan dari membandingkan nilai P_i dari setiap partikel. Nilai P_i terbesar akan menjadi nilai posisi terbaik global pada iterasi tersebut. Nilai P_i pada iterasi 1 ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Nilai P_i dan P_g

Posisi terbaik partikel	Nilai
P_1	0,06487
P_2	0,08006
P_3	0,07385



Setelah nilai P_i setiap partikel didapatkan, maka selanjutnya akan dicari nilai P_g dengan mencari nilai maksimum dari semua P_i . Pada iterasi 1 didapatkan nilai P_g sebesar 0,08006 yang berasal dari partikel 2

Langkah 4: setelah partikel dievaluasi, langkah selanjutnya adalah *update* kecepatan dan posisi partikel menggunakan persamaan 2.5 dan 2.6. Contoh perhitungan perubahan kecepatan partikel dan perubahan posisi untuk V_1 dan X_1 pada partikel 1 adalah:

$$\begin{aligned} V_1(t+1) &= \omega V_1(t) + c_1 r_1 (P_1 - X_1) + c_2 r_2 (P_g - X_1) \\ &= \left(0,9 - \frac{0,9 - 0,4}{2} x_1\right) (0,000) + (2)(0,5)(0,6487 - 0,5659) \\ &\quad + (2)(0,5)(0,8006 - 0,5659) = -0,3 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan posisi partikel yang baru, kemudian nilai akan dicek apakah ada dalam melewati *velocity* maksimum atau tidak, jika nilai melewati nilai *velocity* maksimum maka $V_i(t+1) =$ nilai *velocity* maksimum. Contoh perhitungan *update* posisi partikel adalah:

$$X_1(t+1) = X(t) + V_i(t+1) = 0,5659 + (-0,3) = 0,266$$

Perhitungan dengan cara yang sama juga dilakukan kepada partikel lainnya. Hasil perhitungan *update* posisi dan kecepatan setiap partikel ditunjukkan pada Tabel 4.12, 4.13 dan 4.14.

Tabel 4.12 Kecepatan dan Posisi Partikel 1 Ter-Update

Partikel 1 (Update)					
μ_{11}	μ_{12}	μ_{13}	V_{11}	V_{12}	V_{13}
0,266	0,671	0,537	-0,300	-0,300	-0,300
-0,063	0,355	0,181	-0,300	-0,300	-0,300
0,177	0,156	0,494	-0,300	-0,300	-0,300
0,429	0,689	0,255	-0,300	-0,300	-0,300
0,664	0,056	0,119	-0,300	-0,032	-0,300
0,048	0,019	-0,020	-0,048	-0,300	-0,300
0,655	0,100	0,637	-0,300	-0,300	-0,300
0,033	0,077	0,055	-0,079	-0,300	-0,300
0,279	0,106	0,064	-0,300	0,067	-0,016
0,590	0,019	0,003	-0,300	-0,107	-0,139

Tabel 4.13 Kecepatan dan Posisi Partikel 2 Ter-Update

Partikel 2 (Update)					
μ_{21}	μ_{22}	μ_{23}	V_{21}	V_{22}	V_{23}
0,5835	0,5804	0,4732	-0,3000	-0,3000	-0,3000
0,0473	0,5868	-0,2059	-0,3000	-0,3000	-0,3000
0,3492	0,0324	-0,5980	-0,3000	-0,0952	-0,3000
-0,0594	0,1547	-0,6557	-0,3000	0,1493	-0,3000
-0,0591	0,4660	-0,0502	-0,3000	-0,3000	-0,3000
-0,0698	0,1488	-0,3292	-0,3000	0,1376	-0,3000
0,3435	-0,0372	-0,0320	-0,3000	-0,3000	-0,2241
0,4180	0,0020	-0,4546	-0,3000	-0,3000	-0,3000
0,3437	0,6186	-0,2810	-0,3000	-0,3000	-0,3000
0,6301	0,3736	0,1828	-0,3000	-0,3000	-0,3000

Tabel 4.14 Kecepatan dan Posisi Partikel Ter-Update

Partikel 3 Update (Lanjutan)					
μ_{31}	μ_{32}	μ_{33}	V_{31}	V_{32}	V_{33}
0,031	0,199	0,102	-0,300	-0,300	-0,300
0,217	0,527	0,395	-0,300	-0,300	-0,300
0,686	0,401	0,656	-0,300	-0,300	-0,300
0,037	0,500	0,522	-0,080	-0,300	-0,300
0,577	0,398	0,265	-0,300	-0,300	-0,300
0,027	0,555	0,281	-0,300	-0,300	-0,300
0,569	0,539	0,167	-0,300	-0,300	-0,300
0,048	0,630	0,179	-0,059	-0,300	-0,300
0,649	-0,017	0,154	-0,300	-0,188	-0,048
0,022	0,487	0,662	-0,110	-0,300	-0,300

Langkah 5: Mengevaluasi partikel baru untuk mendapatkan posisi terbaik setiap nilai partikel terbaik setiap iterasi (P_i) dan partikel terbaik global (P_g) yang baru. Proses evaluasi partikel dilakukan seperti pada langkah 3. Hasil evaluasi untuk partikel baru yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Nilai Evaluasi Partikel Baru

Posisi terbaik partikel	Nilai
P_1	0,38004
P_2	0,15974
P_3	0,08036



Nilai partikel terbaik global (P_g) untuk partikel baru adalah 0,38004 yang didapatkan dari partikel 1.

Langkah 6: Cek kondisi berhenti dengan memeriksa apakah iterasi telah mencapai iterasi maksimum atau $|gbest(t) - gbest(t+1)| < \epsilon$. Jika tidak, maka iterasi dilanjutkan.

Partikel terpilih saat kondisi berhenti terpenuhi adalah partikel dengan nilai *fitness* terbaik. Partikel tersebut pada proses selanjutnya akan digunakan untuk mendapatkan pusat *cluster* awal optimal pada proses pengelompokan. Pada perhitungan manual ini partikel terpilih ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Partikel Terpilih dengan Nilai *Fitness* Terbaik

μ_1	μ_2	μ_3
0,2651	0,3746	0,4923
0,5221	0,2502	0,3880
0,2896	0,3062	0,4973
0,3501	0,3280	0,2798
0,6137	0,4886	0,4599
0,5120	0,3562	0,4143
0,6592	0,3870	0,6599
0,3304	0,2416	0,3408
0,2885	0,5250	0,4863
0,6250	0,4209	0,4832

4.5.6 Proses Klasterisasi

Langkah 1: Menghitung pusat *cluster* dari partikel yang terpilih pada proses sebelumnya menggunakan persamaan 2.3. Contoh perhitungan pusat *cluster* ke-1 pada fitur ke-1 adalah:

$$\begin{aligned}
 v_{11} &= \frac{\sum_{j=1}^n (u_{ij})^m x_j}{\sum_{j=1}^n (u_{ij})^m} = \frac{(u_{11})^m x_1 + (u_{12})^m x_2 + \dots + (u_{1n})^m x_n}{(u_{11})^m + (u_{12})^m + \dots + (u_{1n})^m} \\
 &= \frac{(0,0703)(0,0162) + (0,2726)(0,0043) + \dots + (0,3907)(225)}{0,0703 + 0,2726 + \dots + 0,3907} \\
 &= 0,2624
 \end{aligned}$$

Perhitungan dilakukan kepada setiap fitur pada setiap *cluster*. Hasil *pusat cluster* terhadap data ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Matriks Hasil Perhitungan Pusat cluster FCM (V)

lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
0,262	0,320	0,315	0,325	0,330	0,308	0,060	0,176	0,271	0,242	0,247	0,122
0,367	0,382	0,378	0,385	0,366	0,368	0,208	0,293	0,293	0,185	0,348	0,257
0,304	0,326	0,323	0,329	0,318	0,288	0,125	0,202	0,332	0,169	0,283	0,179

Langkah 2: Perhitungan fungsi objektif menggunakan persamaan 2.2. Contoh perhitungan dilakukan sebagai berikut:

$$J(U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n (u_{ij})^m d_{ij}^2 = 0,1879 + 0,2513 + \dots + 0,7094 = 4,6838$$

Langkah 4: setelah fungsi objektif didapatkan, langkah selanjutnya adalah menghitung perubahan matriks keanggotaan menggunakan persamaan 2.4.

Contoh perhitungan perubahan matriks keanggotaan (U) untuk u_{11} adalah:

$$u_{11} = \frac{[\sum_{i=1}^n (d_{ij})]^{m-1}}{\sum_{j=1}^c [\sum_{i=1}^n (d_{ij})]^{m-1}}$$

$$= \frac{[(0,23037 - 0,2314)^2 + (0,0588 - 0,2442)^2 + \dots + (0,000 - 0,1430)]^{2-1}}{5,6821 + 3992 + \dots + 1,420}$$

$$= 0,4841$$

Hasil perubahan matriks keanggotaan final ditunjukkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Perubahan Matriks Keanggotaan

μ_{i1}	μ_{i2}	μ_{i3}
0,484171	0,149646	0,366183
0,377637	0,265395	0,356968
0,466841	0,165284	0,367875
0,465956	0,166164	0,36788
0,468107	0,163997	0,367896
0,235971	0,49915	0,264879
0,367723	0,249018	0,383259
0,266496	0,425377	0,308127
0,278759	0,420768	0,300473
0,296711	0,39543	0,307859

Langkah 5: Langkah selanjutnya setelah didaparkannya matriks perubahan keanggotaan final, maka matriks tersebut akan digunakan untuk menentukan cluster setiap data. Penentuan cluster untuk setiap data ditentukan berdasarkan



derajat keanggotaan terbesar. Hasil derajat keanggotaan dan hasil *clustering* ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Hasil *Clustering* Data

Data Ke	Derajat keanggotaan (μ) data pada Cluster ke-			Data Cenderung Masuk ke Cluster i dengan derajat keanggotaan terbesar
	1	2	3	
1	0,484171	0,149646	0,366183	1
2	0,377637	0,265395	0,356968	1
3	0,466841	0,165284	0,367875	1
4	0,465956	0,166164	0,36788	1
5	0,468107	0,163997	0,367896	1
6	0,235971	0,49915	0,264879	2
7	0,367723	0,249018	0,383259	3
8	0,266496	0,425377	0,308127	2
9	0,278759	0,420768	0,300473	2
10	0,296711	0,39543	0,307859	2

4.5.7 Perhitungan Nilai *Silhouette coefficient*

Pada bagian ini, akan dijelaskan mengenai proses perhitungan nilai *silhouette coefficient* untuk mengetahui kualitas *cluster* yang telah dihasilkan.

Langkah 1: Menghitung rata-rata jarak objek dengan semua objek lain yang berada didalam satu *cluster* dengan persamaan 2.9. Contoh perhitungan nilai $a(i)$ untuk *cluster* 1 adalah:

$$\begin{aligned}
 a(1) &= \frac{1}{|A| - 1} \sum_{j \in A, j \neq i} d(i, j) \\
 &= \frac{1}{5 - 1} \times (0,902471 + 0,935484 + \dots + 0,392157) \\
 &= 20,59352
 \end{aligned}$$

Perhitungan dengan cara yang sama juga dilakukan untuk *cluster-cluster* lainnya. Hasil nilai $a(i)$ untuk *cluster* 2 adalah 8,749473 dan untuk *cluster* 3 adalah 0 karena *cluster* 3 hanya memiliki 1 anggota.

Langkah 2: Menghitung rata-rata jarak objek dengan semua objek lain yang berbeda pada *cluster* lain, kemudian ambil nilai paling minimum dengan persamaan 2.10 dan 2.11.

Menghitung rata-rata jarak objek pada *cluster* 1 dengan objek pada *cluster* 2:

$$d(i, \text{cluster } 2) = \frac{1}{|\text{cluster } 2|} \sum_{j \in \text{cluster } 2} d(i, j)$$



$$= \frac{1}{4} x (0,527958 + 0,157258 + \dots + 0,45098) = 79,9434$$

Menghitung rata-rata jarak objek pada *cluster* 1 dengan objek pada *cluster* 3:

$$\begin{aligned} d(i, \text{cluster } 3) &= \frac{1}{|\text{cluster } 3|} \sum_{j \in \text{cluster } 3} d(i, j) \\ &= \frac{1}{1} x (0,178153 + 0,185484 + \dots + 0,235394) \\ &= 9,217224 \end{aligned}$$

Mencari nilai minimum dari jarak yang didapatkan sesuai dengan persamaan 2.10:

$$b(i) = \min_{C \neq A} d(i, C) = \min(79,9434; 9,217224) = 9,217224$$

Perhitungan dengan cara yang sama juga dilakukan untuk *cluster* lainnya. Nilai $b(i)$ yang didapatkan untuk *cluster* 2 adalah 5,07063 dan untuk *cluster* 3 adalah 1,267658

Langkah 3: Menghitung nilai *silhouette coefficient cluster* ke- i menggunakan persamaan 2.11.

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))} = \frac{9,217224 - 5,148381}{\max(9,217224; 5,148381)} = 0,441439$$

Nilai *silhouette coefficient* untuk *cluster* 1 adalah 0,441439. Perhitungan dengan cara yang sama juga dilakukan untuk *cluster* 2 dan *cluster* 3. Nilai $s(i)$ untuk *cluster* 2 adalah 0,424827 dan untuk *cluster* 3 adalah 1. Hasil akhir nilai *silhouette coefficient* adalah rata-rata dari nilai *silhouette coefficient* yang didapatkan dari setiap *cluster*. Perhitungan rata-rata nilai *silhouette coefficient* yang didapatkan adalah:

$$\text{Silhouette coefficient} = \frac{0,441439 + 0,424827 + 1}{3} = 0,622089$$

Nilai evaluasi *silhouette coefficient* yang didapatkan untuk proses klasterisasi pada perhitungan manual ini adalah sebesar 0,622089.

4.6 Implementasi

Pada bab ini akan membahas mengenai implementasi kode program untuk proses *clustering* proses berpikir siswa dalam proses belajar. Proses implementasi dilakukan berdasarkan proses perancangan yang telah dibuat. Program yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman *python*.

4.6.1 Implementasi Proses Normalisasi Data dan Inisialisasi Parameter

Proses normalisasi data dilakukan terhadap seluruh data yang digunakan dengan tujuan menyamakan rentang nilai pada data. Proses normalisasi dilakukan dengan metode *Min-Max Normalization*. Proses normalisasi data dan inisialisasi parameter ditunjukkan pada Kode Program 4.1.



Algoritme 1: Normalisasi data dan inisialisasi parameter

```

1 def proses_normalisasi(data):
2     scaler = MinMaxScaler()
3     scaler.fit(data)
4     return scaler.transform(data)
5
6 hasil_normalisasi = proses_normalisasi(data_siswa)
7 print("hasil normalisasi\n\n",
8     hasil_normalisasi)
9
10 jumlah_cluster = 2
11 uk_populasi = 10
12 wMax = 0.9
13 wMin = 0.2
14 c1 = 2
15 c2 = 2
16 vMax = 0.3
17 vMin = -vMax
18 maks_iterasi = 200
19 nilai_error = 0.01
20 r1 = np.random.rand()
21 r2 = np.random.rand()

```

Kode Program 4.1 Implementasi Proses Normalisasi Data dan Inisialisasi Parameter

Penjelasan untuk Kode Program 4.1 mengenai proses normalisasi data dan inisialisasi parameter sebagai berikut:

1. Baris 1 merupakan deklarasi Method `normalisasi_data` yang berfungsi untuk menormalisasi data yang digunakan.
2. Baris 2 merupakan deklarasi dan inisialisasi variabel `scaler`.
3. Baris 3 merupakan pemanggilan Method `fit` oleh variabel `scaler`.
4. Baris 4 mengembalikan nilai return berupa pemanggilan Method `transform` oleh variabel `scaler`.
5. Baris 6-8 mencetak hasil normalisasi data.
6. Baris 10-21 merupakan deklarasi dan inisialisasi variabel-variabel yang merupakan parameter yang dibutuhkan.

4.6.2 Implementasi Proses Inisialisasi Matriks Posisi Partikel dan Kecepatan Partikel

Proses inisialisasi matriks posisi dan kecepatan partikel dibangkitkan secara acak dengan rentang nilai 0 sampai 1. Matriks dibangkitkan dengan ukuran jumlah *cluster* dan jumlah partikel yang telah diinisialisasikan. Proses inisialisasi matriks posisi partikel dan kecepatan partikel ditunjukkan pada Kode Program 4.2.

Algoritme 2: inisialisasi posisi dan kecepatan partikel

```

1 partikel_c_awal = []
2 partikel_v_awal = []

```



```

3
4     for i in range(uk_populasi):
5         c = []
6     for j in range(jumlah_cluster):
7
8         c.append(np.random.rand(len(hasil_normalisasi)))
9         partikel_c_awal.append(c)
10
11 partikel_v_awal = np.zeros(np.shape(partikel_c_awal))

```

Kode Program 4.2 Implementasi Proses Inisialisasi Matriks Posisi Partikel dan Kecepatan Partikel

Penjelasan untuk Kode Program 4.2 mengenai proses inisialisasi matriks posisi partikel dan kecepatan partikel sebagai berikut:

1. Baris 1 merupakan deklarasi variabel `partikel_c_awal` dengan tipe data array.
2. Baris 2 merupakan deklarasi variabel `partikel_v_awal` dengan tipe data array.
3. Baris 4-9 merupakan proses perulangan yang dilakukan sebanyak jumlah partikel untuk membangkitkan matriks posisi partikel dan menyimpannya kedalam variabel `partikel_c_awal`.
4. Baris 11 merupakan deklarasi dan inisialisasi variabel `partikel_v_awal`.

4.6.3 Implementasi Proses Perhitungan Pusat Cluster

Proses perhitungan pusat *cluster* dilakukan kepada setiap data di setiap partikel. Proses perhitungan pusat *cluster* dilakukan pada proses pencarian partikel terbaik dan proses klusterisasi. Implementasi proses perhitungan pusat *cluster* ditunjukkan pada Kode Program 4.3.

Algoritme 3: Perhitungan Pusat Cluster

```

1 def perhitungan_pusat_cluster(dk, data_input):
2     dkkuadrat = [i ** m for i in dk]
3     hasil_fitur = []
4     for i in data_input.T:
5         hasil_fitur.append(i * dkkuadrat)
6     sum_hasil_fitur = [np.sum(i) for i in hasil_fitur]
7     sum_dk = np.sum(dkkuadrat)
8     hasil_final = [i/sum_dk for i in sum_hasil_fitur]
9     return hasil_final

```

Kode Program 4.3 Proses Perhitungan Pusat Cluster

Penjelasan untuk Kode Program 4.3 mengenai perhitungan pusat *cluster* sebagai berikut:

1. Baris 1 merupakan deklarasi Method `perhitungan_pusat_cluster` yang berfungsi untuk menghitung matriks pusat *cluster*.
2. Baris 2 merupakan deklarasi dan inisialisasi variabel `dkkuadrat`.



3. Baris 3 merupakan deklarasi dan inialisasi variabel `hasil_fitur` dengan tipe data array.
4. Baris 4-5 merupakan perulangan yang dilakukan sebanyak `data_input` yang ditransformasikan untuk menambahkan `hasil_perhitungan` kedalam variabel `hasil_fitur`.
5. Baris 6 merupakan deklarasi dan inialisasi variabel `sum_hasil_fitur`.
6. Baris 7 merupakan deklarasi dan inialisasi variabel `sum_dk`.
7. Baris 8 merupakan deklarasi dan inialisasi variabel `hasil_final`.
8. Baris 9 merupakan proses pengembalian nilai dari variabel `hasil_final`.

4.6.4 Implementasi Proses Perhitungan Fungsi Objektif

Proses perhitungan fungsi objektif dilakukan untuk masing-masing partikel untuk mendapatkan nilai *fitness*. Proses perhitungan fungsi objektif ditunjukkan pada Kode Program 5.4.

```

Algoritme 4: Perhitungan Fungsi Objektif
1  def perhitungan_fungsi_objektif(data_input, dk, v):
2      dkkuadrat = [i ** m for i in dk]
3      L = []
4      for i in data_input: #
5          temp = []
6          for j in range(len(v)): #v: matriks hasil pusat
7              cluster
8                  temp.append((i[j] - v[j]) ** 2)
9              L.append(temp)
10             L = [np.sum(L[i]) * dkkuadrat[i] for i in
11                 range(len(L))]
12             return L
  
```

Kode Program 4.4 Proses Perhitungan Fungsi Objektif

Penjelasan untuk Kode Program 4.4 mengenai proses perhitungan fungsi objektif sebagai berikut:

1. Baris 1 merupakan deklarasi Method `perhitungan_fungsi_objektif` yang berfungsi untuk menghitung fungsi objektif.
2. Baris 2 merupakan deklarasi dan inialisasi variabel `dkkuadrat`.
3. Baris 3 merupakan deklarasi variabel `L` dengan tipe data array.
4. Baris 4-11 merupakan proses perulangan yang dilakukan sebanyak `data_input` untuk menghitung nilai fungsi objektif.
5. Baris 12 merupakan pengembalian dari nilai pada variabel `L`.

4.6.5 Implementasi Proses Evaluasi Partikel

Proses evaluasi setiap partikel dilakukan dengan mencari nilai partikel terbaik untuk setiap partikel dan partikel terbaik global. Implementasi proses evaluasi partikel ditunjukkan pada Kode Program 4.5.



Algoritme 5: Proses evaluasi partikel

```

1 def get_pbest(pbest_awal, pbest_baru):
2     pbest = []
3     for i in range(len(pbest_awal)):
4         if (pbest_awal[i] > pbest_baru[i]):
5             pbest.append(pbest_awal[i])
6         else:
7             pbest.append(pbest_baru[i])
8     pbest = np.array(pbest)
9     gbest = np.max(pbest)
10    return pbest, gbest, np.argmax(pbest)

```

Kode Program 4.5 Proses Evaluasi Partikel

Penjelasan untuk Kode Program 4.5 mengenai proses evaluasi partikel sebagai berikut:

1. Baris 1 merupakan deklarasi method `get_pbest` yang berfungsi untuk mengevaluasi setiap partikel.
2. Baris 2 merupakan deklarasi dan inisialisasi variabel `pbest`.
3. Baris 3 merupakan proses perulangan yang berfungsi untuk mendapatkan nilai `pbest`.
4. Baris 8 merupakan deklarasi dan inisialisasi variabel `pbest`.
5. Baris 9 merupakan deklarasi dan inisialisasi variabel `gbest`.
6. Baris 10 merupakan proses pengembalian nilai.

4.6.6 Implementasi Proses *Update* Kecepatan dan Posisi Partikel

Proses *update* kecepatan partikel serta posisi partikel dilakukan kepada setiap partikel disetiap iterasi untuk mengevaluasi partikel tersebut. Implementasi proses *update* kecepatan partikel dan posisi partikel ditunjukkan pada Kode Program 4.6.

Algoritme 6: Proses *update* kecepatan dan posisi partikel

```

1 def v_baru(w, c1, c2, r1, r2, pbest, gbest, dk, v, vMax,
2     vMin):
3     v_baru = np.array([(w * v[i]) + (c1 * r1 * (pbest
4         - dk[i])) + (c2 * r2 * (gbest - dk[i])) for i in
5         range(len(dk))])
6     v_baru[v_baru > vMax] = vMax
7     v_baru[v_baru < vMin] = vMin
8     return v_baru
9
10
11 def inersia(maxIterasi, iterasi, wMax, wMin):
12     w = wMax - ((wMax - wMin) / maxIterasi) * iterasi
13     return w
14
15 def c_baru(vbaru, dk):
16     return [vbaru[i] + dk[i] for i in range(len(dk))]

```



Kode Program 4.6 Proses *Update* Kecepatan dan Posisi Partikel

Penjelasan untuk Kode Program 4.5 mengenai proses *update* kecepatan dan posisi partikel sebagai berikut:

1. Baris 1-2 merupakan deklarasi Method `v_baru` yang berfungsi untuk memperbarui kecepatan partikel.
2. Baris 3-7 merupakan deklarasi dan inisialisasi variabel `v_baru`.
3. Baris 8 merupakan proses pengembalian nilai `v_baru`.
4. Baris 11 merupakan deklarasi Method `inersia` yang berfungsi untuk memperbarui nilai bobot inersia.
5. Baris 15 merupakan deklarasi Method `c_baru` yang berfungsi untuk memperbarui posisi partikel.
6. Baris 16 merupakan proses pengembalian nilai dari proses perhitungan yang ada.

4.6.7 Implementasi Proses Perubahan Matriks Keanggotaan

Proses perubahan matriks keanggotaan dilakukan setelah proses perhitungan pusat *cluster* dan nilai objektif kepada partikel terpilih dari hasil perhitungan sebelumnya. Matriks keanggotaan final akan menjadi derajat keanggotaan setiap data untuk proses klasterisasi nantinya. Implementasi proses perubahan matriks keanggotaan ditunjukkan pada Kode Program 4.7.

Algoritme 7: Perubahan Matriks Keanggotaan

```

1 def L_matriks_partisi_u(data_input, v):
2     L = []
3     for i in data_input:
4         temp = []
5         for j in range(len(v)):
6             temp.append((i[j] - v[j]) ** 2)
7         L.append(temp)
8     L = [np.sum(L[i]) ** (-1 / m - 1) for i in
9         range(len(L))]
10    return L

```

Kode Program 4.7 Proses Perubahan Matriks Keanggotaan

Penjelasan untuk Kode Program 4.7 mengenai proses perubahan matriks keanggotaan adalah:

1. Baris 1 merupakan deklarasi Method `L_matriks_partisi_u` yang berfungsi untuk membangkitkan matriks partisi awal.
2. Baris 2 merupakan deklarasi variabel `L` dengan tipe data array.
3. Baris 5-8 merupakan proses perulangan yang dilakukan sebanyak variabel `v` untuk menghitung matriks keanggotaan.
4. Baris 9 merupakan deklarasi dan inisialisasi variabel `L`.
5. Baris 10 merupakan proses pengembalian nilai dari variabel `L`.



4.6.8 Implementasi Proses Klasterisasi

Tahap klasterisasi dilakukan dengan pemilihan *cluster* untuk setiap data berdasarkan kepada derajat keanggotaan terbesar. Implementasi proses klasterisasi ditunjukkan pada Kode Program 4.8.

```

Algoritme 8: Klasterisasi Data
1 def fcm(partikel_c, hasil_normalisasi):
2     v = []
3     for i in range(len(partikel_c)):
4         v.append(perhitungan_pusat_cluster(partikel_c[i],
5             hasil_normalisasi))
6
7     derajat_keanggotaan_fcm = fcm(derajat_keanggotaan_fcm,
8         hasil_normalisasi)
9
10    hasil_cluster = [np.argmax(i) + 1 for i in
11        np.array(derajat_keanggotaan_fcm).T]

```

Kode Program 4.8 Proses Klasterisasi Data

Penjelasan untuk Kode Program 4.8 mengenai proses klasterisasi data adalah:

1. Baris 1 merupakan deklarasi Method *fcm* yang berfungsi untuk mengelompokkan data.
2. Baris 2 merupakan deklarasi variabel *v* dengan tipe data array.
3. Baris 3-6 merupakan proses perulangan yang dilakukan sebanyak data pada *partikel_c* untuk menghitung pusat *cluster*.
4. Baris 8-9 merupakan proses deklarasi dan inisialisasi variabel *derajat_keanggotaan_fcm*.
5. Baris 11-12 merupakan deklarasi dan inisialisasi variabel *hasil_cluster*.

4.6.9 Implementasi Proses Pengujian *Cluster* Menggunakan Metode *Silhouette coefficient*

Tahapan setelah setiap data diberikan label *cluster*, maka selanjutnya adalah menguji kualitas *cluster* yang telah dihasilkan. Implementasi proses pengujian *cluster* ditunjukkan pada Kode Program 4.9.

```

Algoritme 9: Proses Pengujian Hasil Cluster
1 Evaluasi =
2 sklearn.silhouette_score(normalizeData, hasil_cluster, me
3     tric='manhattan')
4 print(evaluasi)

```

Kode Program 4.9 Proses Pengujian Hasil *Cluster*

Penjelasan untuk Kode Program 4.9 mengenai proses pengujian adalah:

1. Baris 1-3 merupakan deklarasi dan inisialisasi variabel *evaluasi* yang berfungsi untuk menghasilkan nilai *silhouette coefficient*.
2. Baris 4 merupakan proses mencetak nilai dalam variabel *evaluasi*.

BAB 5 PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dijelaskan hasil dari pengujian parameter-parameter yang digunakan dari metode *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMPSO), serta hasil pengujian terhadap proses *clustering* yang telah dilakukan terhadap seluruh data dan analisisnya.

5.1 Pengujian Jumlah Cluster

Proses pengujian jumlah *cluster* dilakukan untuk mendapatkan jumlah *cluster* optimal untuk setiap data yang ada. Proses pengujian akan dilakukan kepada masing-masing data. Jumlah *cluster* yang diujikan dimulai dari 2 *cluster* hingga kondisi konvergen atau kondisi dimana tidak ada lagi kenaikan nilai pada grafik. Proses pengujian akan menggunakan jumlah partikel 10, nilai bobot inersia [0,5;0,5], nilai *learning factor* [0,5;0,5], *velocity* maksimum 0,3 dan jumlah iterasi maksimum 10. Proses pengujian untuk masing-masing jumlah *cluster* akan dilakukan sebanyak 10 kali percobaan yang kemudian akan dicari rata-rata nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan. Jumlah *cluster* optimal adalah *cluster* yang memiliki nilai rata-rata terbesar. Hasil lengkap pengujian jumlah *cluster* dan visualisasi hasil untuk data *assignment* 1 sampai 12 terlampir dalam Lampiran B. Berikut merupakan contoh hasil pengujian jumlah *cluster* untuk data *assignment* 7 yang ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Jumlah Cluster

Jumlah Cluster	Nilai <i>Silhouette Coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>						Rata-Rata Nilai
	1	2	3	4	...	10	
2	0,7372	0,7372	0,7372	0,7372	...	0,7372	0,7372
3	0,66557	0,66557	0,658303	0,72547	...	0,658303	0,674645
4	0,63008	0,63604	0,741649	0,690849	...	0,741649	0,689936
5	0,67803	0,71684	0,714733	0,67598	...	0,669347	0,688149
6	0,69463	0,67415	0,753589	0,75346	...	0,70571	0,710807
7	0,72535	0,71203	0,752804	0,726242	...	0,761552	0,742474
8	0,68951	0,6769	0,717009	0,710919	...	0,667589	0,699248
9	0,69383	0,68068	0,690723	0,66211	...	0,716148	0,679663
10	0,66026	0,68267	0,640742	0,63017	...	0,617839	0,662422

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap data *assignment* 7 yang ditunjukkan pada Tabel 5.1, maka didapatkan jumlah *cluster* optimal adalah 7 *cluster*. Nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan sebesar 0,742474. Proses pengujian dengan cara yang sama juga dilakukan untuk masing-masing data



assignment 1 sampai 12. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, hasil jumlah *cluster* optimal untuk masing-masing data *assignment* ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Jumlah Cluster Optimal Assignment 1 - 12

No.	Assignment	Jumlah Cluster Optimal
1	Assignment 1	10 cluster
2	Assignment 2	2 cluster
3	Assignment 3	2 cluster
4	Assignment 4	7 cluster
5	Assignment 5	2 cluster
6	Assignment 6	2 cluster
7	Assignment 7	7 cluster
8	Assignment 8	2 cluster
9	Assignment 9	2 cluster
10	Assignment 10	2 cluster
11	Assignment 11	5 cluster
12	Assignment 12	2 cluster

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.2, jumlah *cluster* optimal untuk 12 data *assignment* didominasi oleh 2 *cluster*. Jumlah *cluster* ini merupakan jumlah *cluster* minimum yang terbentuk. Sedangkan, jumlah *cluster* terbaik maksimum yang terbentuk diperoleh pada data *assignment* 1 yang membentuk 10 *cluster*. Hasil dari proses pengujian ini akan digunakan untuk proses pengujian selanjutnya.

5.2 Pengujian Parameter *Particle Swarm Optimization* (PSO)

5.2.1 Pengujian Pengaruh Jumlah Partikel

Pengujian jumlah partikel dilakukan untuk mencari berapa jumlah partikel terbaik yang dapat memberikan nilai *silhouette coefficient* tertinggi pada proses *clustering* proses berpikir siswa. Proses pengujian jumlah partikel akan dilakukan terhadap masing-masing data. Jumlah partikel yang diujikan dimulai dari 10 hingga 150 partikel dengan kelipatan 10. Proses pengujian jumlah partikel menggunakan nilai bobot inersia [0,5;0,5], nilai *learning factor* [0,5;0,5], *velocity* maksimum 0,3 dan jumlah iterasi maksimum 10.

Proses pengujian jumlah partikel akan dilakukan sama seperti pengujian jumlah *cluster*, dimana setiap jumlah partikel masing-masing akan diuji sebanyak 10 kali dan kemudian akan dicari rata-rata nilai *silhouette coefficient* yang

dihasilkan. Jumlah partikel optimal adalah yang memiliki nilai rata-rata terbesar. Hasil lengkap pengujian jumlah partikel dan visualisasi hasil untuk data *assignment* 1 sampai 12 terlampir dalam Lampiran B. Berikut merupakan contoh hasil pengujian jumlah partikel dari data *assignment* 7 yang ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Jumlah Partikel

Jumlah Partikel	Nilai <i>Silhouette Coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>						Rata-Rata Nilai
	1	2	3	4	...	10	
10	0,74793	0,66059	0,721252	0,722611	...	0,716203	0,709271
20	0,71758	0,68193	0,692668	0,753596	...	0,731627	0,708347
30	0,66527	0,76879	0,672845	0,754052	...	0,662373	0,704036
40	0,75879	0,74694	0,682756	0,736472	...	0,68544	0,719015
50	0,72257	0,65834	0,666113	0,694787	...	0,693485	0,706164
60	0,75249	0,67590	0,69654	0,758254	...	0,687411	0,706718
70	0,68496	0,74736	0,692668	0,677393	...	0,677393	0,708052
80	0,68829	0,67810	0,715098	0,751293	...	0,687575	0,704595
90	0,70514	0,65302	0,647839	0,700123	...	0,685305	0,679164
100	0,72066	0,72565	0,671978	0,764966	...	0,678345	0,714247
110	0,68976	0,70420	0,737125	0,70077	...	0,632393	0,708419
120	0,69454	0,70506	0,739906	0,745586	...	0,684568	0,694969
130	0,75211	0,69900	0,670331	0,677365	...	0,694463	0,696047
140	0,68128	0,65091	0,725114	0,65091	...	0,725076	0,693092
150	0,67478	0,67333	0,714231	0,677143	...	0,72536	0,69342

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap data *assignment* 7 yang ditunjukkan pada Tabel 5.3, maka didapatkan jumlah partikel optimal adalah 40 partikel. Nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan sebesar 0,719015. Proses pengujian dengan cara yang sama juga dilakukan untuk masing-masing data *assignment*. Adapun hasil jumlah partikel optimal untuk data *assignment* 1 sampai 12 ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Jumlah Partikel Optimal Assignment 1 - 12

No.	Assignment	Jumlah Partikel Optimal
1	Assignment 1	100 partikel
2	Assignment 2	10 partikel

Tabel 5.4 Jumlah Partikel Optimal Assignment 1 – 12 (Lanjutan)

No.	Assignment	Jumlah Partikel Optimal
3	Assignment 3	10 partikel
4	Assignment 4	100 partikel
5	Assignment 5	10 partikel
6	Assignment 6	10 partikel
7	Assignment 7	40 partikel
8	Assignment 8	10 partikel
9	Assignment 9	10 partikel
10	Assignment 10	10 partikel
11	Assignment 11	100 partikel
12	Assignment 12	10 partikel

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.4, 8 dari 12 data *assignment* memperoleh hasil jumlah partikel optimal sebanyak 10 partikel. Sedangkan, 3 *assignment* lainnya memperoleh jumlah partikel optimal diangka yang cukup tinggi yakni 100 partikel. Adapun data *assignment* 7 memperoleh jumlah partikel optimal sebanyak 40 partikel. Partikel optimal yang telah didapatkan untuk masing-masing data *assignment* akan digunakan pada proses pengujian selanjutnya.

5.2.2 Pengujian Pengaruh Parameter Bobot Inersia

Pengujian pengaruh bobot inersia dilakukan untuk mendapatkan pasangan nilai bobot inersia maksimum dan minimum yang paling optimal. Bobot inersia digunakan untuk menyeimbangkan pencarian lokal dan pencarian global dalam proses pencarian partikel optimal. Proses pengujian nilai bobot inersia dilakukan terhadap masing-masing data. Pasangan nilai bobot inersia maksimum dan minimum yang diujikan antara lain [0,9;0,2], [0,9;0,4], [0,9;0,6], [0,6;0,2], [0,6;0,3] dan [0,6;0,4]. Adapun proses pengujian akan menggunakan jumlah *cluster* dan jumlah partikel optimal yang telah diujikan, nilai *learning factor* [0,5;0,5], *velocity* maksimum 0,3 dan jumlah iterasi maksimum 10. Proses pengujian juga akan dilakukan kepada masing-masing pasangan nilai sebanyak 10 kali percobaan, yang kemudian akan dicari rata-rata nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan. Nilai bobot inersia optimal adalah yang memiliki nilai rata-rata terbesar. Hasil lengkap pengujian nilai bobot inersia dan visualisasi hasil untuk *assignment* 1 sampai 12 terlampir dalam Lampiran B. Berikut merupakan contoh hasil pengujian nilai bobot inersia untuk *assignment* 7 yang ditunjukkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Nilai Bobot Inersia

Nilai Bobot Inersia [max,min]	Nilai <i>Silhouette Coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>						Rata-Rata Nilai
	1	2	3	4	...	10	
[0,9;0,2]	0,68946	0,64250	0,71152	0,75325	...	0,67856	0,706538
[0,9;0,4]	0,67918	0,71882	0,680498	0,72124	...	0,70136	0,681493
[0,9;0,6]	0,69046	0,63323	0,709817	0,70282	...	0,67710	0,689849
[0,6;0,2]	0,69667	0,71882	0,696437	0,68608	...	0,71001	0,70368
[0,6;0,3]	0,76679	0,63226	0,683793	0,77229	...	0,68363	0,696339
[0,6;0,4]	0,67421	0,64769	0,689262	0,70293	...	0,71261	0,699577

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap data *assignment* 7 yang ditunjukkan pada Tabel 5.5, maka didapatkan pasangan nilai bobot inersia optimal untuk *assignment* 7 adalah [0,9;0,2]. Nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan sebesar 0,706538. Proses pengujian dengan cara yang sama akan dilakukan pada setiap data *assignment*. Adapun nilai bobot inersia optimal untuk masing-masing data *assignment* ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Nilai Bobot Inersia Optimal *Assignment* 1 - 12

No.	<i>Assignment</i>	Nilai Bobot Inersia Optimal
1	<i>Assignment</i> 1	[0,9;0,4]
2	<i>Assignment</i> 2	[0,9;0,2]
3	<i>Assignment</i> 3	[0,9;0,2]
4	<i>Assignment</i> 4	[0,9;0,6]
5	<i>Assignment</i> 5	[0,9;0,2]
6	<i>Assignment</i> 6	[0,9;0,2]
7	<i>Assignment</i> 7	[0,9;0,2]
8	<i>Assignment</i> 8	[0,9;0,2]
9	<i>Assignment</i> 9	[0,9;0,2]
10	<i>Assignment</i> 10	[0,9;0,2]
11	<i>Assignment</i> 11	[0,9;0,2]
12	<i>Assignment</i> 12	[0,9;0,2]



Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.6, batas atas nilai bobot inersia untuk semua data berada pada angka 0,9, yang mana hasil tersebut selaras dengan sumber rujukan yang menyebutkan bahwa nilai bobot inersia idealnya kurang sedikit dari 1. Sedangkan batas bawah nilai bobot inersia didominasi oleh 0,2. Nilai bobot inersia optimal yang telah didapatkan untuk masing-masing *assignment* akan digunakan pada proses pengujian selanjutnya.

5.2.3 Pengujian Pengaruh Parameter *Learning factor* (C1 dan C2)

Pada proses pembaruan kecepatan dan posisi partikel terdapat variabel C1 dan C2 yang merupakan *learning factor*. C1 merupakan konstanta pembelajaran kognitif, sedangkan C2 merupakan konstanta pembelajaran sosial. Pada proses pengujian ini, nilai C1 dan C2 akan diujikan secara bersamaan dengan kombinasi nilai yang sama. Pasangan nilai [C1:C2] yang diujikan antara lain [0,1;0,1], [0,5;0,5], [1;1], [1,5;1,5], [2;2], [2,5;2,5], [3;3], [3,5;3,5], dan [4;4]. Pengujian untuk masing-masing nilai *learning factor* akan diujikan kepada masing-masing data serta diujikan sebanyak 10 kali percobaan yang kemudian dicari rata-rata nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan. Nilai *learning factor* optimal adalah yang memiliki nilai rata-rata terbesar. Proses pengujian juga akan menggunakan jumlah *cluster*, jumlah partikel, nilai bobot inersia optimal untuk masing-masing data yang telah diujikan, *velocity* maksimum 0,3, dan jumlah iterasi maksimum 10. Hasil lengkap pengujian nilai *learning factor* dan visualisasi hasil untuk data *assignment* 1 sampai 12 terlampir dalam Lampiran B. Berikut merupakan contoh hasil pengujian *learning factor* untuk *assignment* 7 yang ditunjukkan dalam Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Nilai *Learning factor*

Nilai <i>learning factor</i> [C1:C2]	Nilai <i>Silhouette Coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>						Rata-Rata Nilai
	1	2	3	4	...	10	
[0,1;0,1]	0,67927	0,67927	0,70551	0,71369	...	0,68079	0,68913
[0,5;0,5]	0,68546	0,70558	0,68643	0,68619	...	0,67362	0,68959
[1;1]	0,70409	0,61826	0,66101	0,75150	...	0,71397	0,69474
[1,5;1,5]	0,70893	0,72396	0,71887	0,68497	...	0,70968	0,69510
[2;2]	0,66614	0,76328	0,74112	0,73708	...	0,69793	0,70927
[2,5;2,5]	0,68818	0,72934	0,68371	0,70515	...	0,69412	0,69522
[3;3]	0,70283	0,76106	0,63078	0,63439	...	0,62550	0,69010
[3,5;3,5]	0,71316	0,62020	0,71438	0,67057	...	0,71926	0,68785
[4;4]	0,66791	0,69281	0,67088	0,68645	...	0,66587	0,68742

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap data *assignment* 7 yang ditunjukkan pada Tabel 5.7, maka didapatkan pasangan nilai *learning factor*

optimal untuk *assignment* 7 adalah [2;2]. Nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan sebesar 0,70927. Proses pengujian dengan cara yang sama juga dilakukan pada masing-masing data *assignment*. Adapun hasil nilai *learning factor* optimal untuk data *assignment* 1 sampai 12 ditunjukkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Nilai *Learning factor* Optimal *Assignment* 1 - 12

No.	<i>Assignment</i>	Nilai <i>Learning factor</i> Optimal
1	<i>Assignment</i> 1	[2;2]
2	<i>Assignment</i> 2	[2;2]
3	<i>Assignment</i> 3	[2;2]
4	<i>Assignment</i> 4	[2;2]
5	<i>Assignment</i> 5	[2;2]
6	<i>Assignment</i> 6	[2;2]
7	<i>Assignment</i> 7	[2;2]
8	<i>Assignment</i> 8	[2;2]
9	<i>Assignment</i> 9	[2;2]
10	<i>Assignment</i> 10	[2;2]
11	<i>Assignment</i> 11	[2;2]
12	<i>Assignment</i> 12	[2;2]

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.8, diperoleh hasil seragam untuk nilai *learning factor* optimal pada semua data *assignment*. Hal ini juga membuktikan sumber rujukan yang menyebutkan bahwa nilai C1 dan C2 biasanya adalah 2. Nilai *learning factor* optimal yang telah didapatkan akan digunakan pada proses pengujian selanjutnya.

5.2.4 Pengujian Pengaruh Parameter *Velocity* Maksimum

Pengujian pengaruh parameter *velocity* maksimum dilakukan untuk mendapatkan nilai batas kecepatan partikel optimal. Nilai *velocity* atau kecepatan maksimum digunakan untuk mengendalikan kecepatan perpindahan partikel. Nilai *velocity* maksimum yang akan diujikan dimulai dari 0,1 sampai 1. Pengujian untuk masing-masing nilai *velocity* maksimum akan diujikan kepada masing-masing data serta diujikan sebanyak 10 kali percobaan yang kemudian dicari rata-rata nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan. Nilai *velocity* maksimum optimal adalah yang memiliki nilai rata-rata terbesar. Proses pengujian juga akan menggunakan jumlah *cluster*, jumlah partikel, nilai bobot inersia, dan *learning factor* optimal untuk masing-masing data yang telah diujikan serta jumlah iterasi maksimum 10. Hasil lengkap pengujian nilai *velocity* maksimum dan visualisasi hasil untuk data *assignment* 1 sampai 12 terlampir dalam Lampiran B. Berikut merupakan contoh



hasil pengujian *velocity* maksimum untuk *assignment* 7 yang ditunjukkan dalam Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Velocity Maksimum

Nilai V_{max}	Nilai <i>Silhouette Coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>						Rata-Rata Nilai
	1	2	3	4	...	10	
0,1	0,723032	0,707123	0,683325	0,707108	...	0,663993	0,684599
0,2	0,676893	0,657532	0,69173	0,668898	...	0,761844	0,697957
0,3	0,671836	0,718395	0,721902	0,706929	...	0,673687	0,705419
0,4	0,72914	0,67057	0,725046	0,684768	...	0,693651	0,689174
0,5	0,649907	0,654264	0,72335	0,673143	...	0,629585	0,670895
0,6	0,755055	0,646505	0,683479	0,683491	...	0,742598	0,697833
0,7	0,693485	0,70558	0,687933	0,737159	...	0,66492	0,699623
0,8	0,727476	0,720787	0,690725	0,698621	...	0,718846	0,701075
0,9	0,699079	0,659684	0,74708	0,72753	...	0,648493	0,702732
1	0,693695	0,656395	0,74708	0,72753	...	0,640489	0,701064

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap data *assignment* 7 yang ditunjukkan pada Tabel 5.9, maka didapatkan nilai *velocity* maksimum 0,3. Nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan sebesar 0,705419. Proses pengujian dengan cara yang sama juga dilakukan pada masing-masing data *assignment*. Adapun hasil nilai *velocity* maksimum optimal untuk data *assignment* 1 sampai 12 ditunjukkan pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Nilai Velocity Maksimum Optimal Assignment 1 - 12

No.	Assignment	Nilai Velocity Maksimum Optimal
1	Assignment 1	0,1
2	Assignment 2	0,3
3	Assignment 3	0,3
4	Assignment 4	0,2
5	Assignment 5	0,3
6	Assignment 6	0,3
7	Assignment 7	0,3
8	Assignment 8	0,3

Tabel 5.10 Nilai Velocity Maksimum Optimal Assignment 1 – 12 (Lanjutan)

No.	Assignment	Nilai Velocity Maksimum Optimal
9	Assignment 9	0,3
10	Assignment 10	0,3
11	Assignment 11	0,3
12	Assignment 12	0,3

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.10, nilai *velocity* maksimum optimal yang diperoleh dari 12 data *assignment* didominasi oleh 0,3. Angka tersebut sekaligus menjadi angka tertinggi untuk *velocity* maksimum optimal yang diperoleh, sedangkan angka terkecil untuk *velocity* maksimum optimal yaitu 0,1 yang diperoleh pada data *assignment* 1. Nilai *velocity* maksimum optimal yang telah didapatkan akan digunakan pada proses pengujian selanjutnya.

5.2.5 Pengujian Jumlah Iterasi Maksimum

Pengujian jumlah iterasi dilakukan untuk mendapatkan maksimum iterasi optimal pada proses pencarian partikel optimal dalam proses pengelompokan. Jumlah iterasi yang diujikan dimulai dari 20 iterasi hingga 200 iterasi dengan kelipatan 20. Proses pengujian untuk masing-masing jumlah iterasi dilakukan kepada masing-masing data. Proses pengujian juga akan menggunakan jumlah *cluster*, jumlah partikel, nilai bobot inersia, nilai *learning factor*, dan nilai *velocity* maksimum optimal yang telah diujikan sebelumnya. Pengujian yang dilakukan pada masing-masing jumlah iterasi akan diuji cobakan sebanyak 10 kali percobaan kemudian dicari rata-rata nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan. Jumlah iterasi maksimum optimal adalah yang memiliki nilai rata-rata terbesar. Hasil lengkap pengujian jumlah iterasi maksimum dan visualisasi hasil untuk data *assignment* 1 sampai 12 terlampir dalam Lampiran B. Berikut merupakan contoh hasil pengujian jumlah iterasi maksimum untuk *assignment* 7 yang ditunjukkan dalam Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Jumlah Iterasi Maksimum

Jumlah Iterasi	Nilai <i>Silhouette Coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>						Rata-Rata Nilai
	1	2	3	4	...	10	
20	0,65795	0,73159	0,710628	0,69103	...	0,725091	0,703704
40	0,70206	0,75879	0,728537	0,707367	...	0,738488	0,717303
60	0,73205	0,68435	0,642328	0,696042	...	0,652468	0,684758
80	0,71902	0,76440	0,69729	0,765272	...	0,718864	0,729737
100	0,66195	0,69112	0,725813	0,719657	...	0,705686	0,699165
120	0,73842	0,70568	0,705686	0,697661	...	0,738422	0,718374

**Tabel 5.11 Hasil Pengujian Jumlah Iterasi Maksimum (Lanjutan)**

Jumlah Iterasi	Nilai <i>Silhouette Coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>						Rata-Rata Nilai
	1	2	3	4	...	10	
140	0,73858	0,69958	0,75612	0,714775	...	0,74384	0,718281
160	0,71506	0,68555	0,68277	0,708212	...	0,653931	0,700844
180	0,67728	0,64809	0,716745	0,696136	...	0,644883	0,699314
200	0,71076	0,67090	0,715277	0,715277	...	0,652064	0,695095

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap data *assignment* 7 yang ditunjukkan pada Tabel 5.11, maka didapatkan jumlah iterasi maksimum optimal adalah 80 iterasi. Nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan sebesar 0,729737. Pengujian dengan cara yang sama akan dilakukan pada masing-masing data *assignment*. Adapun hasil jumlah iterasi maksimum untuk data *assignment* 1 sampai 12 ditunjukkan pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Jumlah Iterasi Maksimum Optimal *Assignment* 1 - 12

No.	<i>Assignment</i>	Jumlah Iterasi Maksimum Optimal
1	<i>Assignment</i> 1	100
2	<i>Assignment</i> 2	20
3	<i>Assignment</i> 3	20
4	<i>Assignment</i> 4	40
5	<i>Assignment</i> 5	20
6	<i>Assignment</i> 6	20
7	<i>Assignment</i> 7	80
8	<i>Assignment</i> 8	20
9	<i>Assignment</i> 9	20
10	<i>Assignment</i> 10	20
11	<i>Assignment</i> 11	120
12	<i>Assignment</i> 12	20

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.12, jumlah iterasi maksimum optimal terkecil adalah 20 iterasi yang diperoleh dari 8 data *assignment*. Sedangkan iterasi maksimum optimal terbesar berada pada angka 120 iterasi yang diperoleh dari data *assignment* 11. Hasil pengujian yang telah dilakukan sampai

dengan pengujian iterasi maksimum optimal merupakan hasil final untuk proses pengelompokan proses berpikir siswa.

Parameter-parameter PSO optimal untuk setiap data *assignment* telah diperoleh. Berdasarkan pengujian-pengujian yang telah dilakukan tersebut didapatkan hasil bahwa setiap data *assignment* memiliki parameter optimalnya masing-masing. Persamaan parameter optimal untuk semua data *assignment* hanya terdapat pada parameter *learning factor*, yang mana *learning factor* optimal berada pada nilai 2 untuk C1 dan C2 di setiap data *assignment*.

5.3 Pengujian Perbandingan Hasil FCMP SO dengan FCM pada Proses Klusterisasi

Parameter optimal untuk setiap data telah didapatkan lewat pengujian-pengujian yang telah dilakukan sebelumnya. Selanjutnya, untuk membuktikan bahwa penerapan *Particle Swarm Optimization* dapat meningkatkan performa dari *Fuzzy C-Means*, maka dilakukan perbandingan hasil terhadap *Fuzzy C-Means* dengan dan tanpa *Particle Swarm Optimization*. Pengujian *Fuzzy C-Means* murni menggunakan jumlah *cluster* dan jumlah iterasi maksimum optimal dari FCMP SO yang sebelumnya sudah diujikan. Pengujian untuk masing-masing data dilakukan sebanyak 10 kali percobaan, dan kemudian akan dihitung rata-rata nilai *silhouette coefficient* yang dihasilkan. Adapun hasil pengujian untuk FCM murni terhadap data *assignment* 1 sampai 12 ditunjukkan pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Hasil Pengujian FCM terhadap Data *Assignment* 1 - 12

ASG	Nilai <i>Silhouette Coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>						Rata-Rata Nilai
	1	2	3	4	...	10	
1	0,50756	0,539892	0,529749	0,508159	...	0,50756	0,528026
2	0,767769	0,767769	0,767769	0,767769	...	0,767769	0,767769
3	0,753633	0,753633	0,753633	0,753633	...	0,753633	0,753633
4	0,709825	0,720105	0,669445	0,689689	...	0,711231	0,686822
5	0,816371	0,816371	0,816371	0,816371	...	0,816371	0,816371
6	0,705707	0,705707	0,705707	0,705707	...	0,705707	0,705707
7	0,706589	0,727745	0,678525	0,757192	...	0,711759	0,708678
8	0,832746	0,832746	0,832746	0,832746	...	0,832746	0,832746
9	0,752207	0,752207	0,752207	0,752207	...	0,752207	0,752207
10	0,689975	0,689975	0,689975	0,689975	...	0,689975	0,689975
11	0,600555	0,597714	0,631261	0,583779	...	0,545996	0,576444
12	0,685587	0,685587	0,685587	0,685587	...	0,685587	0,685587



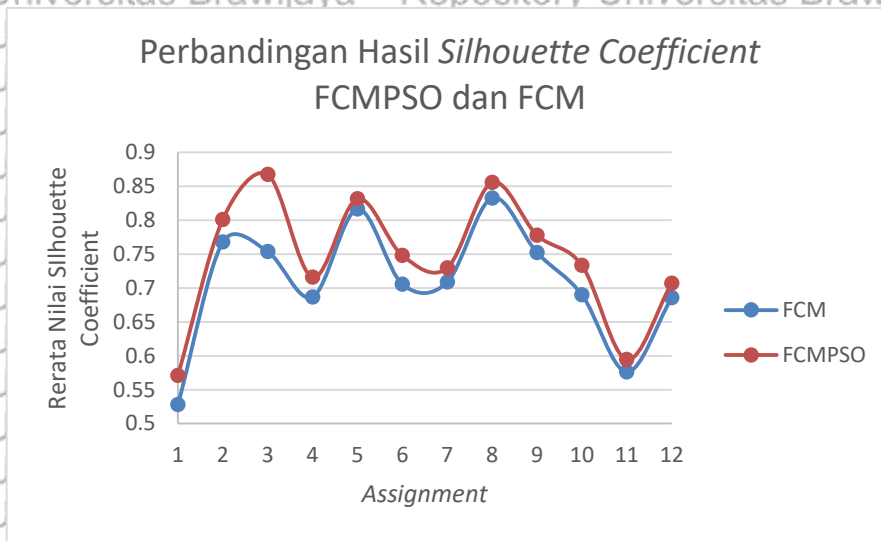
Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.13, dapat dilihat bahwa nilai *silhouette coefficient* tertinggi didapatkan oleh data *assignment* 8 dengan nilai sebesar 0,832746. Sedangkan nilai *silhouette coefficient* terkecil didapatkan oleh data *assignment* 1 dengan nilai sebesar 0,528026. Adapun hasil pengujian untuk FCMP SO terhadap data *assignment* 1 sampai 12 ditunjukkan pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Hasil Pengujian FCMP SO terhadap Data 1 - 12

ASG	Nilai <i>Silhouette Coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>						Rata-Rata Nilai
	1	2	3	4	...	10	
1	0,603438	0,503055	0,615856	0,579689	...	0,509173	0,571043
2	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	...	0,80113	0,80113
3	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	...	0,867489	0,867489
4	0,665499	0,705337	0,756615	0,756615	...	0,663498	0,715914
5	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	...	0,831513	0,831513
6	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	...	0,748077	0,748077
7	0,719027	0,764406	0,69729	0,765272	...	0,718864	0,729737
8	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	...	0,855539	0,855539
9	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	...	0,777962	0,777962
10	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	...	0,733505	0,733505
11	0,603242	0,576635	0,600258	0,603242	...	0,581307	0,594648
12	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	...	0,707069	0,707069

Proses pengujian untuk 12 data yang ada menggunakan FCMP SO didapatkan nilai *silhouette coefficient* terbaik didapatkan oleh *assignment* 3. Sedangkan nilai *silhouette coefficient* terkecil didapatkan oleh data *assignment* 1. Berdasarkan proses pengujian yang telah dilakukan terhadap data *assignment* 1 sampai 12 dengan FCM dan FCMP SO seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5.13 dan 5.14. Rerata nilai *silhouette coefficient* dari FCMP SO lebih besar dibandingkan rerata nilai *silhouette coefficient* dari FCM untuk semua data. Selanjutnya, berdasarkan hasil yang didapatkan akan dilakukan proses analisis statistik untuk mendapatkan informasi yang terkandung dalam data.

Proses analisis yang dilakukan terhadap hasil rerata nilai *silhouette coefficient* menggunakan metode FCMP SO dan FCM dilakukan untuk mengkomparasi kedua hasil tersebut. Asumsi awal yang timbul adalah tidak ada perbedaan bermakna yang timbul dari kedua hasil yang di dapatkan. Dalam praktiknya, proses analisis statistik dilakukan dengan menguji kedua data. Visualisasi hasil perbandingan pengujian FCM dan FCMP SO ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Perbandingan Hasil Pengujian FCM dan FCMPSO

Sebelum dilakukannya analisis statistik, kedua data akan melalui uji normalitas yang nantinya menentukan metode analisis statistik yang cocok. Uji normalitas dengan *kormogorov smirnov* telah dilakukan. Pengujian dilakukan dengan membuktikan apakah nilai hasil pengujian kedua data atau bisa disebut dengan nilai D berada di area penerimaan nilai tabel *kormogorov smirnov*, jika ya maka data dinyatakan terdistribusi secara normal. Hasil uji normalitas untuk data hasil FCM, nilai D yang didapatkan sebesar 0,766, sedangkan untuk data hasil FCMPSO nilai D yang didapatkan sebesar 0,7803. Adapun nilai tabel *kormogorov smirnov* yang didapatkan adalah 0,391. Berdasarkan nilai tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa, kedua data berada diluar area penerimaan nilai tabel, dengan begitu kedua data dinyatakan terdistribusi tidak normal.

Berdasarkan hasil uji normalitas yang telah didapatkan, analisis statistik yang cocok untuk data yang tidak normal adalah menggunakan *Wilcoxon test*. Berdasarkan hasil test yang dilakukan terhadap kedua data, didapatkan nilai *test stat* sebesar 0 dan *critical value* sebesar 13. Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil tersebut adalah jika nilai *test stat* lebih kecil dari *critical value*, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan bermakna atau signifikan antara hasil rerata nilai *silhouette coefficient* dari FCMPSO dan FCM.

5.4 Analisis Hasil *Clustering* Proses Berpikir Siswa dalam Proses Belajar

Cluster-cluster yang terbentuk pada setiap *assignment* memiliki karakteristiknya masing-masing. Analisis yang dilakukan kepada setiap data *assignment* adalah dengan mengamati variasi data dari setiap *cluster* yang terbentuk. Nilai varian yang dihitung berasal dari hasil normalisasi data. Jika suatu fitur mendapatkan nilai *varians* terkecil, maka semakin tidak beragam data yang ada dalam suatu fitur, dimana dapat terlihat kemiripan data yang ada dalam satu *cluster* dari fitur tersebut.



5.4.1 Analisis Pembentukan Cluster Assignment 1

Hasil pembentukan *cluster* pada *assignment* 1 adalah sebanyak 10 *cluster*. Karakteristik setiap *cluster* akan dianalisis berdasarkan fitur yang memiliki nilai varian kecil. Jumlah fitur yang akan dipilih antara satu hingga tiga fitur. Adapun nilai *varians* dari fitur terpilih untuk setiap *cluster* pada *assignment* 1 ditunjukkan pada Tabel 5.15:

Tabel 5.15 Nilai *Varians* Fitur Terpilih *Assignment* 1

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
1	8	2, 6, 18, 19, 26, 29, 30, 39	<i>lama</i> <i>error</i>	0,000492672 0,00085
2	4	15,24,31,33	<i>lama</i>	0,003320654
3	1	37	-	-
4	1	17	-	-
5	3	11, 27, 32	<i>lama</i> <i>c1</i>	0,000106431 0,000865
6	4	7, 8, 21, 35	<i>lama</i> <i>error</i>	0,00074132 0,000992
7	7	1, 9, 13, 20, 25, 28, 40	<i>set</i> <i>langkah</i>	0,0023303 0,002511
8	4	10, 14, 23, 34	<i>unik</i>	0,0022865
9	2	3, 4	<i>lama</i>	0,000001
10	5	5, 12, 16, 36, 38	<i>c5</i>	0,00123

Berdasarkan nilai *varians* yang telah ditunjukkan pada Tabel 5.15. Nilai *varians* terkecil untuk kelompok pertama ada pada fitur *lama* dan *error*. Kelompok ini termasuk kedalam kelompok yang membutuhkan waktu paling minimum dan jumlah kesalahan yang paling sedikit saat mengerjakan *assignment*, dapat dikatakan bahwa kelompok pertama terisi dengan siswa memahami permasalahan yang diberikan pada *assignment* ini. Sedangkan pada kelompok kedua nilai *varians* terkecil ada pada fitur *lama*, dimana kelompok ini terbentuk dikarenakan mereka membutuhkan waktu yang paling banyak saat menyelesaikan *assignment* ini.

Kelompok selanjutnya, yaitu kelompok ketiga dan kelompok keempat. Masing-masing kelompok tersebut hanya memiliki satu anggota, sehingga nilai *varians* untuk semua fitur dari kelompok tersebut adalah 0. Karakteristik yang dapat



disimpulkan pada kelompok ketiga adalah, siswa yang menjadi anggota kelompok ketiga adalah siswa yang memiliki nilai fitur susunan unik, jumlah langkah, jumlah set dan jumlah remove paling banyak. Sehingga dapat disimpulkan siswa tersebut dalam mengerjakan *assignment* ini mencoba banyak kemungkinan dan strategi dalam proses penyelesaiannya. Adapun siswa yang berada pada kelompok keempat adalah siswa yang menggunakan kartu 1 dan kartu 4 paling banya.

Kelompok selanjutnya adalah kelompok kelima, pada kelompok ini nilai *varians* terkecil ada pada fitur *lama* dan fitur *c1*. Siswa yang termasuk kedalam kelompok ini cenderung membutuhkan waktu dan penggunaan kartu 1 yang hampir sama dalam menyelesaikan *assignment* ini. Kelompok keenam didapatkan nilai *varians* terkecil berada pada fitur *lama* dan *error*, siswa yang berada pada kelompok ini memiliki jumlah *error* dan lama waktu pengerjaan yang cenderung sama. Adapun untuk kelompok ketujuh, kecenderungan anggota kelompok berada pada jumlah set dan jumlah langkah yang dilakukan.

Nilai *varians* terkecil pada kelompok kedelapan berada pada fitur jumlah susunan unik. Siswa yang berada pada kelompok ini memiliki jumlah susunan unik yang berada pada nilai rata-rata. Kelompok kesembilan merupakan siswa yang lama waktu pengerjaan berada pada nilai rata-rata. Adapun kelompok terakhir merupakan siswa yang menggunakan kartu lima sebanyak jumlah rata-rata.

5.4.2 Analisis Pembentukan *Cluster Assignment* 2

Hasil pembentukan *cluster* pada *assignment* 2 adalah sebanyak 2 *cluster*. Karakteristik setiap *cluster* akan dianalisis berdasarkan fitur yang memiliki nilai varian kecil. Jumlah fitur yang akan dipilih antara satu hingga tiga fitur. Adapun nilai *varians* dari fitur terpilih untuk setiap *cluster* pada *assignment* 2 ditunjukkan pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Nilai *Varians* Fitur Terpilih *Assignment* 2

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
1	5	3, 23, 27, 31, 37	<i>error</i>	0,057396
2	33	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40	<i>c5</i>	0,002238

Berdasarkan nilai *varians* setiap *cluster* untuk data *assignment* 2 yang telah ditunjukkan pada Tabel 5.16. Analisis yang dapat diperoleh adalah, pembentukan kelompok pertama terjadi dikarenakan siswa yang berada pada kelompok tersebut merupakan siswa-siswa yang melakukan jumlah *error* paling banyak



dalam menyelesaikan *assignment*. Adapun kelompok lainnya, siswa-siswa tersebut selain jumlah *error* yang dilakukannya lebih kecil dari kelompok pertama, penggunaan pada kartu lima juga cenderung berada pada jumlah yang sama.

5.4.3 Analisis Pembentukan *Cluster Assignment* 3

Hasil pembentukan *cluster* pada *assignment* 3 adalah sebanyak 2 *cluster*. Karakteristik setiap *cluster* akan dianalisis berdasarkan fitur yang memiliki nilai varian kecil. Jumlah fitur yang akan dipilih antara satu hingga tiga fitur. Adapun nilai *varians* dari fitur terpilih untuk setiap *cluster* pada *assignment* 3 ditunjukkan pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Nilai *Varians* Fitur Terpilih *Assignment* 3

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
1	38	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40	<i>c</i> ₃ <i>langkah</i> <i>set</i>	0,006546 0,009003 0,009705
2	1	2	-	-

Berdasarkan nilai *varians* setiap *cluster* untuk data *assignment* 2 yang telah ditunjukkan pada Tabel 5.17. Analisis yang dapat diperoleh adalah, kelompok pertama yang terbentuk adalah kelompok yang memiliki jumlah penggunaan kartu tiga, jumlah *langkah*, jumlah *set*, jumlah *remove* dan jumlah *error* yang sangat kecil. Kelompok lainnya, hanya beranggotakan satu siswa, siswa tersebut memiliki nilai-nilai fitur yang jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok pertama.

5.4.4 Analisis Pembentukan *Cluster Assignment* 4

Hasil pembentukan *cluster* pada *assignment* 4 adalah sebanyak 7 *cluster*. Karakteristik setiap *cluster* akan dianalisis berdasarkan fitur yang memiliki nilai varian kecil. Jumlah fitur yang akan dipilih antara satu hingga tiga fitur. Adapun nilai *varians* dari fitur terpilih untuk setiap *cluster* pada *assignment* 4 ditunjukkan pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Nilai *Varians* Fitur Terpilih *Assignment* 4

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
1	12	1, 2, 4, 6, 9, 15, 18, 28, 29, 33, 36, 38	<i>error</i>	0,000814

Tabel 5.18 Nilai *Varians* Fitur Terpilih *Assignment* 4 (Lanjutan)

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
2	1	7	-	-
3	1	31	-	-
4	11	3, 10, 12, 19, 21, 24, 25, 35, 37, 39, 40	<i>error</i>	0,001258
5	3	14, 17, 26	<i>unik</i>	0,001433
6	8	5, 13, 16, 20, 23, 27, 30, 32	<i>set</i>	0,001988
7	3	8, 11, 34	<i>error</i>	0,000212

Berdasarkan nilai *varians* setiap *cluster* untuk data *assignment* 4 yang telah ditunjukkan pada Tabel 5.18. Analisis yang dapat diperoleh adalah, pada kelompok pertama nilai *varians* terkecil diperoleh oleh fitur *error*. Siswa-siswa yang termasuk kedalam kelompok pertama cenderung memiliki jumlah *error* yang paling sedikit dibandingkan kelompok lainnya. Kelompok kedua merupakan kebalikan dari kelompok pertama, pada kelompok ini hanya terdapat satu siswa yang memiliki jumlah *error* paling banyak diantara siswa lainnya. Kelompok lain yang juga hanya terisi oleh satu siswa adalah kelompok ketiga, dimana siswa tersebut merupakan siswa yang memiliki jumlah langkah dan jumlah *remove* terbanyak dalam menyelesaikan *assignment* ini.

Pada kelompok keempat perolehan nilai *varians* terkecil sama seperti kelompok pertama, yaitu pada fitur *error*. Rata-rata jumlah *error* yang dilakukan siswa pada kelompok ini berada satu tingkat lebih banyak dari kelompok pertama, kisaran jumlah *error* ada pada 9 hingga 21. Sedangkan pada kelompok kelima nilai *varians* terkecil ada pada fitur *unik*, nilai *unik* siswa yang termasuk kedalam kelompok ini cenderung sama.

Dua kelompok terakhir yaitu kelompok keenam dan ketujuh. Kelompok keenam diidentifikasi sebagai kelompok yang melakukan jumlah *set* terbanyak. Adapun kelompok ketujuh berisi siswa yang memiliki jumlah *error* yang pada kisaran yang sama, selain jumlah *error* mereka juga memiliki jumlah *unik* yang paling banyak. Siswa pada kelompok tujuh dapat dikatakan sebagai siswa yang melakukan banyak percobaan untuk dapat menyelesaikan *assignment* ini.

5.4.5 Analisis Pembentukan *Cluster Assignment* 5

Hasil pembentukan *cluster* pada *assignment* 5 adalah sebanyak 2 *cluster*. Karakteristik setiap *cluster* akan dianalisis berdasarkan fitur yang memiliki nilai varian kecil. Jumlah fitur yang akan dipilih antara satu hingga tiga fitur. Adapun



nilai *varians* dari fitur terpilih untuk setiap *cluster* pada *assignment* 5 ditunjukkan pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Nilai Varians Fitur Terpilih Assignment 5

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
1	36	1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40	<i>lama</i>	0,005109
2	3	3, 6, 7	<i>c4</i>	0,029794

Berdasarkan nilai *varians* setiap *cluster* untuk data *assignment* 5 yang telah ditunjukkan pada Tabel 5.19. Analisis yang dapat diperoleh adalah, pada kelompok pertama nilai varian terkecil ada pada fitur lama. Siswa yang berada pada kelompok ini cenderung menyelesaikan *assignment* dengan lama waktu yang relative singkat. Sedangkan pada kelompok kedua, selain siswa yang berada dikelompok ini memerlukan waktu pengerjaan yang relative banyak, mereka juga cenderung menggunakan kartu empat lebih banyak dibanding kelompok pertama.

5.4.6 Analisis Pembentukan Cluster Assignment 6

Hasil pembentukan *cluster* pada *assignment* 6 adalah sebanyak 2 *cluster*. Karakteristik setiap *cluster* akan dianalisis berdasarkan fitur yang memiliki nilai varian kecil. Jumlah fitur yang akan dipilih antara satu hingga tiga fitur. Adapun nilai *varians* dari fitur terpilih untuk setiap *cluster* pada *assignment* 6 ditunjukkan pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Nilai Varians Fitur Terpilih Assignment 6

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
1	10	1, 2, 6, 10, 20, 26, 32, 33, 35, 36	<i>c4</i>	0,015752
2	27	3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 37, 39, 40	<i>c2</i> <i>lama</i> <i>langkah</i>	0,004548 0,007511 0,037193



Berdasarkan nilai *varians* setiap *cluster* untuk data *assignment* 6 yang telah ditunjukkan pada Tabel 5.20. Analisis yang dapat diperoleh adalah, kelompok pertama yang terbentuk memiliki nilai *varians* terkecil pada fitur kartu 4. Siswa yang berada pada kelompok ini, selain mereka menggunakan kartu empat dengan jumlah yang besar, anggota kelompok ini juga cenderung membutuhkan waktu penyelesaian yang lama, jumlah langkah yang banyak, jumlah penggunaan kartu kartu-kartu yang banyak, langkah unik yang banyak dan jumlah *error* yang besar. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa siswa yang berada pada kelompok pertama kemampuan memahami permasalahan yang diajukan pada *assignment* ini cenderung lemah.

Kelompok lainnya yang terbentuk pada *assignment* ini merupakan kelompok yang bertolak belakang dengan kelompok sebelumnya. Siswa-siswa yang berada pada kelompok ini cenderung lebih dapat memahami permasalahan yang diajukan. Sehingga waktu yang dibutuhkan, jumlah langkah, jumlah penggunaan kartu, dan jumlah *error* cenderung jauh lebih sedikit dibandingkan dengan kelompok sebelumnya.

5.4.7 Analisis Pembentukan *Cluster Assignment* 7

Hasil pembentukan *cluster* pada *assignment* 7 adalah sebanyak 7 *cluster*. Karakteristik setiap *cluster* akan dianalisis berdasarkan fitur yang memiliki nilai varian kecil. Jumlah fitur yang akan dipilih antara satu hingga tiga fitur. Adapun nilai *varians* dari fitur terpilih untuk setiap *cluster* pada *assignment* 7 ditunjukkan pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Nilai *Varians* Fitur Terpilih *Assignment* 7

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
1	7	11, 13, 18, 19, 28, 39, 40	<i>c3</i> <i>error</i>	0,000041 0,000062
2	2	15, 21	<i>c4</i>	0,000115
3	5	1, 8, 10, 31, 32	<i>remove</i>	0,002078
4	3	5, 20, 29	<i>set</i>	0,003187
5	2	25, 36	<i>error</i>	0,0001594
6	8	3, 6, 14, 23, 24, 27, 33, 34	<i>remove</i>	0,001845
7	8	2, 4, 9, 12, 16, 17, 26, 30	<i>lama</i>	0,000693

Berdasarkan nilai *varians* setiap *cluster* untuk data *assignment* 7 yang telah ditunjukkan pada Tabel 5.21. Analisis yang dapat diperoleh adalah, kelompok



pertama pada *assignment* ini cenderung menggunakan kartu tiga hanya satu kali, selain ini siswa-siswa yang termasuk kedalam kelompok ini juga memiliki jumlah *error* yang paling sedikit. Adapun kelompok kedua merupakan siswa-siswa yang menggunakan kartu empat dengan jumlah yang paling banyak, memiliki susunan unik paling banyak dan yang membutuhkan waktu paling lama. Berdasarkan hal tersebut, dapat dilihat bahwa kelompok kedua melakukan banyak percobaan, dan kesulitan dalam memahami permasalahan yang diajukan pada *assignment* ini.

Kelompok selanjutnya, yaitu kelompok ketiga dan kelompok keempat. Karakteristik yang tampak pada kelompok ketiga berdasarkan nilai *varians* adalah, siswa yang termasuk kedalam kelompok ini melakukan *remove* dengan kisaran jumlah yang hampir sama. Sedangkan pada kelompok keempat, siswa yang berada pada kelompok ini melakukan *set* dengan jumlah pada kisaran yang sama.

Pada kelompok kelima karakteristik yang ada adalah jumlah *error* yang cenderung sama, sedangkan pada kelompok keenam jumlah *remove* yang dilakukan siswa yang ada didalam kelompok tersebut terdapat pada angka rata-rata. Adapun kelompok terakhir karakteristik yang tampak adalah waktu yang dibutuhkan siswa-siswa tersebut cenderung berada pada kisaran yang sama.

5.4.8 Analisis Pembentukan *Cluster Assignment* 8

Hasil pembentukan *cluster* pada *assignment* 8 adalah sebanyak 2 *cluster*. Karakteristik setiap *cluster* akan dianalisis berdasarkan fitur yang memiliki nilai varian kecil. Jumlah fitur yang akan dipilih antara satu hingga tiga fitur. Adapun nilai *varians* dari fitur terpilih untuk setiap *cluster* pada *assignment* 8 ditunjukkan pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Nilai *Varians* Fitur Terpilih *Assignment* 8

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
1	4	3, 19, 24, 26	<i>c1</i>	0,014994
2	28	1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 36, 39, 40	<i>lama</i>	0,00077

Berdasarkan nilai *varians* setiap *cluster* untuk data *assignment* 8 yang telah ditunjukkan pada Tabel 5.22. Analisis yang dapat diperoleh adalah, pada kelompok pertama nilai *varians* terkecil berada pada fitur kartu satu, dapat disimpulkan bahwa siswa yang termasuk kedalam kelompok ini menggunakan kartu satu dalam jumlah maksimum. Selain itu, siswa dalam kelompok ini juga memiliki nilai maksimum pada semua fitur yang ada. Adapun kelompok lainnya, nilai *varians* terkecil berada pada fitur lama waktu pengerjaan, dimana siswa yang termasuk



kelompok ini adalah siswa yang dapat menyelesaikan *assignment* dengan waktu minimum dibandingkan kelompok sebelumnya.

5.4.9 Analisis Pembentukan *Cluster Assignment* 9

Hasil pembentukan *cluster* pada *assignment* 9 adalah sebanyak 2 *cluster*. Karakteristik setiap *cluster* akan dianalisis berdasarkan fitur yang memiliki nilai varian kecil. Jumlah fitur yang akan dipilih antara satu hingga tiga fitur. Adapun nilai *varians* dari fitur terpilih untuk setiap *cluster* pada *assignment* 9 ditunjukkan pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Nilai *Varians* Fitur Terpilih *Assignment* 9

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
1	4	14, 16, 18, 39	<i>c3</i>	0,019757
2	26	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 36, 38, 40	<i>lama</i>	0,006456

Berdasarkan nilai *varians* setiap *cluster* untuk data *assignment* 9 yang telah ditunjukkan pada Tabel 5.23. Analisis yang dapat diperoleh adalah tidak jauh berbeda dengan *assignment* sebelumnya, dimana kelompok pertama memiliki nilai *varians* terkecil pada fitur kerti tiga, siswa dalam kelompok ini menggunakan kartu satu cenderung dalam jumlah maksimum. Selain itu, pada *assignment* ini juga kelompok ini memiliki nilai maksimum untuk semua fitur. Sedangkan kelompok kedua yang ada pada *assignment* ini sama seperti kelompok kedua pada *assignment* sebelumnya, yang mana anggota kelompok ini memiliki lama waktu pengerjaan yang singkat, seain itu juga kelompok ini memiliki nilai minimum untuk semua fitur yang ada.

5.4.10 Analisis Pembentukan *Cluster Assignment* 10

Hasil pembentukan *cluster* pada *assignment* 10 adalah sebanyak 2 *cluster*. Karakteristik setiap *cluster* akan dianalisis berdasarkan fitur yang memiliki nilai varian kecil. Jumlah fitur yang akan dipilih antara satu hingga tiga fitur. Adapun nilai *varians* dari fitur terpilih untuk setiap *cluster* pada *assignment* 10 ditunjukkan pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Nilai *Varians* Fitur Terpilih *Assignment* 10

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
1	6	8, 12, 16, 21, 32, 40	<i>c4</i>	0,04375

Tabel 5.24 Nilai *Varians* Fitur Terpilih *Assignment* 10 (Lanjutan)

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
2	22	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 13, 14, 15, 18, 20, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 34, 36, 39	c_3	0,001799

Berdasarkan nilai *varians* setiap *cluster* untuk data *assignment* 10 yang telah ditunjukkan pada Tabel 5.24. Analisis yang dapat diperoleh adalah, pada pembentukan *cluster* si *assignment* ini nilai *varians* terkecil untuk kedua *cluster* berada pada fitur jumlah penggunaan kartu. Pada kelompok pertama, siswa yang termasuk kedalam kelompok ini cenderung menggunakan kartu dalam jumlah maksimal, sedangkan siswa yang ada pada kelompok kedua cenderung menggunakan kartu dalam jumlah minimal.

5.4.11 Analisis Pembentukan *Cluster Assignment* 11

Hasil pembentukan *cluster* pada *assignment* 11 adalah sebanyak 5 *cluster*. Karakteristik setiap *cluster* akan dianalisis berdasarkan nilai *varians* yang didapatkan pada setiap *cluster*. Adapun nilai *varians* untuk setiap *cluster* pada *assignment* 11 ditunjukkan pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25 Nilai *Varians* Fitur Terpilih *Assignment* 11

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
1	6	12, 16, 18, 21, 36, 40	c_1 <i>langkah</i>	0 0,002963
2	2	8, 13	c_1 <i>unik</i>	0 0,001385
3	8	1, 5, 9, 14, 15, 20, 32, 39	c_1 c_6	0 0
4	4	4, 6, 25, 29	c_3 c_6	0 0
5	4	2, 11, 17, 34	<i>lama</i>	0,001972

Berdasarkan nilai *varians* setiap *cluster* untuk data *assignment* 11 yang telah ditunjukkan pada Tabel 5.25. Analisis yang dapat diperoleh adalah, pada tiga kelompok pertama, yaitu kelompok kesatu, kedua dan ketiga, nilai *varians* terkecil ada pada fitur kartu satu. Siswa yang termasuk kedalam tiga kelompok ini tidak



menggunakan kartu satu sama sekali. Perbedaan untuk ketiga kelompok ini adalah, siswa pada kelompok pertama memiliki jumlah langkah yang cenderung sama. Siswa pada kelompok kedua memiliki jumlah susunan unik yang hampir sama, sedangkan siswa yang ada pada kelompok ketiga selain tidak menggunakan kartu satu, mereka juga tidak menggunakan kartu enam sama sekali.

Pada kelompok keempat, karakteristik yang dapat terlihat adalah, siswa yang termasuk dalam kelompok ini menggunakan kartu tiga dan kartu enam dalam jumlah yang sama. Terakhir, identifikasi karakteristik siswa yang termasuk kedalam kelompok kelima adalah waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan *assignment* ini tidak jauh berbeda.

5.4.12 Analisis Pembentukan *Cluster Assignment* 12

Hasil pembentukan *cluster* pada *assignment* 12 adalah sebanyak 2 *cluster*. Karakteristik setiap *cluster* akan dianalisis berdasarkan fitur yang memiliki nilai varian kecil. Jumlah fitur yang akan dipilih antara satu hingga tiga fitur. Adapun nilai *varians* dari fitur terpilih untuk setiap *cluster* pada *assignment* 12 ditunjukkan pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26 Nilai *Varians* Fitur Terpilih *Assignment* 12

Cluster ke-	Jumlah Anggota	ID Anggota	Nama fitur dengan nilai <i>varians</i> kecil	Nilai <i>varians</i> fitur terpilih
1	3	18, 36, 38	c_3	0,063802
2	21	1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 25, 29, 32, 34, 39, 40	c_2	0,007087

Berdasarkan nilai *varians* setiap *cluster* untuk data *assignment* 12 yang telah ditunjukkan pada Tabel 5.26. Analisis yang dapat diperoleh adalah, proses identifikasi pembentukan kelompok pada *assignment* ini tidak jauh berbeda dengan pembentukan kelompok pada *assignment* 10, yang mana nilai *varians* terkecil ada pada fitur jumlah penggunaan kartu. Siswa dalam kelompok pertama teridentifikasi cenderung menggunakan kartu tiga dalam jumlah maksimal. Sedangkan siswa yang berada pada kelompok kedua teridentifikasi menggunakan kartu dua dalam jumlah minimal.

5.4.13 Kesimpulan Hasil Analisis Pembentukan *Cluster*

Hasil analisis pada masing-masing *cluster* yang terbentuk di setiap data *assignment* telah dilakukan, dan telah didapatkan karakteristik masing-masing *cluster* berdasarkan kemiripan fitur yang dimiliki. Pemilihan fitur terpilih dilakukan dengan mencari nilai *varians* terkecil terhadap semua fitur yang ada. Daftar fitur terpilih pada semua *cluster* yang terbentuk dari 12 data *assignment* yang telah dianalisis ditunjukkan pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Daftar Fitur Terpilih Proses Analisis Pembentukan Cluster

Data asg. ke-	Fitur terpilih pada semua cluster yang terbentuk											
	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	error
1	v		v						v		v	
2									v			v
3							v					
4			v								v	v
5	v								v			
6						v						
7	v		v	v			v	v				v
8	v				v							
9	v						v					
10								v				
11	v				v		v					
12						v	v					
Total	10	0	3	2	4	2	6	3	3	0	2	5

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5.27, tanda “v” menunjukkan fitur terpilih yang mewakili suatu cluster, fitur yang paling banyak menjadi fitur terpilih adalah fitur *lama* waktu pengerjaan. Hal ini berarti, lama waktu yang dibutuhkan siswa dalam menyelesaikan *assignment* menggunakan media pembelajaran *Monsakun* menjadi hal yang paling berpengaruh dalam proses pengelompokan yang dilakukan. Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan proses analisis yang telah dilakukan adalah, pada proses pengelompokan berdasarkan proses berpikir siswa menggunakan Algoritme *Fuzzy C-Means* dengan *Particle Swarm Optimization* (FCMPSO), kelompok-kelompok proses berpikir siswa yang terbentuk cenderung berdasarkan lama waktu yang dibutuhkan siswa dalam menyelesaikan sebuah *Assignment*.



BAB 6 PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik setelah melakukan penelitian ini adalah:

1. Jumlah *cluster* optimal untuk setiap *assignment* didapatkan hasil yang berbeda-beda. Berdasarkan 12 data *assignment* yang diujikan, jumlah *cluster* optimal didominasi oleh 2 *cluster*.
2. Hasil parameter PSO optimal yang meliputi jumlah partikel, nilai bobot inersia, nilai *learning factor*, nilai *velocity* maksimum, dan iterasi maksimum pada proses pengelompokan yang dilakukan juga mendapatkan hasil yang berbeda-beda untuk setiap data *assignment*. Kesamaan nilai optimal untuk semua data *assignment* hanya terdapat pada parameter *learning factor*.
3. Pengujian perbandingan hasil rata-rata nilai *silhouette coefficient* FCMPSO dan FCM didapatkan dari 12 data yang diujikan, rata-rata *silhouette coefficient* FCMPSO menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil rata-rata FCM, yang mana dapat disimpulkan bahwa penerapan PSO berhasil meningkatkan performa dari FCM.
4. Analisis yang dilakukan adalah pengamatan pada karakteristik yang ada pada setiap *cluster* yang terbentuk di setiap data *assignment*. Proses analisis dilakukan dengan mencari nilai *varians* terkecil pada fitur yang ada di setiap *cluster* untuk melihat kemiripan fitur yang dimiliki kelompok tersebut. Berdasarkan analisis yang dilakukan, fitur lama waktu pengerjaan paling banyak menjadi fitur terpilih. Hal ini berarti, kelompok-kelompok proses berpikir siswa yang terbentuk cenderung berdasarkan lama waktu yang dibutuhkan siswa dalam menyelesaikan sebuah *Assignment*.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya antara lain:

1. Parameter yang masih menggunakan *random value* seperti parameter $r1$ dan $r2$, sebaiknya terdapat proses pengujian lebih lanjut untuk mendapatkan nilai terbaik untuk hasil yang optimal.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengembangan atau penambahan algoritme untuk lebih meningkatkan performa, baik dari segi algoritme FCMPSO ataupun dari segi proses pengelompokan data siswa.



DAFTAR REFERENSI

- Aissaoui, O. E., Madani, Y. E. A. E., Oughdir, L. & Alliou, Y. E., 2018. A fuzzy classification approach for learning style prediction based on web mining technique in e-learning environments. *Education and Information Technologies*.
- Amrieh, E. A., Hamtini, T. & Aljarah, I., 2016. Mining Educational Data to Predict Student's Academic Performance using Ensemble Method. *International Journal of Database and Application*, Volume 9 No. 8, pp. 119-135.
- Arora, J., Ailavajhala, V., Sharma, M. & Sengar, S., 2016. Hybrid FCM PSO Algorithm with CityBlock Distance. *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, pp. 2609-2614.
- Bisilisin, F., Y.Herdiyeni & Silalahi, B., n.d. K-Means Clustering Optimization Using Particle Swarm Optimization On Image Based Medicinal Plant Identification System. *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika*, Volume 3, pp. 38-47.
- Chamidah, N., Wiharto & Salamah, U., 2012. Pengaruh Normalisasi Data pada Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagasi Gradient Descent Adaptive Gain (BPGDAG) untuk Klasifikasi. *JURNAL ITSMART*, Volume 1 No. 1.
- Dewiyani, M., 2009. Karakteristik Proses Berpikir Siswa Dalam Mempelajari Matematika Berbasis Tipe Kepribadian. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*.
- Filho, T. M. S., Pimentel, B. A., Souza, R. M. & Oliveira, A. L., 2015. Hybrid Methods for Fuzzy Clustering Based on Fuzzy C-Means and Improved Particle Swarm Optimization. *Expert System with Application*.
- Gomathi, C. & Velusamy, K., 2017. Fuzzy Clustering using Fuzzy Particle Swarm Optimization. *International Journal of Advanced Research in Basic Engineering Sciences and Technology (IJARBEST)*, Volume 3.
- Hand, D. J., 2007. Principles of Data Mining. *Drug safety*, Volume 30 No. 7, pp. 621-622.
- Hanifa, T. T., Adiwijaya & Al-Faraby, S., 2017. Analisis Churn Prediction pada Data Pelanggan PT. Telekomunikasi dengan Logistic Regression dan Underbagging. *e-Proceeding of Engineering*, Volume 4 No. 2, p. 3210.
- Han, J., Kamber, M. & Pei, J., 2011. *Data Mining: Concept and Technique*. third edition ed. s.l.:Morgan Kaufmann.
- Han, J., Kamber, M. & Pei, J., 2011. *Data Mining: Concepts and Techniques*. 3rd ed. s.l.:Morgan Kaufmann.
- Hasanah, N., Hayashi, Y. & Hjrashima, T., 2014. Utilization Analysis of Monsakun in Multiple Languages as Validation of Triplet Structure Model of Arithmetical Word Problem. *SIG-ALST*, Volume 4(2), pp. 5-9.



Hasanah, N., Hayashi, Y. & Hirasima, T., 2015. Investigation of Students' Performance in Monsakun Problem Porsing Activity based on the Triplet Structure Model of Arithmetical Word Problems. *International Conference on Computers in Education*.

Hayat, U. et al., 2019. Classification of Well Log Data Using Vanishing Component Analysis. *Pure and Applied Geophysiscs*, pp. 1-19.

Hirashima, T. & Kurayama, M., 2011. Long-term Use of Learning Environment for Problem-Porsing in Arithmetical Word Problem. *Proceedings of AIED2011*, pp. 123-130.

Hirashima, T., Yamamoto, S. & Hayashi, Y., 2014. Triplet Structure Model of Arithmetical Word Problems for Learning by Problem-Posing. *International Conference on Human Interface and the Management of Information*, pp. 42-50.

Hirashima, T., Yokoyama, T. & Okomoto, M., 2007. Learning by Problem-Posing as Sentence-Integration and Experimental Use. *Proceesings of AIED2007*, pp. 254-261.

Kennedy, J. & Eberhart, R., 1995. Particle Swarm Optimization. *Proc. of IEEE Intl. Conf. on Neural Networks*, pp. 1942-1948.

Kridanto, A. & Buliali, J. L., 2015. Metode Hibrida FCM PSO-SVR untuk Prediksi Data Arus Lalu Lintas. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, Volume 1(3).

Kurayama, M. & Hirashima, T., 2010. Interactive Learning Environment Designed Based on Task Model of Problem Porsing. *Proceedings of ICCE2010*.

Ma, L., Li, Y., Fan, S. & Fan, R., 2015. A Hybrid Method for Image Segmentation Based on Artificial Fish Swarm Algorithm and Fuzzy-Means Clustering.

Nasition, D. A., Khotimah, H. H. & Chamidah, N., 2019. Perbandingan Normalisasi Data untuk Kalasifikasi Wine Menggunakan Algoritma K-NN. *CESS (Journal of Computer Engineering System and Science*, Volume 4 No. 1, pp. 78-82.

Parvathavarthini, S., Visalakshi, N. K., Shanthi, S. & Mohan, J. M., 2018. Crow Search Optimization based Fuzzy C-Means Clustering for Optimal Centroid Initialization. *TAGA JOURNAL*, Volume 14.

Patro, S. G. K. & Sahu, K. K., 2015. Normalization: A Preprocessing Stage.

Perdana, Q. R. & Budiarto, M. T., 2014. Proses Berpikir Siswa Kelas VIII-H SMPN-1 Wonoayu dengan Kecerdasar Linguistik dan Kecerdasan Logis-Matematis dalam Menyelesaikan Soal Cerita pada Materi Luas dan Keliling Persegi dan Persegi Panjang. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, Volume 3 No. 2, pp. 150-157.

Ramadhan, A., Efendi, Z. & Mustakim, 2017. Perbandingan K-Means dan Fuzzy C-Means untuk Pengelompokan Data User Knowledge Modeling. *Seminar*



Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 9, pp. 219-226.

Roesita, E., Firdaus, Y. & Maharani, W., 2010. Analisis Implementasi Cluster Based Retrieval Menggunakan Metode Cover Coefficient Based Clustering Method (C3m) Pada Dokumen Teks Bahasa Inggris.

Romero, C. & Ventura, S., 2007. Educational Data Mining: A Survey from 1995 to 2005. *Expert Systems with application*, Volume 33 No. 1, pp. 135-146.

Samat, N. A. & Salleh, M. N. M., 2017. A Study of Data Imputation Using Fuzzy C-Means with Particle Swarm Optimization. *Recent Advances on Soft Computing and Data Mining*.

Sardareh, S. A., Aghabozorgi, S. & Dutt, A., 2015. Applying Clustering Approach to Analyze Reflective Dialogues and Students' Problem Solving Ability. *Indian Journal of Science and Technology*, Volume 8 No. 11.

Sengupta, S., Basak, S. & Il, R. A. P., 2018. Data Clustering using a Hybrid of Fuzzy C-Means and Quantum-behaved Particle Swarm Optimization. *2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, pp. 137-142.

Shalabi, L. A. & Shaaban, Z., 2006. Normalization as a Preprocessing Engine for Data Mining and the Approach of Preference Matrix. *Proceedings of the International Conference on Dependability of Computer Systems (DEPCOS-RELCOMEX'06)*.

Singh, N., Choudhary, N. K., Gautam, R. K. & Tiwari, S., 2019. Model Order Reduction Using Fuzzy C-Means Clustering and Particle Swarm Optimization. *Smart Innovations in Communication and Computational Sciences*, pp. 81-96.

Siringoringo, R. & Jamaluddin, 2019. Peningkatan Performa Cluster Fuzzy C-Means pada Pengklasteran Sentimen Menggunakan Particle Swarm Optimization. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, Volume 6 No. 4, pp. 349-354.

Supianto, A. A. et al., 2019. Feature Dimensionality Reduction for Visualization and Clustering on Learning Process Data. *2019 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET)*, pp. 84-89.

Supianto, A. A., Hayashi, Y. & Harashima, T., 2017. Model-Based Analysis of Thinking in Problem Posing as Sentence Integration Focused on Violation of the Constraints. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*.

Supianto, A. A., Hayashi, Y. & Hirashima, T., 2016. Visualizations of Problem-Posing Activity Sequences Toward Modeling the Thinking Process. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, pp. 11-14.



Supianto, A. A., Hayashi, Y. & Hirashima, T., 2017. An Investigation of Learner's Action in Posing Arithmetic Word Problem on an Interactive Learning Environment. *The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers(IEICE)*, Volume E100.

Susilana, R. & Riyana, C., 2009. *Media Pembelajaran: Hakikat, Pengembangan, Pemanfaatan, da Penilaian*. Bandung: CV. Wacana Prima.

Wang, L., Liu, Y., Zhao, X. & Xu, Y., 2006. Particle Swarm Optimization for Fuzzy C-Means Clustering. *Proceeding of the 6th World Congress on Intelligent Control*, pp. 6055-6058.

Widiyanto, M. T. A. C., 2018. Optimasi PSO untuk Metode Clustering Fuzzy C-Means dalam Pengelompokan Kelas. *Jurnal PETIR*, Volume 11 No. 1.

Yamamoto, S. et al., 2012. A Case Study of Learning by Problem Posing in Introductory Phase of Arithmetic Word Problem. *Proc. 20th ICCE, Singapore*, pp. 25-32.

Yang, F. & Li, F. W., 2018. Study on Student Performance Estimation, Student Progress Analysis, and Student Potential Prediction Based on Data Mining. *Computers & Education*, pp. 97-108.

Ye, A. & Jin, Y., 2016a. A Fuzzy C-Means Clustering Algorithm Based on Improved Quantum Genetic Algorithm.

Zhang, Y., Wang, S. & Ji, G., 2015. A comprehensive Survey on Particle Swarm Optimization Algorithm and Its Applications. *Hindawi Publishing Corporation*.

LAMPIRAN A DATA AKTIFITAS BELAJAR SISWA

1. Data proses belajar siswa pada media pembelajaran *MONSAKUN Assignment 1*

id	tama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	150	45	24	21	11	9	9	6	6	4	20	10
2	103	23	13	10	4	3	5	2	9	0	19	3
3	542	145	75	70	14	25	19	21	51	14	25	11
4	539	124	65	59	12	24	9	24	45	9	40	15
5	1406	57	30	27	11	11	5	10	12	8	40	15
6	148	19	11	8	3	5	3	4	4	0	12	1
7	157	114	60	54	10	22	17	21	18	26	42	16
8	312	103	53	50	15	7	17	37	20	7	53	19
9	1087	67	35	32	1	18	9	11	28	0	19	11
10	362	87	45	42	5	12	35	3	16	15	22	14
11	153	37	20	17	3	7	8	6	4	9	24	11
12	177	79	41	38	23	9	9	18	9	11	51	17
13	755	47	25	22	11	5	7	10	5	8	22	6
14	184	81	42	39	15	24	20	4	8	10	26	9
15	2861	105	54	51	24	21	13	21	18	8	56	21

16	602	67	35	32	17	13	15	4	10	8	28	15
17	639	159	81	78	35	34	16	47	20	7	50	11
18	30	7	5	2	3	3	1	0	0	0	5	0
19	31	7	5	2	1	1	1	2	0	2	7	1
20	276	54	30	24	19	6	4	4	17	4	19	5
21	439	101	52	49	16	14	19	21	16	14	37	19
23	093	59	31	28	7	18	12	2	10	10	30	10
24	2746	61	32	29	14	17	7	4	6	12	26	16
25	89	41	22	19	29	5	5	2	0	0	10	1
26	216	31	17	14	5	5	7	3	7	2	17	5
27	130	25	14	11	5	1	3	6	0	10	10	3
28	17	57	30	27	4	19	8	13	8	4	33	5
29	75	15	9	6	3	5	3	4	0	0	9	1
30	69	11	7	4	1	3	3	2	2	0	7	2
31	1477	81	43	38	12	22	8	6	25	8	38	13
32	188	47	25	22	4	7	3	12	8	12	22	4
33	2641	126	70	56	14	29	24	16	19	24	40	39
34	155	67	35	32	12	19	19	10	7	0	35	14
35	487	87	49	38	19	20	5	22	10	11	26	16

36	194	61	32	29	14	7	11	13	8	8	24	11
37	762	192	101	91	30	37	24	42	39	19	91	55
38	264	64	36	28	17	4	14	10	12	7	21	16
39	67	23	13	10	5	5	1	6	2	4	16	3
40	407	43	24	19	8	3	16	2	7	6	24	7

2. Data proses belajar siswa pada media pembelajaran *MONSAKUN Assignment 2*

id	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	60	11	7	4	5	3	3	0	0	0	6	0
2	18	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
3	323	131	67	64	21	27	25	8	37	13	26	13
4	78	5	4	1	1	1	3	0	0	0	5	0
5	477	15	9	6	3	3	3	0	4	2	11	2
6	22	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
7	29	9	6	3	1	2	2	1	3	0	8	2
8	10	5	4	1	1	1	1	2	0	0	5	0
9	203	5	4	1	1	1	1	0	2	0	4	0
10	10	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
11	14	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0

12	14	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
13	110	35	19	16	5	7	5	4	8	6	18	3
14	27	5	4	1	1	1	1	0	0	2	4	1
15	29	11	7	4	2	3	1	3	0	2	7	0
16	24	5	4	1	1	1	1	2	0	0	5	0
17	16	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
18	27	9	6	3	5	3	1	0	0	0	5	0
19	14	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
20	61	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
21	16	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
23	377	58	32	26	7	7	22	3	4	15	22	8
24	16	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
25	1974	17	10	7	1	3	1	8	4	0	9	1
26	125	23	14	9	3	6	5	7	0	2	14	1
27	319	56	31	25	4	12	3	20	16	0	12	6
28	16	5	4	1	1	1	3	0	0	0	5	0
29	8	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
30	82	9	6	3	3	1	1	2	0	2	9	1
31	542	79	41	38	16	11	2	15	13	22	38	12

32	16	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
33	20	9	6	3	1	7	1	0	0	0	3	0
34	25	7	5	2	1	1	3	0	2	0	5	0
35	19	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
36	20	13	8	5	1	1	11	0	0	0	5	0
37	855	38	21	17	6	9	9	3	6	5	19	7
39	113	21	12	9	1	1	11	2	2	4	12	1
40	50	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0

3. Data proses belajar siswa pada media pembelajaran **MONSAKUN Assignment 3**

id	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	3	3	0	1	1	1	0	0	0	0	3	0
2	75	39	36	1	22	15	10	27	0	0	29	12
3	6	31	17	14	1	7	1	10	12	0	9	2
4	9	3	3	0	1	1	0	0	0	0	3	0
5	169	7	5	2	1	1	2	2	0	0	6	2
6	25	7	5	2	1	1	0	4	0	0	5	1
7	85	19	11	8	6	4	4	2	3	0	11	4
8	20	9	6	3	1	1	2	2	3	0	7	0

9	31	5	4	1	1	1	3	0	0	4	0
10	23	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
11	19	5	4	1	1	1	3	0	0	5	0
12	8	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
13	15	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
14	17	5	4	1	1	1	1	2	0	5	0
15	20	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
16	13	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
17	22	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
18	55	17	11	6	1	10	3	1	2	7	0
19	23	5	4	1	1	1	1	0	2	5	1
20	38	7	5	2	1	1	1	0	4	5	1
21	11	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
23	18	5	4	1	3	1	1	0	0	4	0
24	1	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
25	504	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
26	33	7	5	2	3	3	1	0	0	5	0
27	31	17	10	7	15	1	1	0	0	6	0
28	10	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0

29	15	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
30	516	21	12	9	7	5	3	4	2	0	14	6
31	14	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
32	33	9	6	3	1	1	1	4	2	0	6	2
33	24	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
34	9	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
35	24	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
36	14	7	5	2	5	1	1	0	0	0	4	0
37	54	21	12	9	7	5	5	2	2	0	16	3
38	2599	17	12	5	0	2	5	0	10	0	5	2
39	31	5	4	1	1	1	1	0	2	0	5	1
40	22	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0

4. Data proses belajar siswa pada media pembelajaran **MONSAKUN Assignment 4**

id	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	122	27	15	12	5	8	3	6	5	0	12	7
2	74	21	12	9	6	12	3	0	0	0	15	2
3	136	65	35	30	13	10	11	14	17	0	20	10
4	178	41	22	19	3	14	13	4	7	0	15	4

5	554	151	79	72	43	30	21	31	26	0	62	38
6	119	39	21	18	9	3	9	16	2	0	25	6
7	1137	347	176	171	87	70	35	69	86	0	62	107
8	731	223	114	109	27	66	40	32	58	0	70	50
9	85	17	10	7	5	5	5	2	0	0	12	2
10	350	77	40	37	25	5	3	34	10	0	19	16
11	642	189	97	92	30	48	38	35	38	0	72	47
12	189	61	32	29	9	15	18	7	12	0	28	14
13	384	151	78	73	20	36	31	34	30	0	43	30
14	572	187	95	92	53	42	15	32	45	0	34	27
15	176	41	22	19	6	12	9	6	8	0	26	8
16	541	113	59	54	19	32	18	22	22	0	53	25
17	813	250	128	122	78	71	67	22	12	0	34	38
18	66	21	12	9	3	9	2	0	7	0	12	3
19	356	77	41	36	15	19	11	16	16	0	32	21
20	562	141	72	69	9	29	35	28	40	0	31	9
21	300	86	46	40	17	21	24	9	15	0	34	17
23	444	153	78	75	22	32	20	36	43	0	43	34
24	585	67	35	32	15	23	4	12	13	0	21	17

25	600	93	48	45	26	34	16	4	13	0	25	14
26	528	189	96	93	35	58	18	34	44	0	38	34
27	455	141	72	69	21	42	41	29	8	0	43	12
28	603	42	25	17	14	9	7	6	6	0	19	12
29	276	43	23	20	7	10	13	7	6	0	30	6
30	253	131	67	64	34	23	21	31	21	0	29	36
31	053	347	175	172	30	70	127	36	84	0	66	33
32	557	159	81	78	24	25	38	34	38	0	55	37
33	170	35	19	16	5	12	10	2	6	0	17	5
34	750	228	117	111	28	50	36	55	59	0	51	49
35	269	59	31	28	11	11	15	7	15	0	23	9
36	97	21	12	9	5	5	5	4	2	0	11	4
37	223	79	41	38	9	19	17	11	23	0	27	12
38	139	36	18	18	9	12	2	7	6	0	22	9
39	901	101	53	48	32	11	20	19	18	0	31	18
40	485	51	27	24	11	11	7	8	14	0	22	11

5. Data proses belajar siswa pada media pembelajaran **MONSAKUN Assignment 5**

id	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	48	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
2	31	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
3	1042	219	114	105	65	52	52	45	5	0	43	23
4	16	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
5	203	63	33	30	14	17	9	13	10	0	31	15
6	441	131	67	64	37	16	28	30	20	0	59	18
7	1077	177	90	87	25	41	32	41	38	0	30	48
8	71	9	6	3	3	1	3	2	0	0	7	1
9	64	11	8	3	4	3	4	0	0	0	8	0
10	197	41	22	19	22	5	9	5	0	0	13	5
11	51	19	12	7	4	3	6	4	1	0	14	2
12	18	7	5	2	2	1	2	1	1	0	7	2
13	66	29	16	13	8	3	9	5	4	0	18	4
14	62	17	10	7	3	3	3	4	4	0	10	2
15	19	5	4	1	1	1	1	2	0	0	4	0
16	182	41	22	19	11	3	9	8	10	0	25	5
17	13	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0

18	34	11	7	4	7	2	2	0	0	8	1
19	52	11	7	4	1	1	7	0	2	7	0
20	44	11	7	4	4	3	4	0	0	8	1
21	75	23	13	10	5	5	3	0	10	17	3
23	82	29	16	13	11	5	4	7	2	17	7
24	17	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
25	24	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
26	140	35	19	16	9	11	9	4	2	21	7
27	93	89	46	43	27	18	18	17	9	39	14
28	109	19	11	8	3	7	7	0	2	14	4
29	33	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
30	283	67	36	31	10	15	20	8	13	27	12
31	17	5	4	1	1	1	3	0	0	5	0
32	9	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
33	59	21	12	9	6	5	2	5	3	16	4
34	131	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
35	105	29	16	13	7	7	5	4	6	18	7
36	22	3	3	0	1	1	1	0	0	3	0
37	54	23	13	10	5	10	2	3	3	15	3

38	60	25	13	12	7	3	4	6	5	0	14	5
39	16	5	4	1	1	1	3	0	0	0	5	0
40	45	21	12	9	4	10	7	0	0	0	13	1

6. Data proses belajar siswa pada media pembelajaran **MONSAKUN Assignment 6**

id	tama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	1446	199	103	96	12	41	46	42	57	0	56	39
2	1450	247	126	121	52	45	53	48	49	0	75	60
3	1440	71	37	34	10	5	21	13	22	0	28	8
4	288	57	31	26	11	6	14	12	13	0	25	7
5	352	125	64	61	29	21	21	30	24	0	63	36
6	395	209	107	102	30	45	63	38	33	0	72	22
8	12	61	32	29	25	13	9	8	6	0	29	10
9	270	55	29	26	10	10	15	10	10	0	21	9
10	903	185	94	91	35	25	41	46	38	0	60	32
11	38	13	8	5	1	1	5	4	2	0	13	2
12	12	5	4	1	1	3	1	0	0	0	4	0
13	124	39	21	18	11	5	13	6	4	0	15	4
14	439	98	53	45	20	16	26	17	19	0	41	21

15	357	67	36	31	12	16	6	20	13	0	40	16
16	290	99	52	47	25	15	30	15	14	0	31	13
17	46	17	10	7	4	4	3	6	0	0	10	2
18	37	9	6	3	1	1	2	4	1	0	9	1
19	259	65	35	30	9	8	24	7	17	0	36	12
20	726	197	100	97	16	43	45	47	46	0	44	18
21	224	71	37	34	7	5	23	20	16	0	34	16
23	216	99	51	48	14	14	27	29	15	0	43	17
24	143	37	21	16	7	7	8	8	7	0	21	6
25	70	17	10	7	3	1	9	2	2	0	8	2
26	634	237	120	117	21	58	60	42	56	0	63	45
27	176	49	26	23	3	5	16	11	14	0	28	4
28	47	13	8	5	1	1	5	2	4	0	9	2
29	232	39	22	17	14	7	8	10	0	0	28	7
30	835	90	48	42	28	17	7	25	13	0	29	26
31	180	39	21	18	4	8	13	8	6	0	18	6
32	1050	261	139	122	53	36	66	58	48	0	56	50
33	495	255	130	125	42	61	52	49	51	0	64	67
34	35	13	8	5	1	1	1	6	4	0	7	1

35	1422	389	196	193	66	87	93	67	76	0	79	84
36	1348	247	127	120	50	44	57	49	46	0	50	55
37	92	37	20	17	11	9	3	7	7	0	18	11
39	49	7	5	2	1	1	3	2	0	0	6	1
40	225	31	17	14	3	5	11	10	2	0	19	3

7. Data proses belajar siswa pada media pembelajaran MONSAKUN Assignment 7

id	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	388	101	52	49	24	11	26	22	18	0	59	25
2	111	43	23	20	11	5	10	10	7	0	28	10
3	226	76	41	35	17	7	7	22	23	0	33	10
4	131	33	18	15	9	5	7	4	8	0	20	4
5	819	229	116	113	48	38	60	49	34	0	80	52
6	229	69	36	33	11	13	13	14	18	0	34	8
8	238	89	46	43	23	12	22	21	11	0	51	21
9	157	47	25	22	14	3	15	7	8	0	24	5
10	734	119	61	58	27	35	30	13	14	0	49	24
11	51	17	10	7	5	3	1	2	6	0	12	2
12	61	33	18	15	5	3	7	8	10	0	19	6

13	32	5	4	1	1	1	1	2	0	5	0
14	319	86	46	40	23	13	31	9	10	24	12
15	1592	293	148	145	65	54	48	66	60	82	48
16	146	61	32	29	17	3	11	19	11	26	7
17	195	49	25	24	9	13	5	10	12	22	9
18	25	9	6	3	1	3	1	2	2	7	0
19	105	11	7	4	3	2	2	1	3	10	3
20	641	219	111	108	64	50	26	48	31	64	34
21	956	273	139	134	61	36	29	65	82	60	56
23	289	87	45	42	22	17	12	14	22	40	15
24	321	79	41	38	22	10	10	20	17	36	16
25	32	137	70	67	40	7	18	32	40	60	25
26	129	43	23	20	13	11	7	8	4	29	7
27	470	96	49	47	19	7	16	32	21	37	11
28	48	19	11	8	7	5	1	0	6	11	3
29	742	251	127	124	77	20	51	56	46	71	51
30	176	37	20	17	14	3	8	6	6	19	6
31	691	121	62	59	21	9	41	34	16	40	12
32	361	113	61	52	32	20	20	19	22	56	23

REPOSITORY.UB.A.C.ID

33	454	58	30	28	10	10	11	11	15	0	25	21
34	185	65	34	31	19	9	10	13	14	0	37	11
36	817	125	64	61	34	18	12	30	31	0	37	24
39	52	17	10	7	7	3	1	6	0	0	9	2
40	129	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0

8. Data proses belajar siswa pada media pembelajaran *MONSAKUN Assignment 8*

id	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	17	7	5	2	1	5	1	0	0	0	6	0
2	126	23	14	9	9	4	3	4	2	0	14	3
3	443	150	78	72	29	22	29	15	55	0	49	20
4	73	7	5	2	1	1	1	4	0	0	7	0
5	23	33	18	15	7	3	5	12	6	0	27	6
6	48	13	8	5	2	3	1	5	2	0	10	0
8	129	43	23	20	10	9	6	12	6	0	24	9
9	34	5	4	1	1	1	1	0	2	0	4	0
11	19	7	5	2	1	3	1	0	2	0	4	0
12	16	9	6	3	1	3	3	0	2	0	6	0
13	19	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0

14	72	21	12	9	5	1	3	5	7	0	13	2
15	24	17	10	7	1	5	1	10	0	0	4	0
16	81	25	14	11	3	5	7	6	4	0	13	3
17	75	29	16	13	7	4	7	9	2	0	20	5
18	34	15	9	6	4	1	2	5	3	0	9	1
19	384	115	60	55	31	18	30	21	15	0	47	27
20	95	47	25	22	11	10	12	10	4	0	24	11
21	26	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
23	18	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
24	1799	193	98	95	25	19	63	54	32	0	57	29
25	11	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
26	746	176	91	85	35	28	42	31	40	0	70	41
28	46	13	8	5	3	3	3	4	0	0	10	1
29	27	15	9	6	1	4	5	5	0	0	11	3
30	125	17	10	7	3	1	3	6	4	0	13	4
31	53	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
32	133	55	29	26	16	11	15	8	5	0	35	5
34	17	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
36	118	27	15	12	5	3	7	6	6	0	16	5

39	56	13	8	5	3	1	1	4	4	0	12	2
40	15	5	4	1	1	1	3	0	0	0	4	0

9. Data proses belajar siswa pada media pembelajaran *MONSAKUN Assignment 9*

id	tama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	26	9	6	3	1	1	1	6	0	0	7	1
2	14	5	4	1	1	1	3	0	0	0	4	0
3	49	17	10	7	1	3	7	6	0	0	10	2
4	298	101	52	49	19	16	26	26	14	0	38	15
5	334	67	35	32	13	15	13	12	14	0	34	22
6	49	13	8	5	3	3	3	0	4	0	8	0
8	11	7	5	2	1	5	1	0	0	0	6	0
9	99	23	13	10	5	4	7	4	3	0	15	4
11	220	65	34	31	19	13	11	10	12	0	49	18
12	9	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
13	31	5	4	1	1	1	1	0	2	0	4	0
14	756	153	84	69	36	23	30	14	50	0	54	27
15	65	25	14	11	4	5	5	8	3	0	18	5
16	398	227	115	112	41	29	45	62	50	0	64	28

18	1225	269	136	133	69	61	38	54	47	0	66	40
20	167	47	25	22	3	5	7	20	12	0	24	8
21	188	33	18	15	9	3	11	6	4	0	19	5
24	172	15	9	6	3	5	5	0	2	0	12	3
25	148	59	31	28	13	12	17	7	10	0	25	12
26	188	51	27	24	14	11	14	6	6	0	27	9
28	120	29	16	13	5	4	5	5	10	0	19	7
29	36	11	7	4	1	1	1	5	3	0	7	1
30	135	25	14	11	3	2	10	6	4	0	18	5
31	155	35	19	16	8	5	3	12	7	0	25	6
32	133	63	33	30	10	13	11	10	19	0	37	12
34	33	13	8	5	1	3	1	6	2	0	8	1
36	15	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
38	52	11	7	4	5	2	1	1	2	0	5	5
39	1311	129	66	63	30	9	36	46	8	0	46	15
40	62	19	11	8	1	7	3	4	4	0	11	3

10. Data proses belajar siswa pada media pembelajaran *MONSAKUN Assignment 10*

id	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	40	7	5	2	3	1	1	2	0	0	6	1
2	45	21	12	9	1	5	6	2	7	0	15	3
3	26	17	10	7	5	2	4	5	1	0	9	2
4	61	13	8	5	5	1	3	4	0	0	9	0
5	20	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
6	76	19	11	8	5	5	3	4	2	0	12	2
8	75	47	25	22	7	9	5	12	14	0	42	15
9	78	25	14	11	4	6	3	3	9	0	19	11
11	48	15	9	6	1	5	3	4	2	0	14	4
12	138	83	43	40	10	15	26	13	19	0	47	22
13	61	21	12	9	9	3	1	6	2	0	14	2
14	21	9	6	3	1	1	4	3	0	0	7	2
15	21	15	9	6	11	1	3	0	0	0	5	0
16	204	53	28	25	15	5	13	14	6	0	30	10
18	91	17	10	7	3	6	1	7	0	0	10	4
20	68	13	8	5	5	1	1	2	4	0	9	4
21	224	57	30	27	3	9	15	16	14	0	28	11

24	49	15	9	6	3	4	3	3	2	0	12	3
25	54	25	14	11	8	10	5	2	0	0	16	2
26	108	23	13	10	5	7	5	2	4	0	14	7
29	18	9	6	3	3	1	3	2	0	0	8	0
30	56	3	3	0	1	0	1	1	0	0	3	1
31	48	3	2	1	1	0	0	0	1	0	2	0
32	414	97	50	47	11	18	39	16	13	0	54	25
34	26	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
36	28	7	5	2	1	1	1	0	4	0	6	0
39	44	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
40	151	49	26	23	5	11	11	7	15	0	21	8

11. Data proses belajar siswa pada media pembelajaran *MONSAKUN Assignment 11*

id	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	22	5	4	1	1	1	1	2	0	0	4	1
2	65	15	9	6	1	3	1	7	3	0	14	2
4	91	7	5	2	5	1	1	0	0	0	6	0
5	19	5	4	1	1	1	1	2	0	0	4	1
6	45	15	9	6	5	3	1	0	6	0	11	0

8	61	31	17	14	1	15	7	1	3	4	20	3
9	35	5	4	1	1	1	1	0	2	0	5	0
11	62	21	12	9	3	3	5	6	2	2	15	2
12	28	11	7	4	1	5	1	1	3	0	11	3
13	71	29	16	13	1	9	3	2	4	10	19	4
14	22	7	5	2	1	1	5	0	0	0	4	0
15	13	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
16	79	7	5	2	1	1	1	2	0	2	7	1
17	70	23	13	10	4	10	2	2	5	0	11	10
18	45	11	7	4	1	4	1	4	1	0	8	4
20	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
21	61	9	6	3	1	3	1	2	2	0	8	1
25	69	11	7	4	3	1	1	3	3	0	9	2
29	50	11	7	4	4	1	1	5	0	0	10	2
32	45	5	4	1	1	3	1	0	0	0	3	0
34	61	19	11	8	1	5	1	10	2	0	13	4
36	80	11	7	4	1	5	3	2	0	0	9	1
39	44	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
40	37	9	6	3	1	3	1	2	2	0	8	2

12. Data proses belajar siswa pada media pembelajaran MONSAKUN Assignment 12

id	lama	langkah	set	remove	c1	c2	c3	c4	c5	c6	unik	err
1	48	11	7	4	1	1	3	4	2	0	8	3
2	40	5	4	1	1	1	1	0	2	0	5	1
4	11	5	4	1	3	1	1	0	0	0	4	0
5	40	7	5	2	0	2	1	1	2	1	5	3
6	36	7	5	2	1	1	1	2	2	0	5	1
8	49	17	10	7	5	3	2	1	6	0	14	5
9	27	33	18	15	9	2	17	2	3	0	22	3
11	34	11	7	4	1	3	1	4	2	0	7	4
12	29	21	12	9	6	5	1	4	2	3	18	6
13	10	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
14	19	7	5	2	1	1	5	0	0	0	5	0
15	40	15	9	6	11	1	1	0	2	0	8	1
16	77	21	12	9	1	1	3	10	6	0	9	3
17	41	11	7	4	1	5	3	0	2	0	6	2
18	322	83	43	40	22	3	17	9	27	5	40	21
21	18	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
25	52	17	10	7	3	1	7	4	2	0	10	4

29	19	3	3	0	1	1	1	0	0	0	3	0
32	43	7	5	2	1	0	3	2	1	0	6	2
34	35	5	4	1	1	1	3	0	0	0	4	0
36	103	43	23	20	7	9	12	4	11	0	23	10
38	302	53	29	24	5	16	9	3	13	7	18	20
39	348	25	14	11	7	3	3	4	6	2	14	3
40	196	21	12	9	5	1	1	2	8	4	12	5

LAMPIRAN B HASIL PENGUJIAN

1. Pengujian Jumlah Cluster

- **Data Assignment 1**

Jumlah partikel : 10

Nilai bobot inesia : [0,5;0,5]

Nilai *learning factor* : [0,5;0,5]

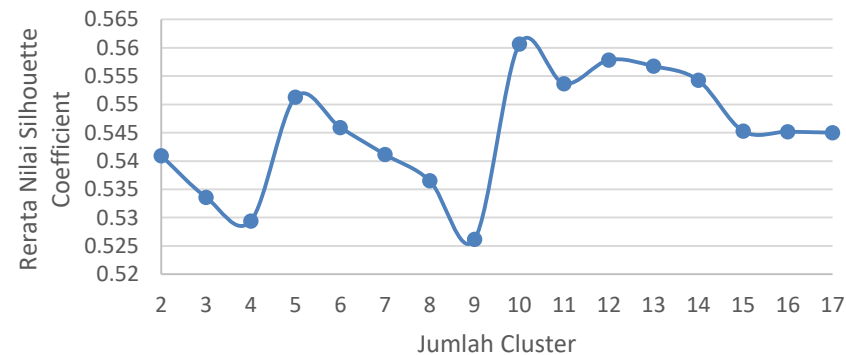
Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Jumlah Cluster	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2	0,54094	0,54094	0,54094	0,54094	0,54094	0,54094	0,54094	0,54094	0,54094	0,54094	0,54094	0,54094
3	0,508353	0,576262	0,510227	0,576262	0,508353	0,539609	0,576262	0,510227	0,541056	0,489463	0,533607	0,533607
4	0,477953	0,506466	0,540083	0,602712	0,502727	0,569111	0,598551	0,518825	0,474813	0,50276	0,5294	0,5294
5	0,590101	0,576415	0,589329	0,507812	0,565846	0,50766	0,578557	0,580131	0,485652	0,53151	0,551301	0,551301
6	0,555925	0,58937	0,496059	0,502732	0,562953	0,60578	0,532903	0,48746	0,53242	0,593749	0,545935	0,545935
7	0,496125	0,494418	0,477801	0,563761	0,60158	0,534559	0,575094	0,546357	0,581566	0,540251	0,541151	0,541151
8	0,533722	0,481763	0,546872	0,575035	0,517573	0,500672	0,550855	0,530316	0,594102	0,534095	0,5365	0,5365

9	0,530807	0,531176	0,582577	0,468585	0,538956	0,514962	0,525831	0,524799	0,525987	0,51792	0,52616
10	0,550949	0,574034	0,586747	0,513716	0,567342	0,535768	0,586158	0,586936	0,543566	0,561519	0,560674
11	0,528043	0,544411	0,569707	0,572389	0,524933	0,508456	0,556871	0,576746	0,586897	0,568312	0,553677
12	0,524338	0,590183	0,547631	0,573549	0,524873	0,556165	0,552542	0,62527	0,54058	0,543228	0,557836
13	0,627462	0,606408	0,578013	0,478606	0,575203	0,507818	0,596517	0,522117	0,570499	0,504911	0,556755
14	0,4949	0,54605	0,573031	0,471012	0,579931	0,576817	0,598125	0,531616	0,587778	0,583306	0,554257
15	0,549755	0,558735	0,533134	0,5702	0,523917	0,532435	0,566682	0,560681	0,487941	0,569321	0,54528
16	0,49274	0,558942	0,584111	0,569693	0,580348	0,54014	0,526348	0,495642	0,588677	0,515169	0,545181
17	0,578805	0,541314	0,528443	0,591481	0,524	0,516508	0,615986	0,545403	0,496343	0,511778	0,545006

Pengujian Jumlah Cluster Assignment 1



Data Assignment 2

Jumlah partikel : 10

Nilai bobot inesia : [0,5;0,5]

Nilai *learning factor* : [0,5;0,5]

Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Jumlah Cluster	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>j</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
3	0,783435	0,752824	0,758235	0,794129	0,758235	0,758235	0,752824	0,794129	0,789947	0,743941	0,768594
4	0,778049	0,760068	0,760068	0,725264	0,760068	0,725264	0,778049	0,730136	0,729345	0,760068	0,750638
5	0,785327	0,763741	0,774183	0,735824	0,705278	0,788329	0,696965	0,764348	0,741669	0,759027	0,751469
6	0,702929	0,782018	0,744531	0,751861	0,772162	0,744766	0,740981	0,713707	0,766361	0,77555	0,749487
7	0,744601	0,761658	0,73808	0,688777	0,740318	0,692299	0,742733	0,754861	0,748181	0,690517	0,730202
8	0,696966	0,74422	0,726317	0,749542	0,696977	0,736412	0,74718	0,73527	0,710223	0,727421	0,727053
9	0,715149	0,734252	0,71265	0,786958	0,705101	0,730508	0,774837	0,736961	0,748114	0,734288	0,737882
10	0,733023	0,737799	0,73477	0,711253	0,707588	0,684092	0,724736	0,714486	0,718725	0,730076	0,719655



• **Data Assignment 3**

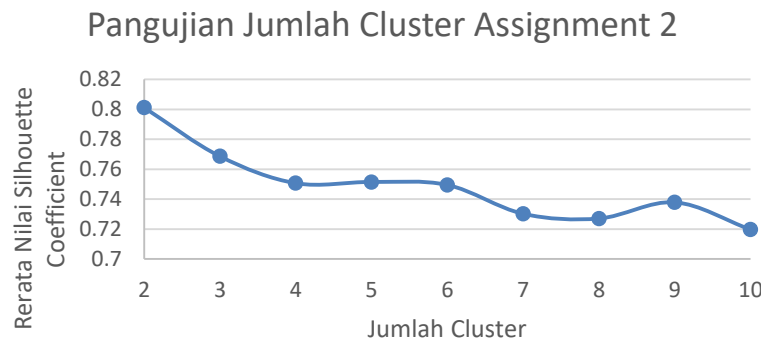
Jumlah partikel : 10

Nilai bobot inesia : [0,5;0,5]

Nilai *learning factor* : [0,5;0,5]

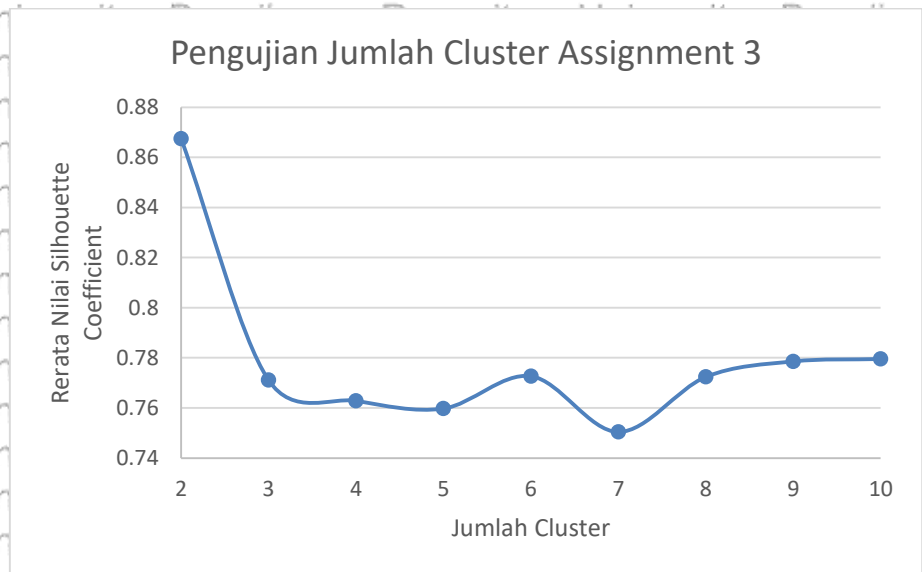
Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10



Jumlah Cluster	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
3	0,715001	0,807809	0,733138	0,766079	0,766666	0,749508	0,807809	0,766666	0,799171	0,799171	0,7711
4	0,740557	0,789013	0,792593	0,786206	0,743968	0,741169	0,723835	0,798734	0,783852	0,728335	0,762826

5	0,779254	0,722043	0,7292	0,745708	0,785272	0,72455	0,779291	0,780307	0,794293	0,757565	0,759748
6	0,768215	0,801222	0,790243	0,790353	0,816445	0,737132	0,733868	0,759502	0,766276	0,763349	0,772661
7	0,745107	0,703391	0,762761	0,718394	0,752572	0,794242	0,754444	0,767738	0,744333	0,761145	0,750413
8	0,756189	0,777535	0,769017	0,760489	0,778711	0,805002	0,739301	0,769399	0,761145	0,806774	0,772356
9	0,763398	0,793954	0,745864	0,783649	0,803951	0,799987	0,770086	0,796144	0,76474	0,763831	0,77856
10	0,804744	0,787406	0,795987	0,741559	0,790975	0,786217	0,794735	0,770198	0,76524	0,758216	0,779528



Data Assignment 4

Jumlah partikel : 10

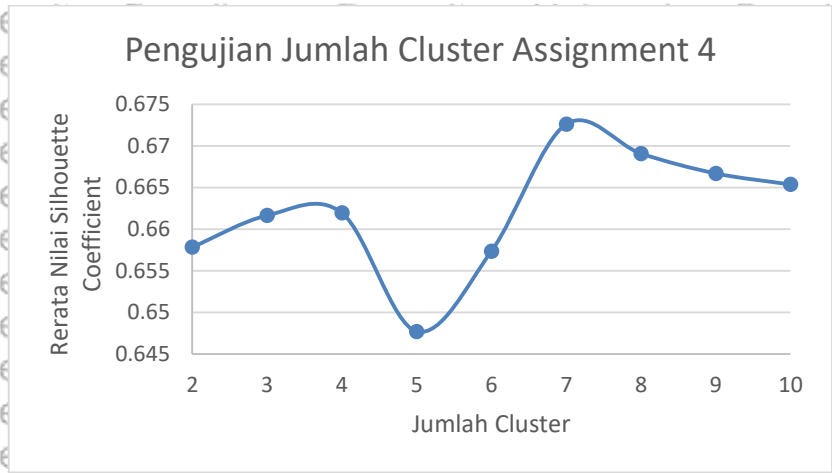
Nilai bobot inesia : [0,5;0,5]

Nilai *learning factor* : [0,5;0,5]

Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Jumlah Cluster	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>j</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	0,657851	0,657851	0,657851	0,657851	0,657851	0,657851	0,657851	0,657851	0,657851	0,657851	0,657851
3	0,652527	0,679643	0,659796	0,679643	0,64953	0,65628	0,633342	0,666251	0,679643	0,659796	0,661645
4	0,661335	0,661335	0,664437	0,662534	0,631655	0,649455	0,700365	0,685459	0,660386	0,642556	0,661952
5	0,611454	0,704258	0,682151	0,616282	0,620437	0,686338	0,60297	0,618743	0,672915	0,661579	0,647713
6	0,629166	0,691207	0,676843	0,619529	0,617987	0,682884	0,669742	0,625736	0,721001	0,639547	0,657364
7	0,705545	0,63174	0,695133	0,703325	0,721398	0,578051	0,680441	0,693869	0,656416	0,660195	0,672611
8	0,648844	0,671366	0,688009	0,67372	0,738873	0,683254	0,64518	0,636192	0,669544	0,635947	0,669093
9	0,746644	0,649803	0,594307	0,664402	0,685573	0,65196	0,675624	0,663519	0,660168	0,675002	0,6667
10	0,614039	0,645079	0,658406	0,694201	0,704549	0,678595	0,690539	0,648908	0,656384	0,663025	0,665372



• **Data Assignment 5**

Jumlah partikel : 10

Nilai bobot inersia : [0,5;0,5]

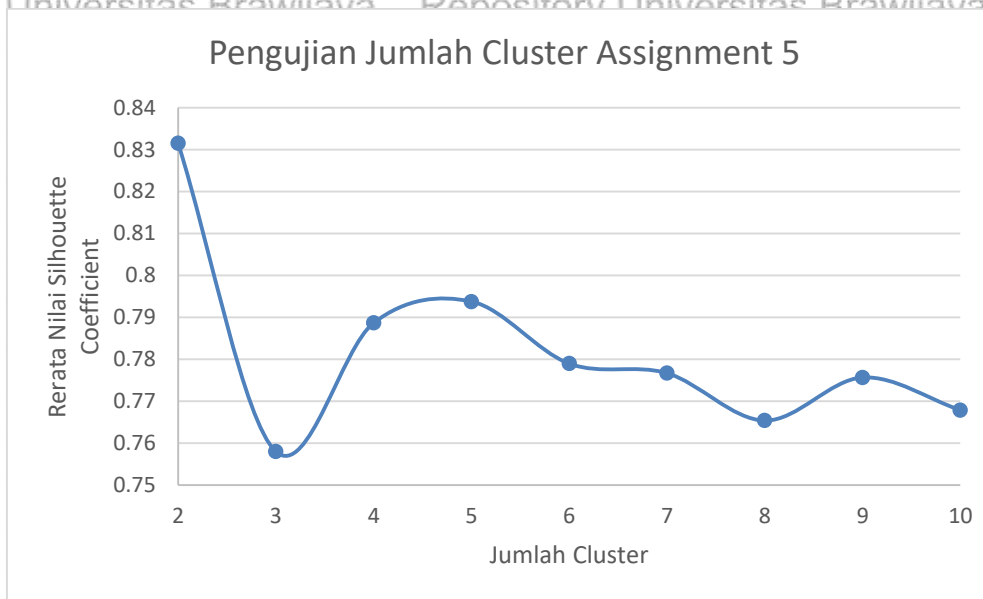
Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Jumlah Cluster	Nilai silhouette coefficient percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
3	0,770307	0,779708	0,779708	0,805685	0,781745	0,717314	0,711205	0,711205	0,805685	0,717489	0,758005

4	0,759133	0,842364	0,775075	0,760239	0,764666	0,813285	0,755125	0,764666	0,825103	0,827077	0,788673
5	0,759274	0,823625	0,7794	0,81397	0,80524	0,785453	0,756766	0,839608	0,787429	0,786939	0,79377
6	0,787266	0,74742	0,787459	0,787956	0,822466	0,751828	0,74449	0,79244	0,778055	0,790387	0,778977
7	0,768685	0,750881	0,768006	0,790456	0,715917	0,781439	0,788855	0,822364	0,784531	0,795751	0,776689
8	0,717841	0,769673	0,732899	0,733177	0,801729	0,784516	0,754258	0,803495	0,780005	0,776357	0,765395
9	0,765111	0,773052	0,7995	0,775966	0,80064	0,790472	0,768092	0,745737	0,763401	0,774641	0,775661
10	0,72661	0,799207	0,738684	0,764321	0,77947	0,770149	0,776173	0,74692	0,812778	0,764533	0,767885



Data Assignment 6

Jumlah partikel : 10

Nilai bobot inesia : [0,5;0,5]

Nilai *learning factor* : [0,5;0,5]

Nilai *velocity* maksimum : 0,3

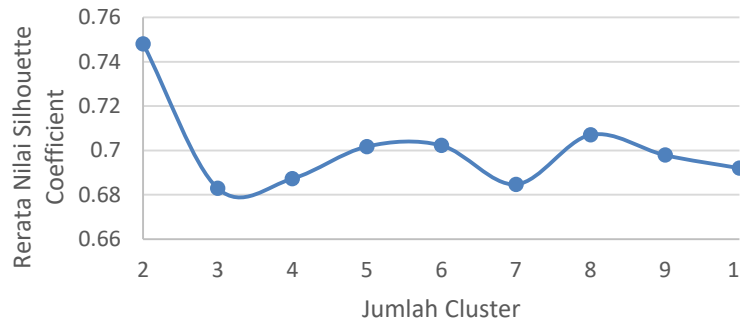
Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai *silhouette coefficient* percobaan ke-*i*

Jumlah Cluster	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
3	0,644879	0,662729	0,710191	0,710191	0,662729	0,710191	0,644879	0,710191	0,662729	0,710191	0,68289
4	0,727843	0,727843	0,632807	0,632998	0,717424	0,722101	0,717424	0,727843	0,632807	0,632998	0,687209
5	0,675294	0,693603	0,675294	0,750808	0,634118	0,735376	0,684593	0,741932	0,750808	0,675294	0,701712
6	0,691615	0,689654	0,665962	0,723058	0,746162	0,666263	0,705309	0,71337	0,715229	0,70559	0,702221
7	0,684274	0,66886	0,746888	0,659852	0,638528	0,678124	0,71521	0,648714	0,71867	0,687528	0,684665
8	0,663522	0,761316	0,678578	0,691888	0,734517	0,678761	0,713472	0,725873	0,699841	0,722101	0,706987
9	0,714301	0,692232	0,703844	0,694672	0,662149	0,667333	0,688226	0,719377	0,701252	0,735054	0,697844
10	0,731194	0,692161	0,664479	0,66615	0,712604	0,685118	0,718501	0,690163	0,667881	0,691336	0,691959



Pengujian Jumlah Cluster Assignment 6



• **Data Assignment 7**

Jumlah partikel : 10

Nilai bobot inesia : [0,5;0,5]

Nilai learning factor : [0,5;0,5]

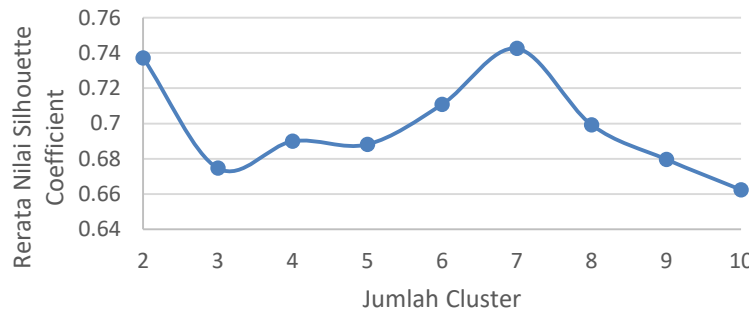
Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Jumlah Cluster	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	0,7372	0,7372	0,7372	0,7372	0,7372	0,7372	0,7372	0,7372	0,7372	0,7372	0,7372
3	0,665574	0,665574	0,658303	0,72547	0,658303	0,658303	0,665574	0,665574	0,72547	0,658303	0,674645

4	0,630083	0,636041	0,741649	0,690849	0,684999	0,741649	0,687291	0,672575	0,672575	0,741649	0,689936
5	0,678036	0,716846	0,714733	0,67598	0,704888	0,659637	0,670866	0,702012	0,689145	0,669347	0,688149
6	0,69463	0,67415	0,753589	0,75346	0,686322	0,722125	0,708062	0,687812	0,722211	0,70571	0,710807
7	0,725351	0,712032	0,752804	0,726242	0,716874	0,752109	0,756649	0,783476	0,737651	0,761552	0,742474
8	0,689512	0,6769	0,717009	0,710919	0,728798	0,706473	0,702339	0,655563	0,737381	0,667589	0,699248
9	0,693839	0,680689	0,690723	0,66211	0,651483	0,64891	0,67645	0,703031	0,673244	0,716148	0,679663
10	0,660269	0,682671	0,640742	0,63017	0,67664	0,669832	0,674855	0,670239	0,700966	0,617839	0,662422

Pengujian Jumlah Cluster Assignment 7



• **Data Assignment 8**

Jumlah partikel : 10

Nilai bobot inesia : [0,5;0,5]

Nilai *learning factor* : [0,5;0,5]

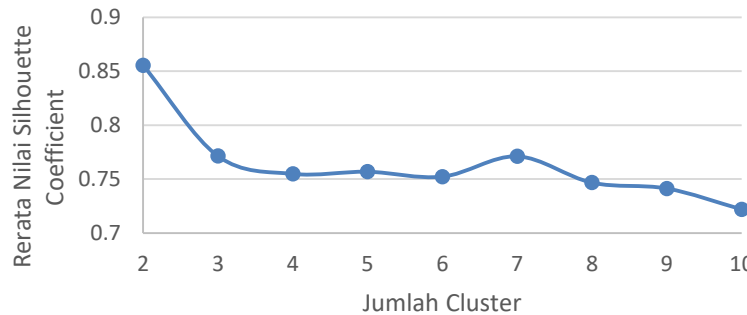
Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Jumlah Cluster	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
3	0,746384	0,75385	0,746384	0,80256	0,80256	0,75385	0,75385	0,746384	0,805722	0,80256	0,771411
4	0,760908	0,768395	0,768395	0,77888	0,798798	0,709497	0,757104	0,757104	0,756173	0,693074	0,754833
5	0,716709	0,770858	0,796231	0,80876	0,716627	0,737314	0,7497	0,716709	0,770858	0,784498	0,756826
6	0,760925	0,721794	0,803444	0,784479	0,784943	0,753838	0,71936	0,753078	0,705674	0,73486	0,752239
7	0,77431	0,773745	0,797511	0,756519	0,7628	0,749062	0,735274	0,79614	0,793845	0,771742	0,771095
8	0,741083	0,74289	0,7797	0,734327	0,743565	0,71605	0,732087	0,795612	0,752952	0,728725	0,746699
9	0,714357	0,711138	0,753729	0,745359	0,762404	0,769442	0,779559	0,717981	0,757689	0,701281	0,741294
10	0,743568	0,716313	0,71897	0,739947	0,744147	0,689594	0,716703	0,718204	0,722437	0,710048	0,721993



Pengujian Jumlah Cluster Assignment 8



• Data Assignment 9

Jumlah partikel : 10

Nilai bobot inersia : [0,5;0,5]

Nilai learning factor : [0,5;0,5]

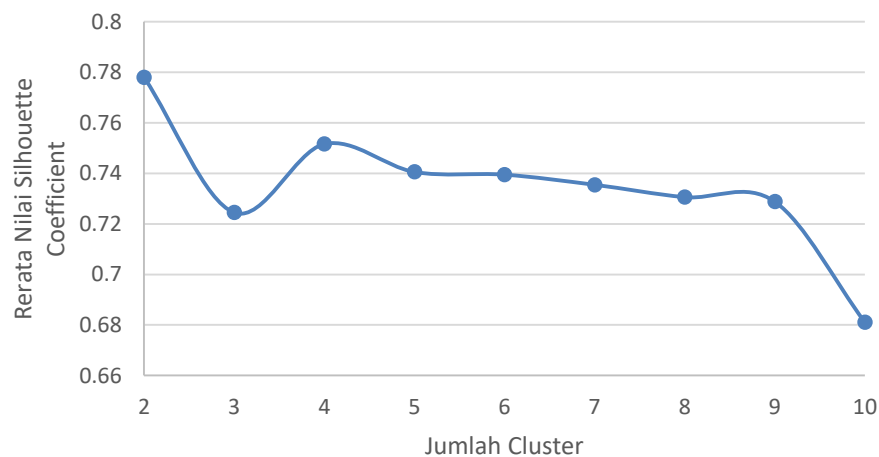
Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Jumlah Cluster	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
3	0,754236	0,754236	0,710023	0,710023	0,699226	0,710023	0,754236	0,699226	0,754236	0,699226	0,724469

4	0,758246	0,773141	0,780098	0,777753	0,705674	0,773141	0,705948	0,777753	0,758246	0,705674	0,751567
5	0,725163	0,718558	0,715273	0,750314	0,736246	0,783073	0,721099	0,787526	0,716412	0,751726	0,740539
6	0,778161	0,767575	0,76592	0,747745	0,762003	0,684389	0,704105	0,724117	0,736558	0,724117	0,739469
7	0,785559	0,761776	0,729934	0,741316	0,722741	0,68125	0,703081	0,762851	0,703143	0,76297	0,735462
8	0,745876	0,74235	0,693506	0,694233	0,705848	0,659819	0,778027	0,777797	0,730412	0,777797	0,730567
9	0,743968	0,729075	0,697394	0,734117	0,762431	0,691949	0,718699	0,708393	0,753154	0,748482	0,728766
10	0,691532	0,68788	0,681447	0,749438	0,653032	0,689434	0,604751	0,700295	0,668741	0,684174	0,681072

Pengujian Jumlah Cluster Assignment 9



Data Assignment 10

Jumlah partikel : 10

Nilai bobot inesia : [0,5;0,5]

Nilai *learning factor* : [0,5;0,5]

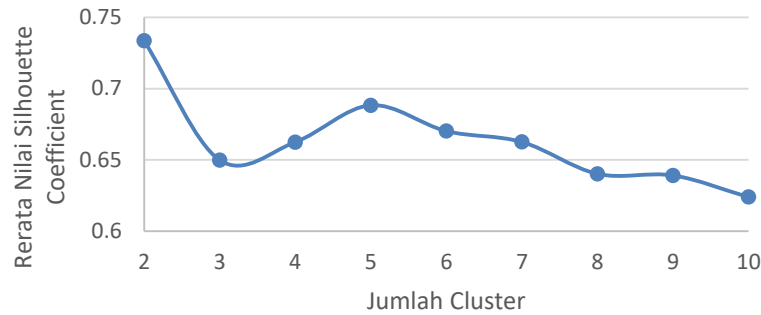
Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Jumlah Cluster	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>j</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
3	0,646595	0,604588	0,700631	0,674595	0,674595	0,669045	0,604588	0,669045	0,669045	0,585518	0,649824
4	0,632909	0,632909	0,631622	0,631622	0,636731	0,631622	0,70886	0,752835	0,724313	0,640811	0,662423
5	0,638298	0,632485	0,712829	0,704148	0,699519	0,727078	0,67952	0,714151	0,7048	0,670044	0,688287
6	0,728313	0,66363	0,730754	0,636363	0,648204	0,673197	0,648821	0,660687	0,661463	0,64998	0,670141
7	0,594577	0,700203	0,611467	0,687333	0,667767	0,650655	0,709713	0,609588	0,70676	0,687168	0,662523
8	0,654457	0,689301	0,646648	0,649094	0,622495	0,691665	0,579542	0,620212	0,594792	0,652963	0,640117
9	0,613642	0,675314	0,618214	0,599237	0,648136	0,598487	0,677439	0,654197	0,620739	0,684862	0,639027
10	0,587397	0,632466	0,602237	0,626521	0,624211	0,614347	0,647082	0,666126	0,596633	0,641542	0,623856



Pengujian Jumlah Cluster Assignment 10



Data Assignment 11

Jumlah partikel : 10

Nilai bobot inersia : [0,5;0,5]

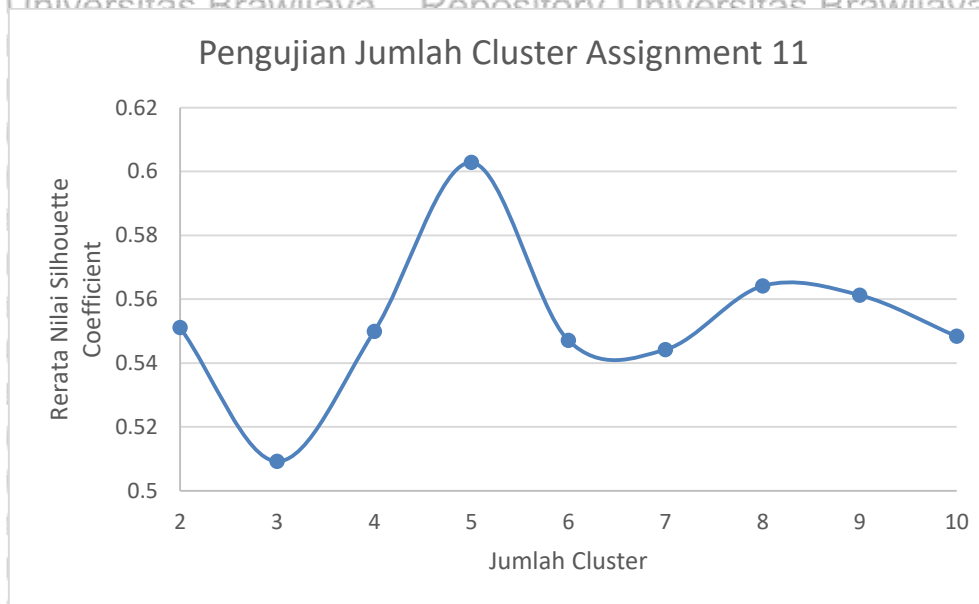
Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Jumlah Cluster	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	0,551102	0,551102	0,551102	0,551102	0,551102	0,551102	0,551102	0,551102	0,551102	0,551102	0,551102
3	0,70303	0,484946	0,503383	0,484946	0,501557	0,503383	0,503383	0,484946	0,484946	0,570303	0,50921

4	0,544306	0,553692	0,528631	0,544306	0,551791	0,550627	0,544109	0,553692	0,602243	0,52587	0,549927
5	0,575612	0,62133	0,575187	0,605099	0,577442	0,605705	0,598812	0,595621	0,59502	0,678143	0,602797
6	0,51201	0,594334	0,543659	0,575748	0,549539	0,591408	0,570406	0,522554	0,488509	0,522541	0,547071
7	0,53144	0,572001	0,505761	0,51261	0,499812	0,570766	0,560855	0,568337	0,556267	0,564343	0,544219
8	0,61818	0,558042	0,607023	0,566882	0,561749	0,618079	0,529142	0,578227	0,534187	0,469953	0,564147
9	0,535669	0,516855	0,557397	0,562994	0,569388	0,565241	0,571361	0,5633	0,577579	0,59294	0,561272
10	0,60372	0,502777	0,554906	0,645537	0,578518	0,561334	0,510549	0,542695	0,425827	0,557673	0,548354



• **Data Assignment 12**

Jumlah partikel : 10

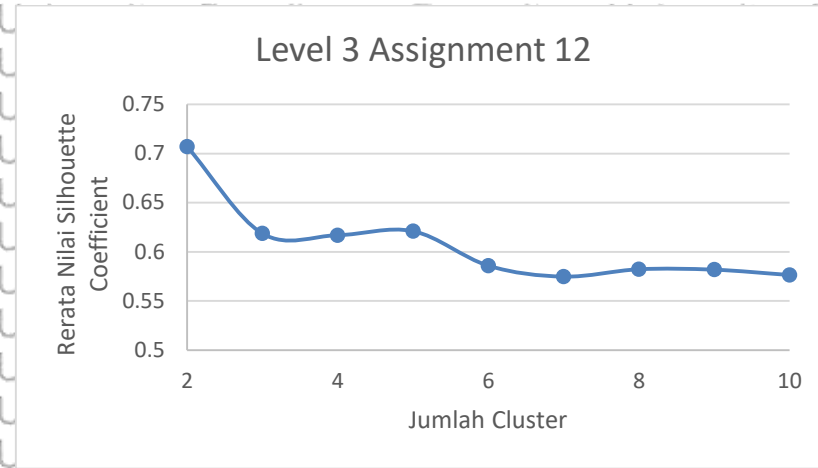
Nilai bobot inesia : [0,5;0,5]

Nilai *learning factor* : [0,5;0,5]

Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Jumlah Cluster	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>j</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
3	0,653213	0,586205	0,661198	0,605002	0,594334	0,594334	0,605002	0,661198	0,564505	0,661198	0,618619
4	0,580668	0,655255	0,676666	0,676666	0,590626	0,578676	0,578022	0,57492	0,634164	0,623303	0,616897
5	0,64043	0,574653	0,580168	0,644469	0,632999	0,635635	0,673976	0,583428	0,662765	0,581492	0,621002
6	0,621076	0,612639	0,537014	0,566683	0,597412	0,57312	0,565421	0,544019	0,609871	0,631112	0,585837
7	0,56578	0,643887	0,57671	0,529724	0,524845	0,571362	0,543173	0,583978	0,611658	0,596199	0,574732
8	0,642659	0,645823	0,625656	0,548393	0,594115	0,553765	0,564097	0,548543	0,556604	0,542377	0,582203
9	0,609272	0,532938	0,534301	0,62835	0,54147	0,555344	0,568983	0,598513	0,601471	0,647126	0,581777
10	0,550783	0,581068	0,588955	0,57882	0,53382	0,550753	0,645008	0,591267	0,631279	0,511963	0,576372



2. Pengujian Jumlah Partikel

• Rata Assignment 1

Jumlah cluster : 10

Nilai Bobot Inersia : [0,5;0,5]

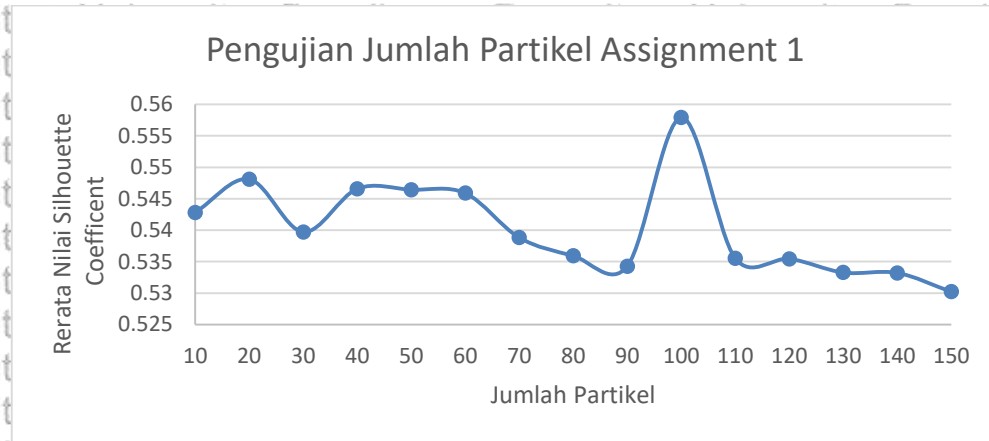
Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi Maksimum : 10

Jumlah Partikel	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,495731	0,539366	0,548087	0,576481	0,567657	0,565914	0,514698	0,54656	0,535661	0,538105	0,542826

20	0,591375	0,563035	0,533678	0,538156	0,553655	0,570261	0,435142	0,524823	0,589599	0,581217	0,548094
30	0,545859	0,466449	0,566043	0,547156	0,602217	0,516569	0,549408	0,482224	0,550377	0,570855	0,539716
40	0,588256	0,570463	0,569468	0,546307	0,553706	0,549184	0,53729	0,493895	0,509174	0,548026	0,546577
50	0,56387	0,556152	0,5321	0,574657	0,534692	0,517209	0,535804	0,584423	0,546633	0,518855	0,546439
60	0,536029	0,586676	0,578951	0,541539	0,543209	0,519493	0,557215	0,57729	0,509997	0,508466	0,545887
70	0,486915	0,525878	0,567587	0,514559	0,561082	0,555602	0,548839	0,541592	0,516397	0,5698	0,538825
80	0,543727	0,48992	0,519311	0,553261	0,542856	0,494964	0,577758	0,525346	0,543824	0,568415	0,535938
90	0,533951	0,559389	0,530055	0,550403	0,547537	0,492298	0,536063	0,543716	0,513525	0,535748	0,534269
100	0,608234	0,583619	0,570852	0,505021	0,525796	0,54492	0,539857	0,601486	0,606358	0,492933	0,557907
110	0,52455	0,510357	0,562842	0,527372	0,519074	0,540029	0,548894	0,552995	0,522141	0,547148	0,53554
120	0,5655	0,487209	0,556689	0,544901	0,530811	0,592182	0,522554	0,534237	0,468181	0,552259	0,535452
130	0,590582	0,489703	0,571091	0,480481	0,543958	0,500944	0,532345	0,511602	0,514719	0,597283	0,533271
140	0,5567	0,52957	0,490123	0,5569	0,523594	0,55731	0,576136	0,490123	0,547609	0,504004	0,533207
150	0,597346	0,511594	0,57309	0,550512	0,550921	0,486646	0,50451	0,514858	0,489554	0,523161	0,530219

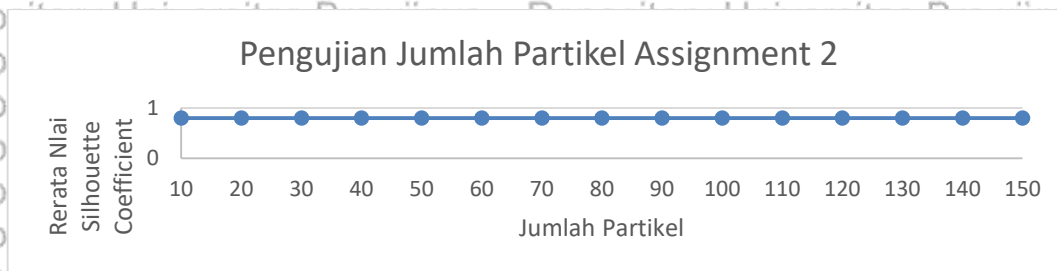


• **Data Assignment 2**

- Jumlah cluster : 2
- Nilai Bobot Inersia : [0,5;0,5]
- Nilai learning factor : [0,5;0,5]
- Nilai velocity maksimum : 0,3
- Jumlah iterasi Maksimum : 10

Jumlah Partikel	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
20	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113

30	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
40	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
50	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
60	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
70	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
80	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
90	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
100	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
110	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
120	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
130	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
140	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
150	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113





• **Data Assignment 3**

Jumlah cluster : 2

Nilai Bobot Inersia : [0,5;0,5]

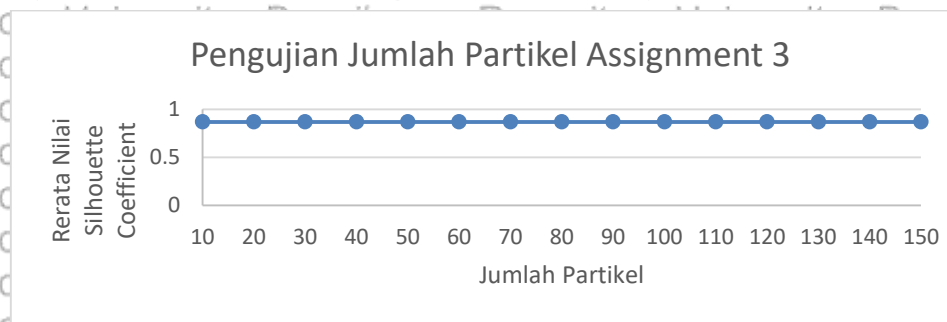
Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi Maksimum : 10

Jumlah Partikel	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
10	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
20	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
30	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
40	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
50	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
60	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
70	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
80	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
90	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489

100	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
110	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
120	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
130	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
140	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
150	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489



- **Data Assignment 4**
 - Jumlah cluster : 7
 - Nilai Bobot Inersia : [0,5;0,5]
 - Nilai learning factor : [0,5;0,5]
 - Nilai velocity maksimum : 0,3
 - Jumlah iterasi Maksimum : 10



Jumlah Partikel	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,669861	0,651717	0,662101	0,679812	0,672607	0,644338	0,716262	0,696546	0,669228	0,682823	0,67453
20	0,644863	0,702044	0,671966	0,698882	0,659362	0,655893	0,725108	0,625486	0,590893	0,597737	0,657223
30	0,626156	0,671009	0,657368	0,708077	0,615426	0,658148	0,636989	0,638603	0,692318	0,680079	0,658417
40	0,692688	0,728229	0,707637	0,70407	0,666957	0,675002	0,6755	0,669186	0,694798	0,64621	0,686028
50	0,666885	0,592154	0,698334	0,65939	0,652741	0,635338	0,669803	0,70361	0,618227	0,666608	0,656309
60	0,706947	0,638944	0,669455	0,73099	0,640712	0,694169	0,662718	0,701319	0,725316	0,680709	0,685128
70	0,703036	0,702783	0,662077	0,619119	0,677235	0,708104	0,636013	0,714015	0,683275	0,711312	0,681697
80	0,629272	0,714424	0,673387	0,695363	0,647886	0,668937	0,651459	0,700132	0,668618	0,618278	0,666776
90	0,725071	0,628611	0,706011	0,609916	0,662211	0,675748	0,624766	0,623694	0,69338	0,697784	0,664719
100	0,671321	0,710522	0,666695	0,745728	0,727549	0,689996	0,624218	0,720621	0,709155	0,712778	0,697858
110	0,637967	0,719924	0,6396	0,69755	0,673192	0,638146	0,701316	0,727768	0,697467	0,610719	0,674365
120	0,743484	0,71436	0,643993	0,708244	0,629253	0,639796	0,617996	0,670876	0,670876	0,70477	0,674365
130	0,649205	0,659355	0,694258	0,612018	0,642844	0,698507	0,666086	0,694057	0,710238	0,655944	0,668251
140	0,694938	0,720542	0,659691	0,647212	0,689166	0,611328	0,646289	0,658661	0,700385	0,654006	0,668222
150	0,66941	0,680044	0,643779	0,643779	0,719126	0,695391	0,643779	0,663337	0,663337	0,643779	0,666576



Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

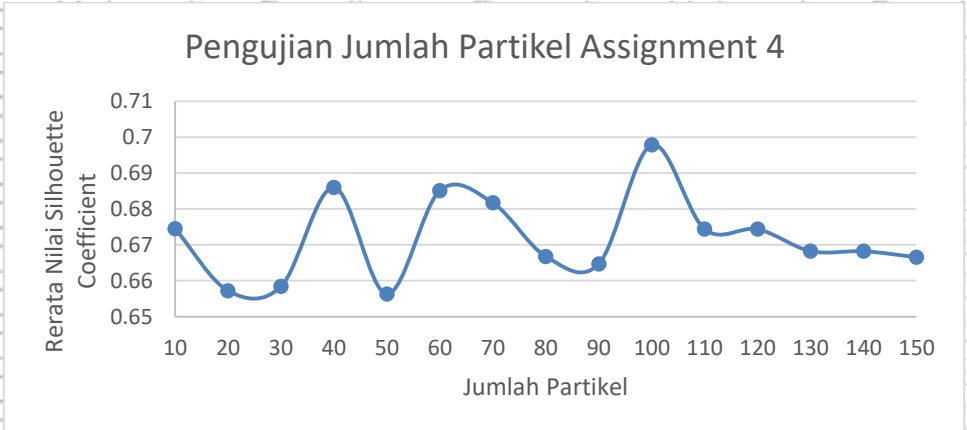
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



- **Data Assignment 5**
 - Jumlah cluster : 2
 - Nilai Bobot Inersia : [0,5;0,5]
 - Nilai learning factor : [0,5;0,5]
 - Nilai velocity maksimum : 0,3
 - Jumlah iterasi Maksimum : 10

Jumlah Partikel	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
20	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513

30	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
40	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
50	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
60	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
70	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
80	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
90	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
100	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
110	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
120	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
130	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
140	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
150	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513



Data Assignment 6

Jumlah cluster : 2

Nilai Bobot Inersia : [0,5;0,5]

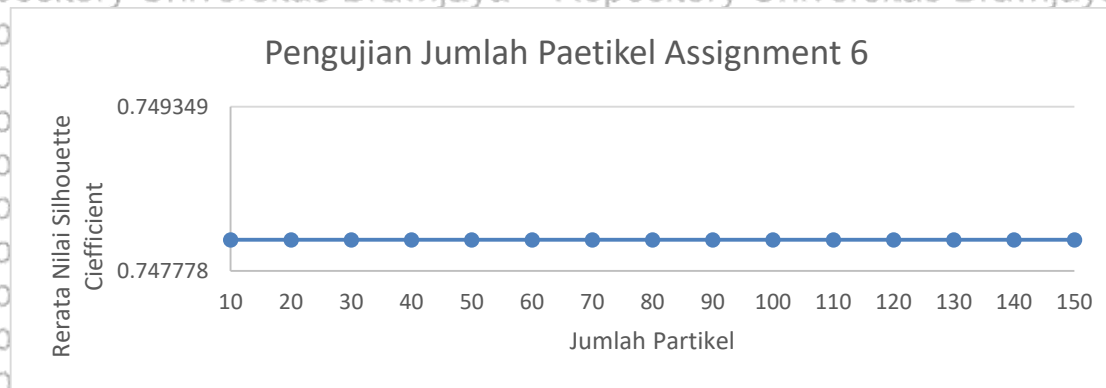
Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi Maksimum : 10

Jumlah Partikel	Nilai silhouette coefficient percobaan ke- <i>j</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
20	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
30	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
40	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
50	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
60	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
70	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
80	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
90	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
100	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077

110	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
120	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
130	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
140	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
150	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077



• **Data Assignment 7**

Jumlah cluster : 7

Nilai Bobot Inersia : [0,5;0,5]

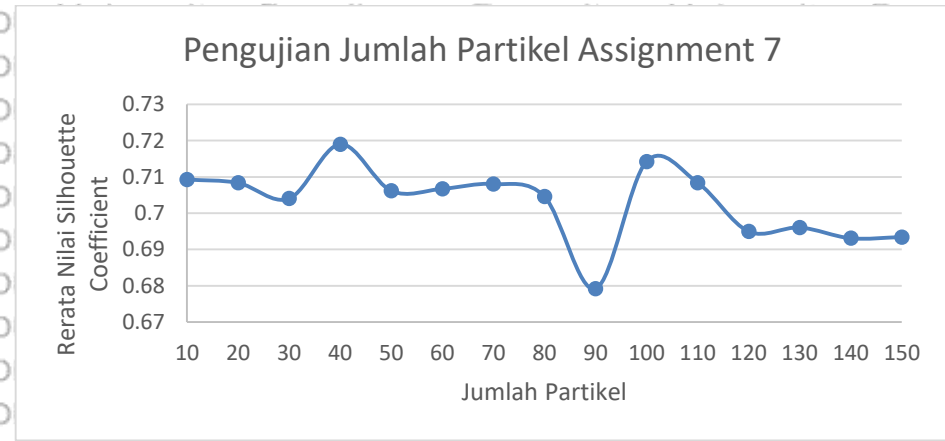
Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi Maksimum : 10



Jumlah Partikel	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,747935	0,660592	0,721252	0,722611	0,6637	0,694128	0,720225	0,722147	0,723913	0,716203	0,709271
20	0,717585	0,681933	0,692668	0,753596	0,695778	0,688661	0,693183	0,693032	0,735402	0,731627	0,708347
30	0,665277	0,768795	0,672845	0,754052	0,638675	0,717586	0,739816	0,717586	0,70335	0,662373	0,704036
40	0,758791	0,746942	0,682756	0,736472	0,69656	0,756321	0,676808	0,714743	0,735313	0,68544	0,719015
50	0,722579	0,658346	0,666113	0,694787	0,731652	0,747377	0,699147	0,730245	0,717905	0,693485	0,706164
60	0,752498	0,675906	0,69654	0,758254	0,657524	0,698707	0,740944	0,703341	0,696059	0,687411	0,706718
70	0,684961	0,747367	0,692668	0,677393	0,711854	0,743771	0,734613	0,733105	0,677393	0,677393	0,708052
80	0,688299	0,678106	0,715098	0,751293	0,733034	0,714775	0,656544	0,697225	0,723996	0,687575	0,704595
90	0,705149	0,653027	0,647839	0,700123	0,678403	0,664779	0,666429	0,696386	0,694195	0,685305	0,679164
100	0,720669	0,725657	0,671978	0,764966	0,691504	0,694111	0,748875	0,774903	0,671459	0,678345	0,714247
110	0,689767	0,704206	0,737125	0,70077	0,6992	0,681142	0,787969	0,690242	0,761378	0,632393	0,708419
120	0,694547	0,705064	0,739906	0,745586	0,670353	0,67432	0,691098	0,691098	0,653145	0,684568	0,694969
130	0,75211	0,699009	0,670331	0,677365	0,730311	0,65176	0,696686	0,691669	0,696763	0,694463	0,696047
140	0,681283	0,65091	0,725114	0,65091	0,704328	0,71718	0,65091	0,720882	0,704328	0,725076	0,693092
150	0,674782	0,673333	0,714231	0,677143	0,691405	0,750871	0,647839	0,669861	0,709377	0,72536	0,69342

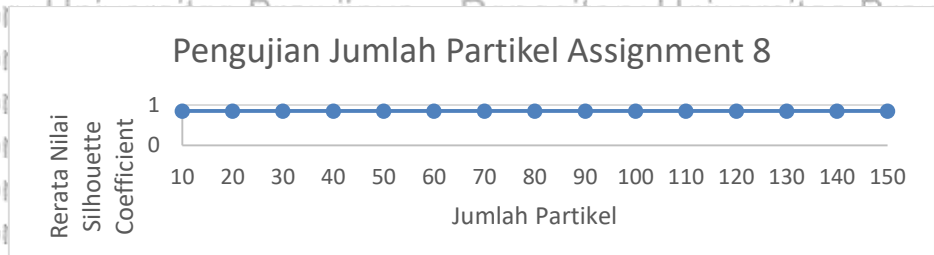


• Data Assignment 8

- Jumlah cluster : 2
- Nilai Bobot Inersia : [0,5;0,5]
- Nilai learning factor : [0,5;0,5]
- Nilai velocity maksimum : 0,3
- Jumlah iterasi Maksimum : 10

Jumlah Partikel	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
20	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539

30	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
40	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
50	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
60	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
70	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
80	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
90	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
100	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
110	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
120	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
130	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
140	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
150	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539





Data Assignment 9

Jumlah cluster : 2

Nilai Bobot Inersia : [0,5;0,5]

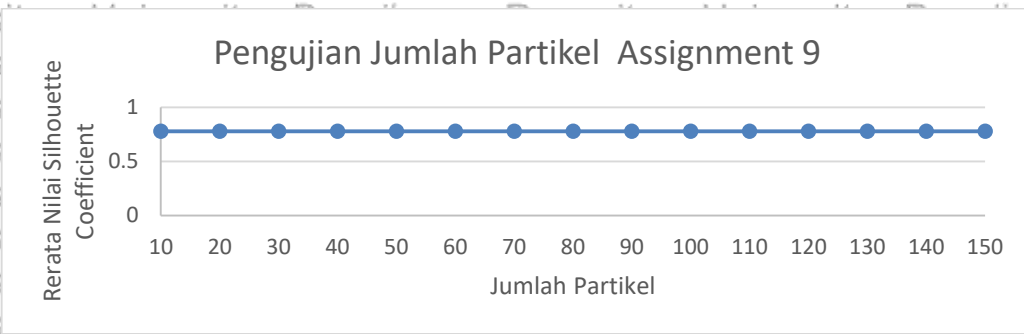
Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi Maksimum : 10

Jumlah Partikel	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai
	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
10	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
20	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
30	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
40	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
50	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
60	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
70	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
80	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
90	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962

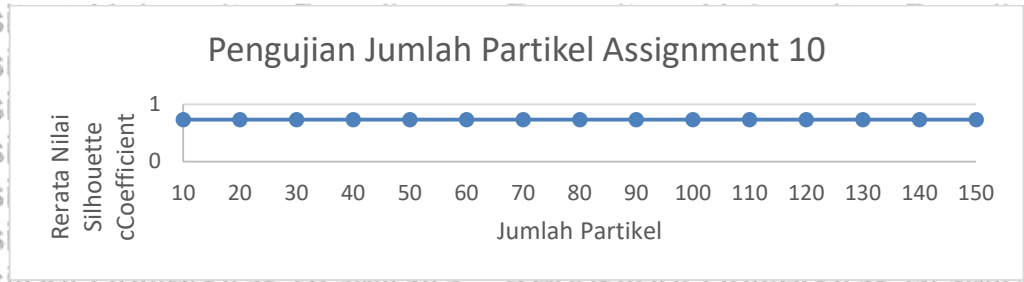
100	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
110	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
120	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
130	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
140	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
150	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962



- **Data Assignment 10**
- Jumlah cluster : 2
- Nilai Bobot Inersia : [0,5;0,5]
- Nilai learning factor : [0,5;0,5]
- Nilai velocity maksimum : 0,3
- Jumlah iterasi Maksimum : 10



Jumlah Partikel	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
20	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
30	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
40	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
50	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
60	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
70	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
80	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
90	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
100	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
110	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
120	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
130	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
140	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
150	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505



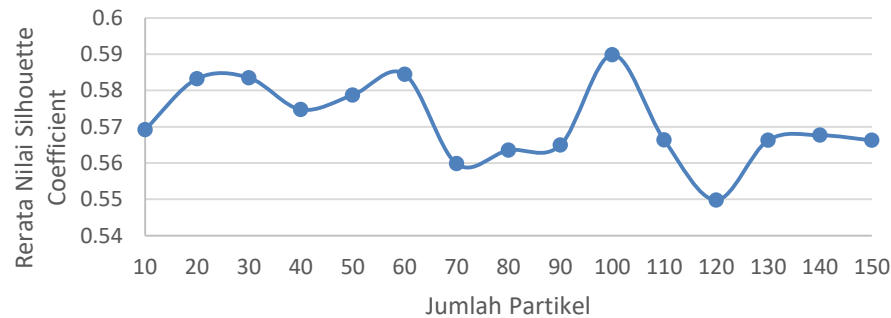
• **Data Assignment 11**

- Jumlah cluster : 5
- Nilai Bobot Inersia : [0,5;0,5]
- Nilai learning factor : [0,5;0,5]
- Nilai velocity maksimum : 0,3
- Jumlah iterasi Maksimum : 10

Jumlah Partikel	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,548054	0,583779	0,603322	0,617953	0,544972	0,572617	0,534451	0,576015	0,565687	0,550169	0,569202
20	0,60581	0,595766	0,583625	0,62133	0,582585	0,527592	0,568218	0,621895	0,586948	0,538421	0,583219
30	0,581307	0,627015	0,562289	0,553416	0,600258	0,616295	0,635504	0,544843	0,555976	0,558161	0,583506
40	0,535803	0,62133	0,551611	0,551092	0,564001	0,558102	0,560261	0,573913	0,62133	0,609949	0,574739
50	0,600258	0,575187	0,59502	0,568139	0,564966	0,566474	0,558102	0,598812	0,603242	0,557099	0,57873

60	0,517296	0,579918	0,59881	0,596048	0,602577	0,604555	0,586948	0,635504	0,560908	0,56223	0,584479
70	0,558204	0,549399	0,558204	0,573913	0,582158	0,568139	0,554084	0,515811	0,604555	0,533356	0,559782
80	0,499032	0,604115	0,541144	0,550169	0,59881	0,59502	0,547626	0,603242	0,573913	0,522114	0,563519
90	0,522114	0,591693	0,597146	0,551611	0,558846	0,566582	0,558591	0,586118	0,565655	0,551092	0,564945
100	0,591693	0,597146	0,576842	0,608361	0,577442	0,600258	0,635504	0,567364	0,551092	0,592803	0,58985
110	0,556651	0,560261	0,561544	0,561544	0,565352	0,565828	0,537082	0,595483	0,56292	0,596614	0,566328
120	0,602577	0,548281	0,546794	0,47086	0,596048	0,556396	0,557211	0,54437	0,548281	0,527246	0,549806
130	0,598812	0,565655	0,497013	0,574791	0,601536	0,502864	0,536538	0,600258	0,584981	0,600044	0,566249
140	0,590811	0,588597	0,608361	0,598812	0,565352	0,551478	0,550337	0,5288	0,505709	0,588116	0,567637
150	0,564001	0,550204	0,621895	0,527429	0,557099	0,57465	0,596048	0,551867	0,542714	0,576552	0,566246

Pengujian Jumlah Partikel Assignment 11



Data Assignment 12

Jumlah cluster : 2

Nilai Bobot Inersia : [0,5;0,5]

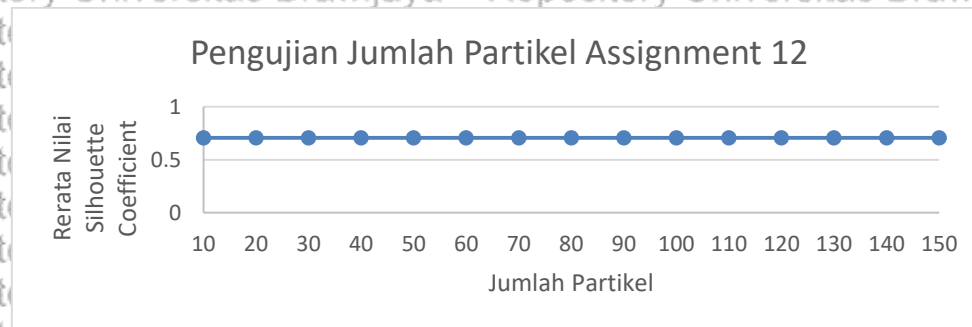
Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi Maksimum : 10

Jumlah Partikel	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-j										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
20	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
30	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
40	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
50	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
60	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
70	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
80	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
90	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
100	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069

110	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
120	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
130	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
140	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
150	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069



3. Pengujian Nilai Bobot Inersia

- **Data Assignment 1**

Jumlah cluster : 10

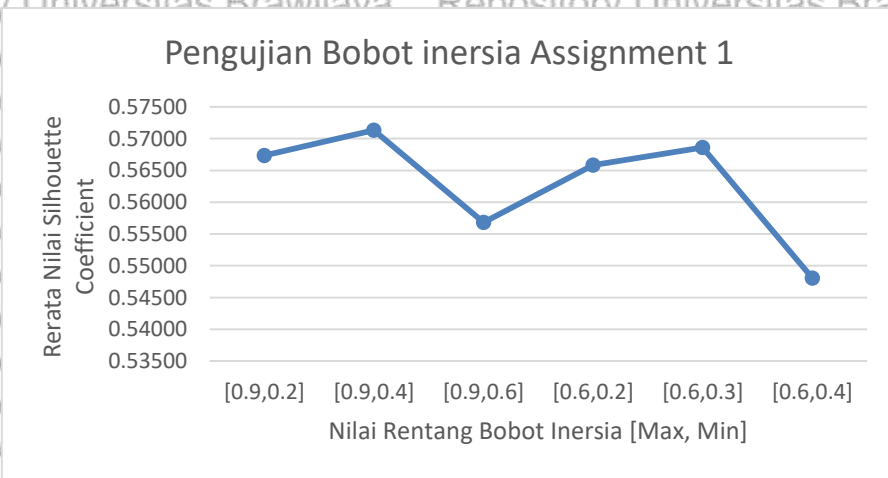
Jumlah Partikel : 100

Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai Bobot Inersia [max,min]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke-1										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
[0,9;0,2]	0,54664	0,50763	0,55662	0,56627	0,58888	0,59647	0,55705	0,60309	0,59576	0,55532	0,56737
[0,9;0,4]	0,62124	0,54623	0,55909	0,55955	0,59088	0,61227	0,54344	0,57158	0,55782	0,55098	0,57131
[0,9;0,6]	0,56648	0,53495	0,66383	0,50543	0,54783	0,54952	0,51567	0,52357	0,60006	0,56090	0,55682
[0,6;0,2]	0,54439	0,58509	0,57616	0,57177	0,58135	0,59569	0,56054	0,57838	0,55492	0,51017	0,56585
[0,6;0,3]	0,54006	0,58342	0,55970	0,57836	0,53239	0,60336	0,57916	0,57818	0,58064	0,55092	0,56862
[0,6;0,4]	0,52858	0,58919	0,56517	0,57049	0,53865	0,55680	0,54212	0,51246	0,49816	0,57907	0,54807





• **Data Assignment 2**

Jumlah cluster : 2

Jumlah Partikel : 10

Nilai *learning factor* : [0,5;0,5]

Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai Bobot Inersia [max,min]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke-1										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
[0,9;0,2]	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011
[0,9;0,4]	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011
[0,9;0,6]	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011
[0,6;0,2]	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011
[0,6;0,3]	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011
[0,6;0,4]	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011	0,8011



Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

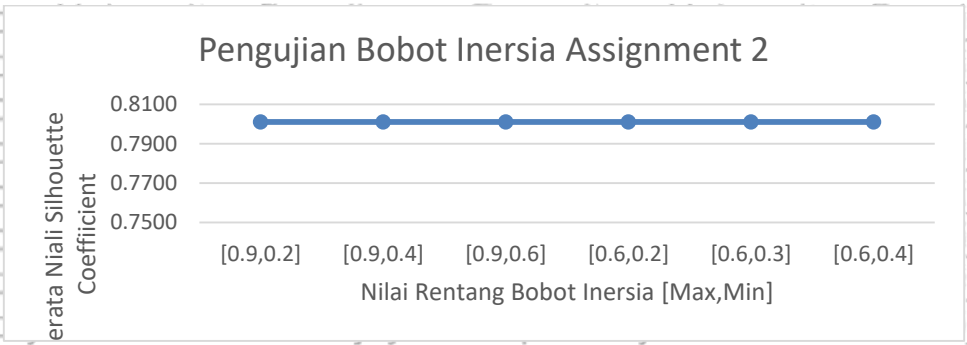
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



- **Data Assignment 3**
- Jumlah cluster : 2
- Jumlah Partikel : 10
- Nilai learning factor : [0,5;0,5]
- Nilai velocity maksimum : 0,3
- Jumlah iterasi maksimum : 10

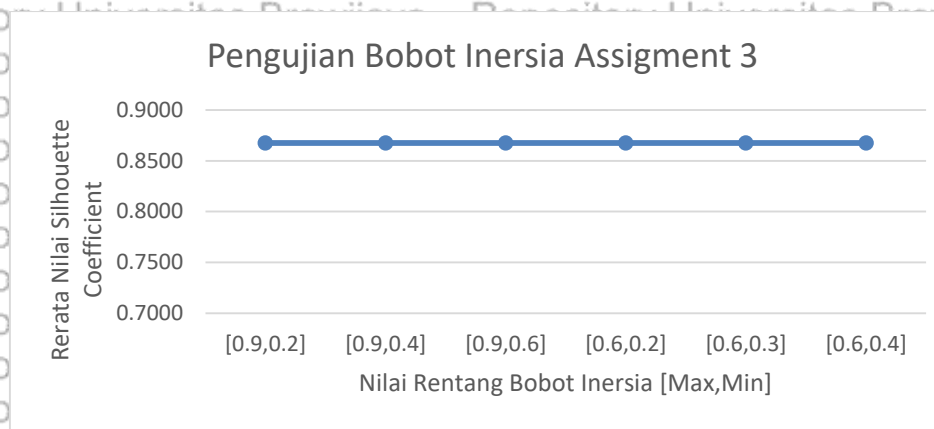
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Nilai Bobot Inersia [max,min]	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
[0,9;0,2]	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675
[0,9;0,4]	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675
[0,9;0,6]	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675

[0,6;0,2]	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675
[0,6;0,3]	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675
[0,6;0,4]	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675	0,8675



• **Data Assignment 4**

Jumlah cluster : 7

Jumlah Partikel : 100

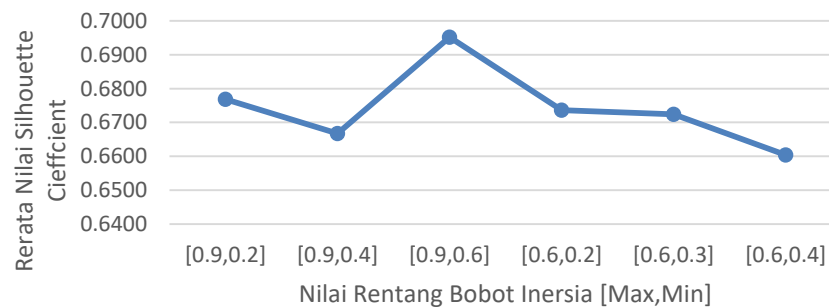
Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai Bobot Inersia [max,min]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke-1										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
[0,9;0,2]	0,6952	0,7029	0,6609	0,6337	0,6879	0,6940	0,6738	0,7079	0,6808	0,6310	0,6768
[0,9;0,4]	0,6182	0,7200	0,7327	0,7242	0,7102	0,6095	0,6351	0,6271	0,6808	0,6096	0,6667
[0,9;0,6]	0,7525	0,6268	0,6952	0,7384	0,6870	0,7021	0,7034	0,7051	0,6636	0,6777	0,6952
[0,6;0,2]	0,7076	0,6433	0,7116	0,6703	0,6403	0,6568	0,6424	0,7160	0,6653	0,6825	0,6736
[0,6;0,3]	0,6906	0,6384	0,6457	0,6603	0,6844	0,6677	0,6742	0,7009	0,6505	0,7108	0,6724
[0,6;0,4]	0,6657	0,7242	0,6457	0,6459	0,6548	0,7075	0,6586	0,6738	0,6344	0,5933	0,6604

Pengujian Bobot Inersia Assignment 4



• **Data Assignment 5**

Jumlah cluster : 2

Jumlah Partikel : 10

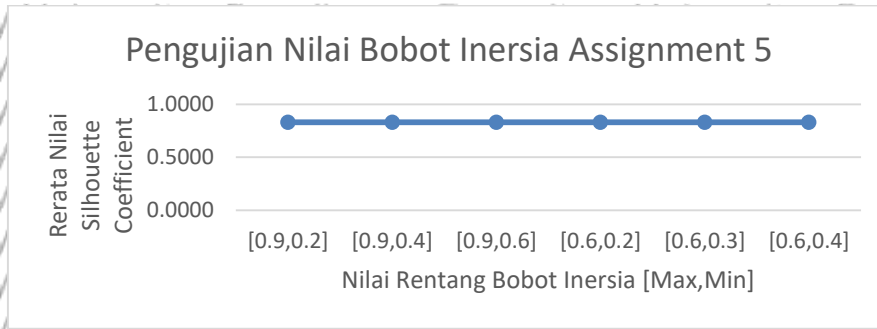
Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai *silhouette coefficient* percobaan ke-1

Nilai Bobot Inersia [max,min]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke-1										Rata-rata Nilai	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
[0,9;0,2]	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315
[0,9;0,4]	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315
[0,9;0,6]	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315
[0,6;0,2]	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315
[0,6;0,3]	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315
[0,6;0,4]	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315	0,8315



• **Data Assignment 6**

Jumlah cluster : 2

Jumlah Partikel : 10

Nilai learning factor : [0,5;0,5]

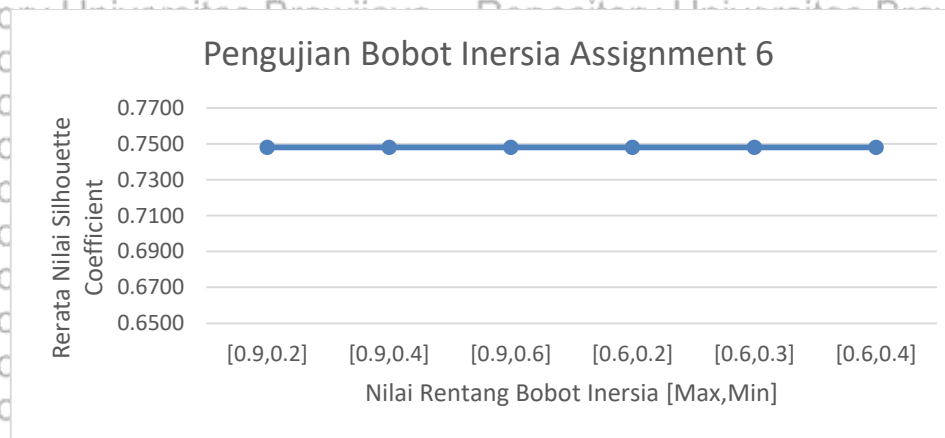
Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i

Nilai Bobot Inersia [max,min]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Rata-rata Nilai
[0,9;0,2]	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481
[0,9;0,4]	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481
[0,9;0,6]	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481

[0,6;0,2]	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481
[0,6;0,3]	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481
[0,6;0,4]	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481	0,7481



• **Data Assignment 7**

Jumlah cluster : 7

Jumlah Partikel : 40

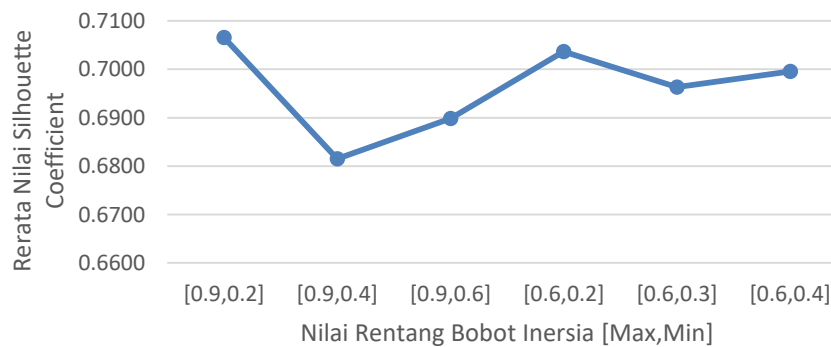
Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai Bobot Inersia [max,min]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke-7										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
[0,9;0,2]	0,6895	0,6425	0,7115	0,7533	0,7287	0,7404	0,7210	0,7166	0,6833	0,6786	0,7065
[0,9;0,4]	0,6792	0,7188	0,6805	0,7212	0,6678	0,6645	0,6929	0,6126	0,6760	0,7014	0,6815
[0,9;0,6]	0,6905	0,6332	0,7098	0,7028	0,7468	0,6849	0,6476	0,6782	0,7276	0,6771	0,6898
[0,6;0,2]	0,6967	0,7188	0,6964	0,6861	0,7518	0,7130	0,7193	0,6513	0,6934	0,7100	0,7037
[0,6;0,3]	0,7668	0,6323	0,6838	0,7723	0,6921	0,6864	0,6851	0,6730	0,6880	0,6836	0,6963
[0,6;0,4]	0,6742	0,6477	0,6893	0,7029	0,7214	0,7370	0,7175	0,6865	0,7066	0,7126	0,6996

Pengujian Nilai Bobot Inersia Assignment 7



• **Data Assignment 8**

Jumlah cluster : 2

Jumlah Partikel : 10

Nilai learning factor : [0,5;0,5]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai Bobot Inersia [max,min]	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
[0,9;0,2]	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555
[0,9;0,4]	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555
[0,9;0,6]	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555
[0,6;0,2]	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555
[0,6;0,3]	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555
[0,6;0,4]	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555	0,8555



Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

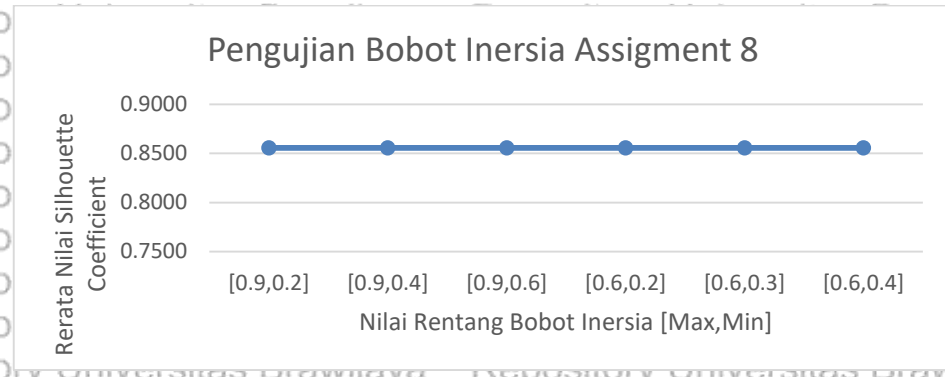
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

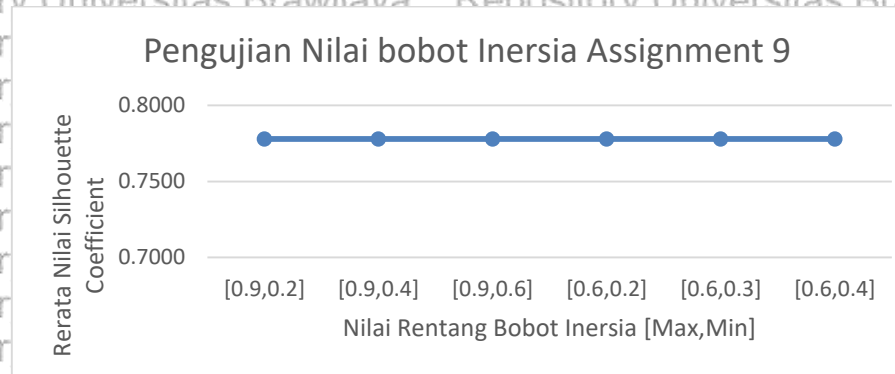
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



- **Data Assignment 9**
 - Jumlah cluster : 2
 - Jumlah Partikel : 10
 - Nilai learning factor : [0,5;0,5]
 - Nilai velocity maksimum : 0,3
 - Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai Bobot Inersia [max,min]	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
[0,9;0,2]	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780
[0,9;0,4]	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780

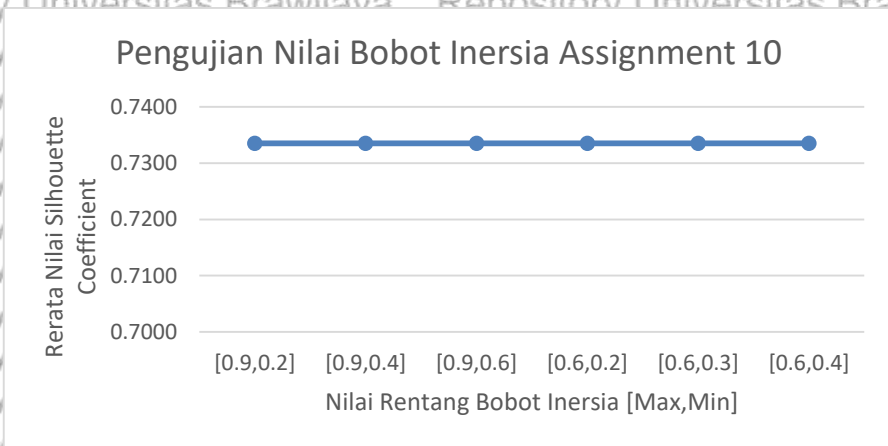
[0,9;0,6]	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780
[0,6;0,2]	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780
[0,6;0,3]	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780
[0,6;0,4]	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780	0,7780



• **Data Assignment 10**

- Jumlah cluster : 2
- Jumlah Partikel : 10
- Nilai learning factor : [0,5;0,5]
- Nilai velocity maksimum : 0,3
- Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai Bobot Inersia [max,min]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke-1										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
[0,9;0,2]	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335
[0,9;0,4]	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335
[0,9;0,6]	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335
[0,6;0,2]	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335
[0,6;0,3]	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335
[0,6;0,4]	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335	0,7335



• **Data Assignment 11**

Jumlah cluster : 5

Jumlah Partikel : 100

Nilai *learning factor* : [0,5;0,5]

Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai *silhouette coefficient* percobaan ke-*i*

Nilai Bobot Inersia [max,min]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
[0,9;0,2]	0,5657	0,6355	0,5989	0,5666	0,6084	0,5925	0,5857	0,5726	0,5959	0,5640	0,5886
[0,9;0,4]	0,5774	0,6003	0,5483	0,5689	0,5431	0,6037	0,6033	0,5516	0,5460	0,6006	0,5743
[0,9;0,6]	0,5503	0,5666	0,5623	0,5340	0,5595	0,6046	0,5982	0,5835	0,5622	0,5802	0,5701
[0,6;0,2]	0,5958	0,5541	0,4956	0,5601	0,6008	0,5429	0,6092	0,5588	0,5658	0,5658	0,5649
[0,6;0,3]	0,5657	0,4787	0,5406	0,5272	0,6001	0,5658	0,5590	0,5502	0,5494	0,5480	0,5485
[0,6;0,4]	0,5955	0,5511	0,5567	0,6020	0,5076	0,5941	0,5552	0,6270	0,5623	0,4859	0,5637



Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

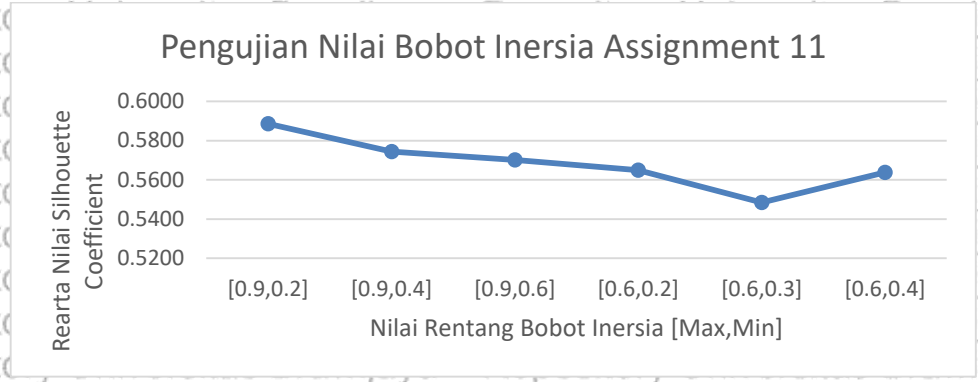
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

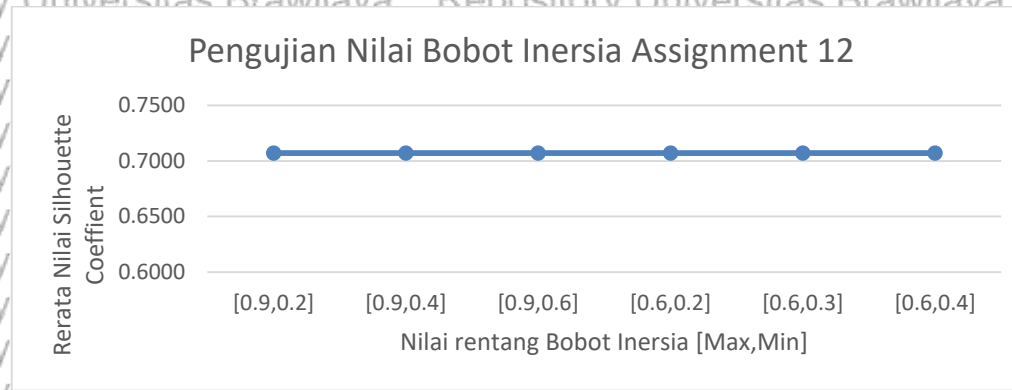
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



- **Data Assignment 12**
- Jumlah cluster : 2
- Jumlah Partikel : 10
- Nilai learning factor : [0,5;0,5]
- Nilai velocity maksimum : 0,3
- Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai Bobot Inersia [max,min]	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
[0,9;0,2]	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071
[0,9;0,4]	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071

[0,9;0,6]	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071
[0,6;0,2]	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071
[0,6;0,3]	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071
[0,6;0,4]	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071	0,7071



4. Pengujian Nilai **Learning factor**

- **Data Assignment 1**

Jumlah cluster : 10

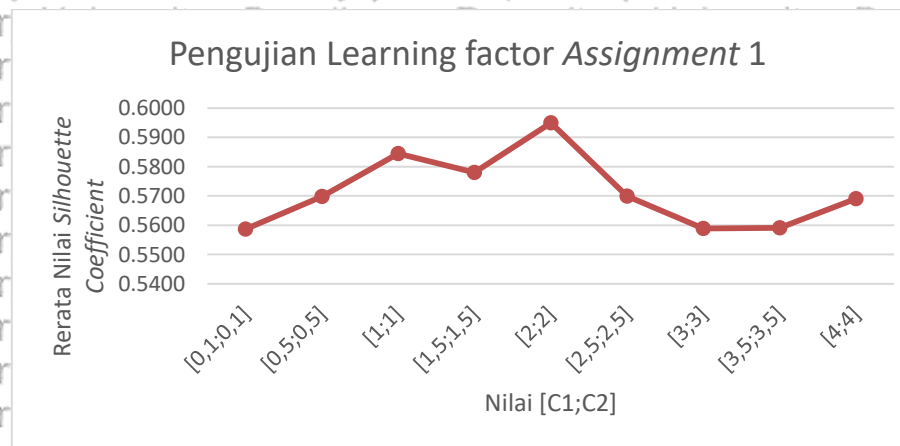
Jumlah Partikel : 100

Nilai bobot inersia : [0,9;0,4]

Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai learning factor [C1;C2]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
[0,1;0,1]	0,5559	0,5394	0,6078	0,5990	0,5727	0,5405	0,5331	0,5914	0,5184	0,5281	0,5586
[0,5;0,5]	0,5903	0,5922	0,5699	0,5646	0,5618	0,5698	0,5398	0,6084	0,5254	0,5756	0,5698
[1;1]	0,5867	0,6080	0,5904	0,6129	0,5700	0,5797	0,6317	0,5432	0,5651	0,5568	0,5844
[1,5;1,5]	0,5718	0,5465	0,6175	0,6349	0,5467	0,5691	0,5790	0,5814	0,5779	0,5552	0,5780
[2;2]	0,6015	0,5651	0,5733	0,5592	0,6149	0,5939	0,6121	0,6045	0,6221	0,6027	0,5949
[2,5;2,5]	0,5594	0,5522	0,5791	0,5327	0,5700	0,5390	0,6058	0,6070	0,5750	0,5794	0,5699
[3;3]	0,5680	0,5561	0,5658	0,5053	0,5707	0,5609	0,5827	0,5477	0,5499	0,5814	0,5588
[3,5;3,5]	0,5669	0,4968	0,5589	0,5446	0,6075	0,6128	0,5454	0,5535	0,5337	0,5708	0,5591
[4;4]	0,5651	0,5902	0,5736	0,6139	0,5647	0,5492	0,5571	0,5327	0,5763	0,5680	0,5691



Data Assignment 2

Jumlah cluster : 2

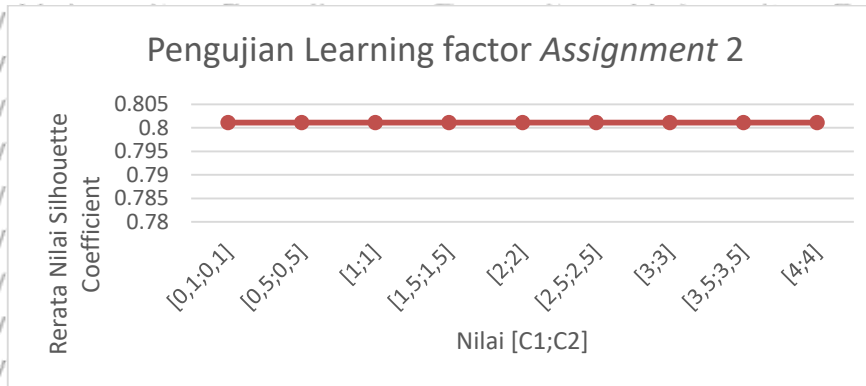
Jumlah Partikel : 10

Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]

Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai <i>learning factor</i> [C1;C2]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
[0,1;0,1]	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
[0,5;0,5]	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
[1;1]	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
[1,5;1,5]	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
[2;2]	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
[2,5;2,5]	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
[3;3]	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
[3,5;3,5]	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
[4;4]	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113

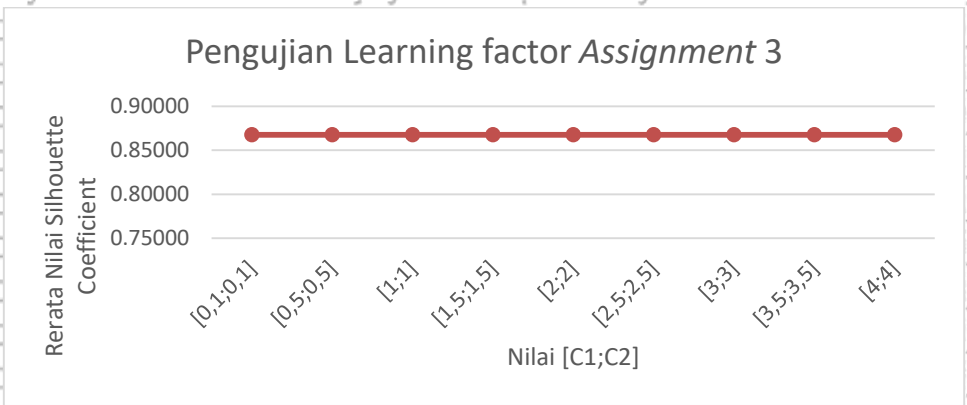


• **Data Assignment 3**

- Jumlah cluster : 2
- Jumlah Partikel : 10
- Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
- Nilai velocity maksimum : 0,3
- Jumlah iterasi maksimum : 10

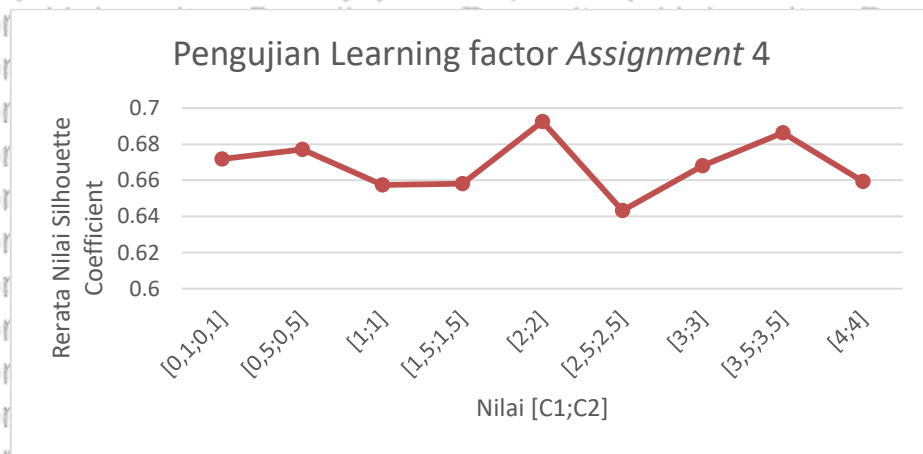
Nilai learning factor [C1;C2]	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
[0,1;0,1]	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
[0,5;0,5]	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
[1;1]	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749

[1,5;1,5]	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
[2;2]	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
[2,5;2,5]	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
[3;3]	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
[3,5;3,5]	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
[4;4]	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749



- **Data Assignment 4**
- Jumlah cluster : 7
- Jumlah Partikel : 100
- Nilai bobot inersia : [0,9;0,6]
- Nilai velocity maksimum : 0,3
- Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai learning factor [C1;C2]	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
[0,1;0,1]	0,62408	0,725066	0,611437	0,631793	0,73197	0,603657	0,68118	0,736965	0,699579	0,672308	0,671804
[0,5;0,5]	0,61828	0,680449	0,666416	0,609667	0,693189	0,671955	0,733613	0,657583	0,711155	0,729479	0,677179
[1;1]	0,68615	0,688669	0,647759	0,705753	0,611981	0,607223	0,696082	0,579295	0,638671	0,712969	0,657456
[1,5;1,5]	0,61570	0,691728	0,669183	0,653668	0,651232	0,66156	0,617342	0,641152	0,656673	0,722589	0,658083
[2;2]	0,72931	0,675749	0,738653	0,682854	0,693332	0,705157	0,666745	0,696449	0,651307	0,686208	0,692577
[2,5;2,5]	0,67297	0,627858	0,615374	0,633005	0,636365	0,617911	0,618167	0,685763	0,718685	0,606999	0,64331
[3;3]	0,71999	0,616006	0,690179	0,701194	0,629161	0,693297	0,692882	0,626704	0,654205	0,657556	0,668117
[3,5;3,5]	0,70229	0,678507	0,703597	0,705366	0,677819	0,66473	0,695264	0,672387	0,716316	0,646187	0,686247
[4;4]	0,70067	0,610177	0,713564	0,661589	0,615753	0,729598	0,618948	0,667057	0,650385	0,625543	0,659329



Data Assignment 5

Jumlah cluster : 2

Jumlah Partikel : 10

Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]

Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

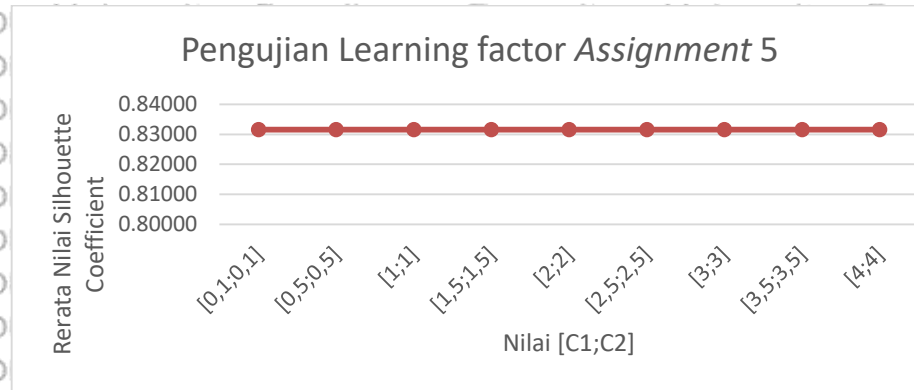
Nilai *silhouette coefficient* percobaan ke-*i*

Nilai <i>learning factor</i> [C1;C2]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
[0,1;0,1]	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
[0,5;0,5]	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
[1;1]	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
[1,5;1,5]	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
[2;2]	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
[2,5;2,5]	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
[3;3]	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
[3,5;3,5]	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
[4;4]	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151



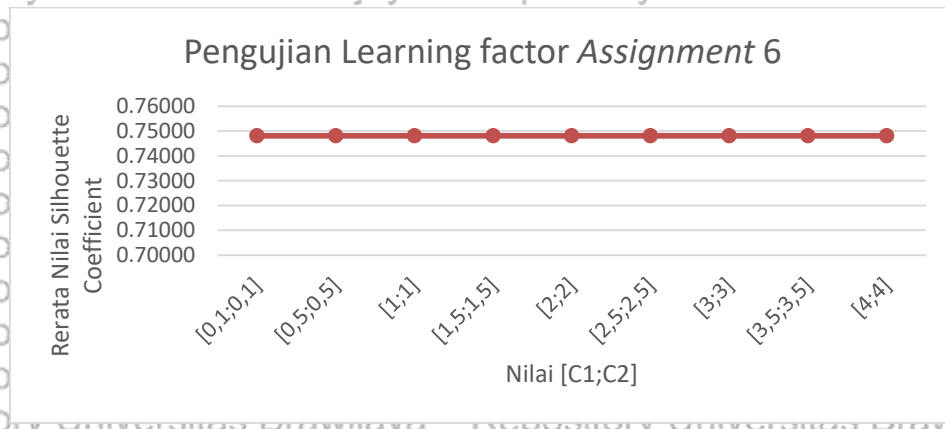
• **Data Assignment 6**

- Jumlah cluster : 2
- Jumlah Partikel : 10
- Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
- Nilai *velocity* maksimum : 0,3
- Jumlah iterasi maksimum : 10



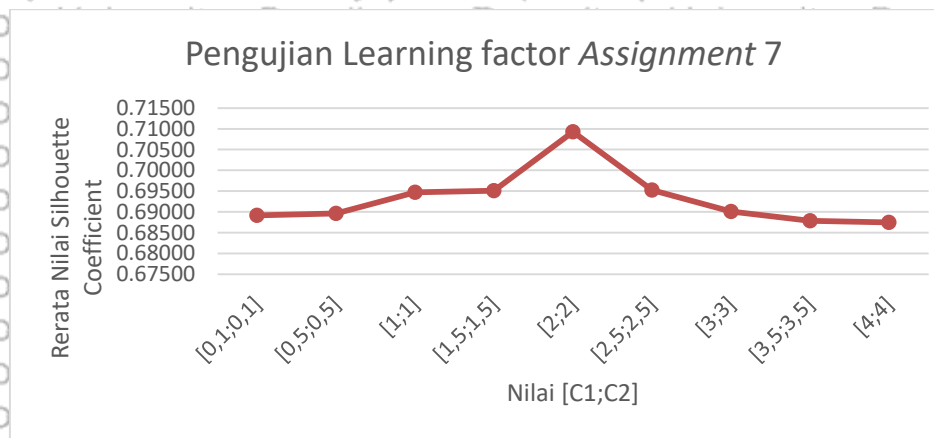
Nilai learning factor [C1;C2]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
[0,1;0,1]	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808
[0,5;0,5]	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808
[1;1]	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808

[1,5;1,5]	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808
[2;2]	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808
[2,5;2,5]	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808
[3;3]	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808
[3,5;3,5]	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808
[4;4]	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808	0,74808



- **Data Assignment 7**
 - Jumlah cluster : 7
 - Jumlah Partikel : 40
 - Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
 - Nilai *velocity* maksimum : 0,3
 - Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai learning factor [C1;C2]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
[0,1;0,1]	0,67928	0,67928	0,70551	0,71369	0,68080	0,67928	0,68080	0,71290	0,67899	0,68080	0,68913
[0,5;0,5]	0,68547	0,70559	0,68643	0,68620	0,70450	0,70624	0,67801	0,69190	0,67801	0,67362	0,68960
[1;1]	0,70410	0,61826	0,66101	0,75151	0,66286	0,73329	0,68016	0,69134	0,73089	0,71398	0,69474
[1,5;1,5]	0,70898	0,72396	0,71888	0,68498	0,66786	0,67250	0,67801	0,70125	0,68498	0,70969	0,69510
[2;2]	0,66615	0,76328	0,74113	0,73708	0,70592	0,66654	0,67173	0,74716	0,69581	0,69793	0,70927
[2,5;2,5]	0,68818	0,72935	0,68371	0,70515	0,63712	0,69017	0,69178	0,68963	0,74305	0,69413	0,69523
[3;3]	0,70283	0,76106	0,63078	0,63439	0,67603	0,74781	0,73336	0,69780	0,69149	0,62551	0,69011
[3,5;3,5]	0,71317	0,62021	0,71439	0,67058	0,67937	0,70987	0,69984	0,67091	0,68098	0,71927	0,68786
[4;4]	0,66791	0,69282	0,67088	0,68646	0,69609	0,71733	0,69957	0,71142	0,66588	0,66588	0,68742



• **Data Assignment 8**

Jumlah cluster : 2

Jumlah Partikel : 10

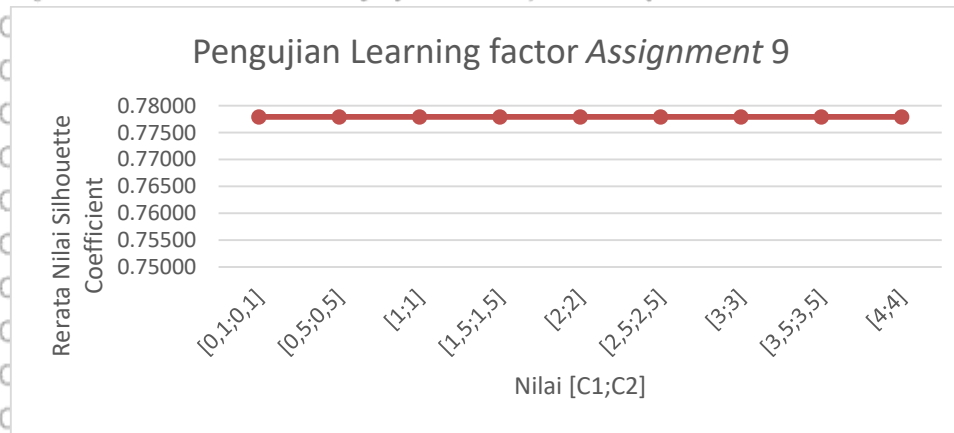
Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]

Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai learning factor [C1;C2]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
[0,1;0,1]	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
[0,5;0,5]	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
[1;1]	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
[1,5;1,5]	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
[2;2]	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
[2,5;2,5]	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
[3;3]	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
[3,5;3,5]	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
[4;4]	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554

[2;2]	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796
[2,5;2,5]	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796
[3;3]	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796
[3,5;3,5]	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796
[4;4]	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796	0,77796



• **Data Assignment 10**

Jumlah cluster : 2

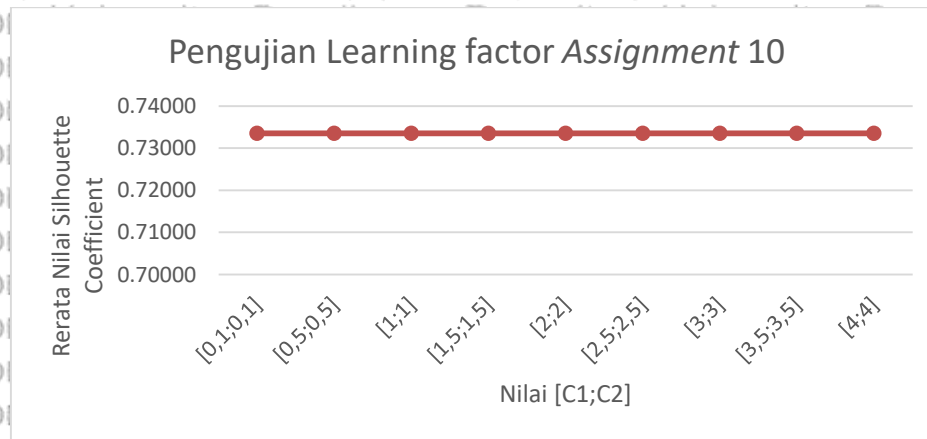
Jumlah Partikel : 10

Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]

Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai learning factor [C1;C2]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
[0,1;0,1]	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350
[0,5;0,5]	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350
[1;1]	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350
[1,5;1,5]	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350
[2;2]	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350
[2,5;2,5]	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350
[3;3]	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350
[3,5;3,5]	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350
[4;4]	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350	0,73350



• **Data Assignment 11**

Jumlah cluster : 5

Jumlah Partikel : 100

Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]

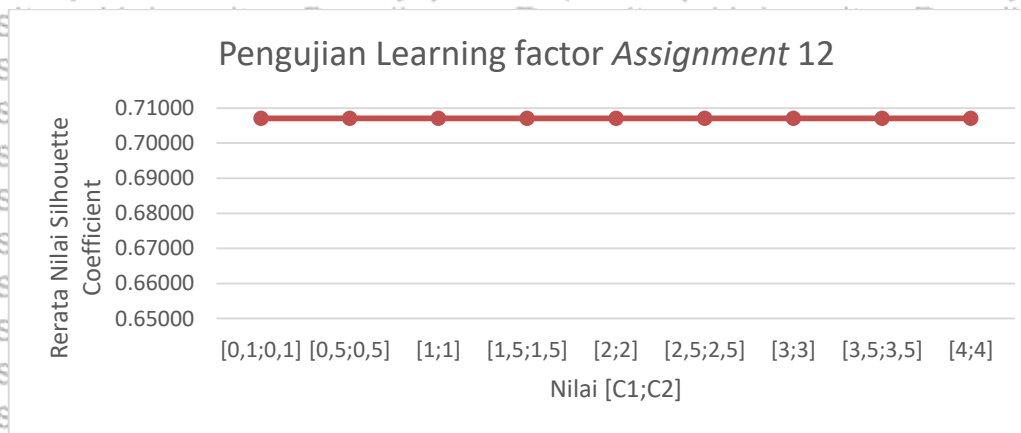
Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Nilai <i>learning factor</i> [C1;C2]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
[0,1;0,1]	0,55109	0,56228	0,62190	0,62035	0,54080	0,55161	0,53947	0,55109	0,54828	0,52340	0,56103
[0,5;0,5]	0,66791	0,56812	0,55109	0,56583	0,60026	0,55408	0,60995	0,60836	0,55109	0,60204	0,58787
[1;1]	0,55161	0,53983	0,53287	0,54249	0,57663	0,54683	0,59502	0,59756	0,56229	0,59605	0,56412
[1,5;1,5]	0,59936	0,61467	0,55109	0,60013	0,59687	0,53060	0,57663	0,53858	0,60455	0,60510	0,58176
[2;2]	0,60915	0,58503	0,59562	0,63843	0,58015	0,58067	0,59548	0,58015	0,63843	0,60915	0,60123
[2,5;2,5]	0,55408	0,59881	0,59059	0,60079	0,59963	0,57794	0,58197	0,57794	0,60374	0,59548	0,58810
[3;3]	0,59605	0,56567	0,60316	0,59863	0,58349	0,55481	0,60324	0,58661	0,59295	0,58293	0,58675
[3,5;3,5]	0,54960	0,59378	0,56229	0,53477	0,54195	0,60455	0,57744	0,56154	0,57663	0,57654	0,56791
[4;4]	0,62035	0,57663	0,53389	0,53842	0,54514	0,59605	0,60915	0,56154	0,55017	0,54377	0,56751



Nilai learning factor [C1;C2]	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata Nilai	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
[0,1;0,1]	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707
[0,5;0,5]	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707
[1;1]	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707
[1,5;1,5]	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707
[2;2]	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707
[2,5;2,5]	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707
[3;3]	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707
[3,5;3,5]	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707
[4;4]	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707	0,70707



5. Pengujian Nilai *Velocity* Maksimum

• Data Assignment 1

Jumlah cluster : 10

Jumlah Partikel : 100

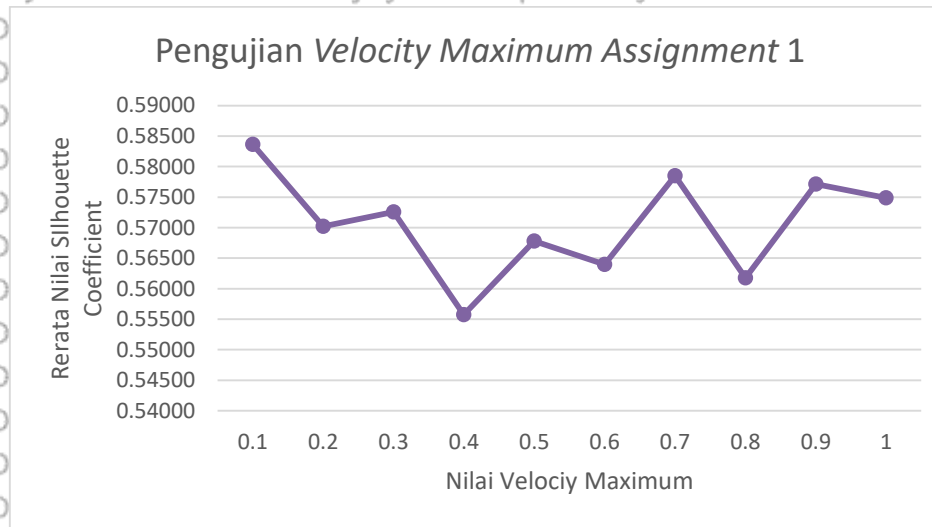
Nilai bobot inersia : [0,9;0,4]

Nilai *learning factor* : [2;2]

Jumlah iterasi maksimum : 10

Velocity max	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata- rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,1	0,56309	0,58565	0,52147	0,57032	0,59659	0,62396	0,63147	0,58828	0,56097	0,59462	0,58364
0,2	0,58090	0,59401	0,58411	0,60048	0,55388	0,56098	0,54628	0,61185	0,53372	0,53568	0,57019
0,3	0,55348	0,56059	0,55427	0,56488	0,62039	0,54801	0,58370	0,59975	0,56806	0,57270	0,57258
0,4	0,59016	0,57517	0,48187	0,55708	0,56371	0,55849	0,54360	0,53816	0,56769	0,58156	0,55575
0,5	0,55433	0,58040	0,57245	0,54301	0,57035	0,55463	0,56551	0,56856	0,56228	0,60657	0,56781
0,6	0,56734	0,52579	0,59395	0,51344	0,58925	0,55932	0,57933	0,57881	0,57210	0,56019	0,56395
0,7	0,57588	0,54164	0,58189	0,56295	0,55471	0,59930	0,60814	0,61074	0,57805	0,57183	0,57851
0,8	0,58047	0,54072	0,56871	0,57924	0,59601	0,49401	0,54065	0,57955	0,56065	0,57767	0,56177

0,9	0,56591	0,60358	0,59682	0,56685	0,60787	0,56599	0,52025	0,61075	0,56323	0,56997	0,57712
1	0,55879	0,60358	0,58186	0,56685	0,60784	0,56856	0,52147	0,61075	0,56323	0,56592	0,57489



• **Data Assignment 2**

Jumlah cluster

: 2

Jumlah Partikel

: 10

Nilai bobot inersia

: [0,9;0,2]

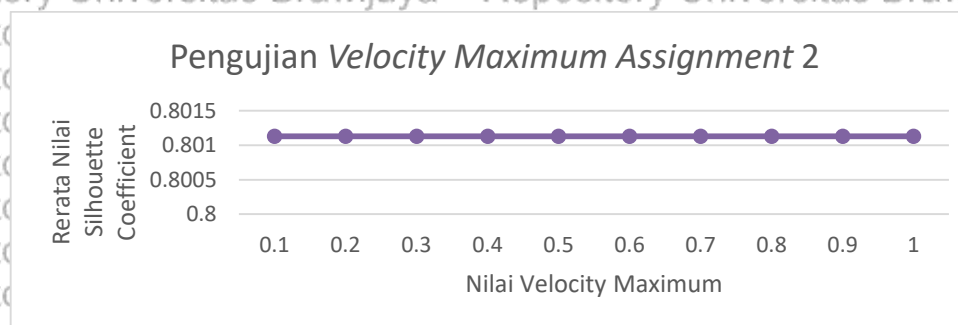
Nilai learning factor

: [2;2]

Jumlah iterasi maksimum

: 10

Velocity max	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,1	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
0,2	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
0,3	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
0,4	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
0,5	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
0,6	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
0,7	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
0,8	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
0,9	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
1	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113



• **Data Assignment 3**

Jumlah cluster : 2

Jumlah Partikel : 10

Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]

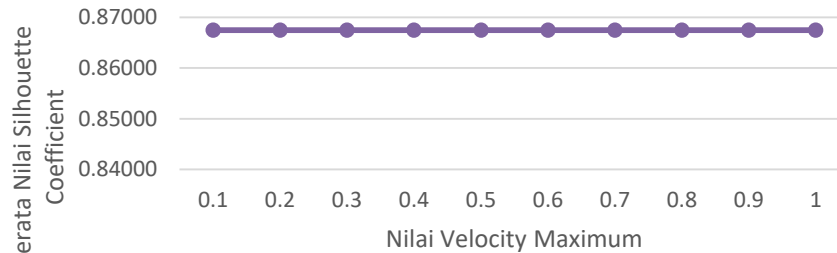
Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Jumlah iterasi maksimum : 10

Velocity	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,1	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
0,2	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
0,3	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
0,4	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
0,5	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
0,6	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
0,7	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
0,8	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
0,9	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749
1	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749	0,86749



Pengujian Velocity Maximum Assignment 3



• **Data Assignment 4**

Jumlah cluster : 7

Jumlah Partikel : 100

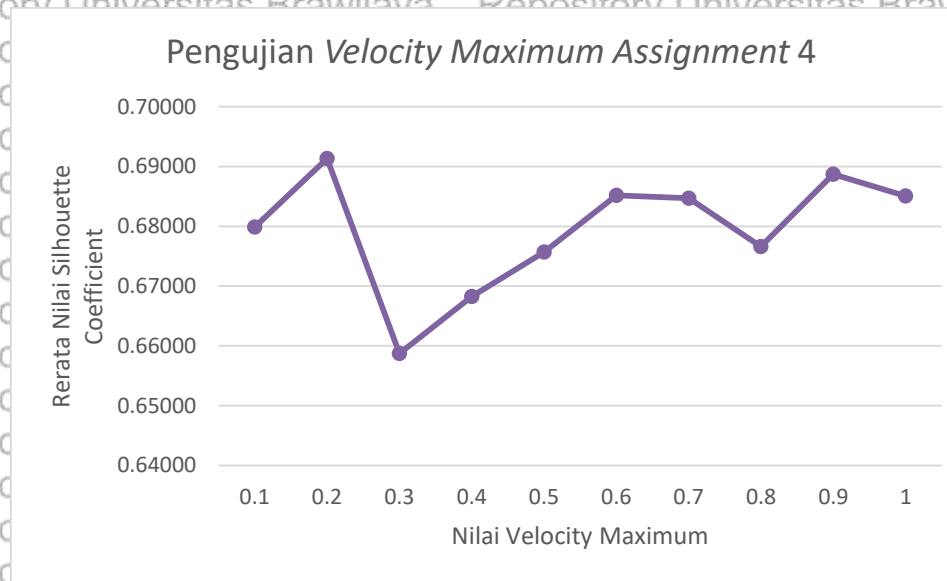
Nilai bobot inersia : [0,9;0,6]

Nilai learning factor : [2;2]

Jumlah iterasi maksimum : 10

Velocity max	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,1	0,72662	0,65098	0,70364	0,73174	0,70950	0,62535	0,66640	0,70107	0,61853	0,66488	0,67987
0,2	0,68527	0,70729	0,70359	0,69922	0,71010	0,70127	0,72265	0,64463	0,63174	0,70760	0,69134
0,3	0,65926	0,71126	0,59843	0,60273	0,66611	0,70651	0,69656	0,64604	0,72211	0,57798	0,65870

0,4	0,68314	0,61970	0,69134	0,65523	0,69771	0,71252	0,73958	0,71145	0,55360	0,66837	0,66826
0,5	0,69976	0,67940	0,71281	0,67833	0,70448	0,64196	0,67018	0,70696	0,62443	0,63877	0,67571
0,6	0,70064	0,66479	0,69066	0,70530	0,72226	0,68125	0,61678	0,65207	0,72157	0,69659	0,68519
0,7	0,70169	0,63696	0,66565	0,71172	0,69490	0,63590	0,70510	0,70585	0,67929	0,70970	0,68468
0,8	0,65447	0,70010	0,67277	0,68944	0,70540	0,67868	0,67442	0,68631	0,66086	0,64344	0,67659
0,9	0,66639	0,71290	0,69937	0,64271	0,71293	0,71320	0,66847	0,65368	0,69272	0,72474	0,68871
1	0,66639	0,71290	0,66565	0,64271	0,71293	0,71320	0,66847	0,65368	0,69272	0,72211	0,68508



• **Data Assignment 5**

Jumlah cluster : 2

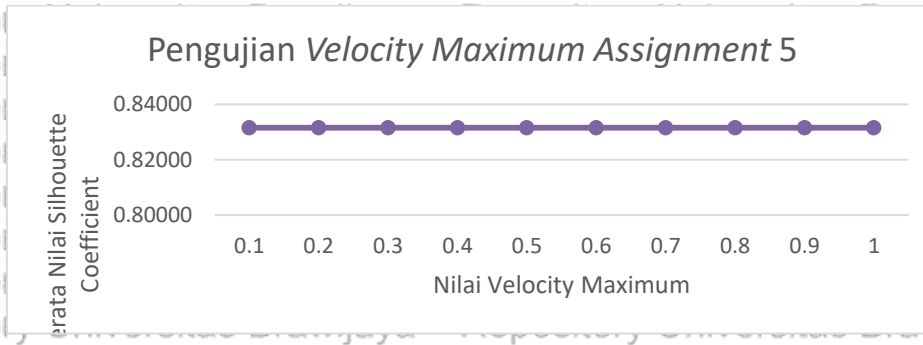
Jumlah Partikel : 10

Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]

Nilai learning factor : [2;2]

Jumlah iterasi maksimum : 10

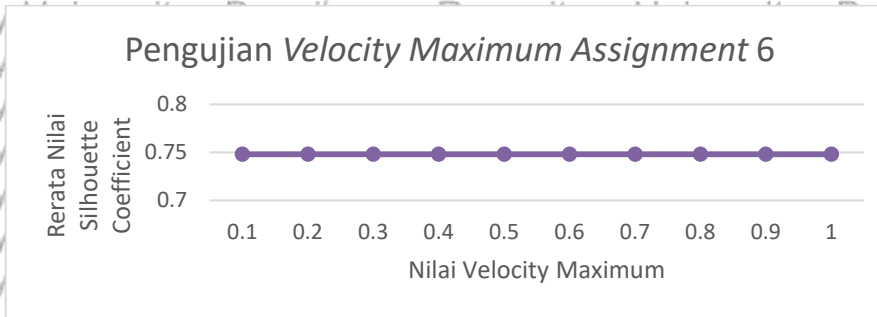
Velocity	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
max											
0,1	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
0,2	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
0,3	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
0,4	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
0,5	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
0,6	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
0,7	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
0,8	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
0,9	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151
1	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151	0,83151



- **Data Assignment 6**
- Jumlah cluster : 2
- Jumlah Partikel : 10
- Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
- Nilai learning factor : [2;2]
- Jumlah iterasi maksimum : 10

Velocity max	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-j										Rata-rata
	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,1	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
0,2	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
0,3	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
0,4	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077

0,5	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
0,6	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
0,7	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
0,8	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
0,9	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
1	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077



• **Data Assignment 7**

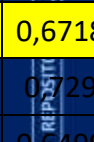
Jumlah cluster : 7

Jumlah Partikel : 40

Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]

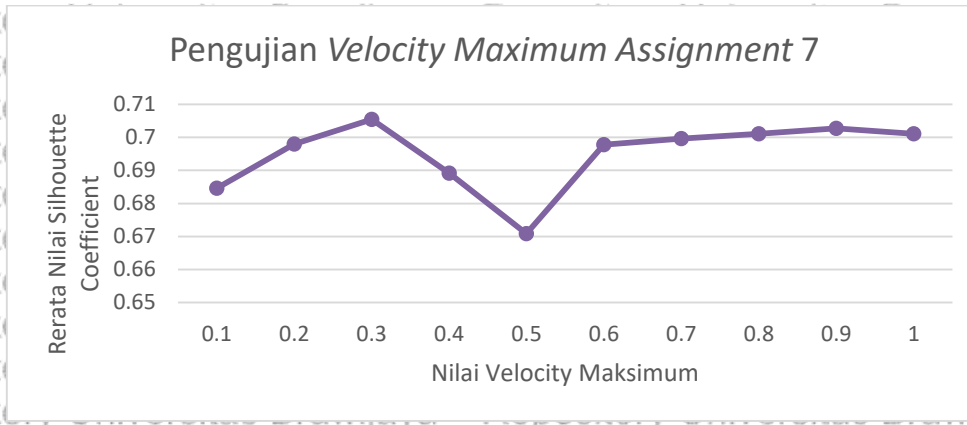
Nilai learning factor : [2;2]

Jumlah iterasi maksimum : 10



Nilai *silhouette coefficient* percobaan ke-*i*

Velocity	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata
max	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,1	0,723032	0,707123	0,683325	0,707108	0,668313	0,657826	0,698675	0,682451	0,654144	0,663993	0,684599
0,2	0,676893	0,657532	0,69173	0,668898	0,73106	0,692808	0,654187	0,69271	0,751912	0,761844	0,697957
0,3	0,671836	0,718395	0,721902	0,706929	0,695126	0,666391	0,723923	0,723295	0,752705	0,673687	0,705419
0,4	0,72914	0,67057	0,725046	0,684768	0,659605	0,689563	0,649751	0,705921	0,683722	0,693651	0,689174
0,5	0,649907	0,654264	0,72335	0,673143	0,640489	0,671951	0,701866	0,708002	0,656395	0,629585	0,670895
0,6	0,755055	0,646505	0,683479	0,683491	0,69554	0,698371	0,60924	0,736072	0,727976	0,742598	0,697833
0,7	0,693485	0,70558	0,687933	0,737159	0,698366	0,772956	0,632814	0,705558	0,697464	0,66492	0,699623
0,8	0,727476	0,720787	0,690725	0,698621	0,678514	0,665252	0,713329	0,677015	0,720189	0,718846	0,701075
0,9	0,699079	0,659684	0,74708	0,72753	0,693695	0,737609	0,72079	0,708823	0,684534	0,648493	0,702732
1	0,693695	0,656395	0,74708	0,72753	0,693695	0,737609	0,72079	0,708823	0,684534	0,640489	0,701064

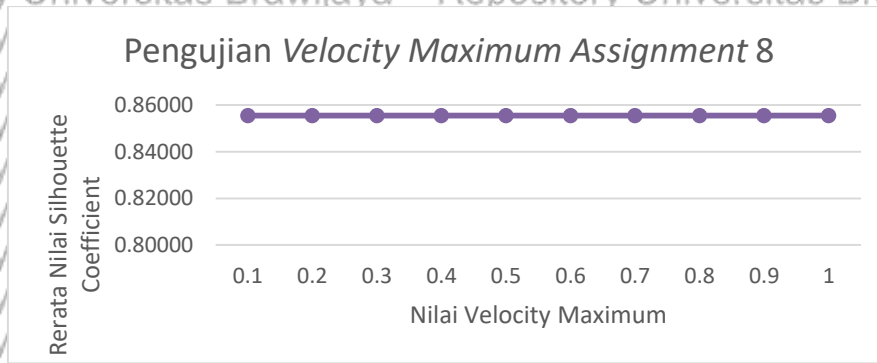


• **Data Assignment 8**

- Jumlah cluster : 2
- Jumlah Partikel : 10
- Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
- Nilai learning factor : [2;2]
- Jumlah iterasi maksimum : 10

Velocity max	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,1	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
0,2	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554

0,3	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
0,4	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
0,5	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
0,6	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
0,7	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
0,8	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
0,9	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554
1	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554	0,85554



• Data Assignment 9

Jumlah cluster : 2

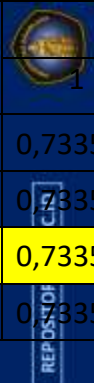
Jumlah Partikel : 10

Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]

Nilai learning factor : [2;2]

Jumlah iterasi maksimum : 10

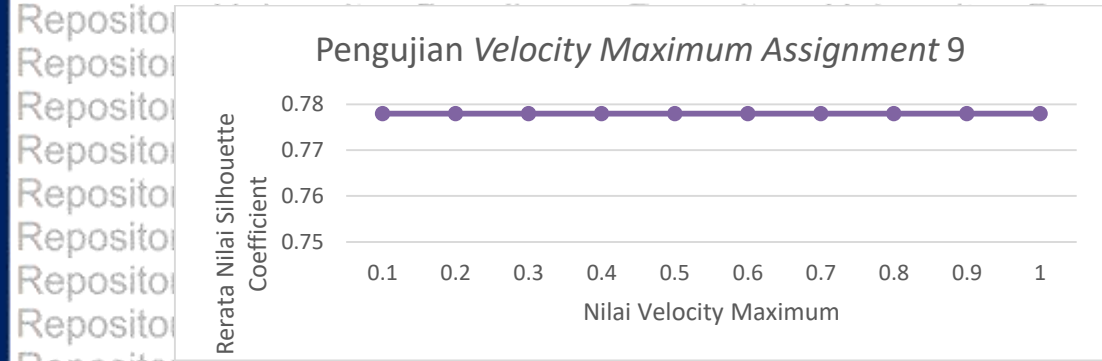
Velocity max	Nilai silhouette coefficient percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,1	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
0,2	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
0,3	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
0,4	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
0,5	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
0,6	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
0,7	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
0,8	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
0,9	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
1	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962



Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



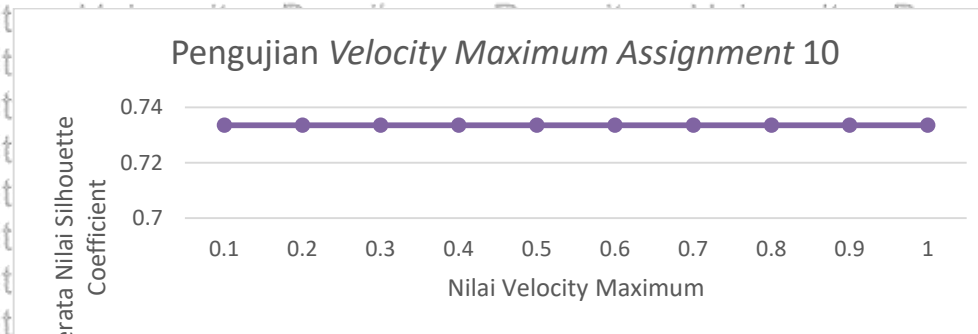
- **Data Assignment 10**
 Jumlah cluster : 2
 Jumlah Partikel : 10
 Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
 Nilai learning factor : [2;2]
 Jumlah iterasi maksimum : 10

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Velocity max	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,1	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
0,2	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
0,3	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
0,4	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505

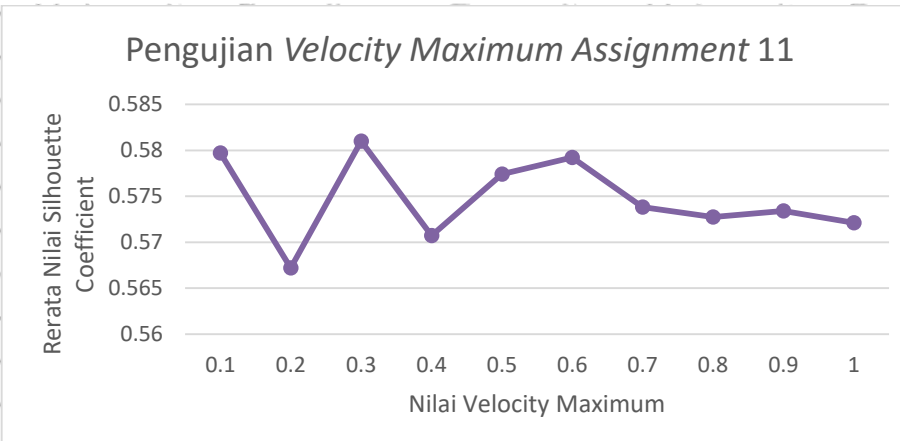
0,5	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
0,6	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
0,7	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
0,8	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
0,9	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
1	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505



- **Data Assignment 11**
- Jumlah cluster : 5
- Jumlah Partikel : 100
- Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
- Nilai learning factor : [2;2]
- Jumlah iterasi maksimum : 10



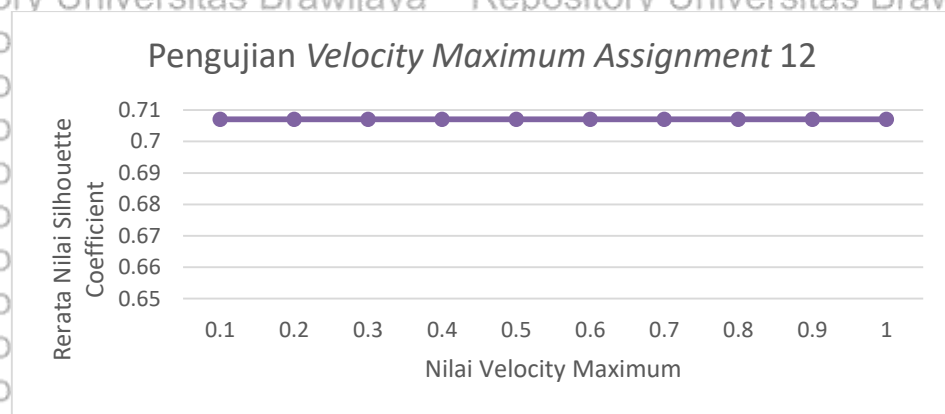
Velocity max	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,1	0,579834	0,583489	0,598812	0,600789	0,541015	0,639464	0,54982	0,543054	0,574065	0,586606	0,579695
0,2	0,543702	0,556651	0,576635	0,598632	0,575612	0,553211	0,586606	0,554084	0,539864	0,586948	0,567194
0,3	0,556651	0,573921	0,581669	0,546397	0,596671	0,608361	0,576333	0,602013	0,568862	0,598988	0,580987
0,4	0,575187	0,554806	0,538421	0,561233	0,565687	0,564966	0,576635	0,565687	0,604555	0,600044	0,570722
0,5	0,62133	0,606142	0,598812	0,565828	0,565828	0,575187	0,592498	0,489668	0,58015	0,578695	0,577414
0,6	0,599359	0,565687	0,590811	0,533886	0,550169	0,604378	0,611278	0,551092	0,565352	0,620349	0,579236
0,7	0,581307	0,642066	0,577323	0,62133	0,59502	0,46681	0,501228	0,609154	0,540607	0,603242	0,573809
0,8	0,558579	0,610607	0,596671	0,489594	0,561544	0,588347	0,572617	0,572617	0,638425	0,538421	0,572742
0,9	0,586948	0,583489	0,564001	0,558102	0,604036	0,59502	0,603322	0,590811	0,554806	0,493459	0,5734
1	0,579834	0,598632	0,564001	0,541015	0,604036	0,59502	0,603322	0,590811	0,554806	0,489594	0,572107



- **Data Assignment 12**
 - Jumlah cluster : 2
 - Jumlah Partikel : 10
 - Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
 - Nilai learning factor : [2;2]
 - Jumlah iterasi maksimum : 10

Velocity max	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,1	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
0,2	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069

0,3	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
0,4	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
0,5	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
0,6	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
0,7	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
0,8	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
0,9	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
1	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069



6. Pengujian Jumlah Iterasi Maksimum

• Data Assignment 1

Jumlah cluster : 10

Jumlah Partikel : 100

Nilai bobot inersia : [0,9;0,4]

Nilai learning factor : [2;2]

Nilai velocity maksimum : 0,1

Iterasi Max	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata
	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
20	0,542992	0,524658	0,58415	0,556959	0,576201	0,530982	0,568774	0,547774	0,574129	0,537147	0,554377
40	0,563969	0,566569	0,538434	0,529817	0,527661	0,595384	0,543883	0,539835	0,602312	0,545675	0,555354
60	0,513335	0,506575	0,537597	0,547126	0,600458	0,577806	0,547126	0,579594	0,565628	0,566283	0,554153
80	0,556041	0,58252	0,539869	0,56869	0,580769	0,600833	0,528451	0,529463	0,535879	0,55714	0,557966
100	0,603438	0,503055	0,615856	0,579689	0,579689	0,596177	0,554011	0,594601	0,574744	0,509173	0,571043
120	0,557297	0,574868	0,491445	0,563195	0,569099	0,553941	0,549283	0,539285	0,594834	0,54228	0,553553
140	0,605663	0,525206	0,564756	0,534211	0,526453	0,599912	0,588659	0,578224	0,570347	0,523582	0,561701
160	0,571349	0,593658	0,542732	0,516318	0,5543	0,591779	0,567457	0,520936	0,598477	0,541603	0,559861
180	0,501935	0,583273	0,578401	0,514883	0,514945	0,547148	0,538221	0,630512	0,525236	0,520331	0,545489
200	0,577876	0,525343	0,550475	0,610435	0,528991	0,551138	0,496864	0,584245	0,535832	0,540112	0,550131

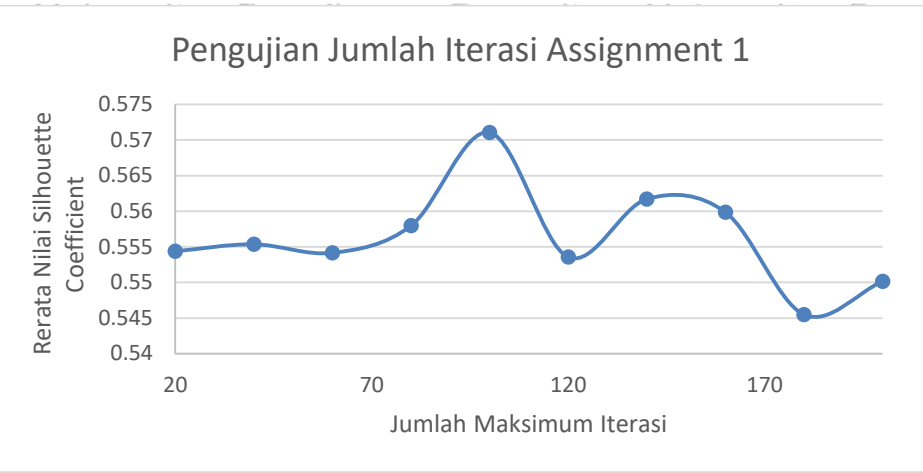


Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito
Reposito



ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya
ijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

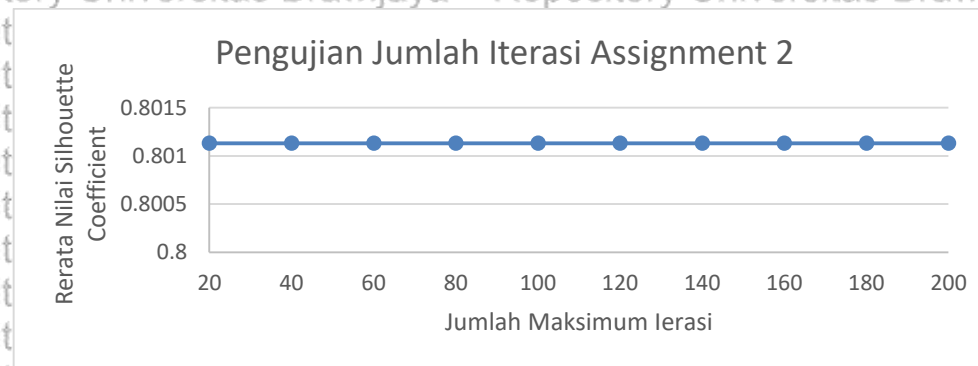
- **Data Assignment 2**
 - Jumlah cluster : 2
 - Jumlah Partikel : 10
 - Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
 - Nilai learning factor : [2;2]
 - Nilai velocity maksimum : 0,3

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Iterasi Max	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
20	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
40	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
60	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113

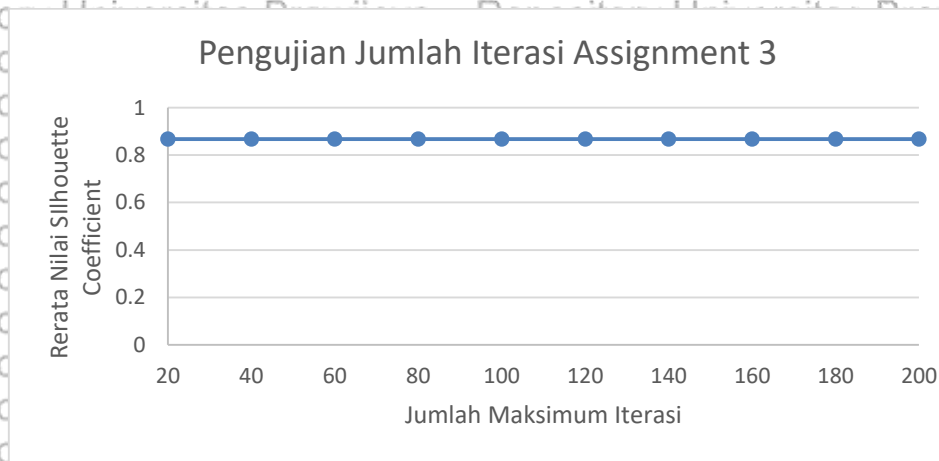
80	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
100	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
120	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
140	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
160	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
180	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113
200	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113



• **Data Assignment 3**

- Jumlah cluster : 2
- Jumlah Partikel : 10
- Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
- Nilai *velocity* maksimum : 0,3
- Nilai *velocity* maksimum : 0,3

Iterasi Max	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
40	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
60	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
80	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
100	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
120	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
140	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
160	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
180	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
200	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489



Data Assignment 4

Jumlah cluster : 7

Jumlah Partikel : 100

Nilai bobot inersia : [0,9;0,6]

Nilai learning factor : [2;2]

Nilai velocity maksimum : 0,2

Nilai silhouette coefficient percobaan ke-j

Iterasi Max	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-j										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	0,672346	0,713114	0,722424	0,669775	0,625367	0,633965	0,683837	0,692813	0,642658	0,623139	0,667944
40	0,665499	0,705337	0,756615	0,756615	0,724052	0,756615	0,709615	0,697235	0,724052	0,663498	0,715914
60	0,639184	0,69395	0,592246	0,680243	0,699377	0,666838	0,717716	0,723107	0,694185	0,632727	0,673957
80	0,60512	0,619968	0,705381	0,68641	0,680173	0,687847	0,685306	0,711168	0,63682	0,712793	0,673098
100	0,699227	0,608291	0,701926	0,67111	0,687213	0,69568	0,698901	0,680066	0,711263	0,587961	0,674164
120	0,711407	0,622304	0,636722	0,681796	0,704715	0,696	0,742256	0,592017	0,658683	0,68197	0,672787
140	0,729212	0,691753	0,704434	0,690985	0,635544	0,633984	0,672529	0,679245	0,65193	0,602882	0,66925
160	0,618596	0,729838	0,683239	0,607899	0,719117	0,607899	0,61186	0,676937	0,716555	0,685661	0,66576
180	0,671916	0,639514	0,718429	0,681303	0,66476	0,629269	0,625992	0,650431	0,576053	0,647937	0,65056
200	0,620519	0,617777	0,664002	0,679558	0,691753	0,682677	0,691372	0,631421	0,626375	0,682262	0,658772



• **Data Assignment 5**

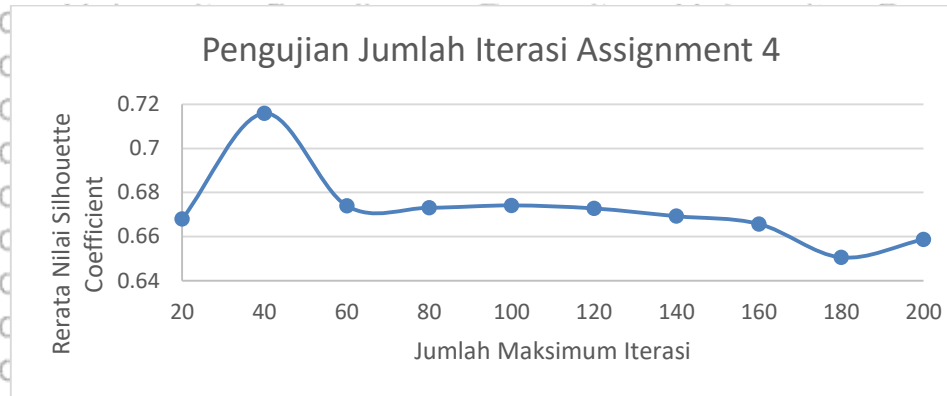
Jumlah cluster : 2

Jumlah Partikel : 10

Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]

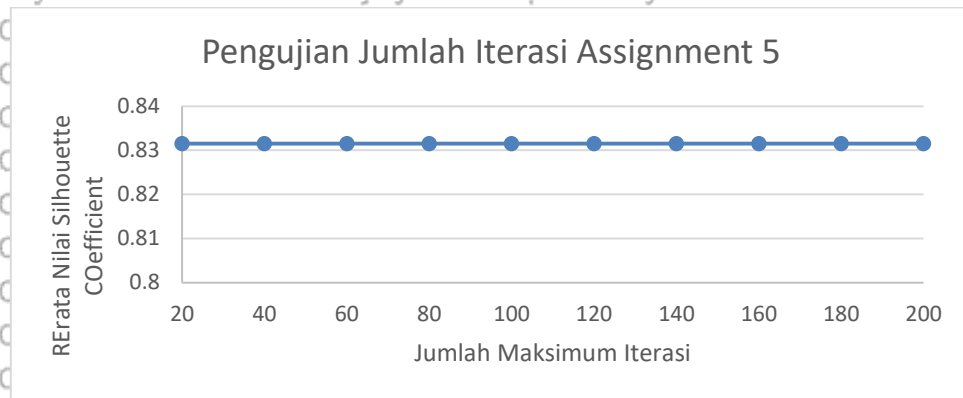
Nilai learning factor : [2;2]

Nilai velocity maksimum : 0,3



Iterasi Max	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
40	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
60	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
80	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513

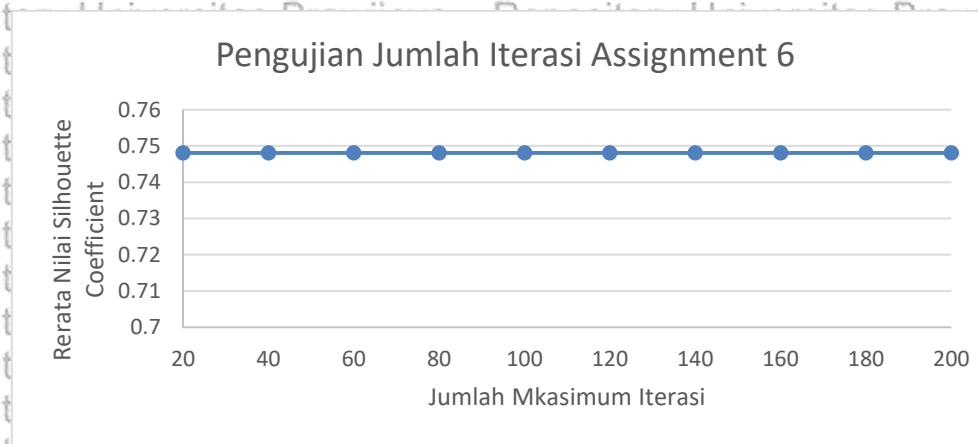
100	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
120	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
140	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
160	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
180	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
200	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513



• **Data Assignment 6**

- Jumlah cluster : 2
- Jumlah Partikel : 10
- Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
- Nilai learning factor : [2;2]
- Nilai velocity maksimum : 0,3

Iterasi Max	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
40	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
60	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
80	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
100	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
120	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
140	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
160	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
180	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
200	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077



Data Assignment 7

Jumlah cluster : 7

Jumlah Partikel : 40

Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]

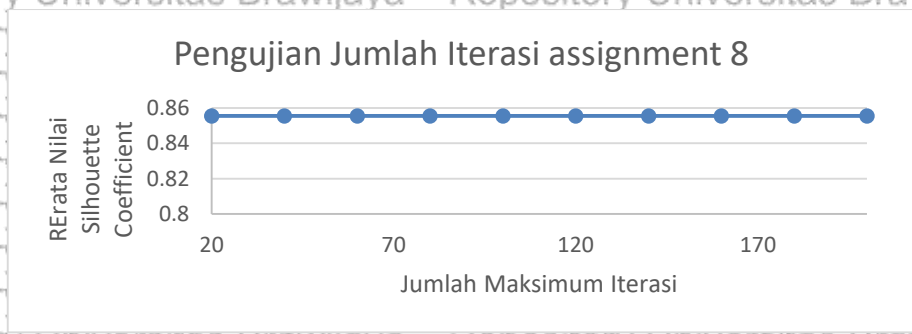
Nilai learning factor : [2;2]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Nilai silhouette coefficient percobaan ke-j

Iterasi Max	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-j										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	0,657953	0,731598	0,710628	0,69103	0,6902	0,721043	0,701432	0,732586	0,67548	0,725091	0,703704
40	0,702064	0,758798	0,728537	0,707367	0,717905	0,701863	0,752705	0,708933	0,656367	0,738488	0,717303
60	0,732056	0,684356	0,642328	0,696042	0,631747	0,726487	0,679308	0,689336	0,713456	0,652468	0,684758
80	0,719027	0,764406	0,69729	0,765272	0,694113	0,721325	0,755817	0,705443	0,755817	0,718864	0,729737
100	0,661958	0,691127	0,725813	0,719657	0,701727	0,733912	0,690539	0,713706	0,64752	0,705686	0,699165
120	0,738422	0,705686	0,705686	0,697661	0,705686	0,766585	0,695707	0,705686	0,724195	0,738422	0,718374
140	0,738587	0,699589	0,75612	0,714775	0,73156	0,621496	0,756417	0,699595	0,720827	0,74384	0,718281
160	0,715066	0,685552	0,68277	0,708212	0,738488	0,702963	0,750291	0,675044	0,696123	0,653931	0,700844
180	0,677285	0,648094	0,716745	0,696136	0,689323	0,765672	0,710289	0,730528	0,714185	0,644883	0,699314
200	0,710764	0,670909	0,715277	0,715277	0,670909	0,748124	0,652064	0,744654	0,670909	0,652064	0,695095

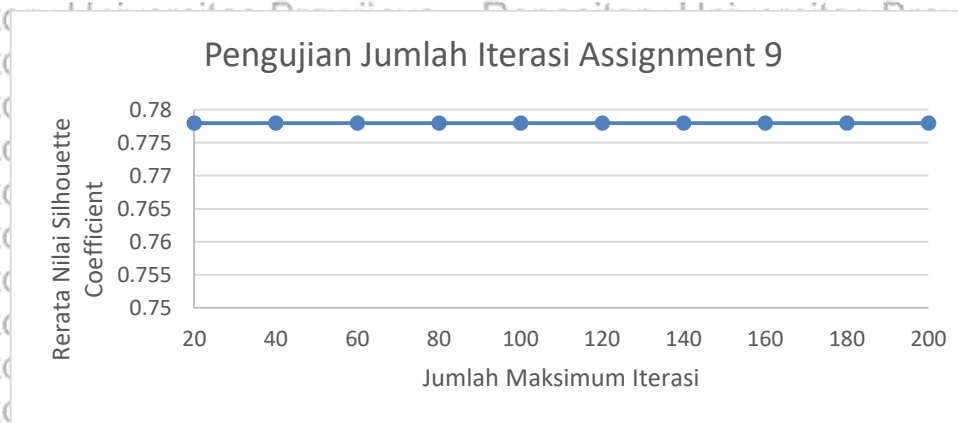
60	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
80	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
100	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
120	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
140	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
160	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
180	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
200	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539



• **Data Assignment 9**

- Jumlah cluster : 2
- Jumlah Partikel : 10
- Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
- Nilai learning factor : [2;2]
- Nilai velocity maksimum : 0,3

Iterasi Max	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
40	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
60	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
80	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
100	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
120	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
140	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
160	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
180	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
200	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962



Data Assignment 10

Jumlah cluster : 2

Jumlah Partikel : 10

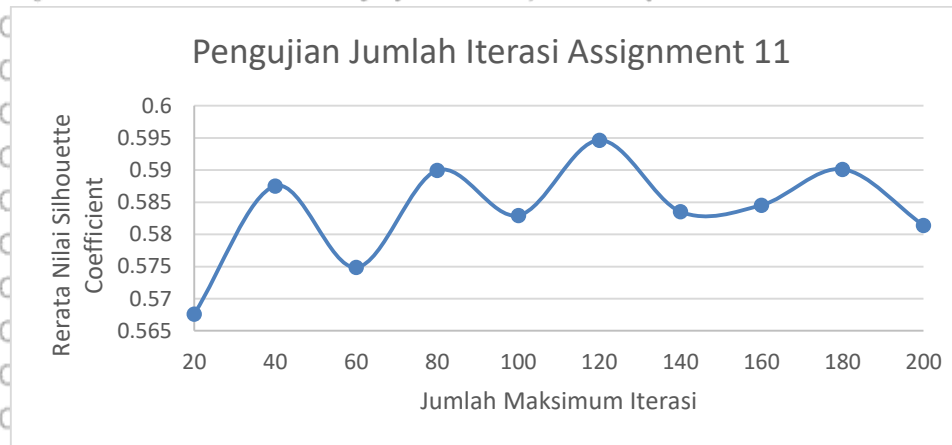
Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]

Nilai learning factor : [2;2]

Nilai velocity maksimum : 0,3

Iterasi Max	Nilai silhouette coefficient percobaan ke-i										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
40	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
60	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
80	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
100	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
120	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
140	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
160	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
180	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
200	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505

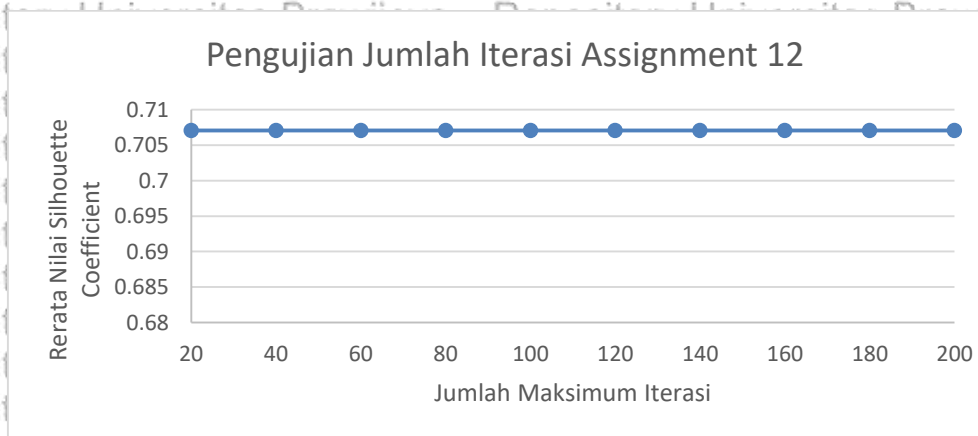
120	0,603242	0,576635	0,600258	0,603242	0,59502	0,586948	0,600258	0,604555	0,59502	0,581307	0,594648
140	0,565003	0,565373	0,604555	0,566582	0,647449	0,566582	0,615248	0,608926	0,547387	0,548281	0,583538
160	0,586948	0,627015	0,600044	0,517843	0,538421	0,583489	0,617844	0,624371	0,599359	0,550169	0,58455
180	0,620349	0,551092	0,586948	0,572617	0,554636	0,558952	0,615248	0,556651	0,635504	0,649285	0,590128
200	0,581307	0,581307	0,560366	0,599359	0,558952	0,533886	0,595766	0,62133	0,560411	0,62133	0,581401



• **Data Assignment 12**

- Jumlah cluster : 2
- Jumlah Partikel : 10
- Nilai bobot inersia : [0,9;0,2]
- Nilai learning factor : [2;2]
- Nilai velocity maksimum : 0,3

Iterasi Max	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
40	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
60	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
80	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
100	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
120	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
140	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
160	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
180	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069
200	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069





7. Pengujian Final FCM

ASG	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,50756	0,539892	0,529749	0,508159	0,566145	0,542875	0,508159	0,54041	0,529749	0,50756	0,528026
2	0,767769	0,767769	0,767769	0,767769	0,767769	0,767769	0,767769	0,767769	0,767769	0,767769	0,767769
3	0,753633	0,753633	0,753633	0,753633	0,753633	0,753633	0,753633	0,753633	0,753633	0,753633	0,753633
4	0,709825	0,720105	0,669445	0,689689	0,570985	0,71232	0,721578	0,67247	0,690573	0,711231	0,686822
5	0,816371	0,816371	0,816371	0,816371	0,816371	0,816371	0,816371	0,816371	0,816371	0,816371	0,816371
6	0,705707	0,705707	0,705707	0,705707	0,705707	0,705707	0,705707	0,705707	0,705707	0,705707	0,705707
7	0,706589	0,727745	0,678525	0,757192	0,685431	0,715194	0,692668	0,668689	0,742983	0,711759	0,708678
8	0,832746	0,832746	0,832746	0,832746	0,832746	0,832746	0,832746	0,832746	0,832746	0,832746	0,832746
9	0,752207	0,752207	0,752207	0,752207	0,752207	0,752207	0,752207	0,752207	0,752207	0,752207	0,752207
10	0,689975	0,689975	0,689975	0,689975	0,689975	0,689975	0,689975	0,689975	0,689975	0,689975	0,689975
11	0,600555	0,597714	0,631261	0,583779	0,559544	0,558912	0,569541	0,558554	0,558579	0,545996	0,576444
12	0,685587	0,685587	0,685587	0,685587	0,685587	0,685587	0,685587	0,685587	0,685587	0,685587	0,685587

8. Pengujian Final FCMPSO

ASG	Nilai <i>silhouette coefficient</i> percobaan ke- <i>i</i>										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,603438	0,503055	0,615856	0,579689	0,579689	0,596177	0,554011	0,594601	0,574744	0,509173	0,571043
2	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113	0,80113

3	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489	0,867489
4	0,665499	0,705337	0,756615	0,756615	0,724052	0,756615	0,709615	0,697235	0,724052	0,663498	0,715914
5	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513	0,831513
6	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077	0,748077
7	0,719027	0,764406	0,69729	0,765272	0,694113	0,721325	0,755817	0,705443	0,755817	0,718864	0,729737
8	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539	0,855539
9	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962	0,777962
10	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505	0,733505
11	0,603242	0,576635	0,600258	0,603242	0,59502	0,586948	0,600258	0,604555	0,59502	0,581307	0,594648
12	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069	0,707069