

## Klasterisasi Kecerdasan Majemuk Siswa Berbasis Jaringan Syaraf Kohonen Guna Mendukung *Adaptive Elearning*

Stefanus Santosa<sup>1</sup>, Wiji Lestari Panjidang<sup>2</sup>, Yonathan Purbo Santosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Negeri Semarang

<sup>2</sup>Universitas Duta Bangsa

<sup>3</sup>Institut für Informatik, Universität Bonn, Römerstr. 164, Bonn, Germany

### ABSTRACT

*Learning strategies are often applied without considering the unique and different characteristics of the learner's intelligence. This causes students to have difficulty understanding the material, not focused, bored, decreased motivation, frustration, and various other learning difficulties. The efforts to create student-oriented learning strategies can be done with adaptive elearning. Adaptive elearning system requires recognition function to cluster the intelligence of the learner when learning takes place. This study shows that Kohonen's Artificial Neural Network can be used for mapping students based on multiple intelligences. The results showed that there were 8 clusters with different intelligence compositions. There is no cluster that has a single intelligence. Intrapersonal intelligence is almost owned by 90% of students, while the lowest is visual-spatial intelligence, which is only 23.33%. In order to create a learner-oriented learning process, this clustering method should be embedded in an adaptive elearning system.*

*Keywords: adaptive elearning, multiple intelligences, Kohonen*

### 1. PENDAHULUAN

Pada umumnya sebagian besar pembelajaran berlangsung tanpa mempertimbangkan keunikan setiap pelajar. Strategi pembelajaran yang diterapkan tidak memperhatikan hak-hak pelajar yang menginginkan untuk belajar sesuai karakteristik kecerdasannya dan dengan cara dan gaya belajar mereka sendiri. Tidak setiap pelajar cocok dengan struktur dan metode penyampaian yang digunakan pengajar. Model penyajian materi yang disusun dan digunakan pengajar cenderung monoton dan sejenis sesuai dengan selera pengajar.

Karakteristik pelajar, kondisi, dan situasi belajar tidak terakomodasikan dalam pengelolaan pembelajaran. Strategi pembelajaran yang tidak cocok dengan karakteristik kecerdasan pelajar menyebabkan pelajar tidak fokus, bosan, motivasi menurun, frustrasi, dan berbagai gangguan belajar lainnya. Pembelajaran berlangsung berdasarkan keinginan pengajar, bukan pelajar.

Selain itu yang masih menjadi isu penting dalam pembelajaran adalah keputusan peningkatan level dalam tahapan pembelajaran berlangsung secara kaku dan serentak, berlaku untuk semua pelajar berdasarkan silabus dan tahapan yang sudah ditentukan. Hal ini menyebabkan pelajar yang memiliki kemampuan yang berbeda dengan pelajar lain dan tidak cocok dengan metode pembelajaran yang sedang berlangsung semakin tertinggal atau sebaliknya semakin bosan, karena sudah paham, sehingga malas untuk mengikuti tahapan-tahapan kaku dan linier yang digunakan pengajar.

Kesempatan pelajar untuk memperoleh layanan personal berkaitan dengan kondisi dan kemajuan belajarnya sulit diperoleh. Pengajar tidak memiliki kesempatan yang cukup dalam kelas untuk memperhatikan pelajar secara khusus dan personal satu persatu sesuai kondisi saat pembelajaran berlangsung. Pengajar kesulitan dalam menjalankan fungsinya sebagai fasilitator atau konselor dalam membimbing pelajar untuk menemukan solusi atas masalah belajar yang dihadapinya dalam kelas [1].

Keterbatasan seperti ini menyebabkan pengajar mencukupkan tanggung jawabnya dengan hanya menyampaikan secara tuntas materi belajar. Pembelajaran akhirnya berlangsung secara formal, kaku, sehingga tidak ada tantangan dan dinamika belajar yang khas dalam diri pemelajar. Pembelajaran dianggap memadai apabila materi sudah diajarkan dan pemelajar telah menguasai materi belajar (transfer of knowledge). Padahal esensi pembelajaran bukanlah penyampaian materi secara tuntas [1], tetapi seharusnya adalah agar pemelajar dapat menemukan cara belajarnya sendiri sesuai kemampuan dan gaya belajarnya agar kelak mereka dapat belajar secara mandiri (transfer of knowledge). Hal ini menjadi semakin penting dalam pembelajaran- pembelajaran nonformal semacam kursus/ pelatihan yang walaupun berjenjang namun biasanya hanya berlangsung dalam kurun waktu yang pendek. Rekonstruksi dan remediasi untuk memperbaiki proses pembelajaran jarang dilakukan karena memerlukan ruang dan waktu di luar jadwal yang sudah tersusun.

Penciptaan strategi pembelajaran yang berorientasi pada pemelajar (student oriented). sangat sulit dilakukan pada kelas konvensional, baik pada pendidikan formal maupun nonformal, karena pada umumnya seorang pengajar (guru, dosen, tutor, pelatih) dituntut untuk melayani banyak pemelajar sekaligus sehingga tidak mungkin memberikan layanan personal pada setiap pemelajar sesuai karakteristiknya. Namun ada harapan untuk mengatasi masalah umum tersebut yakni melalui sistem pembelajaran/ pelatihan cerdas berbasis komputer (Intelligent Tutoring System) yang mempertimbangkan aspek pengetahuan, perilaku belajar, dan kebutuhan spesifik pemelajar [2] [3].

Satu dekade yang lalu gagasan akan peran komputer dalam mendeteksi pemelajar yang bosan dan frustrasi dalam proses belajarnya dan kemudian komputer secara dinamis mengubah strategi pembelajarannya dirasa tidak memungkinkan. Namun kenyataannya kini hal tersebut telah mulai dikembangkan [4] [5].

Penelitian tentang pendekatan *Intelligent System* dalam pembelajaran konvensional maupun virtual (elearning) telah mulai banyak dilakukan dan menimbulkan tantangan yang besar bagi dunia komputasi pendidikan. Saat ini pembelajaran adaptif merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut di atas. Poin penting dalam perancangan pembelajaran adaptif adalah berdasarkan aspek- aspek yang berasal dari fitur- fitur yang dimiliki siswa. Hal ini harus dipertimbangkan dalam penelitian- penelitian tentang mata pelajaran [6].

Salah satu fitur yang berasal dari karakteristik pemelajar adalah kecerdasan majemuk. Teori kecerdasan majemuk atau *multiple intelligences* diperkenalkan pada tahun 1983 oleh Dr. Howard Gardner. Gardner mengemukakan bahwa intelegensia atau kecerdasan bukanlah suatu kesatuan tunggal yang bisa diukur secara sederhana dengan tes IQ. Intelegensia dapat ditingkatkan dan berkembang sepanjang sejarah hidup manusia. Gardner mendefinisikan kecerdasan sebagai suatu kapasitas untuk memecahkan permasalahan atau membentuk produk yang bernilai dalam satu atau lebih latar budaya [7].

Ada delapan criteria untuk meninjau pengertian kecerdasan, yaitu:

- a. Berpotensi terisolasi oleh kerusakan otak.
- b. Terdapat pada orang idiot, terpelajar dan individu dengan keadaan khusus lainnya
- c. Dapat diidentifikasi dengan serangkaian operasi tertentu
- d. Merupakan sebuah sejarah perkembangan tersendiri, sejalan dengan serangkaian prestasi yang dapat ditetapkan
- e. Merupakan sejarah evolusioner dan sejarah yang dapat diterima akal
- f. Mendapat dukungan dari psikologi eksperimen
- g. Mendapat dukungan dari psikometri
- h. Kerentanan saat melakukan pengkodean dalam system simbol

Kecerdasan majemuk (*multiple intelligences*) adalah sebuah penilaian yang melihat secara deskriptif individu dalam menggunakan kecerdasannya untuk memecahkan masalah dan menghasilkan sesuatu. Pendekatan ini merupakan alat untuk melihat pikiran manusia dalam mengoperasikan dunia, baik itu benda-benda yang kongkret dan abstrak [8].

Penelitian-penelitian tentang kecerdasan majemuk (Multiple Intelligence) dilakukan oleh [9] dan [10] melakukan penelitian tentang kecerdasan majemuk sesuai dengan *Gardner multiple intelligence theory*. [11] menyusun *Lesson Plan* berbasis *Gardner multiple intelligence theory*. [12]. merancang *Online Multiple Intelligence Tool*. Salam membuat desain pembelajaran online berbasis Multiple Intelligence (MI). Desain ini dimaksudkan untuk membantu dosen dalam mempersiapkan materi kuliah agar dapat meningkatkan kualitas proses belajar mereka [12].

*Lesson Plan* yang tersusun berdasarkan kecerdasan tertentu dapat diterapkan apabila karakteristik pemelajar baik secara individu maupun kelompok sudah teridentifikasi. Oleh sebab itu diperlukan upaya pengelompokan pemelajar berdasarkan kecerdasannya.

Identifikasi maupun pengelompokan pemelajar berdasarkan kecerdasannya bukan hal yang mudah dilakukan sebab tidak mungkin seseorang pemelajar hanya memiliki satu jenis fitur kecerdasan saja. Beberapa fitur kecerdasan yang ada dalam diri seseorang pemelajar juga memiliki intensitas yang berbeda-beda dengan komposisi tertentu. Selain itu antara pemelajar satu dengan yang lain memiliki fitur dan komposisi yang berbeda-beda.

Namun diperlukan suatu pengelompokan pemelajar dengan komposisi fitur yang mirip sehingga selain pembelajaran individu dapat pula dilakukan pembelajaran pada satu kelompok dengan anggota yang sejenis. Penerapan *data mining* dalam bidang pendidikan (*educational data mining*) menurut Muthalagu menjadi solusi yang baik atas kesulitan yang muncul dalam membangun sistem pendidikan yang mampu belajar dari data yang ada. Hal ini penting untuk diterapkan dalam peningkatan pengalaman belajar siswa dan efektivitas lembaga pendidikan [13].

Dengan adanya pendekatan *data mining* maupun *machine learning* pengelompokan dapat dilaksanakan dengan mudah melalui *cluster analysis*. *Cluster analysis* ini bertujuan untuk mengelompokkan objek-objek berdasarkan karakteristik di antara objek-objek tersebut. Dari analisis *cluster* dapat diketahui kelompok-kelompok yang terbentuk dengan ciri khas dari tiap kelompok. Banyak objek yang dapat dikelompokkan dengan *cluster analysis*, diantaranya adalah produk (barang dan jasa), benda, manusia (responden, konsumen) [9]

Penelitian identifikasi **Kecerdasan Majemuk** pemelajar dan *clustering* siswa dengan pendekatan komputasi cerdas agar strategi pembelajaran dapat disusun secara adaptif masih sangat jarang dilakukan.

## 2. KLASTERISASI KECERDASAN MAJEMUK SISWA DENGAN JST KOHONEN

### 2.1. Kecerdasan Majemuk

Pada awalnya Gardner merumuskan tujuh kecerdasan majemuk. Dalam perkembangan penelitiannya, dia menambahkan satu lagi kecerdasan sehingga menjadi delapan [14] [15] seperti berikut ini.

- a. Kecerdasan *Linguistic*  
Kecerdasan yang berkaitan dengan kapasitas menggunakan bahasa untuk menyampaikan pikiran dan memahami perkataan orang lain, baik secara lisan maupun tertulis. Kecerdasan ini memiliki 4 keterampilan yaitu menyimak, membaca, menulis, dan berbicara.
- b. Kecerdasan Logical – Mathematical  
Kecerdasan yang berkaitan dengan kapasitas untuk menggunakan angka, berpikir logis, untuk menganalisis kasus atau permasalahan, dan melakukan perhitungan matematis. Kecerdasan ini terkait dengan kecerdasan para ilmuwan, akuntan, pemrogram komputer dan sebagainya. Keterampilan yang terkait dengan kecerdasan ini adalah keterampilan menyelesaikan *puzzle*, mengenal bentuk geometri, eksplorasi pemikiran, mengenali pola, memperkaya pengalaman berinteraksi dengan konsep matematika, *games* dan lain-lain.
- c. Kecerdasan *Visual-Spatial*  
Kecerdasan yang berkaitan dengan kapasitas untuk mengenali dan melakukan penggambaran objek atau pola yang diterima otak. Kecerdasan ini sangat penting karena memberikan kebebasan anak

untuk mengekspresikan diri. Keterampilan yang terkait dengan kecerdasan ini adalah menggambar dan melukis, mencoret-coret, mengenal dan membayangkan suatu konsep, membuat prakarya dan lain-lain.

d. Kecerdasan *Bodily-Kinesthetic*

Kecerdasan yang berkaitan dengan kapasitas untuk melakukan koordinasi pergerakan seluruh anggota tubuh. Anak yang mempunyai kecerdasan ini menandakan sudah matangnya anak dalam mengambil suatu tindakan. Kematangan motorik ini bergantung pada otot dan syaraf yang dimiliki. Keterampilan yang terkait dengan kecerdasan ini adalah kemampuan menari, bermain peran, drama, latihan fisik, berbagai olah raga dan lain-lain.

e. Kecerdasan *Musical*

Kecerdasan yang berkaitan dengan kapasitas untuk mengenal suara dan menyusun komposisi irama dan nada. Anak dengan kecerdasan musical yang menonjol mudah mengenali dan mengingat nada-nada. Ia juga dapat mentransformasikan kata-kata menjadi lagu dan menciptakan berbagai permainan musik. Keterampilan yang terkait dengan kecerdasan ini adalah bernyanyi, bersiul, bersenandung, suka mengetuk-ngetukkan tangan dan kaki, suka mendengarkan music dan lain-lain.

f. Kecerdasan *Interpersonal*

Kecerdasan yang berkaitan dengan kapasitas untuk memahami maksud, motivasi, dan keinginan orang lain. Kecerdasan ini perlu dikembangkan pada anak dari usia dini karena menyangkut cara menghadapi dunia luar atau orang lain selain keluarganya. Hal ini diperlukan agar anak tidak menjadi pemalu ataupun minder dan tidak mau bermain dengan teman-temannya. Keterampilan yang terkait dengan kecerdasan ini adalah kemampuan memimpin, berorganisasi, berbagi, bermain kelompok, kerja sama dan sebagainya.

g. Kecerdasan *Intrapersonal*

Kecerdasan yang berkaitan dengan kapasitas untuk memahami dan menilai motivasi dan perasaan diri sendiri. Dalam kehidupan pastilah banyak permasalahan dan problem, maka manusia harus memahami konsep diri sendiri, yaitu mengenal kelebihan dan kekurangan diri atau yang dikenal dengan citra diri. Keterampilan yang terkait dengan kecerdasan ini adalah berpikir, merancang tujuan, refleksi diri/ merenung, membuat jurnal, menilai diri, instrospeksi, dan sebagainya.

h. Kecerdasan *Naturalist*

Kecerdasan yang berkaitan dengan kapasitas untuk mengenali dan mengelompokkan fitur tertentu di lingkungan fisik sekitarnya, seperti binatang, tumbuhan, dan kondisi cuaca. Anak-anak yang menonjol dengan kecerdasan ini memiliki ketertarikan terhadap alam sekitar. Mereka menikmati benda-benda dan cerita yang berkaitan dengan fenomena alam, misalnya terjadinya awan dan hujan, asal-usul binatang, pertumbuhan tanaman, terjadinya tatasurya dan sebagainya.

Setiap aspek kecerdasan tersebut tidak beroperasi secara sendiri-sendiri. Kecerdasan tersebut dapat digunakan pada satu waktu yang bersamaan dan cenderung saling melengkapi satu sama lain saat seseorang mengembangkan kemampuannya atau memecahkan permasalahan. Manfaat suatu kecerdasan bisa menjadi maksimal tergantung dari cara seseorang mengelola dan memanfaatkan kecerdasan yang ada pada dirinya.

Setiap pelajar tidak selalu memiliki ke 8 kecerdasan tersebut dan juga tidak hanya memiliki satu kecerdasan melainkan majemuk, oleh sebab itu sering disebut kecerdasan majemuk siswa/ pelajar. Beberapa fitur kecerdasan yang ada dalam diri seseorang pelajar juga memiliki intensitas yang berbeda-beda dengan komposisi tertentu. Selain itu antara pelajar satu dengan yang lain memiliki fitur dan komposisi yang berbeda- beda.

Namun diperlukan suatu pengelompokan pelajar dengan komposisi fitur yang mirip sehingga selain dapat dimanfaatkan untuk pembelajaran individu dapat pula dilakukan pembelajaran pada satu kelompok dengan anggota yang memiliki kemiripan tertentu.

## 2.2. Cluster Analysis

Kemiripan antara individu satu dengan yang lain dapat diketahui melalui metode *cluster analysis*. *Cluster analysis* adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi objek atau individu yang serupa dengan memperhatikan beberapa kriteria [16]. *Cluster analysis* yaitu analisis untuk mengelompokkan elemen yang mirip sebagai objek penelitian menjadi kelompok (*cluster*) yang berbeda dan *mutually exclusive* [17]. Definisi lain adalah upaya menemukan sekelompok objek yang mewakili suatu karakter yang sama atau hampir sama (*similar*) antarsatu objek dengan objek lainnya pada suatu kelompok dan memiliki perbedaan (*not similar*) dengan objek-objek pada kelompok lainnya [18]. *Cluster analysis* termasuk dalam analisis statistik multivariat metode interdependen. Sebagai alat analisis interdependen maka tujuan *cluster analysis* tidak untuk menghubungkan ataupun membedakan dengan sampel/ variabel lain. *Cluster analysis* merupakan salah satu alat analisis yang berguna sebagai peringkasan data. Peringkasan dapat dilakukan dengan jalan mengelompokkan objek-objek berdasarkan kesamaan karakteristik tertentu di antara objek-objek yang hendak diteliti.

*Cluster analysis* adalah suatu alat untuk mengelompokkan sejumlah  $n$  objek berdasarkan  $p$  variant yang secara relatif mempunyai kesamaan karakteristik diantara objek – objek tersebut, sehingga keragaman di dalam suatu kelompok tersebut lebih kecil dibandingkan keragaman antarkelompok. Objek dapat berupa barang, jasa, tumbuhan, binatang, orang (responden, konsumen, atau yang lainnya) dan sebagainya. Objek tersebut akan diklasifikasikan ke dalam satu atau lebih *cluster* (kelompok) sehingga objek–objek yang berada dalam satu *cluster* akan mempunyai kemiripan atau kesamaan karakter.

Prinsip *cluster analysis* dapat digunakan untuk mengelompokkan pemelajar pada *cluster* tertentu dengan menggunakan skor-skor indikator kecerdasan majemuk siswa/ pemelajar berdasarkan *Gardner's multiple intelegence inventory scales* [14].

Data input diambil dari sampel kelas XI SMA Kolese Loyola Semarang tahun pelajaran 2010/2011. Data input dari indikator kecerdasan majemuk. Data input merupakan matrik dengan jumlah kolom 56 yang merupakan indikator-indikator kecerdasan majemuk dan jumlah baris sebanyak 30 siswa sebagai sampel.

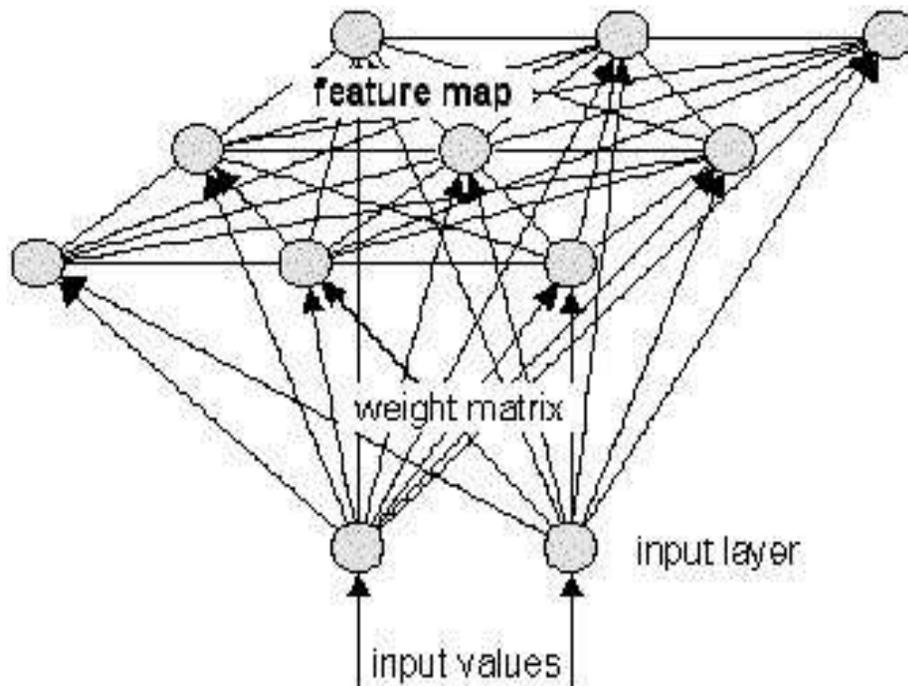
## 2.3. Jaringan Syaraf Tiruan Kohonen

Metode yang digunakan untuk melakukan *cluster analysis* adalah jaringan syaraf tiruan Kohonen. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Kohonen merupakan metode yang diperkenalkan oleh Professor Teuvo Kohonen pada tahun 1981[19]. Jaringan Kohonen atau disebut juga *Self-Organizing Map* (SOM) merupakan salah satu metode dari *Unsupervised Artificial Neural Network* (*Unsupervised ANN*) yang dalam proses pelatihannya tidak memerlukan pengawasan (*target output*) [20]. Jaringan Kohonen dapat digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan karakteristik/ fitur-fitur data.

Jaringan Kohonen dapat mengenali dan mengklasifikasikan data berdasar sebaran data dengan melakukan pelatihan (*training*) dari lokasi vektor input (masukan) data dalam *Euclidean space* dengan vektor bobot sebagai objek yang digunakan untuk memetakan data. Dari proses pelatihan jaringan tersebut akan terbentuk *cluster-cluster* dari pola-pola yang dilatihkan. Klasifikasi pola-pola tersebut nantinya dapat digunakan sebagai proses pengenalan pola-pola yang diujikan. Proses klasifikasi mencakup cara pengelompokan pola berdasarkan keserupaan ciri yang dimilikinya (*clustering*) dan pemberian label kelas atas masing-masing kelompok tersebut.

Jaringan Kohonen termasuk jaringan dengan pembelajaran tanpa pengawasan. Pada pembelajaran tanpa pengawasan, jaringan tidak mendapatkan target, sehingga JST mengatur bobot interkoneksi sendiri. Belajar tanpa pengawasan kadang-kadang diacu sebagai *Self-Organizing Learning*. Pada proses belajar tanpa pengawasan, JST akan mengklasifikasikan contoh pola-pola masukan yang tersedia ke dalam kelompok yang berbeda-beda berdasarkan kesamaan pola atau dalam kasus ini kedekatan antar-vektor data. Yang akan ditentukan dalam proses *clustering* ini adalah jumlah *cluster* yang terdiri dari 8 buah sesuai dengan jumlah kecerdasan majemuk siswa/ pemelajar menurut Gardner.

Arsitektur dari Jaringan Kohonen/ *Self-Organizing Map* (SOM) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Dari Jaringan Kohonen

Pada jaringan ini, suatu lapisan yang berisi *neuron-neuron*  $m$  yang disebut *feature map* akan menyusun dirinya sendiri berdasarkan *input* nilai tertentu dalam suatu kelompok yang dikenal dengan istilah *cluster*. Selama proses penyusunan diri, *cluster* yang memiliki vektor bobot  $m$  paling cocok dengan pola *input* ke- $i$   $x_i$  (memiliki jarak *Euclidean* paling dekat) akan terpilih sebagai pemenang. *Neuron* pada *node* ke- $j$   $w_j$  yang menjadi pemenang beserta  $|N|$  buah tetangganya berdasarkan suatu fungsi *neighborhood*  $\theta(i, j, n)$ ,  $\{w_j, w_{[j+n]} | n \in N, \theta(i, j, n) \Rightarrow N\}$  akan memperbaiki bobot – bobotnya

Proses *clustering* yang baik akan menghasilkan *cluster* dengan kualitas tinggi, yaitu [18]:

- Tingkat kesamaan yang tinggi dalam satu *class* (*high intra – class similarity*).
- Tingkat kesamaan yang rendah antar-*class* (*low inter – class similarity*).

*Similarity* yang dimaksud merupakan pengukuran secara numerik terhadap dua objek. Nilai *similarity* ini akan semakin tinggi bila dua objek yang dibandingkan tersebut memiliki kemiripan yang tinggi pula. Selain itu metode *clustering* juga harus dapat diukur kemampuannya dalam usahanya untuk menemukan suatu pola tersembunyi pada data yang tersedia.

Hasil analisis *cluster* ini bisa delapan kelompok masing- masing dengan satu fitur/ kecerdasan, atau delapan kelompok masing- masing dengan beberapa fitur/ kecerdasan. Setiap kelompok akan memiliki komposisi fitur/ kecerdasan yang berbeda-beda.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Data Masukan

Data berupa data siswa yang merupakan hasil dari kuesioner yang dipetakan dalam sebuah vektor. Vektor tersebut berisi skor indikator dari kuesioner Untuk memudahkan proses selanjutnya maka data input disajikan dalam bentuk matrik data *input* dengan ekstensi.txt.

#### 3.2. Eksperimen

Tahapan *clustering* dengan jaringan Kohonen [21]. adalah sebagai berikut.

a. Menetapkan besaran-besaran berikut :

1) Input data =  $X$

2) Jumlah *cluster* =  $J$

b. Inialisasi Bobot  $w_j$  indeks ke- $j$  :

$$w_j = \vec{1}, \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, J \dots\dots\dots (1)$$

c. Inialisasi bias  $b_i$  indeks ke- $j$ :

$$b_j = e^{1-\ln(\frac{1}{j})} \dots\dots\dots (2)$$

d. Set parameter *learning rate*  $\alpha$

e. Set maksimum *epoch* (MaxEpoch).

f. Set Epoch = 0

g. Mengerjakan untuk Epoch < MaxEpoch

h. Epoch = Epoch + 1

i. Memilih data secara acak  $x_i$

j. Mencari jarak  $D_j$  data  $x_i$  dengan semua *neuron*  $w_j$ :

$$D_j = \sqrt{\sum_{j=1}^J (w_j - x_i)^2} \dots\dots\dots (3)$$

k. Mencari  $w_j$  yang menghasilkan  $D_j$  terkecil:

$$\min_{w_j} D_j \dots\dots\dots (4)$$

l. Update semua neuron  $w_j$  berdasarkan  $x_i$ :

$$w_j^{baru} = w_j^{lama} + \theta(i, j, n) \cdot \alpha (x_i - w_j^{lama}) \dots\dots\dots (5)$$

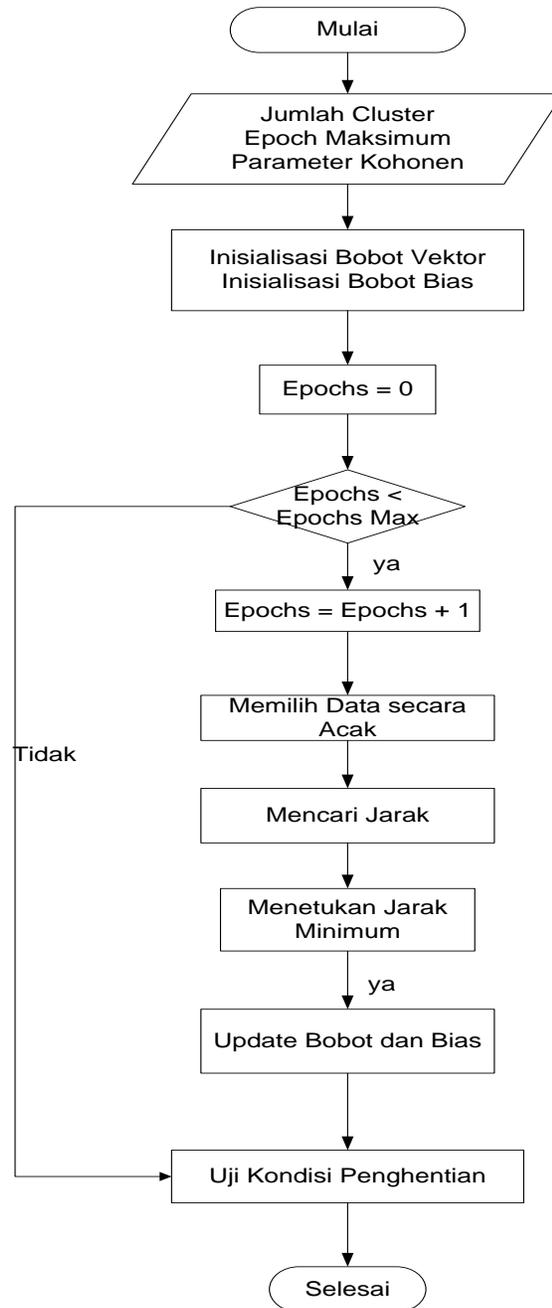
m. Update semua bias  $b_j$ :

$$c_j = (1 - \alpha) \cdot e^{1-\ln(b_j)} + \alpha \cdot - (D_j + b_j) \dots\dots\dots (6)$$

$$b_j^{baru} = e^{1-\ln(c_j)} \dots\dots\dots (7)$$

n. Kembali ke-h hingga *epoch* maksimum

Diagram alur algoritma Kohonen ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 2. Diagram Algoritma Kohonen

### 3.3. Pengujian Performa *Clustering*

Untuk melihat performa dari *clustering* digunakan beberapa metode pengujian seperti *Davies-Bouldin Index (DBI)*, *Calinski-Harabasz Index (CHI)* dan *Silhouette Score*.

### 3.4. Analisis

Hasil analisis *cluster* kecerdasan majemuk kemudian digunakan sebagai acuan untuk pemetaan kecerdasan majemuk siswa yang merupakan *neuron-neuron*  $w_{ij}$  yang disajikan dalam bentuk matriks.

$$\begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & w_{13} & \dots & w_{1k} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} & \dots & w_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{i1} & w_{i2} & w_{i3} & \dots & w_{ik} \end{pmatrix}$$

Baris 1 menunjukkan *centroid cluster* 1, baris 2 menunjukkan *centroid cluster* 2, baris 3 menunjukkan *centroid cluster* 3 dan seterusnya sampai dengan *Cluster* 8. Kolom 1 menunjukkan nilai *centroid* yang bersesuaian dengan nilai indikator ke-1 *Gardner's Multiple Intelligence Inventory Scales*.

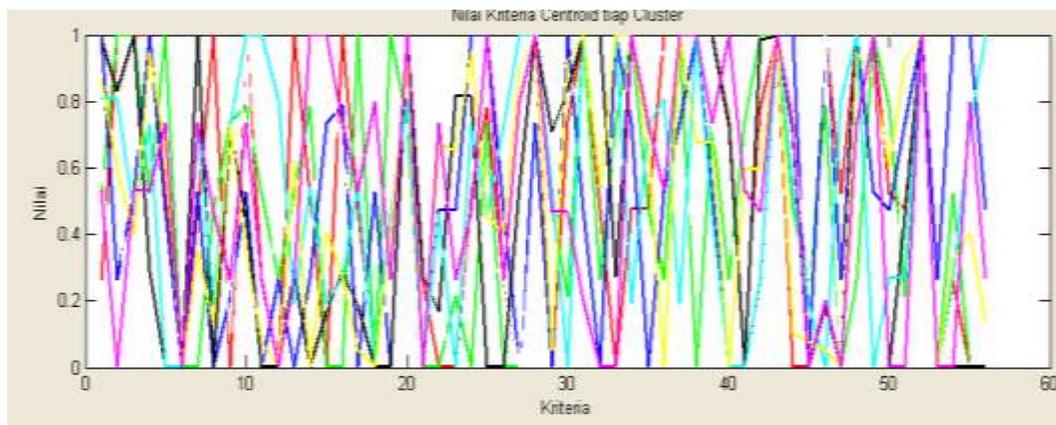
Proses analisis dilakukan pada setiap data *input* terhadap pusat *cluster*. Misalnya data ke -1 masuk *cluster* 4, maka untuk analisis semua anggota *cluster* 4 digunakan *centroid cluster* ke-4. Nilai *centroid* tiap *cluster* dicocokkan dengan fitur kecerdasan majemuk yang indikatornya berjumlah 56 buah. Nilai *centroid* menunjukkan nilai indikator yang mengarah ke kecerdasan majemuk tertentu. Dengan penjumlahan sesuai kecerdasan majemuk akhirnya bisa ditentukan karakteristik tiap *cluster*.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Karakteristik Cluster

Data *input* untuk kecerdasan majemuk adalah data\_MI\_01.txt, data\_MI\_02.txt dan data\_MI\_03.txt. Proses *clustering* dengan jaringan syaraf tiruan Kohonen menggunakan parameter-parameter jumlah *cluster*, *epochs* maksimum dan parameter Kohonen. Jumlah *cluster* digunakan sebagai acuan seberapa jumlah *cluster* hasil akhir proses. *Epochs* maksimum merupakan jumlah iterasi proses *clustering* yang diinginkan yang dalam penelitian ini diambil 500. Vektor bobot awal terdiri dari 8 baris (sesuai dengan jumlah *cluster* yang akan terbentuk) dan kolom 56 (sesuai dengan jumlah indikator kecerdasan majemuk). Inisialisasi bobot untuk *clustering* awal adalah 0.5. Parameter Kohonen  $\alpha$  yang menjadi acuan dalam modifikasi bobot vektor adalah 0,01.

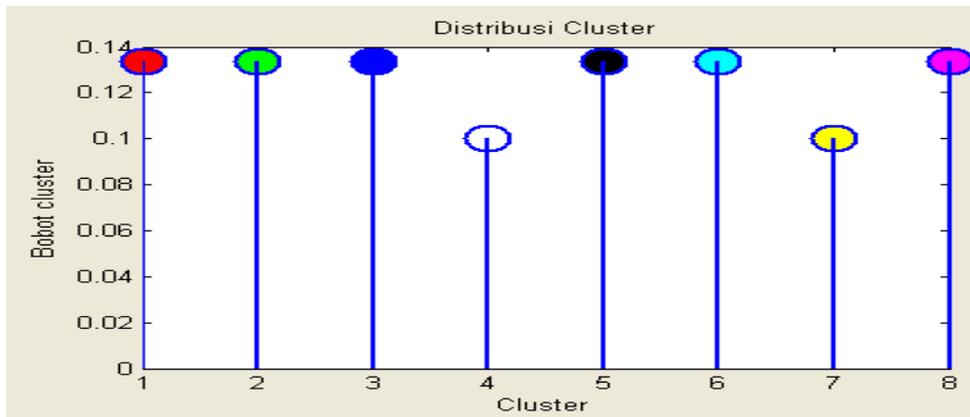
Hasil *clustering* menampilkan waktu proses *clustering*, jarak total vektor bobot akhir yang jumlah barisnya sama jumlah *cluster* dan kolomnya sebanyak kriteria indikator kecerdasan majemuk dan juga distribusi data *input* pada *cluster-cluster*. Hasil *clustering* ditampilkan melalui grafik berikut ini.



Gambar 3. Grafik Kriteria *Centroid* tiap *Cluster* Kecerdasan Majemuk

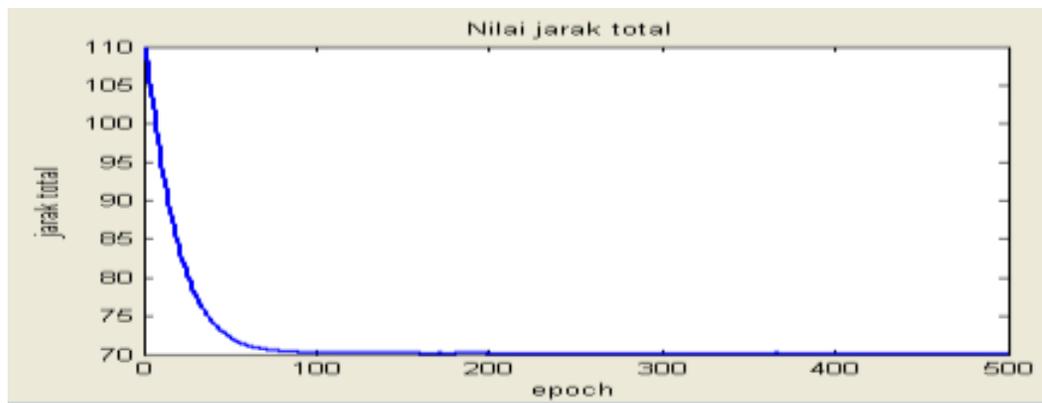
Dari gambar 3 dapat diketahui grafik nilai kriteria tiap *centroid cluster*. Kriteria 1 sampai dengan

criteria 56 dari *cluster* 1 sampai dengan *cluster* 8. Nilai criteria sama dengan besarnya elemen-elemen pada vektor bobot akhir hasil proses *clustering*. Dari grafik terlihat nilai maksimum kriteria adalah 1 dan nilai minimumnya 0.



Gambar 4. Grafik Bobot *Cluster* Kecerdasan Majemuk

Gambar 4 menampilkan grafik bobot *cluster*. Bobot *cluster* merupakan perbandingan antara jumlah anggota *cluster* tertentu dengan jumlah total data. Semakin tinggi nilai bobot *cluster* suatu *cluster* maka jumlah anggota dalam *cluster* itu semakin banyak.



Gambar 5. Grafik Jarak Total dan *Epochs* Kecerdasan Majemuk

Gambar 5 memperlihatkan grafik jarak total dengan *epochs*. Semakin besar *epochs* semakin kecil jarak totalnya dan saat mencapai nilai tertentu kurva melurus. Hal ini berarti pada saat nilai *epochs* itu dan sesudahnya hasil *clustering* sudah konvergen.

Jarak total yang dicapai adalah sebesar 70.1267, yang merupakan jumlah seluruh jarak minimum antara data *input* dengan vektor bobot. Diperoleh vektor bobot *w* pada setiap baris dengan jumlah kolom 1 sampai dengan 56 sebagai berikut.

Kolom 1 - 15

Baris 1: 0.2608 1.0000 1.0000 1.0000 0.5213 0.0000 0.4787 1.0000 0.0000 1.0000  
 0.2608 0.0000 1.0000 0.5221 0.0000

sampai dengan:

kolom 46 - 56

baris 8: 0.2020 0.0000 0.7334 1.0000 0.0000 0.0000 1.0000 0.0000 0.0000 0.7980  
0.2666

Baris 1 menunjukkan *centroid cluster* 1, baris 2 menunjukkan *centroid cluster* 2, baris 3 menunjukkan *centroid cluster* 3 dan seterusnya sampai dengan 8 *cluster*. Kolom 1 -7 (ada 7 indikator) menunjukkan nilai *centroid* yang bersesuaian dengan nilai indikator ke-1 sampai dengan 7 pada skala kecerdasan majemuk, kolom 8 – 14 menunjukkan nilai *centroid* yang bersesuaian dengan nilai indikator ke-8 sampai dengan 14 pada skala kecerdasan majemuk, dan seterusnya.

Proses *clustering* dilakukan tiga kali berdasarkan data yang diujikan ke responden. Setiap responden memperoleh tiga alat ukur yang sama, namun disampaikan dalam waktu yang berbeda. Dengan demikian diperoleh tiga data set yang kemungkinan bisa berbeda namun juga bisa sama. Untuk menguji konsistensi jawaban siswa, maka *clustering* dilakukan tiga kali.

Sebagai contoh untuk Data\_MI\_03 hasil *clustering* kecerdasan majemuk dari 30 siswa sebagai berikut. Kolom 1 - 30

6 1 3 8 6 4 5 2 8 5 3 2 1 6 5 6 3 2 5 8 3 7 1 1 4  
8 7 4 2 7

Data siswa ke 1 masuk *cluster* 6, data siswa ke 2 masuk *cluster* 1, data siswa ke 3 masuk *cluster* 3, dan seterusnya. Siswa no 1, 5, 14 dan 16 berada di *cluster* 6 (lihat tabel di bawah).

Tabel 1. Hasil *Clustering* Kecerdasan Majemuk

Cluster	Anggota		
	Data_MI_01	Data_MI_02	Data_MI_03
Cluster 1	D.03, D.04, D.09, D.11	D.02, D.13, D.23, D.24	D.02, D.13, D.23, D.24
Cluster 2	D.08, D.12, D.18, D.29	D.08, D.12, D.18, D.29	D.08, D.12, D.18, D.29
Cluster 3	D.21, D.22, D.30	D.03, D.11, D.17, D.21	D.03, D.11, D.17, D.21
Cluster 4	D.06, D.10, D.25, D.28	D.06, D.20, D.25, D.28	D.06, D.25, D.28
Cluster 5	D.02, D.13, D.23, D.24	D.10, D.15, D.19	D.07, D.10, D.15, D.19
<b>Cluster 6</b>	D.01, D.14, D.16, D.17	D.01, D.05, D.14, D.16	<b>D.01, D.05, D.14, D.16</b>
Cluster 7	D.07, D.15, D.19, D.27	D.07, D.22, D.27, D.30	D.22, D.27, D.30
Cluster 8	D.05, D.20, D.26	D.04, D.09, D.26	D.04, D.09, D.20, D.26

Dari tabel tersebut dapat ditentukan pula kesamaan terdekat antara Data\_MI\_0 1, Data\_MI\_0 2, dan Data\_MI\_0 3 adalah 83,33 % yang ditunjukkan oleh kedekatan Data\_MI\_0 2 dengan Data\_MI\_0 3.

#### 4.2. Pengujian Performa *Clustering*

Untuk melihat performa dari *clustering*, beberapa metode pengujian seperti *Davies-Bouldin Index* (DBI), *Calinski-Harabasz Index* (CHI) dan *Silhouette Score* diaplikasikan pada data.

DBI mengukur tingkat *clustering* berdasarkan kuantitas dan fitur-fitur yang sama dalam sebuah *cluster*. Proses perhitungannya DBI dijabarkan sebagai berikut.

- a. Untuk  $n$  dimensi data,  $w_j$  adalah *cluster center* dari kumpulan data  $X_j$  dengan besar  $T_j$  yang termasuk ke dalam *cluster*  $C_j$

$$S_i = \left( \frac{1}{T_j} \sum_{j=1}^{T_j} |X_j - w_j|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (8)$$

- b. Menghitung separasi antar *cluster*  $C_i$  dan  $C_h$ :

$$M_{ij} = \|C_i - C_h\|_p = \left( \sum_{j=1}^J |w_{hk} - w_{ik}|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (9)$$

- c. Menghitung DBI:

$$R_{i,j} = \frac{S_i + S_j}{M_{ij}} \dots\dots\dots (10)$$

$$D_w = \max_{j \neq i} R_{ij} \dots\dots\dots (11)$$

$$DBI = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_w \dots\dots\dots (12)$$

Dalam formula diatas  $D_w$  mencari skenario terburuk, sehingga ketika ada *cluster* yang sangat dekat maka nilainya akan semakin besar. Sebaliknya, ketika semua *cluster* terpisah secara kesamaan dan jarak, maka nilainya semakin kecil yang menandakan proses *clustering* sangat baik [22].

Metode pengukuran selanjutnya adalah CHI. CHI menghitung rasio rata-rata dari sebaran *inter-cluster* dan jumlahan dari sebaran *intra-cluster*. Nilai dari CHI akan semakin tinggi jika *cluster* nya semakin rapat dan semakin jauh terpisah. Untuk data set  $X$  yang sudah di-*cluster* menjadi  $J$  *cluster*, perhitungan CHI dijabarkan sebagai berikut:

- a. Menghitung sebaran *intra-cluster*  $A_j$  dan *inter-cluster*  $B_j$ :

$$A_j = \sum_{q=1}^J \sum_{x \in C_q} (x - w_q)(x - w_q)^T \dots\dots\dots (13)$$

$$B_j = \sum_{q=1}^J |X_q| (w_q - w_X)(w_q - w_X)^T \dots\dots\dots (14)$$

dengan  $C_q$  adalah kumpulan data di *cluster*  $q$ ,  $w_q$  adalah *cluster center* dari *cluster*  $q$ ,  $|X_q|$  adalah jumlah data dalam *cluster*  $q$ , dan  $w_X$  adalah *center* dari semua data  $X$ .

- b. Menghitung CHI:

$$CHI = \frac{tr(B_j)}{tr(A_j)} \times \frac{|X| - J}{J - 1} \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:  $tr(\circ)$  adalah fungsi trace [23].

Metode selanjutnya adalah *Silhouette Score*. *Silhouette Score* dihitung dengan cara melihat perbandingan kesamaan antara sebuah data  $x_i^{[j]}$  dengan *cluster*-nya  $w_j$  dan perbedaan antara sebuah data

$x_i^{[j]}$  dengan *cluster* lainnya. Semakin tinggi kesamaan terhadap *cluster*-nya dan semakin tinggi perbedaan dengan *cluster* lainnya, maka *Silhouette Score*-nya akan semakin tinggi. *Silhouette Score* dihitung dengan cara berikut:

- a. Untuk masing-masing data point  $x_i^{[j]}$  dalam *cluster*  $C_j$  :

$$A(i) = \frac{1}{|C_i| - 1} \sum_{j \in C_i, i \neq j} d(i, j) \quad \dots\dots\dots (16)$$

dimana  $d(i, j)$  adalah jarak data  $x_i$  dan  $x_j$

- b. Kemudian rata-rata perbedaan dari data  $x_i^{[j]}$  dengan *cluster* lainnya  $C_q$  dihitung ( $C_j \neq C_q$ ):

$$B(i) = \min_{q \neq i} \frac{1}{|C_q|} \sum_{j \in C_q} d(i, j) \quad \dots\dots\dots (17)$$

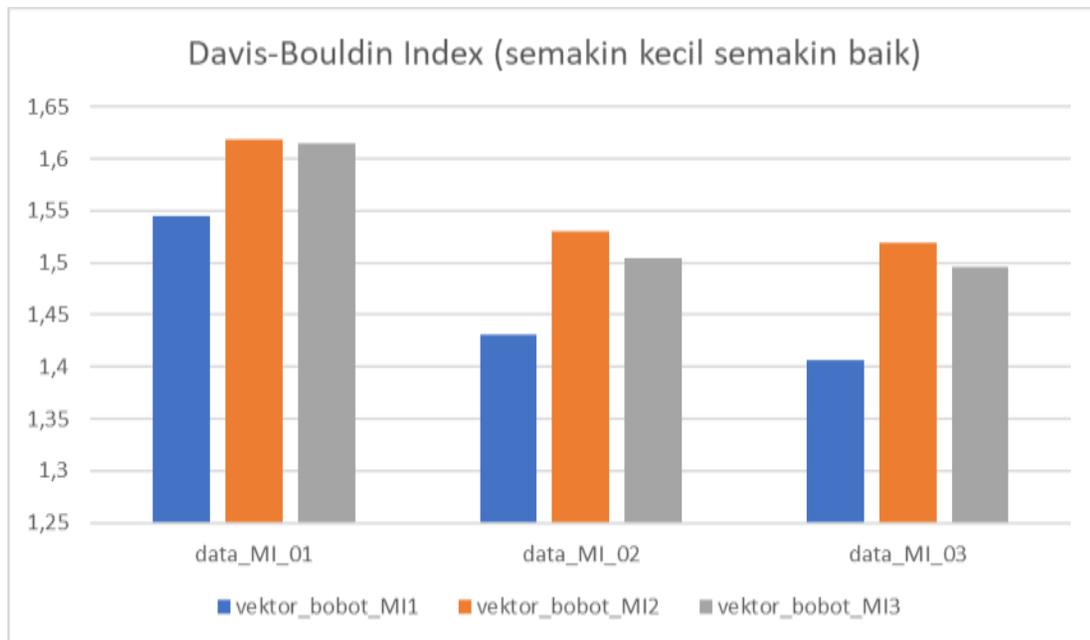
- c. Kemudian silhouette value dihitung,

$$s(i) = \frac{B(i) - A(i)}{\max\{B(i), A(i)\}}, \text{ jika } |C_i| > 1 \quad \dots\dots\dots (18)$$

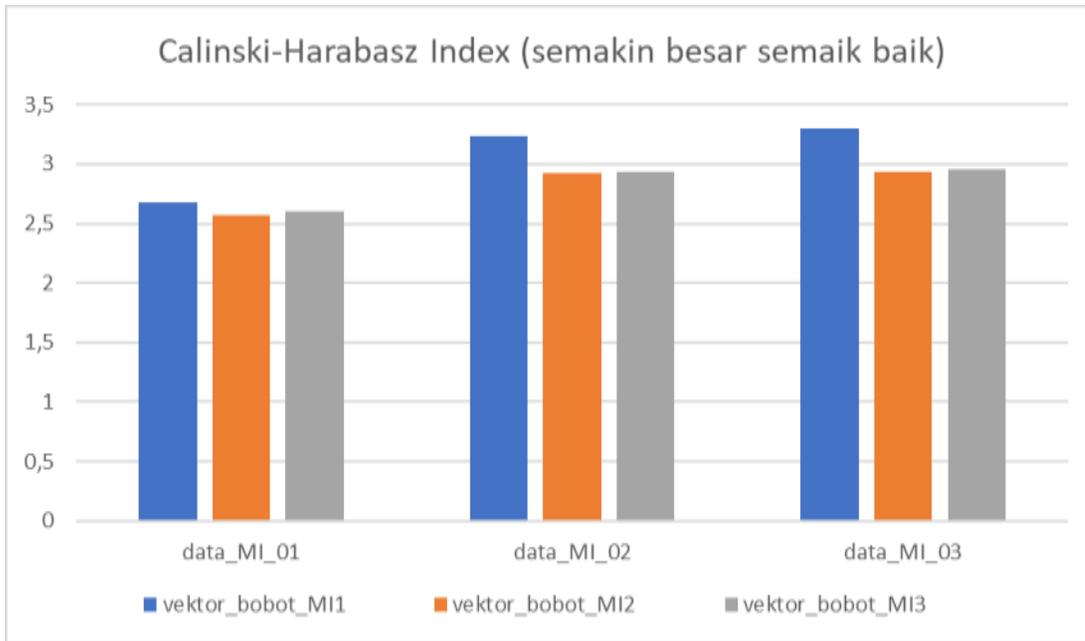
dan

$$s(i) = 0, \text{ jika } |C_i| = 1 \quad \dots\dots\dots (19)$$

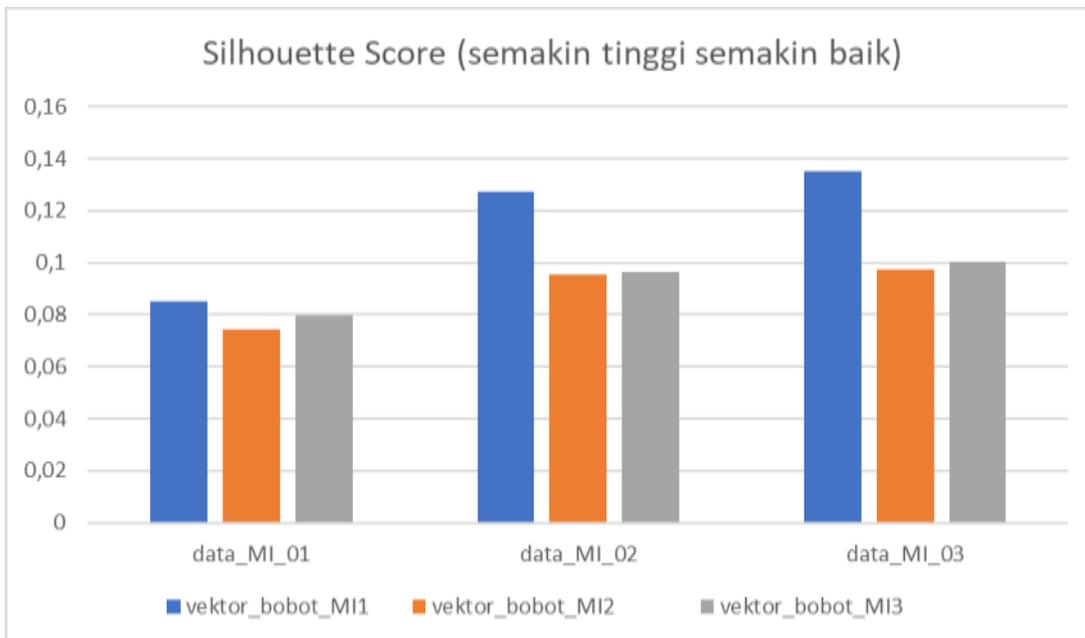
Hasil pengujian di atas apabila dinyatakan dalam bentuk diagram seperti gambar 6, 7, dan 8 sebagai berikut.



Gambar 6. Pengujian Performa Clustering dengan Davies-Bouldin Index



Gambar 7. Pengujian Performa Clustering dengan Calinski-Harabasz Index



Gambar 8. Pengujian Performa Clustering dengan Silhouette Score

Dari ketiga grafik di atas, data\_MI\_03 dengan vektor\_bobot\_MI1 memiliki performa terbaik. Selain itu vektor\_bobot\_MI1 memiliki performa paling baik untuk semua data.

*Cluster-cluster* hasil proses *clustering* kemudian dianalisis bobot akhir. Bobot akhir dari hasil

*clustering* disimpan dengan ekstensi .txt dan dijadikan data input untuk proses analisis. Hasil analisis tiap *cluster* kecerdasan majemuk seperti berikut.

Tabel 2. Hasil Analisis *Cluster* Kecerdasan Majemuk

No	Cluster	Kecerdasan Majemuk							
		L	LM	VS	BK	M	Inter	Intra	N
1	Cluster 1	4.2608	3.7829	2.7384	2.5652	3.1741	5.5214	4.5221	2.2604
2	Cluster 2	4.0494	4.1012	2.7379	1.9499	4.1634	4.0012	3.7863	2.5246
3	Cluster 3	3.7897	1.2633	3.0529	4.1577	3.2103	3.0527	4.7897	4.9469
4	Cluster 4	2.4262	2.8964	3.5381	2.3681	6.0752	3.7587	4.9732	1.1296
5	Cluster 5	4.3411	1.4722	1.9114	3.3441	5.8166	5.7108	3.8946	1.4556
6	Cluster 6	3.5392	4.4614	2.2690	4.3828	4.0007	2.7300	3.5393	3.5386
7	Cluster 7	3.8168	1.9088	2.0520	5.0283	5.1920	3.5418	3.0536	3.3811
8	Cluster 8	3.0623	3.0027	4.3282	4.5328	2.8727	5.2657	3.6688	2.0646

Keterangan :

- L : *Linguistic*
- LM : *Logical-Mathematical*
- VS : *Visual-Spatial*
- BK : *Bodily-Kinesthetic*
- M : *Musical*
- Inter : *Interpersonal*
- Intra : *Intrapersonal*
- N : *Naturalist*

Data tersebut adalah hasil perhitungan bobot-bobot akhir neuron input dari proses *clustering*. *Cluster* 1 misalnya memiliki nilai *centroid* {L=4.2608, LM=3.7829, VS=2.7384, BK=2.5652, M=3.1741, Inter=5.5214, Intra=4.5221, N=2.2604}, demikian seterusnya untuk *cluster* 2 sampai dengan 8 seperti yang tercantum pada tabel di atas.

#### 4.3. Pemetaan Siswa

Data tersebut kemudian digunakan sebagai acuan untuk pemetaan kecerdasan majemuk siswa. Dalam analisis *cluster* ini misalnya data ke -1 masuk *cluster* 6, maka untuk analisis semua anggota *cluster* 6 digunakan *centroid cluster* 6. Nilai *centroid* tiap *cluster* dicocokkan dengan skala kecerdasan majemuk yang parameternya berjumlah 56 buah. Setiap kecerdasan majemuk ada 7 parameter. Nilai *centroid* setelah ditransformasi akan menghasilkan nilai indikator dengan menggunakan *threshold* yang sudah ditentukan dari skala pengukuran kecerdasan majemuk untuk merepresentasikan suatu *cluster* dalam bentuk kecerdasan tertentu. Representasi tiap *cluster* misal *cluster* 1 adalah: *Linguistics, Logical-Mathematics, Body-Kinesthetics, Musical, Intrapersonal, dan Naturalist*. Hasil pemetaannya seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Hasil Pemetaan Kecerdasan Majemuk

No	Data	Kecerdasan Majemuk
1	D.01	<i>Linguistics, Logical-Mathematics, Body-Kinesthetics, Musical, Intrapersonal dan Naturalist</i>
2	D.02	<i>Linguistics, Logical-Mathematics, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
3	D.03	<i>Linguistics, Visual-Spasial, Body-Kinesthetics, Intrapersonal dan Naturalist</i>
4	D.04	<i>Visual-Spasial, Body-Kinesthetics, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
5	D.05	<i>Linguistics, Logical-Mathematics, Body-Kinesthetics, Musical, Intrapersonal dan Naturalist</i>
6	D.06	<i>Visual-Spasial, Musical, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
7	D.07	<i>Linguistics, Musical, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
8	D.08	<i>Linguistics, Logical-Mathematics, Musical, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
9	D.09	<i>Visual-Spasial, Body-Kinesthetics, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
10	D.10	<i>Linguistics, Musical, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
11	D.11	<i>Linguistics, Visual-Spasial, Body-Kinesthetics, Intrapersonal dan Naturalist</i>
12	D.12	<i>Linguistics, Logical-Mathematics, Musical, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
13	D.13	<i>Linguistics, Logical-Mathematics, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
14	D.14	<i>Linguistics, Logical-Mathematics, Body-Kinesthetics, Musical, Intrapersonal dan Naturalist</i>
15	D.15	<i>Linguistics, Musical, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
16	D.16	<i>Linguistics, Logical-Mathematics, Body-Kinesthetics, Musical, Intrapersonal dan Naturalist</i>
17	D.17	<i>Linguistics, Visual-Spasial, Body-Kinesthetics, Intrapersonal dan Naturalist</i>
18	D.18	<i>Linguistics, Logical-Mathematics, Musical, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
19	D.19	<i>Linguistics, Musical, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
20	D.20	<i>Visual-Spasial, Body-Kinesthetics, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
21	D.21	<i>Linguistics, Visual-Spasial, Body-Kinesthetics, Intrapersonal dan Naturalist</i>
22	D.22	<i>Linguistics, Body-Kinesthetics, Musical, Interpersonal dan Naturalist</i>
23	D.23	<i>Linguistics, Logical-Mathematics, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
24	D.24	<i>Linguistics, Logical-Mathematics, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
25	D.25	<i>Visual-Spasial, Musical, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
26	D.26	<i>Visual-Spasial, Body-Kinesthetics, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
27	D.27	<i>Linguistics, Body-Kinesthetics, Musical, Interpersonal dan Naturalist</i>
28	D.28	<i>Visual-Spasial, Musical, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
29	D.29	<i>Linguistics, Logical-Mathematics, Musical, Interpersonal dan Intrapersonal</i>
30	D.30	<i>Linguistics, Body-Kinesthetics, Musical, Interpersonal dan Naturalist</i>

Dari tabel di atas tampak bahwa tidak satu pun siswa yang memiliki kecerdasan tunggal, misalnya Linguistik saja atau Naturalist saja. Setiap siswa memiliki jenis kecerdasan yang majemuk. Sebagai contoh siswa no 1 memiliki kecerdasan *Linguistics* sekaligus *Logical-Mathematics*, *Body-Kinesthetics*, *Musical*, *Intrapersonal*, dan *Naturalist*. Dengan demikian perlakuan terhadap siswa dengan karakteristik seperti ini harus dibedakan dengan siswa dengan karakteristik *Logical-Mathematics*, *Body-Kinesthetics*. Proses pembelajaran perlu disusun dengan strategi seperti karakteristik *cluster 1*. Demikian pula untuk *cluster-cluster* yang lain.

Bila diperhatikan dari sisi distribusi kecerdasan yang dimiliki siswa adalah seperti yang tercantum pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Distribusi Kecerdasan Majemuk Siswa

No	Kecerdasan Majemuk	Jumlah Siswa
1	Linguistics	23
2	Logical-Mathematics	12
3	Visual-Spasial	7
4	Bodily-Kinesthetics	15
5	Musical	18
6	Interpersonal	22
7	Intrapersonal	27
8	Naturalist	11

Kecerdasan intrapersonal hampir dimiliki oleh semua siswa, yakni 90%, 27 dari 30 siswa. Keterampilan intrapersonal merupakan sebuah proses pertukaran dan transformasi pesan yang sangat unik karena dilakukan dari, untuk, dan oleh diri sendiri. Aspek keterampilan yang dimiliki antara lain Percaya diri (inisiatif, kreatif, optimis, dan berpikir positif), Penilaian diri (mengetahui kekuatan dan kelemahan), Kesadaran emosi (mengenali dan memahami perasaan sendiri), dan Proaktif (bertanggung jawab atas kehidupannya sendiri).

Kecerdasan yang jarang dimiliki siswa adalah kecerdasan visual-spasial, yakni hanya 23,33%, 7 dari 30 siswa. Kecerdasan ini berkaitan dengan gambar atau bentuk. Keistimewaan dari kecerdasan visual-spasial ini terletak pada kemampuan berpikir, memahami dan menerjemahkan pikiran atau imajinasi ke dalam bentuk visual. Anak-anak dengan kecerdasan visual spasial sangat piawai dalam mengingat wajah, gambar, hingga detil-detil tertentu. Mereka juga dapat memvisualisasikan sebuah objek dari sudut-sudut yang berbeda.

## 5. PENUTUP

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa jaringan syaraf tiruan Kohonen dapat digunakan dengan baik untuk pemetaan siswa berdasarkan kecerdasan majemuk. Tidak satu pun klaster yang memiliki indikator kecerdasan tunggal, misalnya Linguistik saja atau Naturalis saja. Setiap klaster memiliki indikator beberapa jenis kecerdasan majemuk.

Pada penelitian ini kecerdasan intrapersonal hampir dimiliki oleh semua siswa yang menjadi responden, yakni 27 dari 30 siswa atau 90 %. Kecerdasan yang jarang dimiliki siswa adalah kecerdasan visual-spasial, yakni hanya 7 dari 30 siswa atau 23,33%.

Guna menciptakan proses pembelajaran yang adaptif perlu disusun strategi pembelajaran berdasarkan karakteristik *cluster-cluster* yang terbentuk, bukan berdasarkan salah satu kecerdasan, misalnya linguistik saja.

Penelitian ini akan dilanjutkan dengan rekayasa sistem pembelajaran atau *adaptive elearning* yang mampu memberikan layanan personal maupun kelompok *cluster* sejenis dengan materi dan strategi pembelajaran yang sesuai.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Santosa, Stefanus, 2011, "Personal Web-Based Elearning Sebagai Paradigma Baru Sistem Pembelajaran Pendidikan Tinggi Vokasi", Orasi Ilmiah disampaikan dalam rangka Dies Natalis Politeknik Negeri Semarang ke-29 tanggal 29 Juli 2011 di Semarang.
- [2] Tang, Steven, Hannah Gogel, Elizabeth McBride, Zachary A. Pardos, 2015, "Item Ordering Effects with Qualitative Explanations using Online Adaptive Tutoring Data", ACM 978-1-4503-3411-2/15/03.
- [3] Sarrafsadeh, 2003, "Facial Expression Analysis for Estimating Learners Emotional State in Intelligent Tutoring Systems", Proceedings of the The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'03).
- [4] d'Mello, Sidney, Art Graesser, 2012, "AutoTutor and Affective AutoTutor: Learning by Talking with Cognitively and Emotionally Intelligent Computers that Talk Back", ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, Vol. 2, No. 4, Article 23, Pub. date: December 2012.
- [5] Brandon, Bill, ed., 2007, *The eLearning Guild's Handbook of e-Learning Strategy*. Santa Rosa, CA: Compilation Copyright ©2007 by The eLearning Guild Published by The eLearning Guild.
- [6] Ozyurt. 2016. Learning style based individualized adaptive e-learning environments- Content analysis of the articles published from 2005 to 2014). Elsevier: Computers in Human Behavior. 52 (2015) p. 349–358..
- [7] Denig, Stephen J. (2004). Multiple Intelligent and Learning Style: Two Complimentary Dimensions. Teachers College Record Volume 106, Number 1, January 2004, PP 96-111, Colombia University.
- [8] Soefandi, Indra, dan Pramudya, S.Ahmad.(2009). *Strategi Mengembangkan Potensi Kecerdasan Anak*. Bee Media Indonesia Jakarta
- [9] Tirri. 2008. Identification of multiple intelligences with the Multiple Intelligence Profiling Questionnaire III. Psychology Science Quarterly, Volume 50, 2008 (2), pp. 206-221.
- [10] Intelligence assessment: Gardner multiple intelligence theory as an alternative. Elsevier: Learning and Individual Differences 20 (2010) p. 225–230.
- [11] Tobias. 2013. The concept of distributed intelligence in Gardner's theory of Multiple Intelligences. FOUNDATION OF EDUCATION – Psychology of Education.
- [12] Salam.2014. The Designing of Online Multiple Intelligence Tools for Lecturers at Polytechnic. <https://www.researchgate.net/publication/260022302>.
- [13] Muthalagu.2018. Applied on Clustering Algorithm in EDM. International Journal of Computer Engineering and Applications, Volume XII, Issue I, Jan. 18, www.ijcea.com ISSN 2321-3469.
- [14] Prasetyo, J.J.R dan Andriani, Yeni. (2009). *Multiply Your Multiple Intelegences*. Jogjakarta : Penerbit Andi.
- [15] Soefandi, Indra, dan Pramudya, S.Ahmad.(2009). *Strategi Mengembangkan Potensi Kecerdasan Anak*. Bee Media Indonesia Jakarta.
- [16] Kuncoro, M . 2003. *Metode Riset Untuk Bisnis dan Ekonomi*. Jakarta: Erlangga.
- [17] Supranto, J. 2000. *Teknik Sampling Untuk Survei dan Eksperimen*, Edisi Baru. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

- [18] Budi, G.S, Liliana, dan Haryanto, S. 2008. *Cluster Analisis untuk Memprediksi Talenta Pemain Basket Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Self organizing Maps (SOM)*. Jurnal Informatika Vol.9, No.1, Mei 2008.
- [19] Budi, G.S, Liliana, dan Haryanto, S. 2008. *Cluster Analisis untuk Memprediksi Talenta Pemain Basket Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Self organizing Maps (SOM)*. Jurnal Informatika Vol.9, No.1, Mei 2008.
- [20] Kohonen, Teuvo. 1990. *The Self-Organizing Map*. Proceeding of IEEE, Vol 78, No 9, September 1990.
- [21] Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intellegence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [22] Davies, D. L., & Bouldin, D. W. (1979). A Cluster Separation Measure. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-1(2), 224–227.
- [23] Kozak, M. 2012. "A Dendrite Method for Cluster Analysis" by Calinski and Harabasz: A Classical Work that is Far Too Often Incorrectly Cited. *Communications in Statistics—Theory and Methods*, 41: 2279–2280, 2012, ISSN: 0361-0926 print/1532-415X online.