

**FUZZY C-MEANS CLUSTERING
UNTUK PENGELOMPOKAN BAHAN MAKANAN
BERDASARKAN KANDUNGAN ZAT GIZI**

Meysi Budiyanti

Jurusan MIPA Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman

Mutia Nur Estri

Jurusan MIPA Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman
mutia_ne_yusuf@yahoo.com

ABSTRACT. *Fuzzy C-Means Clustering (FCM) is a data clustering technique where each data point belongs to a cluster by membership degree. FCM starts with the concept of cluster centers that mark the mean location of each cluster. By iteratively updating the cluster centers and the membership degree for each data point, then the cluster centers move to the right location. FCM can be applied to group the nutrients of foods based on three functions of nutrients which are food as energy provider, body functions regulator and growth developer. Each nutrients are grouped into three cluster. The information of food group can used as reference or recommendation for someone who wants to select the food consumption which is appropriate to the nutrients necessary.*

Keywords: *Fuzzy C-Means Clustering (FCM), cluster, membership degree, nutrients.*

ABSTRAK. *Fuzzy C-Means Clustering (FCM) merupakan suatu teknik pengelompokan (clustering) data dimana setiap titik data menjadi anggota suatu cluster berdasarkan derajat keanggotaan tertentu. Konsep FCM diawali dengan membentuk pusat cluster yang menandai lokasi rata-rata dari tiap cluster. Dengan memperbaiki pusat cluster dan derajat keanggotaan secara berulang, dapat dilihat pusat cluster bergerak menuju lokasi yang tepat. FCM dapat diaplikasikan untuk mengelompokkan data bahan makanan yang terdiri dari bahan makanan dengan kandungan gizi sebagai sumber zat pembakar, sumber zat pengatur dan sumber zat pembangun. Setiap golongan bahan makanan dikelompokkan menjadi tiga kelompok. Informasi mengenai kelompok bahan makanan dapat dijadikan sebagai acuan pemilihan bahan makanan sesuai dengan kandungan gizi yang diperlukan.*

Kata Kunci: *Fuzzy C-Means Clustering (FCM), cluster, derajat keanggotaan, zat gizi.*

1. PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan sesuatu yang sangat berharga. Menjaga kesehatan dapat dilakukan dengan banyak cara, salah satunya dengan menjaga pola makan. Pola makan yang benar akan menjaga sistem kekebalan tubuh sehingga dapat terhindar dari berbagai macam penyakit. Pola makan yang benar juga akan

membuat tubuh berada pada kondisi gizi yang seimbang, dimana semua kebutuhan akan zat gizi terpenuhi. Makanan sehari-hari yang dipilih dengan baik akan memberikan semua zat gizi yang dibutuhkan untuk fungsi normal tubuh. Sebaliknya, bila makanan tidak dipilih dengan baik, tubuh akan mengalami kekurangan zat-zat gizi esensial tertentu. Bila dikelompokkan, ada tiga fungsi zat gizi dalam tubuh yaitu sumber zat pembakar, sumber zat pengatur dan sumber zat pembangun (Almatsier,2001).

Masing-masing bahan makanan memiliki kandungan zat gizi yang berbeda-beda, begitu pula dengan kebutuhan gizi dari setiap manusia, tergantung kepada usia serta aktivitas yang dilakukan sehari-hari. Ketiga fungsi zat gizi harus dipenuhi oleh manusia setiap harinya agar tidak terjadi gangguan gizi yang berpengaruh kepada gangguan kesehatan. Gangguan gizi dapat terjadi bila susunan makanan seseorang salah dalam kuantitas dan atau kualitas dari kandungan zat gizi yang dikonsumsi. Oleh karena itu diperlukan pengetahuan mengenai kandungan zat gizi dari masing-masing golongan bahan makanan.

Pengetahuan mengenai kandungan zat gizi bahan makanan dapat memberi informasi kepada seseorang agar dapat mengatur pola makan yang sesuai dengan kebutuhan tubuh. Hal ini akan sulit dilakukan karena terdapat berbagai macam bahan makanan dengan jumlah kandungan zat gizi yang berbeda-beda. Pemilihan bahan makanan akan lebih mudah dilakukan bila bahan makanan telah berada pada kelompok-kelompok tertentu sehingga pada setiap kelompok terdapat beberapa bahan makanan yang memiliki suatu kesamaan dalam jumlah kandungan gizinya.

Ukuran kesamaan digunakan pada proses pembagian data atau pengelompokan data (*clustering*). Pada *clustering* biasa, akan terdapat beberapa data yang secara nyata tidak dapat dimasukkan pada kelompok tertentu, karena tidak sesuai dengan syarat kelompok yang ada. Pada akhirnya, data tersebut tidak dapat digunakan. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem *clustering* yang dapat mengelompokkan data, termasuk data yang tidak dapat dikelompokkan tersebut. Sistem *clustering* yang dapat digunakan adalah sistem *clustering* yang menggunakan logika *fuzzy*, yaitu suatu logika atau penalaran yang menyimpulkan

informasi yang bersifat samar-samar atau kabur. Sistem *clustering* ini disebut dengan *fuzzy clustering*.

Fuzzy clustering dapat mengelompokkan data yang bersifat “abu-abu” atau samar-samar. Salah satu metode *fuzzy clustering* adalah *Fuzzy C-Means Clustering* (FCM). FCM merupakan salah satu metode pengelompokan data yang memiliki konsep dasar membentuk suatu pusat *cluster* kemudian tiap-tiap titik data akan memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap *cluster*. Hal ini sangat sesuai dengan kondisi bahan makanan yang memiliki nilai kandungan gizi yang berbeda-beda. Oleh sebab itu, pada makalah ini penulis tertarik untuk melakukan pengelompokan kandungan gizi pada bahan makanan dengan menggunakan metode FCM.

2. FUZZY C-MEANS CLUSTERING

2.1 Konsep Dasar *Fuzzy C-Means Clustering*

Konsep dasar *Fuzzy C-Means Clustering* (FCM) adalah menentukan pusat *cluster* yang akan menandai lokasi rata-rata untuk setiap *cluster*. Setiap elemen data akan memiliki derajat keanggotaan untuk setiap *cluster*. Pada kondisi awal pusat *cluster* dan derajat keanggotaan masih belum akurat. Perbaikan pusat *cluster* dan derajat keanggotaan yang dilakukan secara berulang dapat mengakibatkan pusat *cluster* akan bergerak menuju lokasi yang tepat.

Misalkan terdapat suatu himpunan vektor data $\mathbf{Z} = [\mathbf{z}_1, \mathbf{z}_2, \dots, \mathbf{z}_k], \mathbf{z}_k \in \mathbb{R}^n$ yang dapat dibentuk menjadi matriks data \mathbf{Z} berukuran $n \times N$ dengan n merupakan banyaknya variabel dan N merupakan jumlah data. Matriks data \mathbf{Z} dapat diperlihatkan sebagai sebagai berikut (Babuska, 2009):

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1N} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \dots & z_{nN} \end{bmatrix}, 1 \leq k \leq N, \mathbf{z}_k \in \mathbb{R}^n \quad (1)$$

Sebelum data diubah menjadi bentuk matriks data, data disajikan dalam bentuk tabel. Oleh karena itu, suatu matriks data \mathbf{Z} dapat disajikan dalam bentuk transpose (\mathbf{Z}^T) sebagai berikut:

$$\mathbf{Z}^T = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{21} & \dots & z_{N1} \\ z_{12} & z_{22} & \dots & z_{N2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{1n} & z_{2n} & \dots & z_{Nn} \end{bmatrix}, 1 \leq k \leq N \quad (2)$$

Matriks data pada (2) akan dikelompokkan menjadi c cluster ($i = 1, 2, \dots, c$) dengan keberadaan tiap elemen data di tiap cluster akan ditunjukkan oleh matriks partisi fuzzy \mathbf{U} sebagai berikut:

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \dots & \mu_{1N} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \dots & \mu_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{c1} & \mu_{c2} & \dots & \mu_{cN} \end{bmatrix}, 1 \leq i \leq c, 1 \leq k \leq N \quad (3)$$

Matriks partisi fuzzy \mathbf{U} merupakan matriks yang memiliki elemen berupa derajat keanggotaan μ_{ik} ($\mathbf{U} = [\mu_{ik}] \in M_{fc}$) dari himpunan data di setiap cluster yang berukuran $c \times N$. Elemen μ_{ik} menunjukkan derajat keanggotaan data ke- k pada cluster ke- i .

Rata-rata tiap cluster ke- i ditunjukkan oleh himpunan vektor pusat cluster yaitu $\mathbf{V} = [\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \dots, \mathbf{v}_c]$, $\mathbf{v}_i \in \mathbb{R}^n$. Pusat cluster \mathbf{V} dapat ditunjukkan dalam bentuk matriks berukuran $n \times c$ sebagai berikut (Babuska, 2009):

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1c} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2c} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n1} & v_{n2} & \dots & v_{nc} \end{bmatrix}, 1 \leq i \leq c, \mathbf{v}_i \in \mathbb{R}^n \quad (4)$$

Secara umum, algoritma fuzzy clustering didasari oleh minimasi fungsi objektif P_t dari fuzzy c -means yang diformulasikan sebagai berikut:

$$P_t = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N (\mu_{ik})^m \|\mathbf{z}_k - \mathbf{v}_i\|^2 \quad (5)$$

Telah dijelaskan bahwa dengan cara memperbaiki pusat cluster dan nilai keanggotaan secara berulang, dapat ditunjukkan bahwa pusat cluster akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimasi fungsi objektif P_t yang menunjukkan fungsi objektif pada iterasi ke- t . Perulangan iterasi akan dihentikan ketika $|P_t - P_{t-1}| < \varepsilon$ dengan ε merupakan error atau batas kesalahan yang diizinkan.

2.2 Algoritma Fuzzy C-Means

Parameter *fuzzy c-means* selanjutnya digunakan pada algoritma FCM.

Algoritma FCM diberikan sebagai berikut (Kusumadewi, 2010):

1. Inisialisasi parameter awal, yaitu menentukan:
 - a. Matriks data \mathbf{Z}
 - b. Jumlah *cluster* (c)
Jumlah *cluster* yang akan dipilih yaitu $1 < c < N$
 - c. Pangkat pembobot (m)
Pangkat pembobot yang dipilih yaitu $m > 0$
 - d. Iterasi maksimum ($MaxIter$)
 - e. Kriteria penghentian (ε)
Kriteria penghentian yang dipilih yaitu $\varepsilon > 0$.
 - f. Iterasi awal (t)
Iterasi awal yaitu pada saat $t = 1$.
2. Bentuk matriks partisi *fuzzy* \mathbf{U} . Matriks partisi *fuzzy* awal dipilih secara acak. Agar memenuhi kondisi matriks partisi sebagai berikut:

$$\mathbf{U} = [\mu_{ik}] \in [0,1], \quad 1 \leq i \leq c, \quad 1 \leq k \leq N$$

$$\sum_{i=1}^c \mu_{ik} = 1, \quad 1 \leq k \leq N$$

Maka matriks partisi *fuzzy* terlebih dahulu dinormalisasikan dengan:

$$\mu_{ik}^* = \frac{\mu_{ik}}{\sum_{i=1}^c \mu_{ik}}, \quad i = 1, 2, \dots, c \quad (6)$$

3. Menghitung pusat *cluster* (\mathbf{v}_i) untuk setiap *cluster* yaitu:

$$\mathbf{v}_i = \frac{\sum_{k=1}^N (\mu_{ik})^m \mathbf{z}_k}{\sum_{k=1}^N (\mu_{ik})^m}, \quad 1 \leq i \leq c \quad (7)$$

4. Memperbaiki matriks partisi *fuzzy* dengan cara memperbaiki derajat keanggotaan setiap data pada tiap *cluster* sebagai berikut:

$$\mu_{ik} = \left[\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ik}}{d_{jk}} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right]^{-1} \quad (8)$$

dengan

$$d_{ik} = \|\mathbf{z}_k - \mathbf{v}_i\| \quad (9)$$

5. Menentukan kriteria berhenti dengan cara menghitung perubahan dari matriks partisi *fuzzy* saat ini dengan matriks partisi sebelumnya, yaitu sebagai berikut:

$$\Delta = |P_t - P_{t-1}|$$

Apabila telah diperoleh $|P_t - P_{t-1}| < \varepsilon$, maka iterasi dihentikan. Namun apabila $|P_t - P_{t-1}| \geq \varepsilon$ maka kembali ke langkah 3.

3. PENGELOMPOKAN BAHAN MAKANAN BERDASARKAN KANDUNGAN GIZI

Pengelompokan bahan makanan dilakukan terhadap tiga fungsi zat gizi yaitu sumber zat pembakar, sumber zat pengatur dan sumber zat pembangun. Data bahan makanan yang digunakandiambil dari buku Daftar Komposisi Bahan Makanan (Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 1992) .

1. Data bahan makanan sebagai sumber zat pembakar berjumlah 50 bahan makanan, yang berasal dari bahan makanan berupa padi-padian, umbi-umbian beserta produk olahannya yang dikelompokkan berdasarkan kandungan gizi berupa karbohidrat, lemak dan protein.
2. Data bahan makanan sebagai sumber zat pengatur berjumlah 58 bahan makanan, yang berasal dari bahan makanan berupa sayur-sayuran dan buah-buahan yang dikelompokkan berdasarkan kandungan gizi berupa kalsium, fosfor, besi, vitamin A dan vitamin C.
3. Data bahan makanan sebagai sumber zat pembangun berjumlah 40 bahan makanan, yang berasal dari bahan makanan berupa daging, telur, ikan, kacang-kacangan dan susu yang dikelompokkan berdasarkan kandungan gizi berupa protein, kalsium, fosfor dan besi.

Masing-masing golongan bahan makanan dikelompokkan menjadi tiga *cluster*.

FCM diaplikasikan pada bahan makanan terdiri dari tiga golongan yaitu bahan makanan sebagai sumber zat pembakar, sumber zat pengatur dan sumber zat pembangun. Pengelompokan ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software matlab*. Parameter awal yang digunakan adalah: jumlah cluster (c) = 3,

pangkat pembobot (m) = 2, iterasi maksimum ($MaxIter$)= 100, kriteria penghentian (ε)= 10^{-5} , fungsi objektif awal (P_t) = 0, iterasi awal (t) = 1

Berdasarkan perolehan matriks partisi U optimum, tiap elemen data X dapat ditempatkan pada masing-masing *cluster*. Adapaun hasil pengelompokannya adalah sebagai berikut:

a. Pengelompokan pada bahan makanan sebagai sumber zat pembakar

1. *Cluster* pertama berisi bahan makanan: beras giling, beras jagung, beras ketan hitam, beras ketan putih, beras merah tumbuk, beras rojolele, gaplek, jagung gilling kuning, jagung kuning, jagung metro, jagung titi, jawawut, biskuit, bihun, kerupuk aci, maizena, pati singkong, tepung beras, tepung jagung kuning, tepung jagung putih, tepung kentang, tepung sagu, tepung terigu, tipa-tipa (emping)ernicelli
2. *Cluster* kedua berisi bahan makanan: katul beras, katul jagung, havermout, mie kering, roti putih.
3. *Cluster* ketiga berisi bahan makanan: gadung, ganyong, kabura, kentang, keribang, ketela pohon, ketela pohon kuning, komba (bentul), talas, talas bogor, talas pontianak, ubi jalar kuning, ubi jalar merah, ubi jalar putih, ubi kemayung, ubi manis, uwi, mie basah, tape singkong

Setiap elemen data X memiliki kecenderungan berada pada satu *cluster* dengan melihat derajat keanggotaan data terhadap tiap *cluster*. Hasil dari pengelompokan data X tersebut dapat dianalisis dengan melihat pusat *cluster* data X yang dituliskan kembali sebagai matriks $V_{pembakar}$ sebagai berikut:

$$V_{pembakar} = \begin{bmatrix} 78.9526 & 1.7951 & 6.2533 \\ 55.4758 & 8.5020 & 8.9765 \\ 26.0761 & 0.5452 & 1.4892 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan perolehan matriks $V_{pembakar}$, dapat diperoleh informasi mengenai kelompok bahan makanan sebagai sumber zat pembakar dengan kandungan gizinya sebagai berikut:

1. *Cluster* pertama merupakan kelompok bahan makanan dengan karbohidrat relatif tinggi, lemak relatif sedang dan protein relatif sedang.
2. *Cluster* kedua merupakan kelompok bahan makanan dengan karbohidrat relatif sedang, lemak relatif tinggi dan protein relatif tinggi.

3. *Cluster* ketiga merupakan kelompok bahan makanan dengan karbohidrat relatif rendah, lemak relatif rendah dan protein relatif rendah

b. Pengelompokan bahan makanan sebagai sumber zat pengatur

1. *Cluster* pertama berisi bahan makanan: cabe merah besar, cabe rawit, daun kemangi, eceng, jengkol, jagung muda, jamur kuping, jantung pisan, kapri muda, ketimun, kembang kool, kucai, labu siam, lobak, melinjo, pare (paria), rebung, seledri, tauge kacang ijo, terong, tomat, wortel, alpokat, belimbing, duku, durian, jambu biji, jeruk manis, kedondong, kacang panjang
2. *Cluster* kedua berisi bahan makanan: bayam, bayam merah, kangkung, daun melinjo, peterseli, sawi
3. *Cluster* ketiga adalah bahan makanan: daun bawang, daun jambu mete, daun leunca, genjer, selada air, kesemek, daun pakis.

Setiap elemen data Y memiliki kecenderungan berada pada satu *cluster* dengan melihat derajat keanggotaan data terhadap tiap *cluster*. Hasil dari pengelompokan data Y tersebut dapat dianalisis dengan melihat pusat *cluster* data Y yang dituliskan kembali sebagai matriks $V_{pengatur}$ sebagai berikut:

$$V_{pengatur} = \begin{bmatrix} 39.00 & 67 & 2.00 & 343 & 55.0 \\ 235.00 & 83 & 3.00 & 10090 & 144.0 \\ 127.00 & 94 & 5.00 & 3585 & 62.0 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan perolehan matriks $V_{pengatur}$, dapat diperoleh informasi mengenai kelompok bahan makanan sumber zat pengatur dengan kandungan gizinya sebagai berikut:

1. *Cluster* pertama merupakan kelompok bahan makanan dengan kalsium relatif rendah, fosfor relatif rendah, besi relatif rendah, vitamin A relatif rendah dan vitamin C relatif rendah.
2. *Cluster* kedua merupakan kelompok bahan makanan dengan kalsium relatif tinggi, fosfor relatif sedang, besi relatif sedang, vitamin A relatif tinggi dan vitamin C relatif tinggi.
3. *Cluster* ketiga merupakan kelompok bahan makanan dengan kalsium relatif sedang, fosfor relatif tinggi, besi relatif tinggi, vitamin A relatif sedang dan vitamin C relatif sedang.

c. Pengelompokan bahan makanan sebagai sumber zat pembangun

1. *Cluster* pertama berisi bahan makanan: angsa, ayam, bebek (itik), gabus, ikan mujahir, kakap, ikan selar, kembung, kacang ijo, kacang kedelai, tauco, tempe kedelai murni, susu kental manis.
2. *Cluster* kedua berisi bahan makanan: kepiting, sarden (kaleng, kembang tahu, kacang tanah, keju.
3. *Cluster* ketiga berisi bahan makanan: babat, daging domba, daging kambing, daging kerbau, daging sapi, ham, daging kornet, telur ayam, telur bebek, bader (tawes), bandeng, cumi-cumi, ikan mas, pindang banjar, kacang merah, oncom, santan, susu kedelai, tahu, susu kambing, susu sapi, yoghurt.

Setiap elemen data Z memiliki kecenderungan berada pada satu *cluster* dengan melihat derajat keanggotaan data terhadap tiap *cluster*. Hasil dari pengelompokan data Z tersebut dapat dianalisis dengan melihat pusat *cluster* data Z yang dituliskan kembali sebagai matriks $V_{pembangun}$ sebagai berikut:

$$V_{pembangun} = \begin{bmatrix} 14.4 & 52.8 & 135.1 & 3.2 \\ 30.2 & 415.3 & 521.0 & 4.1 \\ 24.6 & 82.9 & 309.1 & 3.1 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan perolehan matriks $V_{pembangun}$, dapat diperoleh informasi mengenai kandungan gizi dari bahan makanan sumber zat pengatur sebagai berikut:

1. *Cluster* pertama merupakan kelompok bahan makanan dengan protein relatif rendah, kalsium relatif rendah, fosfor relatif rendah dan besi relatif sedang.
2. *Cluster* kedua merupakan kelompok bahan makanan dengan protein relatif tinggi, kalsium relatif tinggi, fosfor relatif tinggi dan besi relatif tinggi.
3. *Cluster* ketiga merupakan kelompok bahan makanan dengan protein relatif sedang, kalsium relatif sedang, fosfor relatif sedang dan besi relatif rendah.

4. KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh dari pengelompokan ketiga jenis bahan makanan yaitu sumber zat pembakar, sumber zat pengatur dan sumber zat pembangun memperlihatkan bahwa masing-masing cluster mempunyai kandungan zat gizi

yang relatif berbeda. Informasi mengenai kelompok bahan makanan tersebut selanjutnya diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu rekomendasi seseorang untuk memilih bahan makanan sesuai dengan kandungan gizi yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier, S. (2001). *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Babuska, R. (2009). *Fuzzy and Neural Control*. Netherlands: Delft University of Technology.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. (1992). *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta : Penerbit Bhatara.
- Kusumadewi, S. dan Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Pedrycz, W. (2005). *Knowledge-Based Clustering*. USA : John Wiley & Sons, Inc.