

KLASIFIKASI KANDUNGAN NUTRISI BAHAN PANGAN MENGGUNAKAN FUZZY C-MEANS

Sri Kusumadewi

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

e-mail: cicie@fti.uii.ac.id

ABSTRAKSI

Secara umum, bahan pangan digolongkan dalam 4 kelompok besar, yaitu kelompok hijau, kelompok kuning, kelompok jingga dan kelompok merah. Pada setiap golongan masih mencakup cukup banyak bahan pangan dengan kandungan nutrisi yang relatif beragam, sehingga cukup membingungkan apabila seseorang menginginkan kelompok bahan pangan dengan kandungan nutrisi tertentu. Pada penelitian ini, telah dibangun sistem yang mampu mengklasifikasikan bahan pangan berdasarkan kandungan nutrisinya dengan menggunakan Fuzzy C-Means (FCM).

Proses clustering telah dilakukan dengan parameter, jumlah cluster = 3, pembobot = 2, dan maksimum iterasi = 100. Proses clustering dilakukan terhadap setiap kelompok dengan 73 bahan pangan pada kelompok hijau, 23 bahan pangan pada kelompok kuning, 43 bahan pangan pada kelompok jingga, dan 16 bahan pangan pada kelompok merah.

Hasil clustering pada kelompok hijau menghasilkan cluster ke-1: adalah kelompok bahan pangan dengan kalori tinggi, vit-A rendah, vit-B1 cukup, vit B2 tinggi, vit B3 tinggi, vit-C sedang, kalsium rendah, zat besi sedang, dan serat sedang; cluster ke-2: adalah kelompok bahan pangan dengan kalori sedang, vit-A tinggi, vit-B1 rendah, vit B2 rendah, vit B3 rendah, vit-C rendah, kalsium sedang, zat besi rendah, dan serat rendah; dan cluster ke-3: adalah kelompok bahan pangan dengan kalori rendah, vit-A sedang, vit-B1 tinggi, vit B2 tinggi, vit B3 sedang, vit-C tinggi, kalsium tinggi, zat besi tinggi, dan serat tinggi. Hasil clustering pada kelompok kuning menghasilkan cluster ke-1: adalah kelompok bahan pangan dengan kalori sedang, hidratarang sedang, dan protein sedang; cluster ke-2: adalah kelompok bahan pangan dengan kalori rendah, hidratarang rendah, dan protein rendah; cluster ke-3: adalah kelompok bahan pangan dengan kalori tinggi, hidratarang tinggi, dan protein tinggi. Hasil clustering pada kelompok jingga menghasilkan cluster ke-1: adalah kelompok bahan pangan dengan kalori tinggi, hidratarang tinggi, protein tinggi, dan lemak tinggi; cluster ke-2: adalah kelompok bahan pangan dengan kalori sedang, hidratarang sedang, protein sedang, dan lemak sedang; cluster ke-3: adalah kelompok bahan pangan dengan kalori rendah, hidratarang rendah, protein rendah, dan lemak rendah; Hasil clustering pada kelompok merah menghasilkan cluster ke-1: adalah kelompok bahan pangan dengan kalori sedang, hidratarang sedang, protein sedang, dan lemak sedang; cluster ke-2: adalah kelompok bahan pangan dengan kalori rendah, hidratarang tinggi, protein tinggi, dan lemak rendah; cluster ke-3: adalah kelompok bahan pangan dengan kalori tinggi, hidratarang rendah, protein rendah, dan lemak tinggi.

Kata kunci: fuzzy, nutrisi, cluster..

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, seseorang membutuhkan hidratarang dan lemak sebagai sumber tenaga, protein sebagai zat pembangun, serta vitamin dan mineral sebagai zat pengatur. Semua bahan pangan yang ada di dunia ini pasti mengandung nutrisi. Nutrien apa yang terkandung dan seberapa besar kandungan nutrisinya tentunya tidak sama antara satu bahan pangan dengan bahan pangan yang lainnya. Berdasarkan riset terhadap kandungan nutrisi dalam berbagai jenis bahan pangan, dibentuklah piramida bahan pangan yang menyediakan sarana visual untuk memilih bahan pangan yang bergizi dan sehat. Secara umum, bahan pangan digolongkan dalam 4 kelompok besar, yaitu kelompok hijau, kelompok kuning, kelompok jingga dan kelompok merah [1]. Meskipun penggolongan telah dilakukan, namun setiap golongan masih mencakup cukup banyak bahan pangan dengan kandungan nutrisi yang cukup beragam, dan cukup

1.1 Latar Belakang

membingungkan seseorang yang menginginkan kelompok bahan pangan dengan kandungan nutrisi tertentu.

Di sisi lain, di bidang *soft computing*, mulai banyak dikembangkan teknik-teknik klasifikasi. Sistem fuzzy sebagai salah satu bagian dari *soft computing* juga memiliki algoritma *clustering* yang sangat handal, yaitu *Fuzzy C-Means* (FCM).

1.2 Tujuan

Pada penelitian ini, akan dibangun sistem yang mampu mengklasifikasikan bahan pangan berdasarkan kandungan nutrisinya dengan menggunakan Fuzzy C-Means (FCM).

2. GAMBARAN UMUM

2.1 Penggolongan bahan pangan

a. Kelompok hijau

Kelompok hijau adalah kelompok sayuran dan buah yang bisa dikonsumsi relatif bebas, khususnya sayuran yang tidak berwarna (kubis, taoge, ketimun, sawi putih) dan buah yang tidak manis, yang banyak mengandung air serta serat (apel, belimbing, jambu, semangka, melon). Kelompok hijau merupakan sumber vitamin, mineral, dan serat makanan [1].

b. Kelompok kuning

Kelompok kuning yang merupakan kelompok sereal, biji-bijian dan umbi-umbian dapat dikonsumsi sekitar 300–450 gram bahan pangan matang per hari pada diet 1500 – 2100 kalori. Kelompok ini merupakan sumber karbohidrat kompleks yang memberikan kalori bagi kegiatan sehari-hari [1].

c. Kelompok jingga

Kelompok jingga adalah kelompok protein hewani maupun nabati yang menjadi sumber bahan pembangunan untuk perbaikan jaringan tubuh yang aus dan pertumbuhan disamping untuk kepentingan metabolisme. Kelompok jingga dianjurkan untuk dikonsumsi sekitar 150 – 300 gram bahan matang per hari pada diet 1500 – 2100 kalori [1].

d. Kelompok merah

Kelompok merah merupakan kelompok minyak, lemak, gula dan alkohol. Orang yang berusia menengah ke atas dan menghadapi resiko untuk terkena penyakit metabolik, vaskular serta degeneratif harus membatasi kelompok merah ini, khususnya minyak atau lemak. Proporsi lemak/minyak yang dianjurkan dalam makanan sehari adalah sekitar 20% - 30% dari total kalori. Diet 1500 kalori hanya memerlukan sekitar 30 – 50 gram lemak/minyak dalam makanan per hari dengan kandungan minyak jenuh tidak lebih dari 5% [1].

2.2 Partisi Fuzzy

Jika pada partisi klasik, suatu data secara eksklusif menjadi anggota hanya pada satu cluster saja, tidak demikian halnya dengan partisi fuzzy. Pada partisi fuzzy, nilai keanggotaan suatu data pada suatu cluster, μ_{ik} , terletak pada interval [0, 1]. Matriks partisi pada partisi fuzzy memenuhi kondisi sebagai berikut [2]:

$$\mu_{ik} \in [0,1]; \quad 1 \leq i \leq c; \quad 1 \leq k \leq n \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^c \mu_{ik} = 1; \quad 1 \leq k \leq n \quad (2)$$

$$0 < \sum_{k=1}^n \mu_{ik} < n; \quad 1 \leq i \leq c \quad (3)$$

Baris ke- i pada matriks partisi U berisi nilai keanggotaan data pada himpunan bagian fuzzy A_i . Jumlah derajat keanggotaan setiap data pada semua

cluster (jumlah setiap kolom) bernilai 1 (**persamaan 6.9**).

Semua kemungkinan partisi dari matriks X disebut dengan *fuzzy partitioning space*, yang didefinisikan sebagai:

$$M_{fc} = \left\{ U \in \mathfrak{R}^{cn} \mid \mu_{ik} \in (0,1), \forall i, k; \sum_{i=1}^c \mu_{ik} = 1, \forall k; 0 < \sum_{k=1}^n \mu_{ik} < n, \forall i \right\} \quad (4)$$

2.3 Fuzzy C-Means (FCM)

Fuzzy C-Means (FCM) adalah suatu teknik pengclusteran data yang mana keberadaan tiap-tiap data dalam suatu cluster ditentukan oleh nilai keanggotaan. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. Konsep dasar FCM, pertama kali adalah menentukan pusat cluster yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap cluster. Pada kondisi awal, pusat cluster ini masih belum akurat. Tiap-tiap data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap cluster. Dengan cara memperbaiki pusat cluster dan nilai keanggotaan tiap-tiap data secara berulang, maka akan dapat dilihat bahwa pusat cluster akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimisasi fungsi obyektif [3]. Fungsi obyektif yang digunakan pada FCM adalah [4]:

$$J_w(U, V; X) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (\mu_{ik})^w (d_{ik})^2 \quad (5)$$

dengan $w \in [1, \infty)$,

$$d_{ik} = d(x_k - v_i) = \left[\sum_{j=1}^m (x_{kj} - v_{ij})^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

X adalah data yang akan dicluster:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (6)$$

dan V adalah matriks pusat cluster:

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ v_{c1} & \cdots & v_{cm} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Nilai J_w terkecil adalah yang terbaik, sehingga:

$$J_w^*(U^*, V^*; X) = \min_{M_{fc}} J(U, V, X) \quad (8)$$

Teorema 1. (Pal, 2005):

Jika $d_{ik} > 0, \forall i, k; w > 1$, dan X setidaknya memiliki c elemen, maka $(U, V) \in M_{fc} \times \mathfrak{R}^{cp}$ dapat meminimisasi J_w hanya jika:

$$\mu_{ik} = \left[\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ik}}{d_{jk}} \right)^{2/(w-1)} \right]^{-1}; \quad 1 \leq i \leq C; 1 \leq k \leq n. \quad \text{dan} \quad (9)$$

$$v_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^w \cdot x_{kj}}{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^w}; \quad 1 \leq i \leq C; 1 \leq j \leq m. \quad (10)$$

Algoritma FCM diberikan sebagai berikut [5][6][7]:

1. Tentukan:

- Matriks X berukuran $n \times m$, dengan n = jumlah data yang akan dicluster; dan m = jumlah variabel (kriteria).
- Jumlah cluster yang akan dibentuk = $C (\geq 2)$.
- Pangkat (pembobot) = $w (> 1)$.
- Maksimum iterasi
- Kriteria penghentian = ξ (nilai positif yang sangat kecil)

2. Iterasi awal, $t = 1$, dan $\Delta = 1$;

3. Bentuk matriks partisi awal, U^0 , sebagai berikut:

$$U = \begin{bmatrix} \mu_{11}(x_1) & \mu_{12}(x_2) & \dots & \mu_{1n}(x_n) \\ \mu_{21}(x_1) & \mu_{22}(x_2) & \dots & \mu_{2n}(x_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{c1}(x_1) & \mu_{c2}(x_2) & \dots & \mu_{cn}(x_n) \end{bmatrix} \quad (11)$$

(matriks partisi awal biasanya dipilih secara acak)

4. Hitung pusat cluster, V , untuk setiap cluster:

$$v_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^w \cdot x_{kj}}{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^w} \quad (12)$$

5. Perbaiki derajat keanggotaan setiap data pada setiap cluster (perbaiki matriks partisi), sebagai berikut:

$$\mu_{ik} = \left[\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ik}}{d_{jk}} \right)^{2/(w-1)} \right]^{-1} \quad (13)$$

dengan:

$$d_{ik} = d(x_k - v_i) = \left[\sum_{j=1}^m (x_{kj} - v_{ij})^2 \right]^{1/2} \quad (14)$$

6. Tentukan kriteria berhenti, yaitu perubahan matriks partisi pada iterasi sekarang dengan iterasi sebelumnya, sebagai berikut:

$$\Delta = \|U^t - U^{t-1}\| \quad (15)$$

Apabila $\Delta \leq \xi$, maka iterasi dihentikan, namun apabila $\Delta > \xi$, maka naikan iterasi ($t = t+1$) dan kembali ke langkah-3.

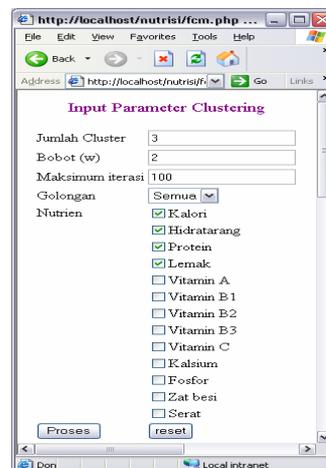
Pencarian nilai Δ dapat dilakukan dengan mengambil elemen terbesar dari nilai mutlak selisih antara $\mu_{ik}(t)$ dengan $\mu_{ik}(t-1)$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem telah dibangun dengan berbasis web, menggunakan PHP dan basisdata MySQL. Data-data terkait dengan bahan pangan telah dikumpulkan sebanyak 155 bahan pangan yang diambil dari sumber [1][8].

Sistem yang telah dibangun memberikan keleluasaan bagi pengguna untuk menentukan parameter *clustering*, seperti: jumlah cluster, faktor pembobot (w), dan maksimum iterasi. Sebagai nilai default, diberikan jumlah cluster sebanyak 3 cluster,

pembobot sebesar 2, dan maksimum iterasi sebanyak 100 iterasi.



Gambar 1. Halaman input parameter *clustering*.

Selain itu, sistem juga memberikan keleluasaan pada pengguna untuk memilih golongan bahan pangan yang akan dicluster (semua golongan, hijau, kuning, jingga, atau merah), beserta atribut (jenis nutrien) yang akan menjadi pertimbangan pengclustering (kalori, hidratarang, protein, lemak, vit-A, vit-B1, vit-B2, vit-B3, vit-C, kalsium, fosfor, zat besi, dan atau serat). Gambar 1 menunjukkan halaman web yang digunakan untuk memberikan input parameter clustering, golongan, dan jenis nutrien. Nilai default untuk golongan adalah semua golongan, sedangkan nilai default untuk jenis nutrien yang mempengaruhi proses *clustering* adalah kalori, hidratarang, protein dan lemak.

3.1 Model pengelompokan

Proses *clustering* dilakukan secara terpisah untuk golongan yang berbeda, meskipun sistem mengakomodasi adanya pemilihan golongan. Pemisahan ini disebabkan oleh kecenderungan setiap golongan yang memiliki pola kandungan nutrisi yang hampir beragam di setiap nutrien.

Jenis nutrien yang digunakan sebagai variabel penggolongan juga disesuaikan dengan golongan bahan pangan. Misalnya: pada golongan hijau, proses pengelompokan tidak ditekankan pada kandungan lemak, karena pada golongan ini memang relatif memiliki kandungan lemak yang sangat sedikit; pada golongan merah, proses pengelompokan tidak ditekankan pada kandungan serat, karena pada golongan ini memang relatif tidak memiliki kandungan serat.

3.2 Pengelompokan golongan HIJAU

Proses *clustering* yang dilakukan terhadap bahan-bahan pangan pada golongan hijau menggunakan parameter jumlah cluster = 3; pembobot = 2; dan maksimum iterasi = 100. Jenis nutrien yang dilibatkan adalah kalori, vit-A, vit-B1, vit-B2, vit-B3, vit-C, kalsium, zat besi, dan serat.

Gambar 2 menunjukkan pusat cluster yang diperoleh berdasarkan persamaan (12) setelah iterasi berhenti pada iterasi ke-26.

	Kalori	Vit-A	Vit-B1	Vit-B2	Vit-B3	Vit-C	Kalsium	Zat besi	serat
Cluster ke-1	51.932	69.572	0.064	0.078	0.789	34.838	33.944	0.863	0.973
Cluster ke-2	42.295	3580.270	0.061	0.051	0.697	10.582	40.215	0.812	0.903
Cluster ke-3	30.187	977.333	0.069	0.110	0.742	72.449	117.573	1.984	0.978

Gambar 2. Pusat cluster pada golongan HIJAU

Dari ketiga cluster tersebut dapat dijelaskan bahwa, untuk:

- Cluster ke-1, adalah kelompok bahan pangan dengan kalori tinggi (rata-rata 51,932); vit-A rendah (rata-rata 69,572); vit-B1 cukup (rata-rata 0,064); vit B2 tinggi (rata-rata 0,078); vit B3 tinggi (rata-rata 0,789); vit-C sedang (rata-rata 34,838); kalsium rendah (rata-rata 33,944); zat besi sedang (rata-rata 0,863); dan serat sedang (rata-rata 0,973).
- Cluster ke-2, adalah kelompok bahan pangan dengan kalori sedang (rata-rata 42,295); vit-A tinggi; vit-B1 rendah; vit B2 rendah; vit B3 rendah; vit-C rendah; kalsium sedang; zat besi rendah; dan serat rendah.
- Cluster ke-3, adalah kelompok bahan pangan dengan kalori rendah (rata-rata 30,187); vit-A sedang; vit-B1 tinggi; vit B2 tinggi; vit B3 sedang; vit-C tinggi; kalsium tinggi; zat besi tinggi; dan serat tinggi.

Tabel 1 menunjukkan matriks partisi (yang berisi derajat keanggotaan) setiap bahan pangan pada setiap cluster beserta cluster mana yang cenderung diikuti oleh suatu bahan pangan pada golongan HIJAU. Misalkan pada bahan pangan kangkung, derajat keanggotaan pada cluster ke-1 sebesar 0,006; pada cluster ke-2 sebesar 0,001, dan pada cluster ke-3 sebesar 0,993. Derajat keanggotaan terbesar ada pada cluster ke-3, sehingga kangkung lebih cenderung untuk menjadi anggota dari cluster ke-3. Bahan-bahan pangan yang masuk dalam cluster ke-1 (seperti: kembang kol, ketimun, kubis, lobak, dll); cluster ke-2 (hanya ada 1 bahan pangan yaitu wortel); dan cluster ke-3 (seperti: kangkung, selada, bayem, buncis, dll).

Tabel 1. Hasil clustering bahan-bahan pangan golongan hijau

No	Nama bahan	Cluster ke-1	Cluster ke-2	Cluster ke-3	Kelas
1	Kangkung	0.006	0.001	0.993	3
2	Kembang kol	0.994	0.000	0.006	1
3	Ketimun	0.992	0.001	0.007	1
4	Kubis	0.998	0.000	0.002	1
5	Lobak	0.993	0.000	0.006	1

No	Nama bahan	Cluster ke-1	Cluster ke-2	Cluster ke-3	Kelas
6	Selada	0.009	0.001	0.990	3
7	Seledri	0.993	0.000	0.006	1
8	Tomat	0.975	0.001	0.024	1
9	Bayem	0.026	0.004	0.971	3
10	Buncis	0.298	0.011	0.691	3
11	Daun singkong	0.146	0.099	0.755	3
12	Wortel	0.000	1.000	0.000	2
13	Apel	0.996	0.000	0.004	1
14	Belimbing	0.996	0.000	0.004	1
15	Jambu biji	0.992	0.001	0.008	1
16	Jeruk bali	0.998	0.000	0.002	1
17	Nanas	0.997	0.000	0.003	1
18	Pepaya	0.998	0.000	0.002	1
19	Semangka	0.997	0.000	0.003	1
20	Alpokot	0.998	0.000	0.002	1
21	Mangga golek	0.977	0.001	0.022	1
22	Mangga indramayu	0.977	0.001	0.022	1
23	Nangka masak	0.995	0.000	0.005	1
24	Pisang ambon	0.995	0.000	0.005	1
25	Pisang raja	0.992	0.001	0.008	1
26	Pisang susu	0.992	0.001	0.007	1
27	Sirsak	0.994	0.000	0.006	1
28	Srikaya	0.992	0.001	0.008	1
29	Kentang	0.993	0.001	0.007	1
30	Anggur	0.997	0.000	0.003	1
31	Jeruk sitrun	0.937	0.004	0.059	1
32	Jeruk keprok	0.986	0.001	0.013	1
33	Melon	0.275	0.010	0.714	3
34	Asparagus	0.992	0.000	0.007	1
35	Brokoli	0.962	0.002	0.036	1
36	Cabai	0.999	0.000	0.001	1
37	Jagung	0.996	0.000	0.004	1
38	Jamur	0.989	0.001	0.010	1
39	Kacang panjang	0.889	0.005	0.106	1
40	Kecambah	0.996	0.000	0.003	1
41	Kale	0.936	0.004	0.060	1
42	Labu kuning	0.995	0.000	0.005	1
43	Paprika	0.033	0.003	0.964	3
44	Sawi hijau	0.013	0.002	0.985	3

3.3 Pengelompokan golongan KUNING.

Proses clustering yang dilakukan terhadap bahan-bahan pangan pada golongan kuning menggunakan parameter jumlah cluster = 3; pembobot = 2; dan maksimum iterasi = 100. Jenis nutrisi yang dilibatkan adalah kalori, karbohidrat dan protein. **Gambar 3** menunjukkan pusat cluster yang diperoleh berdasarkan persamaan (12) setelah iterasi berhenti pada iterasi ke-34.

	Kalori	Hidratarang	Protein
Cluster ke-1	186.802	42.457	2.552
Cluster ke-2	104.816	23.104	1.623
Cluster ke-3	365.352	77.607	6.259

Gambar 3. Pusat cluster pada golongan KUNING

Dari ketiga cluster tersebut dapat dijelaskan bahwa, untuk:

- Cluster ke-1, adalah kelompok bahan pangan dengan kalori sedang (rata-rata 186,802); hidratarang sedang (rata-rata 42,457); dan protein sedang (rata-rata 2,552).
- Cluster ke-2, adalah kelompok bahan pangan dengan kalori rendah; hidratarang rendah; dan protein rendah;
- Cluster ke-3, adalah kelompok bahan pangan dengan kalori tinggi; hidratarang tinggi; dan protein tinggi.

	Kalori	Hidratarang	Protein	Lemak
Cluster ke-1	378.709	27.908	21.586	23.935
Cluster ke-2	175.510	6.896	13.093	9.124
Cluster ke-3	74.231	1.929	11.689	2.047

Gambar 5. Pusat cluster pada golongan JINGGA.

No	Nama bahan	Cluster ke-1	Cluster ke-2	Cluster ke-3	Kelas
1	Beras merah	0.001	0.001	0.998	3
2	Beras giling	0.001	0.000	0.999	3
3	Beras jagung	0.002	0.001	0.998	3
4	Biskuit	0.097	0.057	0.846	3
5	Bihun	0.002	0.001	0.998	3
6	Havermout	0.018	0.009	0.974	3
7	Kentang	0.041	0.953	0.006	2
8	Maizena	0.022	0.009	0.969	3
9	Makaroni	0.000	0.000	0.999	3
10	Mie kering	0.063	0.026	0.911	3
11	Mie basah	0.038	0.957	0.005	2
12	Nasi putih	0.984	0.014	0.002	1
13	Roti putih	0.693	0.125	0.183	1
14	Singkong	0.506	0.477	0.017	1
15	Talas	0.006	0.994	0.001	2
16	Tape singkong	0.958	0.037	0.005	1
17	Tepung beras	0.000	0.000	1.000	3
18	Tepung gaplek	0.004	0.002	0.994	3
19	Tepung hunkwe	0.001	0.001	0.998	3
20	Tepung sagu	0.008	0.004	0.989	3
21	Tepung terigu	0.000	0.000	1.000	3
22	Ubi jalar merah	0.076	0.919	0.005	2
23	Ubi jalar putih	0.076	0.919	0.005	2

Gambar 4. Matriks partisi golongan KUNING

Gambar 4 menunjukkan matriks partisi (yang berisi derajat keanggotaan) setiap bahan pangan pada setiap cluster beserta cluster mana yang cenderung diikuti oleh suatu bahan pangan pada golongan KUNING. Bahan-bahan pangan yang masuk dalam cluster ke-1 (seperti: nasi putih, roti putih, singkong, dll); cluster ke-2 (kentang, talas, ubi jalar putih, dan ubi jalar merah); dan cluster ke-3 (seperti: beras merah, beras giling, beras jagung, biskuit, bihun, dll).

3.4 Pengelompokan golongan JINGGA.

Proses *clustering* yang dilakukan terhadap bahan-bahan pangan pada golongan jingga menggunakan parameter jumlah cluster = 3; pembobot = 2; dan maksimum iterasi = 100. Jenis nutrien yang dilibatkan adalah kalori, karbohidrat, protein, dan lemak. Gambar 5 menunjukkan pusat cluster yang diperoleh berdasarkan persamaan (12) setelah iterasi berhenti pada iterasi ke-29.

Dari ketiga cluster tersebut dapat dijelaskan bahwa, untuk:

- Cluster ke-1, adalah kelompok bahan pangan dengan kalori tinggi (rata-rata 378,709); hidratarang tinggi (rata-rata 27,908); protein tinggi (21,589) dan lemak tinggi (rata-rata 23,935).
- Cluster ke-2, adalah kelompok bahan pangan dengan kalori sedang; hidratarang sedang; protein sedang; dan lemak sedang.
- Cluster ke-3, adalah adalah kelompok bahan pangan dengan kalori rendah; hidratarang rendah; protein rendah; dan lemak rendah.

Tabel 2 menunjukkan matriks partisi (yang berisi derajat keanggotaan) setiap bahan pangan pada setiap cluster beserta cluster mana yang cenderung diikuti oleh suatu bahan pangan pada golongan JINGGA. Bahan-bahan pangan yang masuk dalam cluster ke-1 (seperti: daging bebek, daging ayam, dll); cluster ke-2 (seperti: daging sapi, hati sapi, ikan asin kering, dll); dan cluster ke-3 (seperti: babat, dadih ayam, daging kerbau dll).

Tabel 2. Hasil *clustering* bahan-bahan pangan golongan jingga

No	Nama bahan	C-1	C-2	C-3	Kelas
1	Babat	0.015	0.275	0.710	3
2	Bebek	0.825	0.129	0.046	1
3	Dadiah ayam	0.000	0.001	0.998	3
4	dadih sapi	0.011	0.156	0.833	3
5	Daging ayam	0.651	0.266	0.083	1
6	Daging babi	0.875	0.081	0.044	1
7	Dag. kambing	0.009	0.916	0.074	2
8	Daging kerbau	0.002	0.017	0.981	3
9	Daging sapi	0.033	0.911	0.056	2
10	Hati sapi	0.019	0.688	0.293	2
11	Ikan asin kering	0.011	0.961	0.028	2
12	Ikan segar	0.015	0.274	0.710	3
13	Ikan teri segar	0.000	0.003	0.997	3
14	Kepiting	0.012	0.888	0.100	2
15	Kerang	0.002	0.018	0.980	3
16	Kodok	0.000	0.003	0.997	3
17	Otak	0.020	0.493	0.488	2
18	Telur ayam	0.005	0.967	0.028	2
19	Tlr ayam kuning	0.956	0.031	0.013	1
20	Tlr ayam putih	0.005	0.036	0.959	3
21	Telur bebek	0.007	0.975	0.018	2
22	Tlr bebek kuning	0.965	0.024	0.011	1
23	Tlr bebek putih	0.004	0.027	0.969	3

No	Nama bahan	C-1	C-2	C-3	Kelas
24	Udang basah	0.004	0.048	0.947	3
25	Usus sapi	0.020	0.587	0.393	2
26	Kacang hijau	0.887	0.080	0.033	1
27	Kacang kedelai	0.538	0.360	0.102	1
28	Kacang merah	0.861	0.100	0.040	1
29	Kcg tanah rebus	0.970	0.021	0.009	1
30	Keju kacang tanah	0.699	0.183	0.118	1
31	Oncom	0.010	0.962	0.028	2
32	Tahu	0.001	0.005	0.994	3
33	Tempe kedelai	0.013	0.868	0.119	2
34	Keju	0.034	0.909	0.057	2
35	Susu sapi	0.002	0.019	0.979	3
36	Susu kambing	0.002	0.014	0.984	3
37	Susu kedelai	0.010	0.060	0.930	3
38	Susu kerbau	0.006	0.957	0.038	2
39	Susu kental manis	0.873	0.091	0.036	1
40	Tpg whole milk	0.806	0.122	0.072	1
41	Tepung susu skim	0.943	0.040	0.017	1
42	Tpg susu saridele	0.934	0.047	0.019	1
43	Yogurt	0.005	0.035	0.959	3

	Kalori	Hidratarang	Protein	Lemak
Cluster ke-1	728.379	0.959	0.619	81.763
Cluster ke-2	316.303	60.732	1.426	9.889
Cluster ke-3	890.368	0.014	0.283	98.939

No	Nama bahan	Cluster ke-1	Cluster ke-2	Cluster ke-3	Kelas
1	Daging kelapa tua	0.032	0.953	0.015	2
2	Lemak babi	0.004	0.000	0.995	3
3	Lemak sapi	0.392	0.012	0.596	3
4	Margarin	0.997	0.000	0.002	1
5	Mentega (butter)	1.000	0.000	0.000	1
6	Minyak ikan	0.004	0.000	0.995	3
7	Minyak kelapa	0.020	0.001	0.979	3
8	Minyak kelapa sawit	0.004	0.000	0.995	3
9	Minyak wijen	0.004	0.000	0.995	3
10	Santan kental	0.022	0.967	0.011	2
11	Gula aren	0.026	0.961	0.013	2
12	Gula kelapa	0.019	0.972	0.009	2
13	Gula pasir	0.023	0.966	0.011	2
14	Madu	0.005	0.993	0.003	2
15	Selai	0.023	0.963	0.013	2
16	Sirup	0.037	0.941	0.022	2

Gambar 6. Pusat cluster pada golongan MERAH

3.5 Pengelompokan golongan MERAH

Proses *clustering* yang dilakukan terhadap bahan-bahan pangan pada golongan merah menggunakan parameter jumlah cluster = 3; pembobot = 2; dan maksimum iterasi = 100. Jenis nutrien yang dilibatkan adalah kalori, karbohidrat, protein dan lemak. **Gambar 6** menunjukkan pusat cluster yang diperoleh berdasarkan persamaan (12) setelah iterasi berhenti pada iterasi ke-15; beserta matriks partisi bahan pangan pada golongan merah. Dari ketiga cluster tersebut dapat dijelaskan bahwa, untuk:

- Cluster ke-1, adalah kelompok bahan pangan dengan kalori sedang (rata-rata 728,379); hidratarang sedang (rata-rata 0,959); protein sedang (0,619) dan lemak sedang (rata-rata 81,763).

- Cluster ke-2, adalah kelompok bahan pangan dengan kalori rendah; hidratarang tinggi; protein tinggi dan lemak rendah;
- Cluster ke-3, adalah kelompok bahan pangan dengan kalori tinggi; hidratarang rendah; protein rendah dan lemak tinggi.

Bahan-bahan pangan yang masuk dalam cluster ke-1 (margarin dan mentega); cluster ke-2 (seperti: daging kelapa tua, santan kental, gula, madu, dll); dan cluster ke-3 (seperti: lemak babi, lemak sapi, minyak ikan, dll).

4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. FCM dapat digunakan untuk mengklasifikasikan bahan pangan berdasarkan kandungan nutrisinya.
2. Proses clustering pada golongan hijau melibatkan atribut kalori, vit-A, vit-B1, vit-B2, vit-B3, vit-C, kalsium, zat besi, dan serat masing-masing dengan kategori kandungan nutrisi rendah, sedang, dan tinggi.
3. Proses clustering pada golongan kuning melibatkan atribut kalori, hidratarang, dan protein masing-masing dengan kategori kandungan nutrisi rendah, sedang, dan tinggi.
4. Proses clustering pada golongan jingga melibatkan atribut kalori, hidratarang, protein dan lemak masing-masing dengan kategori kandungan nutrisi rendah, sedang, dan tinggi.
5. Proses clustering pada golongan merah melibatkan atribut kalori, hidratarang, protein dan lemak masing-masing dengan kategori kandungan nutrisi rendah, sedang, dan tinggi

PUSTAKA

- [1] Hartono, Andry. 2006. "Terapi Gizi & Diet Rumah Sakit". Penerbit Buku Kedokteran ECG, Jakarta.
- [2] Babuska. 2005. "Fuzzy Clustering". Online pada <http://www.fuzzy-clustering.de/clustering.html>. diakses Juni 2006.
- [3] Gellay, Ned; dan Jang, Roger. 2000. *Fuzzy Logic Toolbox*. Mathwork, Inc., USA.
- [4] Ross, Timothy J. 2005. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Edisi ke-2. John Wiley & Sons Inc. Inggris.
- [5] Zimmermann. 1991. *Fuzzy Sets Theory and Its Applications*. Edisi 2. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts.
- [6] Yan, Jun; Ryan, Michael; dan Power, James. 1994. *Using Fuzzy Logic Towards Intelligent Systems*. Prentice Hall. New York.
- [7] Kusumadewi, Sri; Hartati, Sri; Wardoyo, Retantyo; dan Harjoko, Agus. 2006. *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [8] Wirakusumah, Emma. 2006. "Buah & Sayur untuk Terapi", Penebar Swadaya, Jakarta.