

PEMBAGIAN KELAS KULIAH MAHASISWA MENGUNAKAN ALGORITMA PENKLASTERAN FUZZY C-MEANS

Budi Setiyono¹⁾, R. Rizal Isnanto²⁾

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro^{1,2)}

Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang – Semarang

Telp / Fax : (024)7460057

E-mail : budisty@elektro.ft.undip.ac.id¹⁾

Abstrak

Proses perkuliahan di suatu universitas menjadi kurang efektif jika seluruh mahasiswa tergabung dalam satu kelas dengan satu orang dosen sebagai pengajar. Pembagian kelas biasanya dilakukan berdasarkan nomor induk mahasiswa. Dengan pendekatan pengklasteran fuzzy, pembagian kelas dapat dilakukan berdasarkan nilai prestasi mahasiswa pada mata kuliah yang menjadi prasyarat untuk menempuh mata kuliah yang baru. Mata kuliah yang dimaksud yaitu Dasar Sistem Kontrol dengan mata kuliah Prasyarat berupa Kalkulus I, Kalkulus II, Rangkaian Listrik I, dan Rangkaian Listrik II.

Pengklasteran mahasiswa-mahasiswa dalam mata kuliah Dasar Sistem Kontrol sesuai persepsi berdasarkan pada penguasaan mata kuliah prasyarat. Untuk mengukur tingkat penguasaan masing-masing mahasiswa yaitu berdasarkan nilai yang diperoleh oleh mahasiswa tersebut, yang di Universitas Diponegoro dibagi menjadi delapan kategori yaitu A, AB, B, BC, C, CD, D, dan E. Nilai-nilai tersebut sama dengan skor 4, 3,5, 3, 2,5, 2, 1,5, 1 dan 0. Skor-skor tersebut yang nantinya menjadi masukan dalam pengklasteran fuzzy berupa Fuzzy C-Means dan Subtraktif.

Algoritma Fuzzy C-Means menghasilkan dua keluaran yaitu U_i yang dapat digunakan sebagai acuan seorang mahasiswa yang harus berada dalam kelas tertentu dan V_i yang digunakan untuk menentukan kelas mana yang mempunyai tingkat penguasaan tertinggi terhadap suatu mata kuliah prasyarat. Algoritma Fuzzy C-Means lebih cocok untuk alokasi mahasiswa menjadi beberapa kelas karena masukan berupa jumlah klaster yang diinginkan

Kata kunci : pengklasteran, Fuzzy C-Means, kelas kuliah

PENDAHULUAN

Untuk meningkatkan kualitas pendidikan selalu dikembangkan proses belajar mengajar yang efektif untuk meningkatkan kualitas para pelajar, mahasiswa, guru, dan dosen. Berbagai cara telah dilakukan untuk meningkatkan mutu pendidikan yaitu penyediaan fasilitas, penambahan tenaga pengajar, pembagian kelas yang terjadwal dan peningkatan kualitas tenaga pengajar. Karena dengan semua itu proses belajar mengajar dapat berjalan dengan lancar.

Pembagian kelas untuk mahasiswa yang terjadwal telah dilakukan oleh semua universitas. Biasanya pembagian kelas dilakukan berdasarkan nomor induk mahasiswa. Dengan pendekatan yang baru pembagian suatu kelas dapat berdasarkan nilai prestasi mahasiswa pada mata kuliah yang menjadi prasyarat untuk menempuh mata kuliah yang baru. Pendekatan ini dilakukan dengan pengklasteran fuzzy.

Pengklasteran fuzzy adalah salah satu teknik untuk menentukan klaster optimal dalam suatu ruang vektor yang didasarkan pada bentuk normal Euclidian untuk jarak antar vektor. Dalam makalah ini, algoritma yang dipakai adalah *Fuzzy C-Means* dengan parameter yang berbeda. Algoritma tersebut akan diaplikasikan dalam pembagian kelas mahasiswa.

Tujuan yang hendak dicapai dalam makalah ini adalah menghasilkan kelompok mahasiswa berdasarkan prestasi mata kuliah prasyarat (Kalkulus I, Kalkulus II, Rangkaian Listrik I, dan Rangkaian Listrik II) untuk menempuh mata kuliah Dasar Sistem Kontrol menggunakan algoritma pengklasteran fuzzy yaitu *Fuzzy C-Means*.

PENKLASTERAN FUZZY C-MEANS

Ada beberapa algoritma pengklasteran data, salah satu diantaranya adalah *Fuzzy C-Means* (FCM). FCM adalah suatu teknik pengklasteran data yang mana keberadaan tiap-tiap titik data dalam suatu klaster

ditentukan oleh derajat keanggotaan. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981.

Konsep dasar FCM, pertama kali adalah menentukan pusat kluster, yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap kluster. Pada kondisi awal, pusat kluster ini masih belum akurat. Tiap-tiap titik data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap kluster. Dengan cara memperbaiki pusat kluster dan derajat keanggotaan tiap-tiap titik data secara berulang, maka akan dapat dilihat bahwa pusat kluster akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimisasi fungsi objektif yang menggambarkan jarak dari titik data yang diberikan ke pusat kluster yang terbobot oleh derajat keanggotaan titik data tersebut.

Keluaran dari FCM bukan merupakan sistem inferensi kabur, namun merupakan deretan pusat kluster dan beberapa derajat keanggotaan untuk tiap-tiap titik data. Algoritma FCM sebagai berikut.

1. Masukan data yang akan dikluster U , berupa matriks berukuran $n \times m$ (n = jumlah sampel data, m = atribut setiap data). U_{ik} = data sampel ke- i ($i=1,2,\dots,n$), atribut ke- k ($k=1,2,\dots,m$).
2. Menetapkan nilai pangkat $w > 1$ (misal: $w=2$), Eps (galat terkecil) (misal: 10^{-5}), MaxIter (misal: 100), jumlah kluster $c > 1$, dan $t = 0$;
3. Menetapkan fungsi objektif awal: $P_t(c)$ secara acak;
4. Menetapkan matriks partisi $\mu_f(c)$ awal sembarang, sebagai berikut.

$$\mu_f(c) = \begin{bmatrix} \mu_{11}[u_1] & \mu_{21}[u_1] & \dots & \mu_{c1}[u_1] \\ \mu_{12}[u_2] & \mu_{22}[u_2] & \dots & \mu_{c2}[u_2] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{1N}[u_N] & \mu_{2N}[u_N] & \dots & \mu_{cN}[u_N] \end{bmatrix} \quad (1)$$

5. Menaikkan nomor iterasi: $t = t + 1$.
6. Menghitung pusat vektor tiap-tiap kluster untuk matrik partisi tersebut sebagai berikut.

$$v_{fi} = \frac{\sum_{k=1}^N (\mu_{ik})^w u_k}{\sum_{k=1}^N (\mu_{ik})^w}$$

Memodifikasi tiap-tiap nilai keanggotaan sebagai berikut.

- a. Jika $y_k \neq v_{fi}$,

$$\mu_{ik}(y_k) = \left[\frac{\sum_{g=1}^c \left(\frac{|u_k - v_{fi}|^2}{|u_k - v_{gi}|^2} \right)^{1/(w-1)}}{c} \right]^{-1} \quad (3)$$

- b. Jika $y_k = v_{fi}$,

$$\mu_{ik}(y_k) = 1, \text{ jika } i = g;$$

$$\mu_{ik}(y_k) = 0, \text{ jika } i \neq g. \quad (4)$$

7. Menghitung fungsi objektif:

$$P_t(c) = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^c (\mu_{ik})^w |u_k - v_{fi}|^2 \quad (5)$$

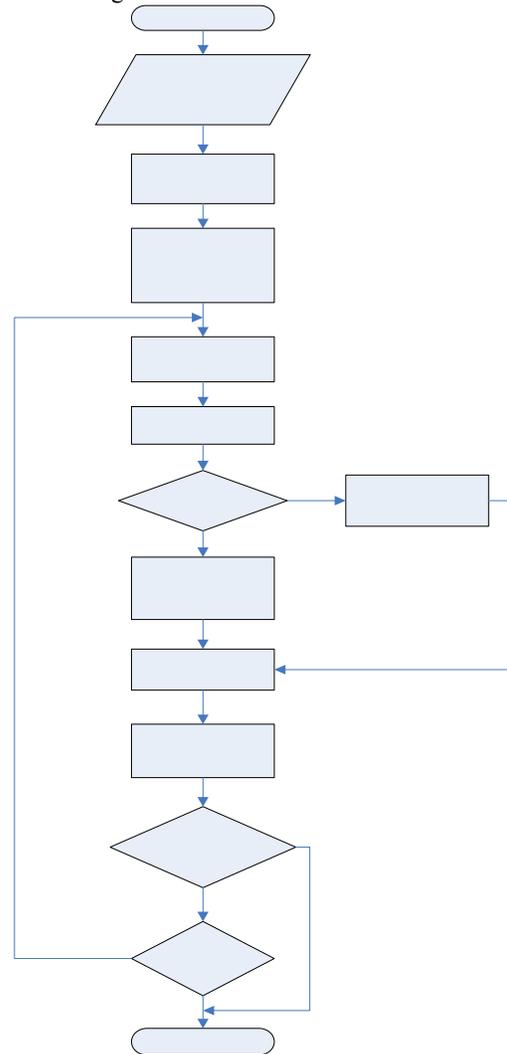
8. Memodifikasi matriks partisi sebagai berikut:

$$\mu_f(c) = \begin{bmatrix} \mu_{11}[u_1] & \mu_{21}[u_1] & \dots & \mu_{c1}[u_1] \\ \mu_{12}[u_2] & \mu_{22}[u_2] & \dots & \mu_{c2}[u_2] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{1N}[u_N] & \mu_{2N}[u_N] & \dots & \mu_{cN}[u_N] \end{bmatrix} \quad (6)$$

9. Mengecek kondisi untuk berhenti, yaitu:

$$(|P_t(c) - P_{t-1}(c)| < Eps) \text{ atau } (t > MaxIter)$$

Jika ya berhenti, dan jika tidak ulangi kembali ke langkah-5.



Gambar 1. Diagram alir algoritma FCM

PERANCANGAN PROGRAM

Perancangan program pengklasteran *fuzzy* dibuat dengan metode algoritma *Fuzzy C-Means* dan. Algoritma tersebut hanya menerima data dalam bentuk *.dat dan memiliki empat parameter yang harus ditentukan. Algoritma ini dipakai untuk mengklasterkan 70 mahasiswa nilai prasyaratnya (lihat tabel 1) ke dalam 2 dan 3 klaster. Parameter untuk algoritma FCM meliputi jumlah klaster, maksimum iterasi, faktor koreksi dan eksponen sedangkan untuk algoritma pengklasteran Subtraktif meliputi jari-jari, *squash*, rasio penerimaan, dan rasio penolakan. Perangkat lunak yang digunakan adalah Matlab versi 6.5 menggunakan GUI. Program yang dibuat berfungsi untuk mengaplikasikan algoritma FCM dalam pembagian kelas mahasiswa. Diagram alir algoritma FCM ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Nilai-nilai mata kuliah dari 70 mahasiswa berdasarkan prestasi prasyarat mata kuliah Dasar Sistem Kontrol

X _i (Mahasiswa ke-i)	Mata Kuliah Prasyarat			
	Kalkulus I	Kalkulus II	RL I	RL II
X ₁	3	4	3	3
X ₂	1	2	3,5	2,5
X ₃	3,5	2	3,5	2
X ₄	2	3,5	3	2,5
X ₅	2,5	4	2,5	1
X ₆	3,5	3	3,5	3,5
X ₇	3	2	3	3
X ₈	2,5	2	3	2
X ₉	3	3,5	4	4
X ₁₀	3,5	3	3	3,5
X ₁₁	2,5	2	3,5	3,5
X ₁₂	2,5	3	3	3
X ₁₃	3	3	4	3,5
X ₁₄	3	4	4	2,5
X ₁₅	3,5	3	3	3
X ₁₆	3,5	3,5	4	3,5
X ₁₇	2,5	3	3	3
X ₁₈	3,5	3	3	3
X ₁₉	3,5	3,5	3,5	4
X ₂₀	2,5	4	3	3,5
X ₂₁	2,5	3,5	2,5	3
X ₂₂	2,5	3	2,5	2
X ₂₃	2,5	4	3	3
X ₂₄	3	3	3,5	4
X ₂₅	2,5	4	4	3,5
X ₂₆	3,5	3	3	3,5
X ₂₇	2	3	3	3
X ₂₈	3	3	3	3,5
X ₂₉	1	2	2	1
X ₃₀	3,5	3	3	3
X ₃₁	2	3	3	2
X ₃₂	3	3	4	2,5
X ₃₃	3,5	4	3	3,5
X ₃₄	3,5	3,5	3	2,5
X ₃₅	3,5	3	2,5	2,5
X ₃₆	3,5	4	3,5	4
X ₃₇	3	3	3	3,5
X ₃₈	3,5	2	3	1
X ₃₉	3	2	3	1
X ₄₀	3,5	3	3	3
X ₄₁	3,5	2	3	1,5
X ₄₂	3	3	3	2,5

X ₄₃	4	3	4	3
X ₄₄	2,5	2	3	2
X ₄₅	3	4	3	3
X ₄₆	3,5	3	3	3
X ₄₇	2,5	2	3	3
X ₄₈	3	3	3	2
X ₄₉	3,5	3	4	3,5
X ₅₀	3	3	3	3,5
X ₅₁	3	3,5	3	1,5
X ₅₂	3,5	2	3,5	2,5
X ₅₃	3,5	3,5	3,5	3,5
X ₅₄	3	2	3	1
X ₅₅	3	3,5	3	3
X ₅₆	3	4	3	3,5
X ₅₇	3,5	3	3,5	3
X ₅₈	2,5	4	3	2
X ₅₉	1	3	2,5	3
X ₆₀	2,5	3	3	4
X ₆₁	3,5	3,5	3,5	3,5
X ₆₂	2,5	3,5	3	3
X ₆₃	3,5	4	4	3,5
X ₆₄	3,5	3,5	3	4
X ₆₅	3,5	3,5	3	3
X ₆₆	3	3,5	3,5	4
X ₆₇	3,5	2,5	4	4
X ₆₈	2,5	3	2,5	4
X ₆₉	3,5	4	3	3
X ₇₀	3	2	3	1

(Catatan: nilai-nilai tersebut telah dikonversi sebagai berikut A=4; AB=3,5; B=3; BC=2,5; C=2; CD=1,5; D=1; E=0)

Tabel 2. Nilai-nilai u_{ki} dari 70 mahasiswa yang mendaftarkan mata kuliah Dasar Sistem Kontrol di tiga kelas dengan menggunakan algoritma FCM

k	i	i		
		1	2	3
k	1	0,35396	0,5779	0,068133
	2	0,23609	0,35478	0,40913
	3	0,15674	0,17296	0,6703
	4	0,18698	0,64212	0,17091
	5	0,21101	0,35531	0,43368
	6	0,86563	0,10668	0,02769
	7	0,31164	0,35692	0,33144
	8	0,058955	0,098326	0,84272
	9	0,66685	0,26287	0,07028
	10	0,74742	0,20593	0,046655
	11	0,38818	0,3848	0,22702
	12	0,12344	0,82632	0,05024
	13	0,66487	0,26172	0,073408
	14	0,40025	0,44229	0,15746
	15	0,5487	0,36199	0,089318
	16	0,74171	0,19977	0,058516
	17	0,12344	0,82632	0,05024
	18	0,5487	0,36199	0,089318
	19	0,77715	0,17768	0,045171
	20	0,37293	0,55407	0,072994

Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008
Bidang Teknik Elektro

21	0,18144	0,73975	0,078811
22	0,14215	0,37123	0,48662
23	0,25466	0,67007	0,075269
24	0,70906	0,2354	0,055536
25	0,48491	0,41656	0,098532
26	0,74742	0,20593	0,046655
27	0,20588	0,65733	0,13679
28	0,58758	0,36853	0,043896
29	0,18198	0,27733	0,54069
30	0,5487	0,36199	0,089318
31	0,15616	0,39738	0,44646
32	0,36786	0,40389	0,22825
33	0,61401	0,32062	0,065368
34	0,36353	0,48493	0,15154
35	0,29323	0,4396	0,26717
36	0,6734	0,2587	0,067897
37	0,58758	0,36853	0,043896
38	0,095545	0,12152	0,78293
39	0,059136	0,082465	0,8584
40	0,5487	0,36199	0,089318
41	0,079004	0,10009	0,82091
42	0,19593	0,62557	0,1785
43	0,58727	0,26453	0,1482
44	0,058955	0,098326	0,84272
45	0,35396	0,5779	0,068133
46	0,5487	0,36199	0,089318
47	0,26791	0,38994	0,34215
48	0,14983	0,33051	0,51966
49	0,72866	0,20016	0,071182
50	0,58758	0,36853	0,043896
51	0,18635	0,33712	0,47653
52	0,27078	0,25735	0,47187
53	0,88475	0,095621	0,01963
54	0,059136	0,082465	0,8584
55	0,19987	0,77318	0,026949
56	0,50641	0,43442	0,059169
57	0,67869	0,24801	0,073296
58	0,23148	0,53087	0,23765
59	0,259	0,47268	0,26832
60	0,47806	0,43304	0,088902
61	0,88475	0,095621	0,01963
62	0,090607	0,88367	0,025727
63	0,6458	0,27346	0,080735
64	0,71211	0,23317	0,054724
65	0,55934	0,37692	0,063747
66	0,71861	0,235	0,046391
67	0,61858	0,25989	0,12153
68	0,41415	0,47134	0,11451
69	0,49843	0,41532	0,086242
70	0,059136	0,082465	0,8584

Tabel 3. Nilai-nilai u_{ki} dari 70 mahasiswa yang mendaftar mata kuliah Dasar Sistem Kontrol di dua kelas dengan menggunakan algoritma FCM

u_{ki}	i		
	1	2	
k	1	0,81824	0,18176
	2	0,34679	0,65321
	3	0,2532	0,7468
	4	0,4217	0,5783
	5	0,32487	0,67513
	6	0,91016	0,089836
	7	0,41882	0,58118
	8	0,093363	0,90664
	9	0,84554	0,15446
	10	0,89966	0,10034
	11	0,55756	0,44244
	12	0,6234	0,3766
	13	0,83034	0,16966
	14	0,65575	0,34425
	15	0,81082	0,18918
	16	0,86202	0,13798
	17	0,6234	0,3766
	18	0,81082	0,18918
	19	0,89192	0,10808
	20	0,80909	0,19091
	21	0,64216	0,35784
	22	0,13642	0,86358
	23	0,7356	0,2644
	24	0,87332	0,12668
	25	0,77995	0,22005
	26	0,89966	0,10034
	27	0,50239	0,49761
	28	0,91563	0,084369
	29	0,28612	0,71388
	30	0,81082	0,18918
	31	0,16911	0,83089
	32	0,52134	0,47866
	33	0,87227	0,12773
	34	0,64494	0,35506
	35	0,45738	0,54262
	36	0,85839	0,14161
	37	0,91563	0,084369
	38	0,21895	0,78105
	39	0,17311	0,82689
	40	0,81082	0,18918
	41	0,19517	0,80483
	42	0,3474	0,6526
	43	0,71755	0,28245
	44	0,093363	0,90664
	45	0,81824	0,18176
	46	0,81082	0,18918
	47	0,36719	0,63281
	48	0,11127	0,88873
	49	0,83101	0,16899
	50	0,91563	0,084369

51	0,25314	0,74686
52	0,36048	0,63952
53	0,93936	0,060636
54	0,17311	0,82689
55	0,88911	0,11089
56	0,87731	0,12269
57	0,83532	0,16468
58	0,42436	0,57564
59	0,44192	0,55808
60	0,7968	0,2032
61	0,93936	0,060636
62	0,74194	0,25806
63	0,83091	0,16909
64	0,88546	0,11454
65	0,87616	0,12384
66	0,89852	0,10148
67	0,75452	0,24548
68	0,73593	0,26407
69	0,82082	0,17918
70	0,17311	0,82689

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari data nilai mata kuliah prasyarat Dasar Sistem Kontrol tujuh puluh mahasiswa dalam Tabel 1 pada Lampiran akan dibagi tiga klaster dan dua klaster. Dari Tabel 1 diperoleh bahwa nilai mahasiswa ke-8 ditampilkan sebagai vektor X_8 sebagai berikut:

$$X_8 = \begin{pmatrix} 2,5 \\ 2 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Mahasiswa ini mendapat nilai BC untuk Kalkulus I, C untuk Kalkulus II, B untuk Rangkaian listrik I, dan C untuk Rangkaian listrik II. Dengan algoritma FCM, masukan berupa 70 vektor atribut (X_1, X_2, \dots, X_{70}) akan dibuat tiga klaster dengan parameter jumlah klaster = 3, maksimum iterasi = 100, faktor koreksi = 10^{-5} , dan eksponen = 2 sehingga memberikan keluaran dua jenis vektor. Vektor yang pertama terdapat dalam Tabel 2 pada lampiran yang merupakan nilai dari elemen vektor U_i ($i=1,2,3$). Sebagai contoh yaitu nilai baris ke-8 sebagai berikut:

$$u_{81} = 0,058955 \quad u_{82} = 0,098326 \quad u_{83} = 0,84272$$

Dari ketiga nilai tersebut mahasiswa ke-8 masuk dalam kelas ke-3 atau kelas C. Hal itu dikarenakan dia mempunyai derajat keanggotaan tertinggi untuk kelas ini daripada dua kelas yang lain. Dengan demikian diperoleh alokasi mahasiswa yang mengambil mata kuliah Dasar Sistem Kontrol adalah sebagai berikut.

Kelas pertama atau kelas A berisi mahasiswa dengan nomor: 6, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 19, 24, 25, 26, 28, 30, 33, 36, 37, 40, 43, 46, 49, 50, 53, 56, 57, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, dan 69. Total: 33.

Kelas kedua atau kelas B berisi mahasiswa dengan nomor: 1, 4, 7, 12, 14, 17, 20, 21, 23, 27, 32, 34, 35, 42, 45, 47, 55, 58, 59, 62, dan 68. Total: 21.

Kelas ketiga atau kelas C berisi mahasiswa dengan nomor: 2, 3, 5, 8, 22, 29, 31, 38, 39, 41, 44, 48, 51, 52, 54, dan 70. Total: 16.

Sehingga dari kelas A berjumlah 33 mahasiswa, kelas B berjumlah 21 mahasiswa dan kelas C berjumlah 16 mahasiswa.

Selanjutnya masih dengan algoritma FCM, masukan berupa 70 vektor atribut (X_1, X_2, \dots, X_{70}) akan dibuat dua klaster dengan parameter jumlah klaster = 2, maksimum iterasi = 100, faktor koreksi = 10^{-5} , dan eksponen = 2 sehingga memberikan keluaran vektor dalam Tabel 3 pada Lampiran yang merupakan nilai dari elemen vektor U_i ($i=1,2$). Sebagai contoh yaitu nilai baris ke-3 adalah sebagai berikut.

$$u_{31} = 0,2532 \quad u_{32} = 0,7468$$

Dari kedua nilai tersebut mahasiswa ke-3 masuk dalam kelas ke-1 atau kelas C. Hal itu dikarenakan dia mempunyai derajat keanggotaan tertinggi untuk kelas ini daripada kelas yang lain. Dengan demikian diperoleh alokasi mahasiswa yang mengambil mata kuliah Dasar Sistem Kontrol adalah sebagai berikut.

Kelas pertama atau kelas A berisi mahasiswa dengan nomor: 1, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 34, 36, 37, 40, 43, 45, 46, 49, 50, 53, 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68 dan 69. Total: 47.

Kelas kedua atau kelas B berisi mahasiswa dengan nomor: 2, 3, 4, 5, 7, 8, 22, 29, 31, 35, 38, 39, 41, 42, 44, 47, 48, 51, 52, 54, 58, 59, 70 dan 68. Total: 23.

Sehingga dari kelas A berjumlah 47 mahasiswa, dan kelas B berjumlah 23 mahasiswa.

Oleh karena itu vektor yang pertama disebut vector derajat keanggotaan, yaitu

$$U_i = \begin{pmatrix} u_{1i} \\ \vdots \\ u_{ki} \\ \vdots \\ u_{70i} \end{pmatrix}, \quad i = 1, 2, 3$$

Dengan setiap nilai dalam baris k menandakan derajat keanggotaan (atau tingkat kesesuaian) dari mahasiswa ke-k untuk mengambil mata kuliah Dasar Sistem Kontrol di klaster (atau kelas) i.

Vektor yang kedua untuk tiga klaster dengan parameter jumlah klaster = 3, maksimum iterasi = 100, faktor koreksi = 10^{-5} , dan eksponen = 2 merupakan nilai dari elemen vektor pusat (*center*) atau v_i ($i=1,2,3$).

Sebagai contoh yaitu nilai baris ke-3 adalah sebagai berikut.

$$v_{31} = 3,3746; \quad v_{32} = 3,042; \quad v_{33} = 3,0021$$

Dari ketiga nilai tersebut bisa disimpulkan bahwa yang mempunyai tingkatan penguasaan tertinggi dalam mata

kuliah prasyarat Dasar Sistem Kontrol berupa Rangkaian Listrik I diraih oleh mahasiswa di kelas A yang kemudian disusul oleh kelas B dan C. Hasil yang sama juga diperoleh oleh mata kuliah Rangkaian Listrik II. Untuk mata kuliah Kalkulus I diraih oleh kelas A kemudian C dan B. Dan untuk mata kuliah Kalkulus II diraih oleh kelas B kemudian A dan C. Vektor yang kedua untuk dua klaster dengan parameter jumlah klaster = 2, maksimum iterasi = 100, faktor koreksi = 10^{-5} , dan eksponen = 2 merupakan nilai dari elemen vektor pusat (*center*) atau v_i ($i=1,2$). Sebagai contoh yaitu nilai baris ke-4 adalah sebagai berikut.

$$v_{41} = 3,3241 \quad v_{42} = 2,0305$$

Dari kedua nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa yang mempunyai tingkatan penguasaan tertinggi dalam mata kuliah prasyarat Dasar Sistem Kontrol berupa Rangkaian Listrik II diraih oleh mahasiswa di kelas A. Hasil yang sama juga diperoleh oleh mata kuliah kalkulus I, kalkulus II dan rangkaian listrik I. Oleh karena itu vektor yang kedua disebut vektor pusat klaster, yaitu

$$center_i = v_i = \begin{pmatrix} v_{1i} \\ \vdots \\ v_{ji} \\ \vdots \\ v_{4i} \end{pmatrix}, i = 1,2,3$$

Dengan setiap v_{ji} menandakan rata-rata bobot tingkat prestasi mahasiswa dalam suatu klaster (atau kelas) i untuk mata kuliah prasyarat ke- j pada mata kuliah Dasar Sistem Kontrol. Nilai setiap komponen di vektor v_i berperan penting karena memberikan informasi adalah sebagai berikut. Tingkat penguasaan mahasiswa terhadap mata kuliah prasyarat Dasar Sistem Kontrol dalam setiap kelas, karena pengalokasian dalam tiga kelas, maka tingkat penguasaan dapat dikategorikan menjadi tinggi, sedang dan rendah.

Hasil keluaran terakhir dari FCM yaitu fungsi objektif (tiga klaster dengan parameter jumlah klaster = 3, maksimum iterasi = 100, faktor koreksi = 10^{-5} , dan eksponen = 2) dan (dua klaster dengan parameter jumlah klaster = 2, maksimum iterasi = 100, faktor koreksi = 10^{-5} , dan eksponen = 2) merupakan pendekatan yang paling optimal dari banyaknya iterasi yang dilakukan.

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan diatas diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Alokasi mahasiswa kedalam kelas-kelas tertentu berdasarkan tingkat penguasaan suatu mata kuliah diharapkan dapat membantu mahasiswa untuk lebih cepat memahami dan menguasai suatu subjek yang dipelajari karena difasilitasi dan dibimbing oleh pengajar yang sesuai.
2. Algoritma *Fuzzy C-Means* dalam menentukan klaster menggunakan iterasi yang berulang-ulang sampai didapat nilai fungsi objektif yang mendekati optimal.
3. Algoritma *Fuzzy C-Means* menghasilkan keluaran U_i yang dapat digunakan sebagai acuan seorang mahasiswa harus berada dalam kelas tertentu.
4. Algoritma *Fuzzy C-Means* juga menghasilkan v_i yang digunakan untuk menentukan kelas mana yang mempunyai tingkat penguasaan tertinggi terhadap suatu mata kuliah prasyarat.
5. Algoritma *Fuzzy C-Means* lebih cocok untuk alokasi mahasiswa menjadi beberapa kelas karena masukan berupa jumlah klaster yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bezdek, J.C., (1973). *Fuzzy Mathematics in Pattern Recognition*, Cornell University, Ithaca,
- [2] Bezdek, J.C., (1981) *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*, Plenum Press, New York,
- [3] Ibrahim, A., (1999) *Current Issues in Engineering Education Quality. Global Journal of Engineering Education*, Vol. 3, No. 3, , pp. 301-305.
- [4] Jurusan Teknik Elektro Undip, (2001) *Buku Panduan Teknik Elektro*, Bidang III Himpunan Mahasiswa Elektro Universitas Diponegoro, Semarang.
- [5] Kusumadewi, S., (2002) *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [6] Kusumadewi, S. dan H. Purnomo, (2004) *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [7] Marks II, R.J., (1994) *Fuzzy Logic Technology and Applications*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York.
- [8] Sallis, E., (1993) *Total Quality Management in Education*, Kogan Page, London.
- [9] Susanto, S., Suharto, I., dan Sukapto, P., (2002) *Using fuzzy clustering for allocation of students, World Transaction on Engineering and Technology Education*, Vol.1, No.2, , pp.245-248.
- [10] Wang, L., (1997) *A Course in Fuzzy Systems and Control*, Prentice-Hall International. Inc, USA,