

Perancangan Sistem Pembagian Kelas Kuliah Mahasiswa dengan Kombinasi Metode K-Means dan K-Nearest Neighbors

Gede Aditra Pradnyana¹, Agus Aan Jiwa Permana²⁾

Fakultas Teknik dan Kejuruan
Universitas Pendidikan Ganesha
Jalan Udayana no. 11 Singaraja, Bali
e-mail: gede.aditra@undiksha.ac.id

Abstrak

Permasalahan yang terjadi saat pembentukan atau pembagian kelas mahasiswa adalah perbedaan kemampuan yang dimiliki oleh mahasiswa di setiap kelasnya yang dapat berdampak pada tidak efektifnya proses pembelajaran yang berlangsung. Pengelompokan mahasiswa dengan kemampuan yang sama merupakan hal yang sangat penting dalam rangka meningkatkan kualitas proses belajar mengajar yang dilakukan. Dengan pengelompokan mahasiswa yang tepat, mereka akan dapat saling membantu dalam proses pembelajaran. Selain itu, membagi kelas mahasiswa sesuai dengan kemampuannya dapat mempermudah tenaga pendidik dalam menentukan metode atau strategi pembelajaran yang sesuai. Penggunaan metode dan strategi pembelajaran yang tepat akan meningkatkan efektifitas proses belajar mengajar. Pada penelitian ini dirancang sebuah metode baru untuk pembagian kelas kuliah mahasiswa dengan mengkombinasikan metode K-Means dan K-Nearest Neighbors (KNN). Metode K-means digunakan untuk pembagian kelas kuliah mahasiswa berdasarkan komponen penilaian dari mata kuliah prasyaratnya. Adapun fitur yang digunakan dalam pengelompokan adalah nilai tugas, nilai ujian tengah semester, nilai ujian akhir semester, dan indeks prestasi kumulatif (IPK). Metode KNN digunakan untuk memprediksi kelulusan seorang mahasiswa di sebuah matakuliah berdasarkan data sebelumnya. Hasil prediksi ini akan digunakan sebagai fitur tambahan yang digunakan dalam pembentukan kelas mahasiswa menggunakan metode K-means. Pendekatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah System Development Live Cycle (SDLC) dengan model waterfall.

Kata kunci: pembagian kelas kuliah, k-means, k-nearest neighbors

1. Pendahuluan

Proses belajar mengajar yang efektif tentu akan sangat menentukan mutu serta kualitas pendidikan. Berbagai cara dapat dilakukan untuk membuat proses belajar mengajar dalam sebuah institusi pendidikan menjadi lebih efektif, seperti peningkatan fasilitas belajar mengajar, peningkatan kualitas tenaga pengajar, dan pembagian kelas yang terjadwal dengan baik. Permasalahan yang umum terjadi saat pembentukan atau pembagian kelas mahasiswa adalah perbedaan kemampuan yang dimiliki oleh mahasiswa di setiap kelasnya. Pengelompokan mahasiswa dengan kemampuan yang sama merupakan hal yang sangat penting dalam rangka meningkatkan kualitas proses belajar mengajar [1,2,3]. Dengan pengelompokan mahasiswa di kelas yang sesuai, mereka akan dapat saling membantu dalam proses pelajaran [3]. Selain itu, membagi kelas mahasiswa sesuai dengan kemampuannya dapat mempermudah tenaga pendidik dalam menentukan metode atau strategi pembelajaran yang sesuai. Metode dan strategi pembelajaran yang tepat akan meningkatkan efektifitas proses belajar mengajar [2]. Oleh karena itu, pembagian kelas kuliah mahasiswa yang tepat dan sesuai merupakan suatu hal yang sangat penting untuk meningkatkan kualitas pembelajaran.

Jurusan Pendidikan Teknik Informatika merupakan salah satu jurusan yang berada di bawah Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha). Dari tahun ke tahun jumlah mahasiswa yang diterima terus mengalami peningkatan. Oleh karena itu, dalam proses perkuliahan mahasiswa pada satu angkatan harus dibagi ke dalam beberapa kelas. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Informatika, Bapak I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs., proses pembentukan kelas yang dilakukan di Jurusan Pendidikan Teknik Informatika masih dilakukan secara acak (*random*). Mahasiswa pada masing-masing semester dikelompokkan secara acak menjadi beberapa kelas, dengan jumlah maksimal 30 orang mahasiswa di setiap kelasnya. Untuk matakuliah yang memiliki sebuah atau lebih matakuliah prasyarat, penguasaan mahasiswa terhadap materi

matakuliah prasyarat yang berbeda-beda dalam sebuah kelas kerap menyulitkan pengajar dalam mengelola proses pembelajaran.

Educational data mining (EDM) merupakan bidang penelitian yang menggunakan teknik-teknik data mining untuk lebih memahami proses belajar siswa. EDM akan mengekstrak informasi-informasi tersembunyi dari sekumpulan data pendidikan. Salah satu metode dalam EDM yang kerap digunakan untuk pengelompokan data siswa adalah clustering [4]. Pengelompokan data siswa dengan metode clustering merupakan hal penting dalam bidang EDM dan pembuatan perangkat pembelajaran cerdas (*intelligent learning tools*). Metode clustering dapat digunakan untuk mengelompokkan siswa ke dalam kelompok yang homogen (*intra-cluster*) atau heterogen (*inter-cluster*) [5,6,7].

Pada penelitian ini akan dikembangkan sebuah sistem baru dalam pembentukan dan pembagian kelas mahasiswa di Jurusan Pendidikan Teknik Informatika Undiksha dengan menggunakan metode *K-means clustering* dan metode *K-nearest neighbors* (KNN). Sistem pembagian kelas kuliah mahasiswa ini digunakan untuk setiap matakuliah yang memiliki matakuliah prasyarat untuk dapat diikuti oleh mahasiswa. Metode *K-means* tepat digunakan dalam pembentukan kelas mahasiswa dengan jumlah kelas yang ditentukan karena jumlah kelompok yang akan terbentuk dengan metode *K-means* akan ditentukan diawal. Pada penelitian ini metode *K-means* digunakan untuk mengelompokkan mahasiswa berdasarkan fitur berupa komponen penilaian dari mata kuliah prasyaratnya. Adapun fitur yang digunakan dalam pengelompokan dengan metode *K-means* adalah nilai tugas, nilai ujian tengah semester, nilai ujian akhir semester, indeks prestasi kumulatif (IPK) serta fitur baru berupa prediksi kelulusan mahasiswa tersebut. Metode KNN digunakan untuk memprediksi kelulusan seorang mahasiswa di sebuah matakuliah berdasarkan data sebelumnya. Hasil prediksi ini akan digunakan sebagai fitur tambahan yang digunakan dalam pembentukan kelas mahasiswa menggunakan metode *K-means*.

2. Metode Penelitian

Pendekatan yang akan digunakan dalam penelitian mengacu pada *System Development Live Cycle* (SDLC) dengan model waterfall. Model *waterfall* merupakan proses pengembangan perangkat lunak secara sekuensial dengan daftar tahapan yang mengalir ke bawah [7]. Tahapan pertama pada penelitian ini adalah melakukan pendefinisian masalah yang ingin diselesaikan. Setelah mendefinisikan masalah yang ingin diselesaikan langkah selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data untuk mendukung penyelesaian permasalahan yang dihadapi. Setelah data yang diperlukan terkumpul, data dianalisis sebagai dasar dalam pembuatan sistem. Dalam tahap ini juga didefinisikan kebutuhan-kebutuhan dalam pengembangan sistem. Perancangan dan pengembangan sistem dilakukan setelah kebutuhan-kebutuhan sistem dikumpulkan. Hasil penelitian ini diperoleh dari proses uji coba produk dengan mengacu pada aspek penilaian produk dan penerapannya di Jurusan Pendidikan Teknik Informatika Universitas Pendidikan Ganesha.

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Jurusan Pendidikan Teknik Informatika, Universitas Pendidikan Ganesha yang menyediakan objek penelitian seperti data mata kuliah, data ruang kelas, data mahasiswa, dan data nilai mahasiswa. Untuk data mahasiswa dan data nilai mahasiswa diperoleh dari Sistem Informasi Akademik (SIK) Universitas Pendidikan Ganesha yang terdiri dari data yang akan mengambil mata kuliah serta data yang sudah mengambil mata kuliah untuk digunakan sebagai data *training*.

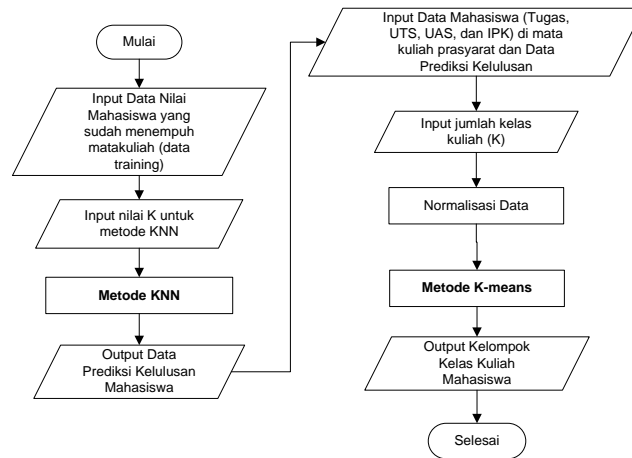
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Perancangan Kombinasi Metode K-Means dan KNN dalam Pembagian Kelas Kuliah Mahasiswa

Perancangan sistem dilakukan setelah semua kebutuhan sistem didapatkan melalui tahap analisis sistem. Pada tahapan ini dilakukan perancangan alur logika sistem yaitu dengan membuat *flow chart* sistem. *Flow chart* sistem bertujuan untuk menggambarkan tahapan logis pada sistem pembentukan dan pembagian kelas kuliah mahasiswa, mulai dari pemrosesan *input* hingga menjadi *output* yang diharapkan. Untuk menggambarkan proses-proses yang terjadi di dalam sistem saat melakukan proses pembagian kelas kuliah mahasiswa dengan metode *K-means* dan KNN dapat digambarkan dalam suatu *flow chart* sistem.

Tahapan-tahapan dari sistem pembagian atau pengelompokan kelas mahasiswa dengan metode *K-means* dan KNN yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 2. Tahapan awal adalah memproses data nilai kuliah mahasiswa sebelumnya yang telah mengambil mata kuliah, untuk dijadikan data *training* dalam proses prediksi dengan metode KNN. Hasil dari proses ini adalah prediksi kelulusan masing-masing mahasiswa yang akan mengambil mata kuliah atau yang akan dikelompokkan ke dalam beberapa kelas. Nilai prediksi kelulusan mahasiswa ini akan digabungkan dengan nilai tugas, ujian tengah semester (UTS),

dan ujian akhir semester (UAS) pada mata kuliah prasyarat serta IPK semester mahasiswa untuk dijadikan fitur dalam proses pengelompokan (*clustering*) oleh metode *K-means*.



Gambar 1. *Flow Chart* Sistem Pembagian Kelas Kuliah Mahasiswa dengan Metode *K-Means* dan KNN

Berikut ini adalah contoh proses yang dilakukan dalam sistem pembagian kelas kuliah yang mahasiswa yang akan dikembangkan:

- a. Misalkan akan dilakukan pembagian kelas mahasiswa untuk mata kuliah Arsitektur Komputer. Pembagian kelas ini akan dilakukan berdasarkan nilai mata kuliah prasyaratnya, yaitu mata kuliah Organisasi Komputer.
- b. Pencarian fitur kelulusan dilakukan dengan memprediksi kelulusan mahasiswa di mata kuliah Arsitektur Komputer berdasarkan data kelulusan sebelumnya. Prediksi ini dilakukan dengan menggunakan metode KNN sebagai berikut:
 - 1) Data *training*, nilai mahasiswa sebelumnya di mata kuliah Organisasi Komputer (mata kuliah prasyarat) dan kelulusannya di mata kuliah Arsitektur Komputer, seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Data Training*

NIM	Nilai di MK Organisasi Komputer				Status di MK Arsitektur Komputer
	Tugas	UTS	UAS	IPK	
1415051001	90	80	80	3,8	LULUS
1415051002	90	90	85	3,4	LULUS
1415051003	60	75	80	3	LULUS
1415051004	80	90	95	3,8	LULUS
1415051005	90	75	80	3,5	LULUS
1415051006	75	80	75	3,1	TIDAK LULUS
1415051007	50	60	75	2,9	TIDAK LULUS
1415051008	75	60	70	3	TIDAK LULUS
1415051009	90	80	70	3,2	LULUS
1415051010	80	60	70	2,8	TIDAK LULUS

- 2) Selanjutnya dihitung jarak *euclidian* (d) antara data mahasiswa baru yang akan diprediksi dengan setiap data pada data *training*.

NIM	Tugas	UTS	UAS	IPK	Prediksi Kelulusan
1515051033	85	80	80	3	?

$$d(1415051001,1515051033) = \sqrt{(90 - 85)^2 + (80 - 80)^2 + (80 - 80)^2 + (3,8 - 3)^2} = 5,063$$

Perhitungan diatas dilakukan untuk setiap data *training*, sehingga diperoleh nilai d pada masing-masing data *training*

- 3) Urutkan nilai d dari kecil ke besar kemudian tentukan nilai k untuk memprediksi kelulusannya.

NIM	Nilai di MK Organisasi Komputer				Status di MK Arsitektur Komputer	d
	Tugas	UTS	UAS	IPK		
1415051001	90	80	80	3,8	LULUS	5,063596
1415051005	90	75	80	3,5	LULUS	7,088723
1415051006	75	80	75	3,1	TIDAK LULUS	11,18079
1415051009	90	80	70	3,2	LULUS	11,18213
1415051002	90	90	85	3,4	LULUS	12,25398
1415051004	80	90	95	3,8	LULUS	18,72538
1415051010	80	60	70	2,8	TIDAK LULUS	22,91375
1415051008	75	60	70	3	TIDAK LULUS	24,4949
1415051003	60	75	80	3	LULUS	25,4951
1415051007	50	60	75	2,9	TIDAK LULUS	40,62032

Misalkan k ditentukan 5 maka prediksi dari mahasiswa tersebut adalah LULUS, yang dilihat dari 5 nilai teratas (data dengan jarak d terdekat) dengan mayoritas bernilai LULUS.

NIM	Tugas	UTS	UAS	IPK	Prediksi Kelulusan
1515051033	85	80	80	3	LULUS

- 4) Data prediksi kelulusan ini akan menjadi fitur tambahan yang akan digunakan dalam pembagian kelas mahasiswa dengan metode *K-means clustering*.
- 5) Sebelum memasuki proses *clustering*, data dinormalisasi terlebih dahulu agar tidak ada parameter atau fitur yang mendominasi dalam proses *clustering*. Normalisasi data dilakukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Nilai Baru} = \frac{\text{Nilai Asal} - \text{Nilai Min}}{\text{Nilai Max} - \text{Nilai Min}}$$

- 6) Setelah melakukan normalisasi data, proses *clustering* diawali dengan menentukan jumlah kelas (k) yang akan dibentuk.
- 7) Setelah menentukan jumlah kelas, selanjutnya menentukan k pusat *cluster* (*centroid*) secara acak.
- 8) Hitung jarak *euclidian* (d) dari data yang akan dikelompokkan ke setiap *centroid*. Untuk melakukan penghitungan jarak data ke- i (x_i) pada pusat *cluster* (*centroid*) ke- k (c_k), diberi nama (d_{ik}), dapat digunakan formula *Euclidean* seperti pada persamaan berikut.

$$d_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - c_{kj})^2}$$

- 9) Kelompokkan data ke dalam *centroid* dengan jarak d terpendek atau terkecil. Suatu data akan menjadi anggota dari *cluster* ke- k apabila jarak dengan pusat *cluster* tersebut merupakan jarak terpendek dibandingkan dengan pusat *cluster* lain menggunakan persamaan berikut.

$$\min \sum_{k=1}^k d_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - c_{kj})^2}$$

- 10) Hitung kembali *centroid* berdasarkan nilai rata-rata setiap fitur dari data dalam kelompok yang sama. Nilai pusat *cluster* yang baru dapat dihitung dengan cara mencari nilai rata-rata dari data-data yang menjadi anggota pada *cluster* tersebut, dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.3):

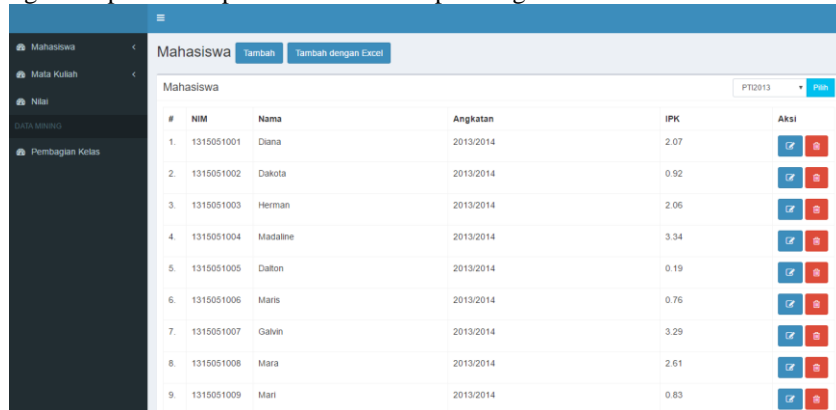
$$c_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^p x_{ij}}{p}$$

Dimana $x_{ij} \in$ *cluster* ke- k dan p adalah banyaknya anggota *cluster* ke- k

- 11) Lakukan langkah 8-10 sampai tidak terjadi perubahan nilai *centroid* dan atau tidak ada data yang berpindah kelompok.

3.2 Pengembangan Sistem

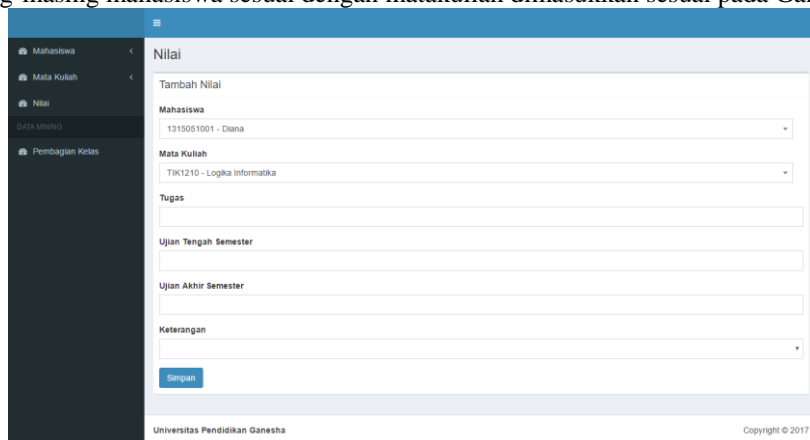
Setelah melakukan perancangan, tahap selanjutnya adalah tahap implementasi atau pengembangan sistem. Pengembangan sistem mengacu pada hasil dari analisis kebutuhan dan proses perancangan. Sistem dikembangkan dengan bahasa pemrograman PHP dan basis data MySQL. Gambaran antar muka dari sistem yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 5.



#	NIM	Nama	Angkatan	IPK	Aksi
1.	1315051001	Diana	2013/2014	2.07	[Edit] [Delete]
2.	1315051002	Dakota	2013/2014	0.92	[Edit] [Delete]
3.	1315051003	Herman	2013/2014	2.06	[Edit] [Delete]
4.	1315051004	Madaline	2013/2014	3.34	[Edit] [Delete]
5.	1315051005	Dalton	2013/2014	0.19	[Edit] [Delete]
6.	1315051006	Maris	2013/2014	0.76	[Edit] [Delete]
7.	1315051007	Galvin	2013/2014	3.29	[Edit] [Delete]
8.	1315051008	Mara	2013/2014	2.61	[Edit] [Delete]
9.	1315051009	Mari	2013/2014	0.83	[Edit] [Delete]

Gambar 2. Manajemen Data Mahasiswa

Gambar 2 menunjukkan fitur manajemen data mahasiswa yang akan dilakukan pembagian kelasnya. Penambahan mahasiswa dapat dilakukan secara manual satu persatu atau dengan mengunggah file excel. Data mahasiswa terdiri dari nim, nama, angkatan, dan IPK. Selain menambahkan data mahasiswa, data matakuliah juga ditambahkan dalam sistem. Data mata kuliah yang perlu disimpan adalah nama kode matakuliah, nama matakuliah, serta matakuliah prasyarat. Setelah itu, data nilai tugas, uts, dan uas dari masing-masing mahasiswa sesuai dengan matakuliah dimasukkan sesuai pada Gambar 3.



Tambah Nilai

Mahasiswa: 1315051001 - Diana

Mata Kuliah: TIK1210 - Logika Informatika

Tugas:

Ujian Tengah Semester:

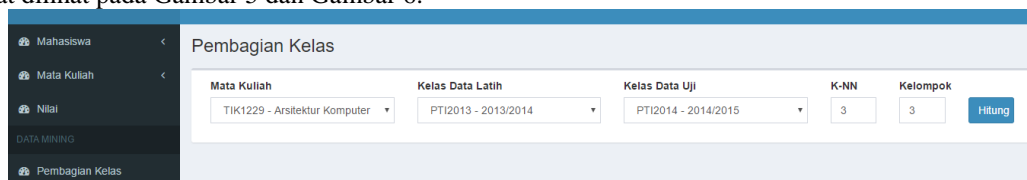
Ujian Akhir Semester:

Keterangan:

Universitas Pendidikan Ganesha Copyright © 2017

Gambar 3. Manajemen Nilai Kuliah Mahasiswa

Proses pembagian kelas kuliah dimulai dengan menentukan beberapa parameter, yaitu nilai K untuk proses algoritma KNN dan nilai K untuk jumlah kelas yang akan dibentuk. Pada proses pembagian kelas juga harus ditentukan data training yang digunakan. Proses pembagian kelas dan hasil berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Mata Kuliah: TIK1229 - Arsitektur Komputer

Kelas Data Latih: PTI2013 - 2013/2014

Kelas Data Uji: PTI2014 - 2014/2015

K-NN: 3

Kelompok: 3

Gambar 4. Proses Penentuan Parameter Pembagian Kelas

The image shows a software interface for K-Means clustering. It contains three main data tables:

#	NIM	Tugas	UTS	UAS	IPK	Status Kelulusan Mata Kuliah
1	1310001001	22.44	56.31	19.83	2.07	TIDAK LULUS
2	1310001002	16.78	70.32	21.49	0.92	TIDAK LULUS
3	1310001003	36.38	58.01	1.81	2.36	LULUS
4	1310001004	20.77	83.84	59.09	3.34	TIDAK LULUS
5	1310001005	77.24	34.15	47.39	0.19	TIDAK LULUS
6	1310001006	24.76	33.03	46.15	0.75	TIDAK LULUS
7	1310001007	22.04	67.27	70.37	3.29	TIDAK LULUS
8	1310001008	44.82	23.29	64.34	2.81	TIDAK LULUS
9	1310001009	4.95	73.17	38.11	0.83	TIDAK LULUS
10	1310001010	7.68	55.85	44.08	1.47	TIDAK LULUS

#	NIM	Tugas	UTS	UAS	IPK	Status Kelulusan Mata Kuliah
1	1415001001	22.33	31.85	25.37	1.70	TIDAK LULUS
2	1415001002	0.61	2.11	1.78	1.07	TIDAK LULUS
3	1415001003	40.42	24.02	84.29	2.75	TIDAK LULUS
4	1415001004	14.32	42.81	9.46	0.99	TIDAK LULUS
5	1415001005	6.60	3.75	25.91	0.32	TIDAK LULUS
6	1415001006	74.40	92.55	34.37	2.45	TIDAK LULUS
7	1415001007	23.78	25.97	48.10	1.90	TIDAK LULUS
8	1415001008	98.49	25.05	95.39	0.38	TIDAK LULUS
9	1415001009	37.09	91.22	16.46	1.92	TIDAK LULUS
10	1415001010	29.52	1.62	25.23	1.14	TIDAK LULUS

Kelas 1	
#	Nama
1	1415001001 Nicole
2	1415001002 Cedric
3	1415001004 Fiza
4	1415001005 Brianna
5	1415001010 Julie
6	1415001019 Declan
7	1415001007 Albie
8	1415001013 Orlando

Kelas 2	
#	Nama
1	1415001003 Cheyenne
2	1415001008 Iia
3	1415001012 Burke
4	1415001018 Carlin
5	1415001020 Byron

Kelas 3	
#	Nama
1	1415001005 Maxwell
2	1415001009 Quinn
3	1415001014 Jocelyn
4	1415001015 Amaya
5	1415001016 Connor
6	1415001017 Alia
7	1415001011 Ismael

Gambar 5. Hasil Proses Pembagian Kelas

4. Simpulan

Penelitian ini telah berhasil merancang sebuah metode baru untuk pembagian kelas kuliah mahasiswa. Penelitian ini menggunakan studi kasus di Jurusan Pendidikan Teknik Informatika Universitas Pendidikan Ganesha. Tahap awal dari metode yang dikembangkan adalah memproses data nilai kuliah mahasiswa sebelumnya yang telah mengambil mata kuliah, untuk dijadikan data *training* dalam proses prediksi dengan metode KNN. Hasil dari proses ini adalah prediksi kelulusan masing-masing mahasiswa yang akan mengambil mata kuliah atau yang akan dikelompokkan ke dalam beberapa kelas. Nilai prediksi kelulusan mahasiswa ini akan digabungkan dengan nilai tugas, ujian tengah semester (UTS), dan ujian akhir semester (UAS) pada mata kuliah prasyarat serta IPK semester mahasiswa untuk dijadikan fitur dalam proses pengelompokan (*clustering*) oleh metode *K-means*

Setelah perancangan dan pengembangan sistem berhasil, penelitian selanjutnya berfokus pada pengujian dan evaluasi sistem. Pengujian sistem dilakukan dengan metode black box testing. Metode black box testing digunakan untuk meyakinkan bahwa fitur-fitur atau fungsi-fungsi yang terdapat dalam sistem yang dibangun sudah berjalan dengan baik. Setelah tahap pengujian selesai, selanjutnya dilakukan proses evaluasi sistem. Evaluasi sistem yang akan dilakukan berfokus pada evaluasi kinerja dari metode *K-means* dan KNN dalam membagi kelas kuliah mahasiswa. Evaluasi dilakukan dengan mengamati waktu proses, membandingkan perhitungan manual dengan perhitungan oleh sistem, serta evaluasi kualitas kelas kuliah (*cluster*) yang dihasilkan melalui perhitungan *Silhouette Index* (SI). SI digunakan untuk memvalidasi sebuah data, cluster tunggal, atau bahkan keseluruhan cluster. Metode ini banyak digunakan untuk memvalidasi cluster yang menggabungkan nilai kohesi dan separasi.

Daftar Pustaka

- [1] Li, L., Luo, X., & Chen, H. (2015). Clustering Students for Group-Based Learning in Foreign Language Learning. *International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence*, 55-72.
- [2] Nasir, N. A., Rased, N. S., & Ahmad, N. (2014). Grouping Students Academic Performance Using One-Way Clustering. *International journal of Science Commerce and Humanities*, 131-138.
- [3] Wang, Y. (2007). On Laws of Work Organization in Human Cooperation. *International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence*, 1-15.
- [4] Rana, S., & Garg, R. (2016). Evaluation of Student's Performance of an Institute Using Clustering Algorithms. *International Journal of Applied Engineering Research*, 3605-3609.
- [5] Hamalainen, W., & Kumpulainen, V. (2014). Evaluation of clustering methods for adaptive learning system. *Artificial Intelligence*, 1-23.
- [6] Pradnyana, G. A., & Djunaidy, A. (2013). Metode Weighted Maximum Capturing untuk Klasterisasi Dokumen Berbasis Frequent Itemsets. *Jurnal Ilmu Komputer*, 6(2).
- [7] Pradnyana, G. A. (2012). Perancangan dan Implementasi Automated Document Integration fengan Menggunakan Algoritma Complete Linkage Agglomerative Hierarchical Clustering. *Jurnal Ilmu Komputer*, 5(2).
- [8] Bassil, Youssef. (2012). A Simulation Model for the Waterfall Software Development Life Cycle. *International Journal of Engineering & Technology (iJET)*, 2(5).