

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *FUZZY C-MEANS*  
UNTUK SISTEM PENGHASIL PAKET SOAL  
DALAM EVALUASI PEMBELAJARAN SUMATIF DAN FORMATIF**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari  
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
Program Studi Ilmu Komputer



Oleh  
Rabihi Awaludin  
1206582

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2016**

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *FUZZY C-MEANS*  
UNTUK SISTEM PENGHASIL PAKET SOAL  
DALAM EVALUASI PEMBELAJARAN SUMATIF DAN FORMATIF**

Oleh

Rabihi Awaludin

NIM 1206582

Sebuah Skripsi yang Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Komputer pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam

© Rabihi Awaludin 2016

Universitas Pendidikan Indonesia

Oktober 2016

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak  
ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

**RABIHI AWALUDIN**

1206582

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *FUZZY C-MEANS*  
UNTUK SISTEM PENGHASIL PAKET SOAL  
DALAM EVALUASI PEMBELAJARAN SUMATIF DAN FORMATIF**

DISETUJUI DAN DISAHKAN OLEH PEMBIMBING:

Pembimbing I,

**Dr. Lala Septem Riza, M.T.**

NIP. 197809262008121001

Pembimbing II,

**Drs. H. Eka Fitrajaya Rahman, M.T.**

NIP. 196402141990031003

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Ilmu Komputer

**Prof. Dr. H. Munir, M.IT.**

NIP. 196603252001121001

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Implementasi Algoritma *Fuzzy C-Means* untuk Sistem Penghasil Paket Soal Dalam Evaluasi Pembelajaran Sumatif dan Formatif” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Oktober 2016

Yang Membuat Pernyataan,

Rabihi Awaludin

NIM 1206582

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *FUZZY C-MEANS***  
**UNTUK SISTEM PENGHASIL PAKET SOAL**  
**DALAM EVALUASI PEMBELAJARAN SUMATIF DAN FORMATIF**

Oleh

Rabihi Awaludin – rabihiawaludin02@gmail.com

1206582

**ABSTRAK**

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh masalah keefisienan dalam membuat paket soal. Terkadang dalam pembuatan paket soal, bobot tiap paketnya tidak sama, yang mengakibatkan siswa mengeluh setelah mengerjakan soal-soal. Evaluasi digunakan untuk mengetahui seberapa jauh siswa dapat memahami pelajaran yang sebelumnya telah diajarkan. Maka dari itu dalam penelitian ini, peneliti mendapatkan gagasan untuk menerapkan satu teknik data mining yaitu *clustering* menggunakan algoritma *fuzzy c-means* dalam mengembangkan sistem *generate* soal evaluasi sumatif dan formatif ini. Konsep dasar *Fuzzy C-Means*, pertama kali adalah menentukan pusat cluster yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap *cluster*. Pada kondisi awal, pusat *cluster* masih belum akurat. Tiap data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap *cluster*. Dengan cara memperbaiki pusat *cluster* dan nilai keanggotaan tiap-tiap data secara berulang, maka akan terlihat bahwa pusat cluster akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimasi fungsi objektif. Sehingga pada derajat keanggotaan terakhir dapat ditentukan *cluster-cluster*-nya. Pada penelitian ini, penulis menggunakan teknik *clustering* untuk mengelompokkan soal-soal yang sudah divalidasi oleh ahli, yang kemudian akan didistribusikan secara merata ke dalam paket soal sesuai dengan evaluasi yang digunakan. Baik itu evaluasi sumatif maupun evaluasi formatif. Untuk menguji sistem ini dilakukan eksperimen yang melibatkan 636 butir soal jaringan komputer yang didapat dari *textbook*. Hasil dari penelitian ini adalah: (1) Penelitian ini telah menghasilkan sebuah sistem yang dapat menghasilkan paket-paket soal untuk evaluasi sumatif maupun evaluasi formatif. (2) Algoritma *fuzzy c-means* dapat menghasilkan kelompok-kelompok soal yang digunakan untuk membagi soal ke tiap paket soal baik itu evaluasi sumatif maupun evaluasi formatif.

Kata Kunci: *Clustering, fuzzy c-means, generate, evaluasi*

**IMPLEMENTATION OF FUZZY C-MEANS ALGORITHM  
FOR QUESTION PACKAGE GENERATING SYTEM  
IN SUMMATIVE AND FORMATIVE EVALUATION OF EDUCATION**

*Arranged by*

*Rabihi Awaludin – rabihawaludin02@gmail.com*

*1206582*

**ABSTRACT**

*This research is motivated by the problem of efficiency in making packages matter. Sometimes in a matter of packaging, the weight of each package is not the same, resulting in students complained after working on the problems. Evaluation is used to determine how much students can understand the lessons previously taught. Therefore in this study, the researchers got the idea to apply a data mining technique that clustering using fuzzy c-means algorithm in developing systems generate about this formative evaluation and summatif The basic concept of Fuzzy C-Means, the first is to determine the center cluster will mark the average location for each cluster. In the initial condition, the center of the cluster is still not accurate. Each of data has a degree of membership for each cluster. By fixing the center of the cluster and the membership value of each data repeatedly, it will be seen that the cluster center moves to the right location. This iteration is based on minimizing the objective function. So that the latter can be determined membership degree clusters her. In this study, the authors use clustering techniques to group the questions that have been validated by experts, which will then be distributed evenly into the matter in accordance with the evaluation package used. Whether it's the summative and evaluation of formative evaluation. To test this system performed experiments involving 636 items of computer networks gained from textbooks. The results of this study are: (1) This research has resulted in a system that can produce packages a matter for the summative and evaluation of formative evaluation. (2) The fuzzy c-means algorithm can generate groups of questions used to divide the problem into each package about both the summative and evaluation of formative evaluation.*

*Keywords: Clustering, fuzzy c-means, generate, evaluation*

## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT., atas kehendak dan izin-Nya-lah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Algoritma *Fuzzy C-Means* Untuk Sistem *Generate* Paket Soal Dalam Evaluasi Pembelajaran Sumatif dan Formatif” ini tepat pada waktunya. Skripsi ini penulis buat untuk memenuhi sebagian syarat dalam meraih gelar sarjana komputer di Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Skripsi ini dapat hadir seperti ini tak lepas dari bantuan banyak pihak. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih untuk pihak-pihak yang telah membantu penulis selama proses pembuatan skripsi dari awal sampai akhir.

Akhirnya penulis sampaikan permohonan maaf atas segala kesalahan dalam skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan Pendidikan dan juga bagi Ilmu Pengetahuan dan teknologi. Aamiin

Bandung, Oktober 2016

Penulis

## UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillahirabilalamin, puji dan syukur kehadiran Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kelancaran dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dalam proses menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini, peneliti banyak mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya, kepada:

1. Kedua orang tua serta adik-adik penulis yang tanpa henti-hentinya memberikan doa dan dukungan, baik itu dukungan moral, materil maupun spiritual sehingga dapat memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Lala Septem Riza M.T., selaku pembimbing I atas segala waktu yang dicurahkan untuk membimbing penulis demi terselesaikannya skripsi ini.
3. Bapak Drs. H. Eka Fitrajaya Rahman, M.T., selaku pembimbing II yang telah memberikan saran kepada penulis selama proses penyelesaian penelitian dan penulisan skripsi.
4. Bapak Eddy Prasetyo Nugroho, M.T., yang bersedia memvalidasi soal yang dibuat penulis sebagai bahan untuk mendapatkan data penelitian dan selaku Ketua Program Studi Ilmu Komputer FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Ibu Novi Sofia Fitriasari, M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama peneliti menyelesaikan perkuliahan.
6. Bapak Prof. Dr. H. Munir, M.IT., selaku Kepala Departemen Pendidikan Ilmu Komputer FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.
7. Bapak Jajang Kusnendar, M.T. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Ilmu Komputer FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.
8. Bapak dan Ibu Dosen Prodi Pendidikan Ilmu Komputer dan Ilmu Komputer yang telah berbagi ilmu yang sangat bermanfaat kepada peneliti.



9. Sahabat-sahabat Edul yaitu Dino, Asmul, Afil, Isal, Zenna, Tommy, Handoko, Kuncoro, Asep Rizal, Ghiffari, Samekto, Syandi, Harisul, Alfi dan Aband yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, canda, dan tawa kepada penulis baik selama proses perkuliahan maupun selama proses pengerjaan skripsi ini.
  10. Rendi yang sangat membantu dalam suplai data untuk penelitian.
  11. Teman-teman rabit 5 Pak Dama, Mas Bram, Bang Bejo, Mas Fariz, Mas Ano, dan Pak Ros, yang senantiasa mendukung penulis untuk menyelesaikan penelitian.
  12. Teman-teman wakaf khususnya Intan yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan penelitian.
  13. Teman-teman kelas C2 2012, yang sama-sama berjuang dari awal perkuliahan dari awal hingga ke titik akhir.
  14. Teman-teman angkatan 2012 yang telah sama-sama berjuang dari awal perkuliahan hingga sampai ke titik ini.
  15. Semua pihak yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu.
- Semoga semua amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan yang berlipat dari Allah SWT. Aamiin

Bandung, Oktober 2016

Rabihi Awaludin

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	7
2.1. Evaluasi Pembelajaran .....	7
2.1.1. Pengertian Evaluasi Pembelajaran .....	7
2.1.2. Tujuan dan Fungsi Evaluasi Pembelajaran .....	8
2.1.3. Jenis-Jenis Evaluasi Pembelajaran .....	10
2.1.4. Teknik Tes Sebagai Instrumen Evaluasi Pembelajaran .....	11
2.2. Taksonomi Bloom .....	19
2.3. Konsep <i>Generate</i> Soal Tes Evaluasi .....	22
2.4. <i>Machine Learning</i> .....	23
2.4.1. Pengertian <i>Machine Learning</i> .....	23
2.4.2. Tipe Pembelajaran Pada <i>Machine Learning</i> .....	23
2.5. <i>Clustering</i> .....	24
2.6. Uji <i>Purity</i> .....	25
2.7. Uji Statistik Anova .....	26
2.8. <i>Fuzzy C-Means</i> .....	26
2.8.1. Pengertian Algoritma <i>Fuzzy C-Means</i> .....	26

2.8.2.	Tahapan Algoritma <i>Fuzzy C-Means</i> .....	27
2.8.3.	Contoh Kasus dan Perhitungan <i>Fuzzy C-Means</i> .....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		43
3.1.	Desain Penelitian .....	43
3.2.	Alat dan Bahan Penelitian .....	45
3.2.1.	Alat Penelitian .....	45
3.2.2.	Bahan Penelitian.....	45
3.3.	Metode Penelitian.....	45
3.3.1.	Metode Pengumpulan Data .....	46
3.3.2.	Metode Pengembangan Perangkat Lunak .....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		48
4.1.	Data .....	48
4.1.1.	Pengumpulan Sumber Data.....	48
4.1.2.	Pengumpulan Soal.....	48
4.1.3.	<i>Scoring</i> Parameter Soal .....	49
4.1.4.	Indikator Soal .....	51
4.2.	Pengembangan Model .....	52
4.2.1.	Implementasi Algoritma <i>Fuzzy C-Means</i> .....	53
4.2.2.	Pengambilan Soal Perpaket Tiap Evaluasi.....	57
4.2.3.	Proses Pengambilan Soal Tipe Evaluasi Sumatif.....	58
4.2.4.	Proses Pengambilan Soal Tipe Evaluasi Formatif .....	58
4.3.	<i>Software Development</i> .....	60
4.3.1.	Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) .....	60
4.3.1.1.	Deskripsi Sistem .....	60
4.3.1.2.	Batasan Sistem.....	61
4.3.1.3.	Proses Operasional Perangkat Lunak .....	61
4.3.1.4.	Perancangan .....	62
4.3.1.5.	Implementasi.....	62
4.3.1.6.	Pengujian Sistem.....	63
4.3.2.	<i>User Interface</i> .....	65
4.4.	Rancangan Eksperimen .....	67
4.4.1.	Skenario <i>Generate</i> Soal Evaluasi Sumatif .....	68
4.4.2.	Skenario <i>Generate</i> Soal Evaluasi Formatif .....	71
4.4.3.	Menentukan Nilai Awal <i>Variabel</i> untuk <i>Generate</i> Soal .....	72

4.4.4.	Menentukan Soal Indikator Untuk Evaluasi Formatif .....	73
4.5.	Hasil Eksperimen .....	74
4.5.1.	Hasil Eksperimen <i>Generate</i> Soal Evaluasi Sumatif.....	74
4.5.2.	Hasil Eksperimen <i>Generate</i> Soal Evaluasi Formatif .....	76
4.6.	Analisis Hasil dan Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya .....	78
4.6.1.	Analisis Hasil <i>Generate</i> Soal Evaluasi Sumatif.....	78
4.6.2.	Analisis Hasil <i>Generate</i> Soal Evaluasi Formatif .....	79
4.6.3.	Analisis Keseimbangan Parameter pada Hasil <i>Generate</i> Soal Evaluasi Sumatif .....	80
4.6.4.	Analisis Keseimbangan Parameter pada Hasil <i>Generate</i> Soal Evaluasi Formatif.....	82
4.6.5.	Analisis Keseimbangan Parameter Menggunakan Metode Statistik Uji Anova.....	85
4.6.6.	Analisis dan Evaluasi Hasil <i>Clustering</i> .....	86
4.6.7.	Analisis Perbandingan Rata-Rata Parameter dengan Penelitian Sebelumnya.....	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		89
5.1.	Kesimpulan.....	89
5.2.	Saran .....	90
DAFTAR PUSTAKA .....		91

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Revisi Taksonomi Bloom (Utari, 2010).....	21
Tabel 2. 2 Data Industri Kecil .....	29
Tabel 2. 3 Matriks Partisi Awal .....	31
Tabel 2. 4 Hasil Perhitungan Pusat <i>Cluster</i> Pertama .....	31
Tabel 2. 5 Hasil Perhitungan Pusat <i>Cluster</i> Pertama (Lanjutan) .....	32
Tabel 2. 6 Detail Perhitungan Fungsi Objektif .....	33
Tabel 2. 7 Detail Perhitungan Fungsi Objektif (Lanjutan) .....	34
Tabel 2. 8 Detail Perhitungan Fungsi Objektif (Lanjutan) .....	35
Tabel 2. 9 Detail Perhitungan Derajat Keanggotaan Baru .....	36
Tabel 2. 10 Detail Perhitungan Derajat Keanggotaan Baru (Lanjutan) .....	37
Tabel 2. 11 Matriks Partisi Baru Pada Iterasi 1 .....	38
Tabel 2. 12 Matriks Partisi Baru Iterasi Ke-2 .....	38
Tabel 2. 13 Matriks Partisi Baru Pada Iterasi Ke-73 .....	40
Tabel 2. 14 Derajat Keanggotaan Tiap Data Pada Setiap Cluster Dengan FCM..	41
Tabel 4. 1 Parameter Soal .....	49
Tabel 4. 2 Kuisisioner Parameter Untuk Ahli.....	50
Tabel 4. 3 Soal dan Indikator .....	51
Tabel 4. 4 Contoh Nilai Parameter Untuk Evaluasi Sumatif .....	53
Tabel 4. 5 Nilai Awal Contoh <i>Clustering</i> .....	54
Tabel 4. 6 Keanggotaan Awal .....	54
Tabel 4. 7 Keanggotaan Iterasi 1 .....	55
Tabel 4. 8 Selisih Fungsi Objektif Tiap Iterasi .....	55
Tabel 4. 9 Keanggotaan Baru Pada Iterasi 10 .....	56
Tabel 4. 10 Derajat Keanggotaan Tiap <i>Cluster</i> .....	57
Tabel 4. 11 Anggota Tiap Cluster Pada Contoh Evaluasi Sumatif .....	57
Tabel 4. 12 Contoh Paket Soal Tipe Sumatif.....	58
Tabel 4. 13 Contoh Parameter dan Indikator Untuk Contoh Evaluasi Formatif...	58
Tabel 4. 14 Anggota Tiap Cluster Pada Contoh Evaluasi Formatif.....	59
Tabel 4. 15 Contoh Paket Soal Tipe Formatif.....	60
Tabel 4. 16 Fitur Sistem Generate Soal .....	62
Tabel 4. 17 Fungsi Untuk User .....	62
Tabel 4. 18 Uji Sistem.....	63
Tabel 4. 19 Nilai Awal <i>Generate</i> Soal .....	73
Tabel 4. 20 Soal yang Menjadi Indikator Pada Eksperimen Evaluasi Formatif .	73
Tabel 4. 21 Hasil Eksperimen <i>Generate</i> Soal Evaluasi Seleksi.....	74
Tabel 4. 22 Hasil Eksperimen <i>Generate</i> Soal Evaluasi Formatif.....	76
Tabel 4. 23 Analisis Hasil <i>Generate</i> Soal Evaluasi Sumatif.....	78
Tabel 4. 24 Analisis Hasil <i>Generate</i> Soal Evaluasi Formatif .....	79
Tabel 4. 25 Parameter Paket 1 Simulasi 1 Sumatif.....	80
Tabel 4. 26 Parameter Paket 2 Simulasi 1 Sumatif.....	80
Tabel 4. 27 Parameter Paket 3 Simulasi 1 Sumatif.....	81
Tabel 4. 28 Analisis Bobot Soal Evaluasi Sumatif .....	81

Tabel 4. 29 Perbandingan Parameter Paket Soal Evaluasi Sumatif .....	82
Tabel 4. 30 Parameter Paket 1 Simulasi 1 Formatif.....	83
Tabel 4. 31 Parameter Paket 2 Simulasi 1 Formatif.....	83
Tabel 4. 32 Parameter Paket 3 Simulasi 1 Formatif.....	83
Tabel 4. 33 Analisis Bobot Soal Evaluasi Formatif .....	84
Tabel 4. 34 Perbandingan Parameter Paket Soal Evaluasi Formatif.....	85
Tabel 4. 35 Data Untuk Uji Anova .....	85
Tabel 4. 36 Hasil Uji Anova .....	86
Tabel 4. 37 Perhitungan Purity .....	86
Tabel 4. 38 Perbandingan Parameter .....	87

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Level Ranah Kognitif Awal (Utari, 2010) .....	20
Gambar 2. 2 Flowchart Fuzzy C-Means .....	29
Gambar 2. 3 Hasil Pusat <i>Cluster</i> .....	31
Gambar 2. 4 Pusat Cluster Pada Iterasi 2 .....	38
Gambar 2. 5 Pusat Cluster Iterasi ke-73.....	39
Gambar 3. 1 Metode Penelitian.....	43
Gambar 3. 2 Model Waterfall (Sommerville, 2011) .....	46
Gambar 4. 1 Pengembangan model generate .....	52
Gambar 4. 2 <i>Interface Generate</i> Soal .....	66
Gambar 4. 3 Interface preview hasil generate Bagian 1 .....	67
Gambar 4. 4 Interface preview hasil generate (Lanjutan).....	67
Gambar 4. 5 Skenario <i>Generate</i> Soal Evaluasi Sumatif .....	68
Gambar 4. 6 Tambah Pelajaran .....	68
Gambar 4. 7 Tambah Parameter.....	69
Gambar 4. 8 Tambah Soal dan Paramternya.....	69
Gambar 4. 9 Generate Soal .....	70
Gambar 4. 10 <i>Preview Packages</i> .....	70
Gambar 4. 11 Skenario <i>Generate</i> Soal Evaluasi Formatif.....	71
Gambar 4. 12 Interface Choose Course <i>pada Edit Indikator</i> .....	72
Gambar 4. 13 <i>Interface Edit</i> Indikator .....	72

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Analisis Hasil *Generate* Soal Evaluasi Sumatif Simulasi 3 dan 4

Lampiran 2. Tabel Analisis Hasil *Generate* Soal Evaluasi Formatif Simulasi 3 dan 4

Lampiran 3. Paket Soal dari 8 Simulasi

Lampiran 4. Tabel Daftar Validasi Soal

Lampiran 5. Standar *Cluster* Evaluasi Hasil *Clustering*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Belajar, adalah suatu aktivitas atau suatu proses untuk memperoleh pengetahuan, meningkatkan keterampilan, memperbaiki perilaku, sikap, dan mengokohkan kepribadian (Sumani, 2012, p. 9). Kegiatan belajar mengajar dapat dinamakan pembelajaran. Menurut Arikunto (1993, p. 12), pembelajaran adalah suatu kegiatan yang mengandung terjadinya proses penguasaan pengetahuan, keterampilan dan sikap oleh subjek yang sedang belajar. Pendapat lain dari Dimiyati dan Mudjiyono (2006, p. 17) pembelajaran adalah kegiatan guru secara terprogram dalam *desain instruksional* untuk membuat siswa belajar aktif, yang menekankan pada penyediaan sumber belajar.

Pembelajaran tidak luput dari yang namanya evaluasi pembelajaran. Menurut Sudijono (2012, p. 5), evaluasi adalah kegiatan atau proses untuk menilai sesuatu. Sedangkan evaluasi pembelajaran merupakan salah satu komponen penting dan tahap yang harus ditempuh oleh guru untuk mengetahui keefektifan pembelajaran. Evaluasi tidak mungkin tidak dilakukan oleh pendidik, karena evaluasi merupakan salah satu komponen sistem pembelajaran (Arifin, 2012, p. 2).

Evaluasi pembelajaran ini dilakukan oleh guru untuk mengetahui seberapa efektifkah pembelajaran yang dilakukan di kelas, dan salah satu cara untuk mengetahui sejauh mana siswa yang dididik dapat memahami pelajaran yang telah diberikan oleh pendidik atau guru. Untuk dapat menentukan nilai dari sesuatu yang sedang dinilai itu (evaluasi), dilakukan pengukuran, dan wujud dari pengukuran itu adalah pengujian, dan pengujian inilah yang dalam dunia kependidikan dikenal dengan tes (Sudijono, 2012, p. 5). Istilah tes sendiri berasal dari bahasa latin “*testum*” yang berarti sebuah piringan atau jambangan dari tanah liat. Istilah tes sendiri kemudian dipergunakan dalam lapangan psikologi dan selanjutnya hanya dibatasi sampai metode psikologi, yaitu suatu cara untuk menyelidiki seseorang (Arifin, 2012, p. 2).

Menurut Conny Semiawan (1986) tes adalah alat pengukur untuk menetapkan apakah berbagai faset dari kesan yang kita perkirakan dari seseorang adalah benar merupakan fakta, juga adalah cara untuk menggambarkan bermacam-macam faset ini seobjektif mungkin. Sementara itu S.Hamid Hasan (1988) menjelaskan “Tes adalah alat pengumpulan data yang dirancang secara khusus. Kekhususan tes dapat terlihat dari konstruksi butir (soal) yang dipergunakan”. Dari beberapa pendapat di atas penulis dapat menyimpulkan tes adalah suatu alat yang berisi tugas yang harus dikerjakan atau soal yang harus dikerjakan, untuk mengukur sampai manakah siswa dapat memahami apa yang guru berikan pada saat pembelajaran.

Seperti kita ketahui, di sekolah atau di kampus sering didengar kata evaluasi formatif atau tes formatif yaitu tes hasil belajar yang bertujuan untuk mengetahui, sudah sejauh manakah peserta didik “telah terbentuk” (sesuai dengan tujuan pengajaran yang telah ditentukan) setelah mereka mengikuti proses pembelajaran dalam jangka waktu tertentu (Sudijono, 2012). Contohnya, ulangan harian atau ulangan bab dan *quiz*. Selanjutnya ada evaluasi sumatif atau tes sumatif, tes sumatif diberikan dengan maksud untuk mengetahui penguasaan atau pencapaian peserta didik dalam bidang tertentu. Tes sumatif dilaksanakan pada tengah atau akhir semester (Sudijono, 2012). Contohnya, ujian tengah semester (UTS) dan ujian akhir semester (UAS).

Pada evaluasi pembelajaran biasanya sering didapatkan peserta yang melakukan kecurangan seperti mencontek. Untuk mengurangi tingkat kecurangan pada saat melakukan tes, maka guru membuat variasi soal yang biasanya dibuat berdasarkan paket soal (Juper, 2014). Contohnya UN, pada ujian berskala nasional ini pembuat soal membuat paket dengan variasi dua puluh paket soal, Pembuatan paket ini pun sering digunakan pada tes-tes lain.

Masalah yang muncul dalam pembuatan paket soal ini adalah, efisiensi waktu ketepatan tiap soal (validitas), dan tingkat kesulitan tiap paket soal (kepraktisan). (Arifin, 2012). Untuk masalah efisiensi waktu dan kepraktisan, guru harus melakukan pemilihan soal berdasarkan bobotnya, dan harus mengacak nomor soal

di setiap paketnya. Menurut pendapat dari beberapa guru, pembuatan paket soal dengan cara ini cukup lama dan memakan waktu lebih.

Teknologi kini sudah sangat maju, Dengan bantuan teknologi, permasalahan tertentu dalam pendidikan dapat diatasi. Salah satu ilmu teknologi yang dapat membantu adalah kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI). Menurut Siswanto (2011) AI memiliki beberapa bagian yang dikerjakan, yaitu *Machine Vision, Robotics, Speech Processing, Theorem Proving, General Problem Solving, Game Playing, Machine Learning*, dan *Learning*. Dari beberapa bagian yang dikerjakan oleh AI, *machine learning* banyak digunakan untuk membantu persoalan pendidikan, seperti pada contoh penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya yaitu Sistem Penilaian Jawaban Esai Otomatis Menggunakan Kombinasi Metode *Term Frequency* dan *N-gram*.

*Machine learning* adalah ilmu yang mempelajari tentang pembelajaran (*learning*) pada data dan pengalaman (Daume, 2012), sedangkan menurut Mellouk dan Cebira (2009) *machine learning* dapat didefinisikan sebagai ilmu yang berhubungan dengan mendesain, membangun, dan mengimplementasikan sebuah alat yang memiliki karakteristik atau kebiasaan layaknya manusia. Menurut Stuart Rusell dan Peter Norvig (2003) pembelajarannya, *machine learning* dibagi ke dalam tiga bagian, yaitu *supervised learning*, *unsupervised learning* dan *reinforcement learning*. Pada *supervised learning*, data yang dimiliki dilengkapi dengan label/kelas yang menunjukkan kepada kelompok mana data tersebut seharusnya berada. Misalkan untuk kasus klasifikasi twit di sosial media twitter. Pada kasus *unsupervised learning*, data yang kita miliki tidak memiliki label sehingga yang ingin kita ketahui adalah terdiri dari berapa kelompok kira-kira data yang kita punya berdasarkan kemiripannya. Algoritma yang dipakai disini biasanya adalah algoritma *clustering*

*Clustering algorithm* adalah algoritma yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan kemiripan karakteristik datanya (Han, Kamber, & Pei, 2011, p. 108). Contoh algoritma pada *clustering* adalah *Fuzzy C-Means*. *Fuzzy C-Means* (FCM) adalah suatu *teknik* pengelompokan 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 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 dapat dilihat bahwa pusat *cluster* akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimalisasi fungsi objektif (Miyamoto, Ichihashi, & Hondo, 2008).

Beberapa penelitian yang mengimplementasikan algoritma *Fuzzy C-Means* sudah dilakukan sebelumnya, yaitu pada tahun 2012 pada peng-clusteran pemilihan perumahan dengan hasil pengujian sistem pada sepuluh kasus uji menghasilkan sembilan kasus yang sesuai dan satu yang tidak (Jaya, 2012). Kemudian di tahun 2015 penelitian terhadap peminat sekolah dengan hasil uji tiga *cluster*, *cluster* pertama memiliki 53 sekolah, *cluster* kedua memiliki 52 sekolah dan *cluster* ke-tiga memiliki 36 sekolah. Tingkat keunggulan dari ketiga *cluster* adalah *cluster* satu tidak lebih unggul dari *cluster* dua, dan *cluster* dua tidak lebih unggul dari *cluster* tiga (Megawati, 2015). Pada tahun 2016 terdapat sebuah penelitian yang menggunakan algoritma *cluster* lain yaitu Implementasi Algoritma *K-Means* untuk *Generate* Soal Dalam Evaluasi Tes Seleksi hasil dari penelitian ini adalah terbentuknya paket soal berdasarkan *clustering k-means* dengan paket soal berisi soal seleksi.

Berdasarkan masalah dan studi literatur sebelumnya, maka penulis akan membuat sebuah sistem untuk menghasilkan paket soal untuk evaluasi berdasarkan tipe evaluasi pembelajaran sumatif dan evaluasi pembelajaran formatif dengan metode *clustering* menggunakan algoritma *fuzzy c-means*.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Sesuai latar belakang masalah yang telah diuraikan pada sub bab sebelumnya, maka munculah rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membuat paket soal (men-*generate* soal) untuk evaluasi pembelajaran sumatif dan formatif yang memiliki bobot yang sama dengan paket soal lain ?
2. Bagaimana penerapan algoritma *clustering* “*Fuzzy C-Means*” untuk mengelompokkan soal sesuai parameter yang telah diberikan?
3. Apakah hasil dari *generate* soal sudah sesuai bobotnya pada tiap paket soal?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Setelah diketahui rumusan masalahnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendesain model untuk sistem pen-*generate* paket soal yang menghasilkan karakteristik paket soal yang sama menggunakan *fuzzy c-means*.
2. Pengembangan *software* sesuai dengan model yang telah dikembangkan pada tujuan pertama, untuk model evaluasi pembelajaran sumatif dan formatif.
3. Melakukan analisa karakteristik dari hasil eksperimen yang dilakukan.

### 1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitiannya adalah sebagai berikut:

1. Mempermudah guru untuk membuat paket soal berdasarkan hasil *generate* dengan menggunakan algoritma *fuzzy c-means*.
2. Memberikan pengetahuan tentang *clustering* menggunakan algoritma *fuzzy c-means*.
3. Untuk penulis sendiri, manfaatnya adalah mengetahui komponen sistem pembelajaran yaitu evaluasi pembelajaran.

### 1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Soal yang ada dalam aplikasi, didapat dari *text book*.
2. Penelitian ini hanya pada pembuatan aplikasi pen-*generate* soal, bukan aplikasi pembuatan soal.

3. Indikator yang ada pada tiap bab untuk evaluasi formatif, hanya hipotesis yang diberikan oleh penulis.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Pada bagian sistematika penulisan ini akan diuraikan mengenai penjelasan tiap bab.

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan bagaimana penelitian itu bisa muncul dan isinya mengenai konteks penelitian yang dilakukan, diawali dengan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang teori pendamping atau pendukung untuk melakukan penelitian. Teori yang dijelaskan dalam bab ini yaitu mengenai, evaluasi pembelajaran, taksonomi bloom, *machine learning*, clustering, dan *fuzzy c-means*.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan, dimulai dari desain penelitian, fokus penelitian, kemudian alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian dan yang terakhir adalah metode penelitian.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menjabarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan analisisnya. Semua pertanyaan mengenai masalah yang diangkat dalam tema skripsi dibahas di sini. Yaitu tentang proses pengumpulan data, pengembangan model, implementasi sistem, studi kasus, desain eksperimen, dan analisa.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran bagi peneliti selanjutnya dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

Bab ini akan menjelaskan teori-teori yang digunakan dan menunjang dalam melakukan penelitian.

#### **2.1. Evaluasi Pembelajaran**

##### **2.1.1. Pengertian Evaluasi Pembelajaran**

###### **A. Evaluasi**

Secara harfiah kata evaluasi berasal dari bahasa Inggris *evaluation*; dalam bahasa Arab: *al-Taqdir*; dalam bahasa Indonesia berarti: penilaian. (Sudijono, 2012). Evaluasi sendiri dikemukakan oleh beberapa ahli. Menurut Edwind Wandt dan Gerlad W. Brown (1957) evaluasi adalah suatu tindakan atau suatu proses untuk menentukan nilai dari sesuatu. Pendapat kedua dari Dimiyati dan Mudjiyono (2006, p. 191) evaluasi adalah batasan sebagai proses memberikan atau menentukan nilai kepada objek tertentu berdasarkan suatu kriteria tertentu. Selanjutnya dari Yunanda (2009) evaluasi merupakan kegiatan yang terencana untuk mengetahui keadaan sesuatu obyek dengan menggunakan instrumen dan hasilnya dibandingkan dengan tolak ukur untuk memperoleh kesimpulan, sedangkan menurut Zainal Arifin (2012, p. 2), dalam sistem pembelajaran (maksudnya pembelajaran sebagai suatu sistem), evaluasi merupakan salah satu komponen penting dalam tahap yang harus ditempuh oleh guru untuk mengetahui keefektifan pembelajaran. Hasil yang diperoleh dari evaluasi dapat dijadikan (*feed-back*) bagi guru dalam memperbaiki dan menyempurnakan program dan kegiatan pembelajaran.

Dari pengertian-pengertian evaluasi yang telah dikemukakan oleh beberapa ahli diatas, maka dapat disimpulkan bahwa evaluasi adalah suatu kegiatan yang dilakukan oleh pengajar atau seseorang untuk mendapatkan atau melihat sejauh manakan hasil pengajaran yang telah dilakukan kepada peserta didiknya.

## B. Pembelajaran

Menurut Arikunto (1993, p. 12), pembelajaran adalah suatu kegiatan yang mengandung terjadinya proses penguasaan pengetahuan, keterampilan dan sikap oleh subjek yang sedang belajar. Pendapat lain dari Dimiyati dan Mudjiyono (2006, p. 17) berpendapat bahwa pembelajaran adalah kegiatan guru secara terprogram dalam desain instruksional untuk membuat siswa belajar aktif, yang menekankan pada penyediaan sumber belajar. Kemudian menurut Mukhlas Sumarni (2012) belajar atau pembelajaran adalah suatu proses untuk memperoleh pengetahuan, meningkatkan keterampilan, memperbaiki perilaku, sikap dan mengokohkan kepribadian. Dalam konteks menjadi tahu atau proses memperoleh pengetahuan, (*knowledge*), atau *a body of knowledge*. Definisi ini merupakan definisi umum sains secara konvensional, dan beranggapan bahwa pengetahuan sudah terserak di alam, tinggal bagaimana siswa atau pembelajar bereksplorasi, menggali dan menemukan kemudian memungutnya, untuk memperoleh pengetahuan

Dari beberapa pendapat di atas maka dapat disimpulkan bahwa belajar dan pembelajaran adalah suatu aktivitas yang dilakukan antara peserta didik dan pendidik (pengajar) untuk memperoleh pengetahuan dan menjadikan peserta didik memiliki sikap sesuai dengan pengajaran.

Dari pengertian evaluasi dan pembelajaran di atas maka dapat ditarik kesimpulan bahwa evaluasi pembelajaran adalah suatu kegiatan yang dilakukan oleh guru kepada siswa untuk mengetahui sejauh mana hasil dari pembelajaran yang telah dilakukan sebelumnya.

### 2.1.2. Tujuan dan Fungsi Evaluasi Pembelajaran

#### A. Tujuan Evaluasi Pembelajaran

Dalam setiap kegiatan evaluasi, langkah pertama yang harus diperhatikan adalah tujuan evaluasi. Penentuan tujuan evaluasi sangat bergantung pada jenis evaluasi yang digunakan. Menurut Swearingen (2006) tujuan penilaian (evaluasi) adalah untuk membantu belajar peserta didik, menilai efektivitas strategi pembelajaran, menilai dan meningkatkan efektivitas program kurikulum, menilai dan meningkatkan efektivitas pembelajaran,



menyediakan data yang membantu dalam membuat keputusan, komunikasi dan melibatkan orang tua peserta didik.

Menurut Anas Sudijono (2012, p. 16) tujuan evaluasi ada yang bersifat umum dan ada yang bersifat khusus.

#### 1. Tujuan Umum

- a. Untuk menghimpun bahan-bahan keterangan yang akan dijadikan sebagai bukti mengenai taraf perkembangan atau taraf kemajuan yang dialami oleh para peserta didik, setelah mereka mengikuti proses pembelajaran dalam jangka waktu tertentu.
- b. Untuk mengetahui tingkat efektivitas dari metode-metode pengajaran yang telah dipergunakan dalam proses pembelajaran selama jangka waktu tertentu.

#### 2. Tujuan Khusus

- a. Untuk merangsang kegiatan peserta didik dalam menempuh program pendidikan. Tanpa adanya evaluasi maka tidak mungkin timbul kegairahan atau rangsangan pada diri peserta didik untuk memperbaiki dan meningkatkan prestasinya masing masing.
- b. Untuk mencari dan menemukan faktor-faktor penyebab keberhasilan dan ketidakberhasilan peserta didik dalam mengikuti program pendidikan, sehingga dapat dicari dan ditemukan jalan keluar atau cara-cara perbaikannya.

#### B. Fungsi Evaluasi Pembelajaran

Menurut Zainal Arifin (2012) fungsi evaluasi memang cukup luas, bergantung dari sudut mana kita melihatnya. Bila dilihat secara menyeluruh, fungsi evaluasi adalah sebagai berikut:

1. Secara psikologis, peserta didik selalu butuh untuk mengetahui sejauh mana kegiatan yang telah dilakukan sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai.
2. Secara sosiologi, evaluasi berfungsi untuk mengetahui apakah peserta didik sudah cukup mampu untuk terjun ke masyarakat. Mampu dalam arti

bahwa peserta didik dapat berkomunikasi dan beradaptasi terhadap seluruh lapisan masyarakat dengan segala karakteristiknya.

3. Secara didaktis-metodis, evaluasi berfungsi untuk membantu guru dalam menempatkan peserta didik pada kelompok tertentu sesuai dengan kemampuan dan kecakapannya masing-masing serta membantu guru dalam usaha memperbaiki proses pembelajarannya.
4. Evaluasi berfungsi untuk mengetahui kedudukan peserta didik dalam kelompok, apakah dia termasuk anak yang pandai, sedang atau kurang pandai. Hal ini berhubungan dengan sikap dan tanggungjawab orangtua sebagai pendidik pertama dan utama di lingkungan keluarga.
5. Evaluasi berfungsi untuk mengetahui taraf kesiapan peserta didik dalam menempuh program pendidikannya.
6. Evaluasi berfungsi membantu guru dalam memberikan bimbingan dan seleksi, baik dalam rangka menentukan jenis pendidikan, jurusan, maupun kenaikan kelas.
7. Secara administratif, evaluasi berfungsi untuk memberikan laporan tentang kemajuan peserta didik kepada orangtua, pejabat pemerintah yang berwenang, kepada sekolah, guru-guru, dan peserta didik itu sendiri. Hasil evaluasi dapat memberikan gambaran secara umum tentang semua hasil usaha yang dilakukan oleh institusi pendidikan.

### **2.1.3. Jenis-Jenis Evaluasi Pembelajaran**

Dilihat dari pengertian, tujuan, fungsi, ruang lingkup, dan sistem pembelajaran, maka pada hakikatnya pembelajaran adalah suatu program. Artinya evaluasi yang digunakan dalam pembelajaran adalah evaluasi program, bukan penilaian hasil belajar (Arifin, 2012). Sebagai suatu program, evaluasi pembelajaran dibagi menjadi lima jenis, yaitu:

1. Evaluasi perencanaan dan pengembangan  
Hasil evaluasi ini sangat diperlukan untuk mendesain program pembelajaran. Sasaran utamanya adalah memberikan bantuan tahap awal dalam penyusunan program pembelajaran.

## 2. Evaluasi monitoring

Evaluasi ini dimaksudkan untuk memeriksa apakah program pembelajaran mencapai sasaran secara efektif dan apakah program pembelajaran terlaksana sebagaimana mestinya.

## 3. Evaluasi dampak

Evaluasi ini dimaksudkan untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan oleh suatu program pembelajaran. Dampak ini dapat diukur berdasarkan kriteria keberhasilan sebagai indikator ketercapaian tujuan program pembelajaran.

## 4. Evaluasi efisiensi-ekonomis

Evaluasi ini dimaksudkan untuk menilai tingkat efisiensi pelaksanaan program pembelajaran.

## 5. Evaluasi program komprehensif

Evaluasi ini dimaksudkan untuk menilai program pembelajaran secara menyeluruh, seperti perencanaan program, pelaksanaan program, monitoring pelaksanaan, dampak program, tingkat keefektifan dan efisiensi. Dalam model evaluasi dikenal dengan *educational system evaluation model*.

### 2.1.4. Teknik Tes Sebagai Instrumen Evaluasi Pembelajaran

#### A. Pengertian Tes

Secara harfiah, kata tes berasal dari bahasa Perancis Kuno: *testum* dengan arti: “piring untuk menyisihkan logam-logam mulia” (maksudnya dengan menggunakan alat berupa piring itu akan dapat diperoleh jenis-jenis logam mulia yang sangat tinggi) dalam bahasa Inggris ditulis dengan *test* yang dalam bahasa Indonesia diterjemahkan dengan “tes”, “ujian”, atau “percobaan”. (Suyono & Hariyanto, 2011). Sedangkan dari segi istilah menurut Anne Anastasia dalam karya tulisnya yang berjudul *Psychological Testing*, yang dimaksud dengan tes adalah alat pengukur yang mempunyai standar yang obyektif sehingga dapat digunakan secara meluas, serta dapat betul-betul digunakan untuk mengukur dan membandingkan keadaan psikis atau tingkah laku individu.

## B. Fungsi Tes

Secara umum, ada dua macam fungsi yang dimiliki oleh tes, yaitu:

- a. Sebagai alat pengukur terhadap peserta didik. Dalam hubungan ini tes berfungsi mengukur tingkat perkembangan atau kemajuan yang telah dicapai oleh peserta didik setelah mereka menempuh proses belajar mengajar dalam jangka waktu tertentu.
- b. Sebagai pengukur keberhasilan program pengajaran, sebab melalui tes tersebut akan dapat diketahui sudah seberapa jauh program pengajaran yang telah ditentukan, telah dapat dicapai.

## C. Penggolongan Tes

Menurut Anas Sudijono (2012) tes digolongkan ke dalam beberapa golongan. diantaranya:

1. Penggolongan tes berdasarkan fungsinya, diantaranya ada tes seleksi, tes awal, tes akhir, tes diagnostik, tes formatif, dan tes sumatif.
  - a. Tes seleksi, tes yang dilaksanakan dalam rangka penerimaan calon siswa baru, dimana hasil tes digunakan untuk memilih calon peserta didik yang tergolong palong baik dari sekian banyak calon yang paling banyak mengikuti tes.
  - b. Tes awal, tes yang dikenal dengan *pre-test*. Tes jenis ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana materi atau bahan pelajaran yang akan diajarkan telah dapat dikuasai oleh para peserta didik.
  - c. Tes akhir, tes yang dikenal dengan istilah *post-test*. Tes akhir dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui apakah semua materi pelajaran yang tergolong penting sudah dapat dikuasai dengan sebaik-baiknya oleh peserta didik.
  - d. Tes diagnostik, adalah tes yang dilaksanakan untuk menentukan secara tepat, jenis kesukaran yang dihadapi oleh para peserta didik dalam suatu matapelajaran tertentu.
  - e. Tes formatif, adalah tes hasil belajar yang bertujuan untuk mengetahui, sudah sejauh manakah peserta didik “telah terbentuk”

(sesuai dengan tujuan pengajaran yang telah ditentukan) setelah mereka mengikuti proses pembelajaran dalam jangka waktu tertentu.

f. Tes Sumatif, adalah tes yang diberikan dengan maksud untuk mengetahui penguasaan atau pencapaian peserta didik dalam bidang tertentu. Tes sumatif dilaksanakan pada tengah atau akhir semester.

Pada penelitian ini, penulis hanya berfokus pada evaluasi atau tes sumatif dan formatif saja.

2. Penggolongan tes berdasarkan aspek psikis, dibagi menjadi lima golongan. Yaitu, tes intelegensi, tes kemampuan, tes sikap, tes kepribadian, dan tes hasil belajar.
3. Penggolongan tes berdasarkan banyak orang yang mengikuti, terdiri dari tes individual (perorangan) dan tes kelompok (bersama).
4. Penggolongan tes dari segi waktu, yang terdiri dari *speed test* (tes dibatasi waktu), dan *power test* (tes tidak dibatasi dengan waktu).
5. Penggolongan tes dari segi bentuk responnya, terdiri dari *verbal test* dan *nonverbal test*.
6. Terakhir adalah penggolongan tes ditinjau dari segi cara mengajukan pertanyaan dan cara memberikan jawaban, tes dibagi menjadi dua golongan yaitu:
  - a. Tes tertulis, yakni jenis tes di mana tester dalam mengajukan butir-butir pertanyaan atau soalnya dilakukan secara tertulis dan testee memberikan jawaban juga secara tertulis.
  - b. Tes Lisan, yakni jenis tes di mana tester dalam mengajukan butir-butir pertanyaan atau soalnya dilakukan secara lisan (ucapan) dan testee memberikan jawaban juga secara lisan (ucapan).

#### D. Pengembangan Jenis Bentuk Tes Tulisan

Pengembangan jenis bentuk tes tulisan dibagi menjadi dua, yaitu pengembangan tes bentuk uraian dan bentuk objektif:

##### 1. Pengembangan tes bentuk uraian

Menurut sejarah, yang ada lebih dahulu adalah bentuk uraian. Mengingat bentuk uraian ini banyak kelemahannya, maka para pakar pendidikan, kurikulum dan psikologi berusaha untuk menyusun tes

dalam bentuk yang lain, yaitu tes objektif (Arifin, 2012). Sebagaimana yang dikemukakan oleh Wrightstone (1956) bahwa tes uraian merupakan tes andalan guru yang digunakan untuk pendekatan dengan siswa. Menurut Gronlund (1977) tes uraian merupakan tes yang tertua, namun bentuk ini masih digunakan secara luas di Amerika Serikat hingga kini, bahkan merupakan bentuk soal yang juga masih digunakan secara luas di bagian-bagian dunia lainya.

Meskipun demikian, tidak berarti bentuk uraian ditinggalkan sama sekali. Bentuk uraian dapat digunakan untuk mengukur kegiatan-kegiatan belajar yang sulit diukur oleh bentuk objektif. Dilihat dari luas sempitnya materi yang ditanyakan, maka tes bentuk uraian dapat dibagi menjadi dua bentuk, yaitu uraian terbatas (*restricted respons items*) dan uraian bebas (*extended respons items*).

#### 1. Uraian terbatas

Dalam menjawab soal bentuk uraian terbatas ini, peserta didik harus mengemukakan hal-hal tertentu sebagai batas-batasnya. Walaupun kalimat jawaban peserta didik itu beraneka ragam, tetap harus ada pokok-pokok penting yang terdapat dalam sistematika jawabannya sesuai dengan batas-batas yang telah ditentukan dan dikehendaki dalam soalnya.

Contoh:

- a. Jelaskan bagaimana prosedur operasional sebuah pesawat komputer:
- b. Sebutkan lima komponen dalam sistem komputer!

#### 2. Uraian bebas

Dalam bentuk ini peserta didik bebas untuk menjawab soal dengan cara dan sistematika sendiri. Peserta didik bebas mengemukakan pendapat sesuai dengan kemampuannya. Oleh karena itu, setiap peserta didik mempunyai acuan atau patokan dalam mengoreksi jawaban peserta didik nanti

- a. Bagaimana perkembangan komputer di Indonesia, jelaskan dengan singkat!

b. Bagaimana peranan komputer dalam pendidikan?

2. Pengembangan tes bentuk objektif

Tes objektif sering disebut tes dikotomi (*dichotomously scored item*) karena jawabannya benar atau salah dan skornya antara 1 atau 0. Disebut tes objektif karena penilaiannya objektif. Dilihat dari sistem penskorannya, tes objektif akan menghasilkan skor yang sama. Sebagaimana nama yang digunakannya, soal objektif adalah soal yang tingkat kebenarannya objektif. Oleh karenanya, tes objektif adalah tes yang dalam pemeriksaannya dapat dilakukan secara objektif (Arikunto, 1993, p. 165) Tes ini dibagi ke dalam beberapa bentuk, yaitu

a. Benar-Salah (*True-False, or Yes-No*)

Bentuk tes benar-salah (B – S) adalah pernyataan yang mengandung yang mengandung dua kemungkinan jawaban, yaitu benar atau salah. Peserta didik diminta untuk menentukan pilihannya mengenai pertanyaan-pernyataan atau pernyataan-pernyataan dengan cara seperti yang diminta dalam petunjuk pengerjaan soal

Contoh:

B – S : Menyimpan buku kerja ke dalam *file Excel* dilakukan dengan menjalankan *Save*

B – S : Tombol *Tab* digunakan untuk memindahkan sel yang aktif ke baris berikutnya

Kemudia Surapranata (2004) menjelaskan “soal semacam ini biasanya mengandung dua hal benar dalam satu pernyataan ataupun pertanyaan dan peserta didik diminta untuk memutuskan benar-salahnya hubungan antara dua hal tersebut”.

Contoh:

B – S : Nikmat yang diberikan Allah wajib disyukuri SEBAB nikmat Allah tak sama untuk setiap orang.

B – S : Sholat rawatib dilaksanakan dua rakaat SEBAB sholat rawatib merupakan sholat sunat.

b. Pilihan-Ganda (PG)

Soal tes bentuk pilihan ganda dapat digunakan untuk mengukur hasil belajar yang lebih kompleks dan berkenaan dengan aspek ingatan, pengertian, aplikasi, analisis, sintesis, dan evaluasi (Arifin, 2012). Tes pilihan ganda adalah butir soal atau tugas yang jawabannya dipilih dari alternatif yang lebih dari dua. Alternatif jawaban kebanyakan berkisar antara 4 (empat) dan 5 (lima). Menurut Niko (2007) tujuan dasar dari tugas penilaian, soal pilihan ganda adalah untuk mengidentifikasi siswa yang telah mencapai tingkat (atau diperlukan) pengetahuan (keterampilan, kemampuan, atau kinerja) cukup dari target pembelajaran yang dinilai. Pilihan ganda terdiri atas dua bagian, yang pertama disebut dengan *stem* (pertanyaan atau pernyataan) dan yang kedua adalah *options* (alternatif jawaban).

Ada beberapa bentuk soal pilihan ganda:

1. *Distracters*, yaitu setiap pertanyaan atau pernyataan mempunyai beberapa pilihan jawaban yang salah, tetapi disediakan satu pilihan jawaban yang benar. Contoh:

Berbagai komponen yang saling berhubungan dan saling memengaruhi disebut . . . .

- a. Program
- b. Sistem
- c. Data
- d. Central Processing Unit
- e. Operation

2. Analisis hubungan antara hal; yaitu bentuk soal yang dapat digunakan untuk melihat kemampuan peserta didik dalam menganalisis hubungan antara pernyataan dan alasan (sebab-akibat). Contoh:

Pilihan Jawaban:

- a. Jika pernyataan benar, alasan benar, dan alasan merupakan sebab dari pernyataan.
- b. Jika pernyataan benar, alasan benar, tetapi alasan bukan merupakan sebab dari pernyataan.



- c. Jika pernyataan benar, tetapi alasan salah.
- d. Jika pernyataan salah, tetapi alasan benar.
- e. Jika pernyataan salah, dan alasan benar.

Soal:

Presiden Republik Indonesia tinggal di Jakarta SEBAB Jakarta merupakan ibu kota Republik Indonesia.

3. Variasi negatif, yaitu setiap pertanyaan atau pernyataan mempunyai beberapa pilihan jawaban yang benar, tetapi disediakan satu kemungkinan jawaban yang salah. Tugas peserta didik adalah memilih pernyataan yang salah tersebut. Contoh:  
Berikut ini merupakan gerakan dasar *mouse*, kecuali. . . .
  - a. Menunjuk
  - b. Mengklik
  - c. Menghapus
  - d. Menggeser
4. Variasi berganda, yaitu memilih beberapa kemungkinan jawaban yang semuanya benar, tetapi jawaban yang paling benar. Tugas peserta didik adalah memilih jawaban yang paling benar. Contoh:  
Peserta didik hendaknya menghormati. . .
  - a. Sesama teman
  - b. Guru-gurunya
  - c. Orang tuanya
  - d. Teman, guru, dan orang tuanya
5. Variasi yang tidak lengkap, yaitu pertanyaan atau pernyataan yang memiliki beberapa kemungkinan jawaban yang belum lengkap. Tugas peserta didik adalah mencari satu kemungkinan jawaban yang benar. Contoh:  
Surat Al-Fatihah disebut juga *sab'ul matsani*. Artinya. . . .
  - a. 5 ayat yang dibaca . . . . .
  - b. 6 ayat yang dibaca . . . . .
  - c. 7 ayat yang dibaca . . . . .
  - d. 8 ayat yang dibaca . . . . .

c. Menjodohkan (*matching*)

Soal tes menjodohkan sebenarnya masih merupakan bentuk pilihan ganda. Perbedaannya dengan bentuk pilihan-ganda adalah pilihan-ganda terdiri atas *stem* dan *option*, kemudian peserta didik tinggal memilih salah satu dari *option* yang benar sedangkan soal menjodohkan terdiri dari kumpulan soal dan jawaban yang terpisah pada kolom yang berbeda, kemudian soal dan jawaban tersebut harus dicocokkan sesuai dengan hubungan yang tepat (Arifin, 2012).

Contoh:

Pengertian:	Istilah
Untuk membaca dan meulis program . . . . .	1. Flashdisk
Alat pemantau . . . . .	2. ALU
Papan ketik . . . . .	3. Disk Drive
Alat pencetak data/program . . .	4. Monitor
Alat penyimpan data. . . . .	5. Printer
	6. Keyboard

d. Jawaban singkat (*short answer*) dan melengkapi (*completion*)

Kedua bentuk tes ini masing masing menghendaki jawaban dengan kalimat dan atau angka-angka yang hanya dapat dinilai benar atau salah. Soal tes bentuk jawaban singkat biasanya dikemukakan dalam bentuk pertanyaan. Dengan kata lain, soal tersebut berupa suatu kalimat yang dapat dijawab dengan singkat, berupa kata, frase, nama, tempat, nama tokoh, lambing, dan lain lain (Arifin, 2012). Contoh:

- Siapa nama pencipta komputer yang pertama?
- Siapa nama penemu pesawat telepon?
- Apa nama papan ketik dalam komputer?
- Apa nama alat pemantau dalam komputer?

## 2.2. Taksonomi Bloom

Taksonomi berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani yaitu *tasseion* yang berarti mengklasifikasi dan *nomos* yang berarti aturan. Jadi taksonomi berarti hierarki klasifikasi atas prinsip dasar atau aturan. Istilah ini kemudian digunakan oleh Benjamin Samuel Bloom, seorang psikolog bidang pendidikan yang melakukan penelitian dan pengembangan mengenai kemampuan berpikir dalam proses pembelajaran. (Utari, 2010)

Sejarah taksonomi bloom bermula ketika awal tahun 1950-an, dalam Konferensi Asosiasi Psikolog Amerika, Bloom dan kawan-kawan mengemukakan bahwa dari evaluasi hasil belajar yang banyak disusun di sekolah, ternyata persentase terbanyak butir soal yang diajukan hanya meminta siswa untuk mengutarakan hapalan mereka. Konferensi tersebut merupakan lanjutan dari konferensi yang dilakukan pada tahun 1948. Menurut Bloom, hapalan sebenarnya merupakan tingkat terendah dalam kemampuan berpikir (*thinking behaviours*). Masih banyak level lain yang lebih tinggi yang harus dicapai agar proses pembelajaran dapat menghasilkan siswa yang kompeten di bidangnya. (Utari, 2010)

Akhirnya pada tahun 1956, Bloom, Englehart, Furst, Hill dan Krathwohl berhasil mengenalkan kerangka konsep kemampuan berpikir yang dinamakan *Taxonomy Bloom*. Jadi Taksonomi Bloom adalah struktur hierarki yang mengidentifikasikan *skills* mulai dari tingkat yang rendah hingga yang tinggi. Tentunya untuk mencapai tujuan yang lebih tinggi, level yang rendah harus dipenuhi terlebih dahulu. Dalam kerangka konsep ini, tujuan pendidikan ini oleh Bloom dibagi menjadi tiga domain/ranah kemampuan intelektual (*intellectual behaviours*) yaitu kognitif, afektif dan psikomotorik.

Ranah kognitif berisi perilaku yang menekankan aspek intelektual, seperti pengetahuan, dan keterampilan berpikir. Ranah afektif mencakup perilaku terkait dengan emosi, misalnya perasaan, nilai, minat, motivasi, dan sikap. Sedangkan ranah psikomotorik berisi perilaku yang menekankan fungsi manipulatif, dan keterampilan motorik/kemampuan fisik, berenang, dan mengoperasikan mesin. Ranah kognitif mengurutkan keahlian berpikir sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Proses berpikir menggambarkan tahap berpikir yang harus dikuasai

oleh siswa agar mampu mengaplikasikan teori ke dalam perbuatan. Ranah kognitif terdiri atas enam level, yaitu: (1) *Knowledge*(pengetahuan), (2)*comprehension*(pemahaman), (3) *application* (penerapan), (4) *analysis*(penjabaran), (5) *synthesis*(pemaduan), (6) *evaluation*(penilaian).

Level ranah ini dapat digambarkan pada piramida



**Gambar 2. 1 Level Ranah Kognitif Awal (Utari, 2010)**

Revisi Taksonomi Bloom, terjadi pada tahun 1994, salah seorang murid Bloom, Lorin Anderson Kratwohl dan para ahli psikologi aliran kognitivisme memperbaiki taksonomi bloom agar sesuai dengan kemajuan zaman, hasil perbaikan tersebut baru dipublikasikan pada tahun 2001 dengan nama Revisi Taksonomi Bloom. Revisi hanya dilakukan pada ranah kognitif. Revisi tersebut meliputi:

1. Perubahan kata kunci dari kata benda menjadi kata kerja untuk setiap level taksonomi.
2. Perubahan hampir terjadi pada semua level ma yaitu dari uhierarkis, namun urutan untuk setiap level masih terendah hingga tertinggi. Perubahan mendasar terletak pada level 5 dan 6. Perubahan-perubahan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:
  - a. Pada level 1, *knowledge* diubah menjadi *remembering* (mengingat)
  - b. Pada level 2, *comprehension* dipertegas menjadi *understanding* (memahami).
  - c. Pada level 3, *application* diubah menjadi *applying* (menerapkan).
  - d. Pada level 4, *analysis* menjadi *analyzing* (menganalisis).

- e. Pada level 5, *synthesis* dinaikkan levelnya menjadi level 6 tetapi dengan perubahan mendasar yaitu *creating* (mencipta).
- f. Pada level 6, *evaluation* turun posisinya menjadi 5, dengan sebuah *evaluating* (menilai).

Tabel 2.1 merupakan penjelasan dan pilihan kata kerja dari ke-enam level pada ranah kognitif:

**Tabel 2. 1 Revisi Taksonomi Bloom (Utari, 2010)**

REVISI RANAH KOGNITIF - PENGETAHUAN (KNOWLEDGE)			
No	Kategori	Penjelasan	Kata Kerja Kunci
1	Mengingat	Kemampuan menyebutkan kembali informasi / pengetahuan yang tersimpan dalam ingatan. Contoh: menyebutkan arti taksonomi	Mendefinisikan, menyusun daftar, menjelaskan, mengingat, mengenali, menemukan kembali, menyatakan, mengulang, mengurutkan, menamai, menempatkan, menyebutkan.
2	Memahami	Kemampuan memahami instruksi dan menegaskan pengertian/makna ide atau konsep yang telah diajarkan baik dalam bentuk lisan, tertulis, maupun grafik/diagram Contoh : Merangkum materi yang telah diajarkan dengan kata-kata sendiri	Menerangkan, menjelaskan, menterjemahkan, menguraikan, mengartikan, menyatakan kembali, menafsirkan, menginterpretasikan, mendiskusikan, menyeleksi, mendeteksi, melaporkan, menduga, mengelompokkan, memberi contoh, merangkum menganalogikan, mengubah, memperkirakan.
3	Menerapkan	Kemampuan melakukan sesuatu dan mengaplikasikan konsep dalam situasi tertentu. Contoh: Melakukan proses pembayaran gaji sesuai dengan sistem berlaku	Memilih, menerapkan, melaksanakan, mengubah, menggunakan, mendemonstrasikan, memodifikasi, menginterpretasikan, menunjukkan, membuktikan, menggambarkan, mengoperasikan, menjalankan memprogramkan, mempraktekkan, memulai.
4	Menganalisis	Kemampuan memisahkan konsep kedalam beberapa	Mengkaji ulang, membedakan,

Tabel 2. 1 Revisi Taksonomi Bloom (Utari, 2010)

REVISI RANAH KOGNITIF - PENGETAHUAN (KNOWLEDGE)			
No	Kategori	Penjelasan	Kata Kerja Kunci
		komponen dan menghubungkan satu sama lain untuk memperoleh pemahaman atas konsep tersebut secara utuh. Contoh: Menganalisis penyebab meningkatnya Harga pokok penjualan dalam laporan keuangan dengan memisahkan komponen- komponennya	membandingkan, mengkontraskan, memisahkan, menghubungkan, menunjukan hubungan antara variabel, memecah menjadi beberapa bagian, menyisihkan, menduga, mempertimbangkan, mempertentangkan, menata ulang, mencirikan, mengubah struktur, melakukan pengetesan , mengintegrasikan, mengorganisir, mengkerangkakan.
5	Mengevaluasi / Menilai	Kemampuan menetapkan derajat sesuatu berdasarkan norma, kriteria atau patokan tertentu Contoh: Membandingkan hasil ujian siswa dengan kunci jawaban.	Mengkaji ulang, mempertahankan, menyeleksi, mempertahankan, mengevaluasi, mendukung, menilai, menjustifikasi, mengecek, mengkritik, memprediksi, membenarkan, menyalahkan.
6	Mencipta	Kemampuan memadukan unsurunsur menjadi sesuatu bentuk baru yang utuh dan koheren, atau membuat sesuatu yang orisinal. Contoh: Membuat kurikulum dengan mengintegrasikan pendapat dan materi dari beberapa sumber	Merakit, merancang, menemukan, menciptakan, memperoleh, mengembangkan, memformulasikan, membangun, membentuk, melengkapi, membuat, menyempurnakan, melakukan inovasi, mendisain, menghasilkan karya.

### 2.3. Konsep *Generate* Soal Tes Evaluasi

*Generate* berasal dari bahasa Inggris yang artinya menghasilkan, jadi *generate* soal tes evaluasi adalah sesuatu yang dilakukan untuk mendapatkan soal-soal yang akan digunakan tes evaluasi.

## 2.4. *Machine Learning*

### 2.4.1. *Pengertian Machine Learning*

Menurut Nilson (1998) *machine learning* (ML) dibagi ke dalam dua kata yaitu *machine* dan *learning*. *Learning* atau belajar, merupakan berbagai proses yang dilakukan untuk memperoleh pengetahuan, atau pemahaman, atau keterampilan dengan belajar dari berbagai pengalaman. Sedangkan *machine* atau mesin adalah sebuah alat yang digunakan untuk memproses, memprogram, atau mengolah data yang berasal dari luar mesin, dan diharapkan alat tersebut dapat memiliki kinerja yang baik. *Machine learning* biasanya mengacu pada perubahan sistem yang akan melakukan tugas-tugas yang berhubungan dengan kecerdasan buatan (AI) seperti kontrol robot, diagnosis, perencanaan, prediksi dan yang lainnya.

Untuk bisa mengaplikasikan teknik-teknik *machine learning* maka hal yang pertama harus ada adalah data. Tanpa data maka algoritma *machine learning* tidak dapat bekerja. Data yang dimiliki biasanya dibagi menjadi 2, yaitu data latih (data *training*) dan data uji (data *testing*). Data latih digunakan untuk melatih algoritma, sedangkan data uji dipakai untuk mengetahui performa algoritma yang sudah dilatih sebelumnya ketika menemukan data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya. Ini biasanya disebut dengan generalisasi. Hasil dari pelatihan tersebut bisa disebut dengan model.

### 2.4.2. *Tipe Pembelajaran Pada Machine Learning*

Tipe pembelajaran pada *machine learning* menurut Nilson (1998) ada dua, yaitu *supervised learning* dan *unsupervised learning*.

#### 1. *Supervised Learning*

*Supervised learning* merupakan algoritma yang belajar berdasarkan sekumpulan contoh pasangan masukan-keluaran yang diinginkan dalam jumlah yang cukup besar. Algoritma ini mengamati contoh-contoh tersebut dan kemudian menghasilkan sebuah model yang mampu memetakan masukan yang baru menjadi keluaran yang tepat. Misalnya pengelompokan (klasifikasi).

## 2. *Unsupervised Learning*

Algoritma *unsupervised learning* mempunyai tujuan untuk mempelajari dan mencari pola=pola menarik pada masukan yang diberikan. Meskipun tidak disediakan kealuaran yang tepat secara eksplisit. Salah satu algoritmanya yang paling umum digunakan adalah *clustering*

## 3. *Semi Supervised Learning*

Algoritma *semi unsupervised learning* ini menggabungkan kedua tipe algoritma di atas, di mana diberikan contoh masukan-keluaran yang dapat dalam jumlah sedikit dan sekumpulan masukan yang keluarannya belum diketahui. Algoritma ini harus membuat sebuah rangkaian kesatuan antara dua tipe algoritma di atas untuk dapat menutupi kelemahan pada masing-masing algoritma.

## 4. *Reinforcement Learning*

Algoritma *unsupervised learning* mempunyai tujuan untuk mempelajari dan mencari pola=pola menarik pada masukan yang diberikan. Meskipun tidak disediakan kealuaran yang tepat secara eksplisit. Salah satu algoritmanya yang paling umum digunakan adalah *clustering*

## 2.5. *Clustering*

*Clustering* adalah sebuah teknik yang dilakukan untuk mengelompokkan benda-benda, atau objek yang memiliki karakteristik yang mirip dan berbeda dengan objek milik *cluster* lain. (Bramer, 2007). *Clustering* berlaku bila tidak ada kelas untuk diprediksi, melainkan ketika kasus harus dibagi ke dalam kelompok-kelompok (Witten & Frank, 2005). Menurut Jiawei Han (2011) yang dimaksud karakteristik yang sama adalah kesamaan berdasarkan fungsinya. *Clustering* ini telah digunakan untuk berbagai bidang, dan memiliki berbagai manfaat seperti berikut:

1. Di dalam bidang ekonomi kita dapat mengelompokkan negara-negara dengan tingkat ekonomi yang sama.
2. Di dalam bidang keuangan kita dapat menemukan kelompok perusahaan yang memiliki kinerja keuangan yang sama.



3. Di dalam bidang marketing kita dapat menemukan kelompok pelanggan dengan kesamaan pembelian.
4. Dalam bidang kesehatan kita dapat menemukan kelompok pasien yang memiliki gejala penyakit yang sama.
5. Di dalam pengambilan dokumen kita dapat menemukan kelompok dokumen dengan konten yang terkait.

Menurut Edi Satriyanto ada empat metode *clustering*, yaitu:

1. Berbasis metode Statistik
  - a. *Hierarchical clustering method*: pada kasus untuk jumlah kelompok belum ditentukan terlebih dulu, contoh data-data hasil survey kuisioner. Contoh metode yang digunakan yaitu *single linkage*, *complete linkage*, *average linkage*.
  - b. *Non hirarchical clustering method*: jumlah kelompok telah ditentukan terlebih dahulu. Contoh metode yang digunakan yaitu K-Means.
2. Berbasis Fuzzy, contoh metode berbasis fuzzy adalah metode *fuzzy c-means*.
3. Berbasis *Neural Network*, contoh jenis ini yaitu *kohonen SOM*, *LVQ*
4. Metode lain untuk optimasi *centroid* atau lebar cluster yaitu Algoritma Genetik.

## 2.6. Uji Purity

Menurut Manning, Raghavan, dan Schütze (2009), purity adalah salah satu teknik untuk mengukur kualitas *clustering* berbasis *external criterion*. *Eksternal criterion* adalah metode untuk mengevaluasi seberapa baik hasil *clustering* dengan menggunakan sekumpulan kelas acuan (*standart cluster*) sebagai wakil penilaian pengguna, di mana kelas acuan ini diperoleh dari hasil penilaian manusia. Evaluasi ini tidak menggunakan label kelas pada kelas acuan, tetapi hanya menggunakan hasil partisi pada kelas acuan.

Untuk mendapatkan nilai *purity* dapat dilihat dalam persamaan berikut.

$$purity(\Omega, \mathbb{C}) = \frac{1}{N} \sum_k \max_j |\omega_k \cap C_j|$$

Di mana:

$\Omega = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_k\}$  adalah kumpulan *cluster*

$C = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_j\}$ , adalah kumpulan kelas acuan

$W_k$  = kumpulan objek pada *cluster*  $W_k$

$C_j$ , = kumpulan objek pada kumpulan kelas acuan  $c_j$

Jika nilai *purity* mendekati angka 1, menunjukkan bahwa *clustering* memberikan hasil yang semakin baik. Sedangkan jika nilai *purity* semakin mendekati 0, maka *clustering* memberikan hasil yang semakin buruk.

## 2.7. Uji Statistik Anova

Analisis of variance atau ANOVA merupakan salah satu teknik analisis multivariate yang berfungsi untuk membedakan rerata lebih dari dua kelompok data dengan cara membandingkan variansinya. Analisis varian termasuk dalam kategori statistik parametric. Sebagai alat statistika parametric, maka untuk dapat menggunakan rumus ANOVA harus terlebih dahulu perlu dilakukan uji asumsi meliputi normalitas, heterokedastisitas dan random sampling (Ghozali, 2009).

Analisis varian dapat dilakukan untuk menganalisis data yang berasal dari berbagai macam jenis dan desain penelitian. Analisis varian banyak dipergunakan pada penelitian-penelitian yang banyak melibatkan pengujian komparatif yaitu menguji variabel terikat dengan cara membandingkannya pada kelompok2 sampel independen yang diamati. Analisis varian saat ini banyak digunakan dalam penelitian survey dan penelitian eksperimen.

One-way anova dilakukan untuk menguji perbedaan tiga kelompok atau lebih berdasarkan satu variabel independen.

## 2.8. Fuzzy C-Means

### 2.8.1. Pengertian Algoritma Fuzzy C-Means

Pada proses pengklasteran (*clustering*) secara klasik (misalnya pada algoritma Clustering K-Means), pembentukan partisi dilakukan sedemikian rupa sehingga setiap obyek berada tepat pada satu partisi. Namun, adakalanya

tidak dapat menempatkan suatu obyek tepat pada suatu partisi, karena sebenarnya obyek tersebut terletak di antara 2 atau lebih partisi yang lain. Pada logika fuzzy, metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengelompokan sejumlah data dikenal dengan nama fuzzy clustering. Fuzzy Clustering lebih alami jika dibandingkan dengan pengklasteran secara klasik. Suatu algoritma clustering dikatakan sebagai fuzzy clustering jika algoritma tersebut menggunakan parameter strategi adaptasi secara *soft competitive*. Sebagian besar algoritma fuzzy clustering didasarkan atas optimasi fungsi obyektif atau modifikasi dari fungsi obyektif tersebut (Kusumadewi & Hartati, 2010).

Salah satu teknik fuzzy clustering adalah Fuzzy C-Means (FCM). FCM adalah suatu teknik pengklasteran data yang keberadaan tiap-tiap data dalam suatu cluster ditentukan oleh nilai/derajat keanggotaan tertentu. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. Berbeda dengan teknik pengklasteran secara klasik (dimana suatu obyek hanya akan menjadi anggota suatu klaster tertentu), dalam FCM setiap data bisa menjadi anggota dari beberapa cluster. Batas-batas cluster dalam FCM adalah lunak (*soft*). FCM adalah suatu teknik peng-*cluster*-an data yang keberadaan tiap-tiap titik data suatu cluster ditentukan oleh nilai keanggotaan. Nilai keanggotaan tersebut akan mencakup bilangan real pada interval 0-1 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 terlihat bahwa pusat cluster akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimasi fungsi obyektif (Kusumadewi & Hartati, 2010).

### **2.8.2. Tahapan Algoritma Fuzzy C-Means**

Menurut Kusumadewi dan Purnomo dalam (Bahar, 2011), ada 7 tahapan untuk menghitung hasil clustering menggunakan algoritma *fuzzy c-means*. Berikut tahapan algoritma *fuzzy c-means*:

1. Menentukan berapa banyak data yang akan *dicluster* ( $x$ ), berupa ukuran matrix berukuran  $n$  dikali  $m$  di mana  $n$  sama dengan jumlah sampel data, dan  $m$  adalah jumlah atribut setiap data.  $X_{ij}$  sama dengan data sampel ke- $i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ), atribut ke- $j$  ( $j=1,2,\dots,m$ ).
2. Menentukan :
  - Jumlah *cluster*  $= c$
  - Pangkat  $= w$
  - Maximum Iterasi  $= \text{MaxIter}$
  - Error terkecil yang diharapkan  $= \xi$
  - Fungsi objektif awal  $= P_0 = 0$
  - Iterasi awal  $= 1$
3. Membangkitkan bilangan random  $\mu_{ik} = 1,2,3,\dots,n$ ;  $k = 1,2,3,\dots,c$ ; sebagai elemen-elemen matriks partisi awal  $U$ .

Menghitung jumlah setiap kolom

$$Q_i = \sum_{k=1}^c \mu_{ik} \dots \dots \dots (2.1)$$

4. Menghitung pusat *cluster* ke- $k$ :  $V_{kj}$ , dengan  $k=1,2,\dots,c$ ; dan  $j=1,2,\dots,m$

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^2 * X_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^2} \dots \dots \dots (2.2)$$

5. Menghitung fungsi objektif pada iterasi ke- $t$ :

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left( \left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right) \dots \dots \dots (2.3)$$

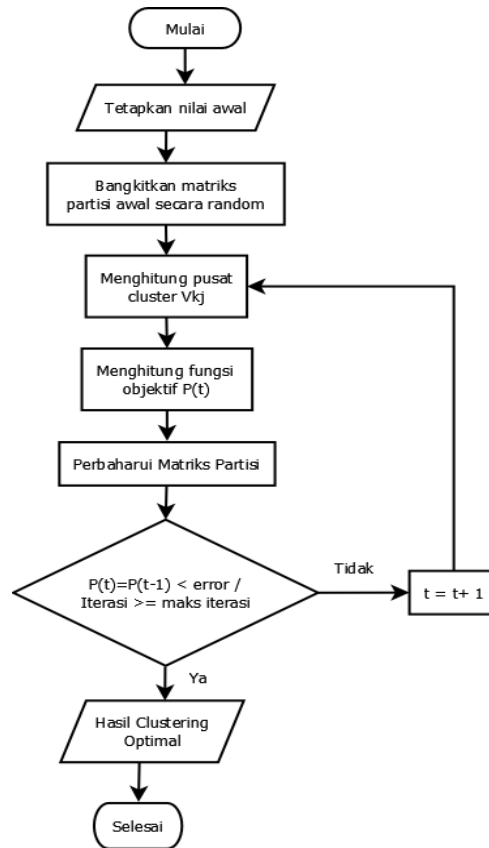
6. Menghitung perubahan matriks partisi :

$$\mu_{ik} = \frac{\left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c \left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan:  $i=1,2,\dots,n$ ; dan  $k=1,2,\dots,c$

7. Memeriksa kondisi berhenti :
  - Jika :  $(|P_t - P_{t-1}| < \xi)$  atau  $(t > \text{MaxIter})$  maka berhenti
  - Jika tidak:  $t=t+1$ , mengulang langkah ke 4.

*Flowchart* dari algoritma *fuzzy c-means* dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Flowchart Fuzzy C-Means

### 2.8.3. Contoh Kasus dan Perhitungan *Fuzzy C-Means*

Misalkan pada suatu pemerintahan daerah di suatu kabupaten mendata 30 industri kecil di lingkungannya berdasarkan modal awal yang mereka miliki, rata-rata penjual per bulan dan rata rata setiap bulan. Berikut data lengkapnya (Kusumadewi & Purnomo, 2010) :

Tabel 2. 2 Data Industri Kecil

No	Modal Awal (Rp)	Rata-rata Penjualan per Bulan (Rp)	Lama Beroperasi (Bulan)	Rata-rata Laba per Bulan (Rp)
1	15.000.000	25.000.000	42	5.000.000
2	20.000.000	26.420.000	72	5.230.000
3	17.820.000	22.025.000	35	5.200.000
4	16.205.000	18.500.000	12	4.250.000
5	8.000.000	15.200.000	5	3.500.000
6	14.260.000	19.640.000	15	4.023.000
7	7.025.000	15.230.000	19	5.000.000
8	25.032.000	34.000.000	28	8.000.000
9	24.320.000	35.100.000	39	12.500.000
10	25.602.000	38.200.000	43	13.250.000

Tabel 2. 2 Data Industri Kecil

No	Modal Awal (Rp)	Rata-rata Penjualan per Bulan (Rp)	Lama Beroperasi (Bulan)	Rata-rata Laba per Bulan (Rp)
11	19.872.000	28.000.000	27	10.500.000
12	19.000.000	25.000.200	41	6.350.000
13	16.540.200	30.000.200	29	7.525.000
14	28.920.000	41.000.000	58	15.620.000
15	15.870.200	26.750.000	19	4.025.000
16	26.840.320	39.000.200	47	13.025.000
17	24.601.200	38.450.000	64	11.000.250
18	21.650.000	37.525.000	60	9.850.000
19	18.602.000	30.500.000	74	11.230.000
20	35.024.000	52.000.000	73	18.230.000
21	39.024.300	52.050.000	26	15.725.000
22	27.500.000	36.500.000	6	10.560.000
23	32.500.500	45.600.000	10	16.583.000
24	27.963.000	40.250.000	38	13.670.000
25	37.250.020	51.000.000	68	18.530.000
26	16.523.000	26.750.000	9	8.500.000
27	25.690.000	39.565.000	48	15.250.000
28	34.500.000	51.065.000	37	21.500.000
29	9.850.000	1.350.000	13	2.000.000
30	16.950.000	24.580.000	18	4.500.000

Untuk memberikan pengarahannya lebih insentif ke setiap industri kecil, pemerintah kabupaten tersebut membagi industri-industri ini menjadi beberapa kelompok, di mana setiap kelompok terdiri atas industri-industri dengan latar belakang modal, rata-rata penjualan dan rata-rata laba yang senada.

Apabila diinginkan industri-industri tersebut terbagi dalam lima kelompok, maka dengan menggunakan algoritma *fuzzy c-means clustering* dapat ditetapkan nilai awal sebagai berikut:

1. Jumlah *cluster* ( $c$ ) = 5
2. Pangkat ( $w$ ) = 2
3. Maksimum iterasi (MaxIter) = 100
4. *Error* terkecil yang diharapkan ( $\xi$ ) = 0.000001
5. Fungsi objektif awal ( $P_0$ ) = 0
6. Iterasi awal ( $t$ ) = 1

Misalnya matriks partisi awal U yang terbentuk secara random seperti pada tabel 2.3.

**Tabel 2. 3 Matriks Partisi Awal**

U =	0,198	0,302	0,144	0,329	0,027
	0,153	0,188	0,258	0,201	0,199
	0,149	0,219	0,277	0,029	0,326
	0,290	0,191	0,080	0,277	0,163
	0,267	0,154	0,351	0,026	0,202
	0,132	0,387	0,151	0,306	0,024
	0,144	0,202	0,176	0,228	0,250
	0,034	0,266	0,224	0,235	0,242
	0,290	0,087	0,118	0,271	0,233
	0,046	0,068	0,208	0,314	0,364
	0,312	0,205	0,113	0,164	0,205
	0,063	0,323	0,372	0,232	0,011
	0,308	0,231	0,266	0,035	0,161
	0,141	0,062	0,313	0,315	0,169
	0,300	0,046	0,273	0,241	0,139
	0,221	0,338	0,228	0,088	0,125
	0,087	0,227	0,189	0,214	0,283
	0,040	0,176	0,340	0,098	0,347
	0,105	0,250	0,216	0,198	0,231
	0,392	0,142	0,167	0,128	0,171
	0,129	0,178	0,227	0,327	0,138
	0,066	0,261	0,274	0,009	0,390
	0,262	0,102	0,095	0,257	0,284
	0,273	0,131	0,250	0,125	0,222
	0,315	0,063	0,150	0,198	0,273
	0,284	0,230	0,222	0,044	0,221

Pada iterasi pertama, dengan menggunakan persamaan 2.2:

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^{30} ((\mu_{ik})^2 * X_{ij})}{\sum_{i=1}^{30} (\mu_{ik})^2}$$

Dapat dihitung lima pusat *cluster*,  $V_{kj}$  dengan  $k = 1, 2, \dots, 5$ ; dan  $j = 1, 2, 3, 4$  dengan hasil pada gambar 2.3:

	23415237,321	34458605,766	35,679	11053343,091
$V_{kj} =$	19786121,906	28318197,338	33,243	7997495,834
	21650776,799	31860653,544	37,392	9587036,692
	22289318,266	31476609,100	33,699	9653529,753
	23805225,136	34502849,349	36,530	11243922,161

**Gambar 2. 3 Hasil Pusat Cluster**

Tabel 2.3 adalah hasil perhitungan *cluster* selengkapnya untuk pusat *cluster* yang pertama:

**Tabel 2. 4 Hasil Perhitungan Pusat Cluster Pertama**

Derajat Keanggotaan	Data yang di-Cluster			
$\mu_{i1}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$
0,198	15.000.000	25.000.000	42	5.000.000
0,153	20.000.000	26.420.000	72	5.230.000

0,149	17.820.000	22.025.000	35	5.200.000
0,290	16.205.000	18.500.000	12	4.250.000
0,267	8.000.000	15.200.000	5	3.500.000
0,132	14.260.000	19.640.000	15	4.023.000
0,144	7.025.000	15.230.000	19	5.000.000
0,034	25.032.000	34.000.000	28	8.000.000
0,29	24.320.000	35.100.000	39	12.500.000
0,046	25.602.000	38.200.000	43	13.250.000
0,312	19.872.000	28.000.000	27	10.500.000
0,063	19.000.000	25.000.200	41	6.350.000
0,308	16.540.200	30.000.200	29	7.525.000
0,141	28.920.000	41.000.000	58	15.620.000
0,300	15.870.200	26.750.000	19	4.025.000
0,221	26.840.320	39.000.200	47	13.025.000
0,087	24.601.200	38.450.000	64	11.000.250
0,040	21.650.000	37.525.000	60	9.850.000
0,105	18.602.000	30.500.000	74	11.230.000
0,392	35.024.000	52.000.000	73	18.230.000
0,129	39.024.300	52.050.000	26	15.725.000
0,066	27.500.000	36.500.000	6	10.560.000
0,262	32.500.500	45.600.000	10	16.583.000
0,273	27.963.000	40.250.000	38	13.670.000
0,315	37.250.020	51.000.000	68	18.530.000
0,284	16.523.000	26.750.000	9	8.500.000
0,113	25.690.000	39.565.000	48	15.250.000
0,188	34.500.000	51.065.000	37	21.500.000
0,072	9.850.000	1.350.000	13	2.000.000
0,105	16.950.000	24.580.000	18	4.500.000

**Tabel 2. 5 Hasil Perhitungan Pusat *Cluster* Pertama (Lanjutan)**

Derajat Keanggotaan Cluster 1 ( $\mu_1$ )	$(\mu_1)^2$	$(\mu_1)^2 \times X_{i1}$	$(\mu_1)^2 \times X_{i2}$	$(\mu_1)^2 \times X_{i3}$	$(\mu_1)^2 \times X_{i4}$
0,198	0,039	588.060,000	980.100,000	1,647	196.020,000
0,153	0,023	468.180,000	618.465,780	1,685	122.429,070
0,149	0,022	395.621,820	488.977,025	0,777	115.445,200
0,290	0,084	1.362.840,500	1.555.850,000	1,009	357.425,000
0,267	0,071	570.312,000	1.083.592,800	0,356	249.511,500
0,132	0,017	248.466,240	342.207,360	0,261	70.096,752
0,144	0,021	145.670,400	315.809,280	0,394	103.680,000
0,034	0,001	28.936,992	39.304,000	0,032	9.248,000



0,290	0,084	2.045.312,000	2.951.910,000	3,280	1.051.250,000
0,046	0,002	54.173,832	80.831,200	0,091	28.037,000
0,312	0,097	1.934.419,968	2.725.632,000	2,628	1.022.112,000
0,063	0,004	75.411,000	99.225,794	0,163	25.203,150
0,308	0,095	1.569.069,533	2.845.938,973	2,751	713.851,600
0,141	0,020	574.958,520	815.121,000	1,153	310.541,220
0,300	0,090	1.428.318,000	2.407.500,000	1,710	362.250,000
0,221	0,049	1.310.908,069	1.904.808,768	2,296	636.154,025
0,087	0,008	186.206,483	291.028,050	0,484	83.260,892
0,040	0,002	34.640,000	60.040,000	0,096	15.760,000
0,105	0,011	205.087,050	336.262,500	0,816	123.810,750
0,392	0,154	5.381.927,936	7.990.528,000	11,217	2.801.294,720
0,129	0,017	649.403,376	866.164,050	0,026	45.999,360
0,066	0,004	119.790,000	158.994,000	0,686	1.138.323,452
0,262	0,069	2.230.964,322	3.130.166,400	2,832	1.018.811,430
0,273	0,075	2.084.054,427	2.999.792,250	6,747	1.838.639,250
0,315	0,099	3.696.133,235	5.060.475,000	0,726	685.576,000
0,284	0,081	1.332.679,088	2.157.548,000	0,613	194.727,250
0,113	0,013	328.035,610	505.205,485	1,308	759.896,000
0,188	0,035	1.219.368,000	1.804.841,360	0,067	10.368,000
0,072	0,005	51.062,400	6.998,400	0,198	49.612,500
$\Sigma$	1,303	30.506.884,551	44.894.311,975	46,485	14.401.013,846
$\frac{\sum_{i=1}^{30} ((\mu_{ik})^2 * X_{ij})}{\sum_{i=1}^{30} (\mu_{ik})^2}$		23.415.230,704	34.458.145,683	35,679	11.053.343,091

Fungsi objektif pada iterasi pertama  $P_1$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3) sebagai berikut :

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_k^c \left( \left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^2 \right)$$

Detail perhitungan fungsi objektif ini dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut:

**Tabel 2. 6 Detail Perhitungan Fungsi Objektif**

data ke-i Kuadrat Derajat Keanggotaan Cluster					$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - V_{1j})](\mu_{i1})^2$	$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - V_{2j})](\mu_{i2})^2$
$\mu_{i1}^2$	$\mu_{i2}^2$	$\mu_{i3}^2$	$\mu_{i4}^2$	$\mu_{i5}^2$	L1	L2
0,039	0,091	0,021	0,108	0,001	7.720.224.365.103,210	3.912.868.460.121,970
0,023	0,035	0,067	0,040	0,040	2.579.539.618.196,020	399.667.483.779,781
0,022	0,048	0,077	0,001	0,106	4.872.945.725.051,790	2.443.941.356.677,160
0,084	0,036	0,006	0,077	0,027	29.683.103.194.213,500	4.496.836.232.640,330
0,071	0,024	0,123	0,001	0,041	47.448.278.087.206,400	7.855.385.218.135,080
0,017	0,150	0,023	0,094	0,001	6.147.800.023.503,830	18.218.762.255.676,300

0,021	0,041	0,031	0,052	0,063	13.997.258.715.998,100	14.001.163.152.330,100
0,001	0,071	0,050	0,055	0,059	14.042.099.435,308	4.231.359.137.954,440
0,084	0,008	0,014	0,073	0,054	279.462.554.388,776	657.158.355.554,766
0,002	0,005	0,043	0,099	0,132	49.949.662.822,808	735.513.901.452,197
0,097	0,042	0,013	0,027	0,042	5.312.481.411.666,050	267.747.649.933,025
0,004	0,104	0,138	0,054	0,000	520.245.392.776,487	1.496.217.296.665,790
0,095	0,053	0,071	0,001	0,026	7.550.484.274.578,620	725.090.307.601,494
0,020	0,004	0,098	0,099	0,029	1.867.752.473.920,500	1.162.265.757.082,430
0,090	0,002	0,075	0,058	0,019	14.917.301.787.237,900	71.043.452.440,576
0,049	0,114	0,052	0,008	0,016	1.770.227.417.668,660	21.608.417.448.907,700
0,008	0,052	0,036	0,046	0,080	131.250.655.377,892	6.948.939.936.103,020
0,002	0,031	0,116	0,010	0,120	22.346.993.588,814	2.839.601.778.570,260
0,011	0,063	0,047	0,039	0,053	428.530.954.141,854	1.038.218.170.565,490
0,154	0,020	0,028	0,016	0,029	75.905.142.853.697,400	18.101.723.827.778,700
0,017	0,032	0,052	0,107	0,019	9.567.316.392.719,060	31.462.854.380.431,800
0,004	0,068	0,075	0,000	0,152	91.894.019.047,561	9.060.926.640.990,590
0,069	0,010	0,009	0,066	0,081	16.285.773.140.198,500	5.556.016.859.625,990
0,075	0,017	0,063	0,016	0,049	4.551.432.811.638,660	4.142.777.867.056,500
0,099	0,004	0,023	0,039	0,075	51.668.220.868.096,200	3.692.700.258.442,220
0,081	0,053	0,049	0,002	0,049	9.150.027.911.853,230	706.729.077.003,233
0,013	0,009	0,070	0,055	0,086	623.915.513.761,899	1.890.419.463.315,080
0,035	0,000	0,040	0,076	0,109	17.946.867.943.955,500	22.905.821.466,548
0,005	0,052	0,029	0,091	0,053	7.061.429.459.062,650	44.416.974.761.411,900
0,011	0,043	0,006	0,199	0,027	2.010.215.274.100,410	1.467.586.130.471,130

Tabel 2. 7 Detail Perhitungan Fungsi Objektif (Lanjutan)

data ke-i Kuadrat Derajat Keanggotaan Cluster					$[\sum_{j=1}^4 (x_{ij} - v_{3j})](\mu_{i3})^2$	$[\sum_{j=1}^4 (x_{ij} - v_{4j})](\mu_{i4})^2$
$\mu_{i1}^2$	$\mu_{i2}^2$	$\mu_{i3}^2$	$\mu_{i4}^2$	$\mu_{i5}^2$	L3	L4
0,039	0,091	0,021	0,108	0,001	2.329.530.030.149,130	12.635.617.628.628,300
0,023	0,035	0,067	0,040	0,040	3.415.368.471.012,940	2.035.317.101.180,840
0,022	0,048	0,077	0,001	0,106	9.984.792.815.163,180	108.179.503.347,340
0,084	0,036	0,006	0,077	0,027	1.514.544.055.806,240	18.001.348.204.248,200
0,071	0,024	0,123	0,001	0,041	61.720.386.821.658,200	342.717.498.936,832
0,017	0,150	0,023	0,094	0,001	5.356.558.192.697,360	22.124.139.177.567,700
0,021	0,041	0,031	0,052	0,063	15.845.242.797.196,100	26.959.269.330.946,700
0,001	0,071	0,050	0,055	0,059	929.668.908.774,938	918.058.487.685,752
0,084	0,008	0,014	0,073	0,054	363.472.194.124,566	1.862.128.056.226,970
0,002	0,005	0,043	0,099	0,132	2.994.628.893.264,170	6.814.275.823.723,410
0,097	0,042	0,013	0,027	0,042	241.362.123.987,962	501.522.996.403,418
0,004	0,104	0,138	0,054	0,000	8.935.572.093.028,470	3.427.339.992.485,760
0,095	0,053	0,071	0,001	0,026	2.393.765.901.008,750	48.709.409.881,146
0,020	0,004	0,098	0,099	0,029	16.925.703.031.674,000	16.894.016.916.755,000
0,090	0,002	0,075	0,058	0,019	6.742.646.078.385,730	5.530.836.411.574,050
0,049	0,114	0,052	0,008	0,016	4.664.216.259.680,020	686.759.978.319,491
0,008	0,052	0,036	0,046	0,080	1.933.279.661.002,670	2.554.804.654.979,920

0,002	0,031	0,116	0,010	0,120	3.716.999.056.718,750	355.639.585.921,216
0,011	0,063	0,047	0,039	0,053	645.987.147.290,085	667.853.460.354,075
0,154	0,020	0,028	0,016	0,029	18.382.677.069.689,900	10.763.264.570.158,200
0,017	0,032	0,052	0,107	0,019	38.498.532.618.545,200	79.147.431.955.012,400
0,004	0,068	0,075	0,000	0,152	4.255.578.343.515,930	4.309.795.234,713
0,069	0,010	0,009	0,066	0,081	3.207.752.475.585,150	23.233.129.456.437,800
0,075	0,017	0,063	0,016	0,049	7.930.992.817.032,320	1.957.735.711.687,230
0,099	0,004	0,023	0,039	0,075	15.516.620.188.558,100	26.806.797.924.525,300
0,081	0,053	0,049	0,002	0,049	2.641.352.487.190,650	110.200.780.628,826
0,013	0,009	0,070	0,055	0,086	7.509.146.831.390,960	5.981.264.171.948,270
0,035	0,000	0,040	0,076	0,109	27.304.133.267.892,100	51.277.467.907.595,700
0,005	0,052	0,029	0,091	0,053	32.208.852.005.231,700	102.232.910.503.968,000
0,011	0,043	0,006	0,199	0,027	630.235.906.851,786	20.414.829.748.224,900

**Tabel 2. 8 Detail Perhitungan Fungsi Objektif (Lanjutan)**

data ke-i Kuadrat Derajat Keanggotaan Cluster					$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - V_{5j})](\mu_{i5})^2$	
$\mu_{i1}^2$	$\mu_{i2}^2$	$\mu_{i3}^2$	$\mu_{i4}^2$	$\mu_{i5}^2$	L5	
0,039	0,091	0,021	0,108	0,001	150.773.747.861,210	26.749.014.231.863,800
0,023	0,035	0,067	0,040	0,040	4.592.902.266.538,090	13.022.794.940.707,700
0,022	0,048	0,077	0,001	0,106	24.164.565.495.812,700	41.574.424.896.052,200
0,084	0,036	0,006	0,077	0,027	9.638.424.349.289,580	63.334.256.036.197,800
0,071	0,024	0,123	0,001	0,041	27.843.566.866.939,600	145.210.334.492.876,000
0,017	0,150	0,023	0,094	0,001	209.754.622.381,640	52.057.014.271.826,800
0,021	0,041	0,031	0,052	0,063	43.250.327.599.814,400	114.053.261.596.285,000
0,001	0,071	0,050	0,055	0,059	719.216.579.115,121	6.812.345.212.965,560
0,084	0,008	0,014	0,073	0,054	119.404.125.799,660	3.281.625.286.094,740
0,002	0,005	0,043	0,099	0,132	2.772.085.354.351,400	13.366.453.635.614,000
0,097	0,042	0,013	0,027	0,042	2.450.508.420.179,920	8.773.622.602.170,370
0,004	0,104	0,138	0,054	0,000	16.618.261.892,453	14.395.993.036.849,000
0,095	0,053	0,071	0,001	0,026	2.252.141.508.035,600	12.970.191.401.105,600
0,020	0,004	0,098	0,099	0,029	2.499.771.414.412,770	39.349.509.593.844,700
0,090	0,002	0,075	0,058	0,019	3.384.732.655.025,810	30.646.560.384.664,100
0,049	0,114	0,052	0,008	0,016	509.534.405.940,872	29.239.155.510.516,700
0,008	0,052	0,036	0,046	0,080	1.303.284.322.071,650	12.871.559.229.535,200
0,002	0,031	0,116	0,010	0,120	1.892.999.128.534,330	8.827.586.543.333,370
0,011	0,063	0,047	0,039	0,053	2.299.674.927.425,360	5.080.264.659.776,860
0,154	0,020	0,028	0,016	0,029	14.059.554.514.093,700	137.212.362.835.418,000
0,017	0,032	0,052	0,107	0,019	10.657.075.614.348,600	169.333.210.961.057,000
0,004	0,068	0,075	0,000	0,152	2.754.184.446.488,760	16.166.893.245.277,600
0,069	0,010	0,009	0,066	0,081	18.329.907.539.413,600	66.612.579.471.261,000
0,075	0,017	0,063	0,016	0,049	2.769.893.182.042,630	21.352.832.389.457,300
0,099	0,004	0,023	0,039	0,075	37.712.077.858.772,800	135.396.417.098.395,000
0,081	0,053	0,049	0,002	0,049	5.893.476.667.536,190	18.501.786.924.212,100
0,013	0,009	0,070	0,055	0,086	3.909.189.555.860,410	19.913.935.536.276,600
0,035	0,000	0,040	0,076	0,109	53.782.462.190.106,800	150.333.837.131.017,000
0,005	0,052	0,029	0,091	0,053	73.601.351.597.071,000	259.521.518.326.745,000
0,011	0,043	0,006	0,199	0,027	5.135.455.994.672,340	29.658.323.054.320,600

					$\Sigma$	1.665.619.664.535.720.000
--	--	--	--	--	----------	---------------------------

Selanjutnya memperbaiki matrik partisi U berdasarkan persamaan (2.3)

$$\mu_{ik} = \frac{\left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c \left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}}$$

Perhitungan derajat keanggotaan baru yang terhimpun dalam matriks partisi seperti terlihat pada tabel 2.8. Pengalihan setiap kolom pada tabel dengan  $10^{14}$ , hanya ditujukan untuk memperbesar nilai, karena hasil L1, L2, L3, L4, L5 yang sangat kecil

**Tabel 2. 9 Detail Perhitungan Derajat Keanggotaan Baru**

$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - v_{1j})]$	$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - v_{1j})]$	$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - v_{1j})]$	$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - v_{1j})]$	$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - v_{1j})]$	$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - v_{1j})]$
L1	L2	L3	L4	L5	LT = L1+L2+L3+L4+L5
0,5078	2,3309	0,8901	0,8566	0,4835	5,0689
0,9075	8,8434	1,9490	1,9850	0,8622	14,5471
0,4556	1,9624	0,7685	0,7774	0,4398	4,4037
0,2833	0,8113	0,4226	0,4262	0,2757	2,2191
0,1502	0,3019	0,1996	0,1972	0,1465	0,9954
0,2834	0,8221	0,4257	0,4232	0,2746	2,2290
0,1481	0,2914	0,1955	0,1928	0,1445	0,9723
8,2324	1,6722	5,3972	6,0154	8,1427	29,4599
30,0935	1,1518	3,8308	3,9439	45,4666	84,4866
4,2363	0,6287	1,4447	1,4469	4,7797	12,5363
1,8324	15,6957	5,2904	5,3629	1,7150	29,8964
0,7629	6,9729	1,5487	1,5704	0,7281	11,5830
1,2564	7,3592	2,9558	2,5149	1,1509	15,2372
1,0644	0,3307	0,5788	0,5873	1,1425	3,7037
0,6033	2,9785	1,1053	1,0501	0,5708	6,3080
2,7590	0,5287	1,1145	1,1276	3,0665	8,5963
5,7668	0,7415	1,8477	1,7925	6,1452	16,2937
7,1598	1,0909	3,1100	2,7005	6,3608	20,4220
2,5727	6,0199	7,2224	5,8702	2,3204	24,0056
0,2024	0,1114	0,1517	0,1522	0,2080	0,8257
0,1739	0,1007	0,1338	0,1351	0,1787	0,7222
4,7402	0,7518	1,7642	1,8794	5,5225	14,6581
0,4215	0,1873	0,2813	0,2843	0,4400	1,6144
1,6375	0,4142	0,7880	0,7981	1,7793	5,4171
0,1920	0,1075	0,1450	0,1462	0,1976	0,7883
0,8815	7,4852	1,8659	1,7568	0,8287	12,8181
2,0466	0,4674	0,9281	0,9233	2,2111	6,5765
0,1969	0,1091	0,1480	0,1486	0,2025	0,8051

**Tabel 2. 9 Detail Perhitungan Derajat Keanggotaan Baru**

$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - v_{1j})]$	$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - v_{1j})]$	$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - v_{1j})]$	$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - v_{1j})]$	$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - v_{1j})]$	$[\sum_{j=1}^4 (X_{ij} - v_{1j})]$
L1	L2	L3	L4	L5	LT = L1+L2+L3+L4+L5
0,0734	0,1160	0,0887	0,0892	0,0725	0,4398
0,5484	2,9197	0,9903	0,9744	0,5237	5,9565

**Tabel 2. 10 Detail Perhitungan Derajat Keanggotaan Baru (Lanjutan)**

$\mu_{i1}$	$\mu_{i2}$	$\mu_{i3}$	$\mu_{i4}$	$\mu_{i5}$
L1/LT	L2/LT	L3/LT	L4/LT	L5/LT
0,100	0,460	0,176	0,169	0,095
0,062	0,608	0,134	0,136	0,059
0,103	0,446	0,175	0,177	0,100
0,128	0,366	0,190	0,192	0,124
0,151	0,303	0,201	0,198	0,147
0,127	0,369	0,191	0,190	0,123
0,152	0,300	0,201	0,198	0,149
0,279	0,057	0,183	0,204	0,276
0,356	0,014	0,045	0,047	0,538
0,338	0,050	0,115	0,115	0,381
0,061	0,525	0,177	0,179	0,057
0,066	0,602	0,134	0,136	0,063
0,082	0,483	0,194	0,165	0,076
0,287	0,089	0,156	0,159	0,308
0,096	0,472	0,175	0,166	0,090
0,321	0,062	0,130	0,131	0,357
0,354	0,046	0,113	0,110	0,377
0,351	0,053	0,152	0,132	0,311
0,107	0,251	0,301	0,245	0,097
0,245	0,135	0,184	0,184	0,252
0,241	0,139	0,185	0,187	0,247
0,323	0,051	0,120	0,128	0,377
0,261	0,116	0,174	0,176	0,273
0,302	0,076	0,145	0,147	0,328
0,244	0,136	0,184	0,185	0,251
0,069	0,584	0,146	0,137	0,065
0,311	0,071	0,141	0,140	0,336
0,245	0,136	0,184	0,185	0,252
0,167	0,264	0,202	0,203	0,165
0,092	0,490	0,166	0,164	0,088

Dari hasil perhitungan derajat keanggotaan didapatlah matriks partisi U baru pada iterasi pertama. Terlihat pada tabel 2.11

**Tabel 2. 11 Matriks Partisi Baru Pada Iterasi 1**

U =	0,100	0,460	0,176	0,169	0,095
	0,062	0,608	0,134	0,136	0,059
	0,103	0,446	0,175	0,177	0,100
	0,128	0,366	0,190	0,192	0,124
	0,151	0,303	0,201	0,198	0,147
	0,127	0,369	0,191	0,190	0,123
	0,152	0,300	0,201	0,198	0,149
	0,279	0,057	0,183	0,204	0,276
	0,356	0,014	0,045	0,047	0,538
	0,338	0,050	0,115	0,115	0,381
	0,061	0,525	0,177	0,179	0,057
	0,066	0,602	0,134	0,136	0,063
	0,082	0,483	0,194	0,165	0,076
	0,287	0,089	0,156	0,159	0,308
	0,096	0,472	0,175	0,166	0,090
	0,321	0,062	0,130	0,131	0,357
	0,354	0,046	0,113	0,110	0,377
	0,351	0,053	0,152	0,132	0,311
	0,107	0,251	0,301	0,245	0,097
	0,245	0,135	0,184	0,184	0,252
	0,241	0,139	0,185	0,187	0,247
	0,323	0,051	0,120	0,128	0,377
	0,261	0,116	0,174	0,176	0,273
	0,302	0,076	0,145	0,147	0,328
	0,244	0,136	0,184	0,185	0,251
	0,069	0,584	0,146	0,137	0,065
	0,311	0,071	0,141	0,140	0,336
	0,245	0,136	0,184	0,185	0,252
	0,167	0,264	0,202	0,203	0,165
	0,092	0,490	0,166	0,164	0,088

Selanjutnya melakukan pengecekan kondisi berhenti. Karena  $|P_1 - P_0| = |1.655.619.664.535.730 - 0| = 1.665.610.664.535.720 \gg \xi (10^{-5})$ , dan iterasi = 1 < MaxIter (=100), maka kita lanjutkan ke iterasi ke-2 (t=2).

Pada iterasi ke-2, dapat dihitung kembali lima pusat *cluster*,  $V_{kj}$  dengan  $k = 1, 2, \dots, 5$ ; dan  $j = 1, 2, 3, 4$  sebagai berikut:

$$V = \begin{vmatrix} 26144188,964 & 38057223,719 & 41,004 & 12525754,377 \\ 17391918,127 & 25284354,899 & 31,628 & 6528999,150 \\ 21292678,972 & 30928619,239 & 36,270 & 9681023,240 \\ 21624696,547 & 31067004,417 & 34,865 & 9705528,308 \\ 26268002,626 & 38079300,648 & 40,375 & 12688594,080 \end{vmatrix}$$

**Gambar 2. 4 Pusat Cluster Pada Iterasi 2**

Fungsi objektif pada iterasi  $P_1$  dapat sebagai:

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w$$

$$= 1.180.012.821.223.876,7$$

Selanjutnya memperbaiki matriks partisi U:

**Tabel 2. 12 Matriks Partisi Baru Iterasi Ke-2**

0,019	0,827	0,070	0,065	0,019
0,028	0,649	0,152	0,143	0,027

U =	0,025	0,779	0,087	0,083	0,025
	0,057	0,594	0,149	0,144	0,056
	0,094	0,440	0,189	0,184	0,093
	0,053	0,616	0,141	0,136	0,053
	0,096	0,430	0,192	0,187	0,095
	0,187	0,052	0,273	0,309	0,178
	0,363	0,024	0,127	0,140	0,345
	0,474	0,001	0,005	0,005	0,515
	0,032	0,160	0,417	0,358	0,032
	0,009	0,891	0,047	0,044	0,009
	0,046	0,349	0,297	0,263	0,045
	0,416	0,023	0,055	0,058	0,447
	0,026	0,750	0,102	0,096	0,026
	0,436	0,002	0,007	0,007	0,549
	0,498	0,010	0,035	0,037	0,420
	0,296	0,046	0,187	0,196	0,275
	0,039	0,088	0,456	0,380	0,038
	0,317	0,083	0,137	0,140	0,322
	0,308	0,090	0,144	0,147	0,312
	0,449	0,015	0,052	0,056	0,427
	0,360	0,055	0,105	0,109	0,370
	0,443	0,011	0,028	0,030	0,488
	0,314	0,085	0,139	0,143	0,319
	0,021	0,731	0,119	0,108	0,021

Selanjutnya dilakukan pengecekan kembali kondisi berhenti. Karena  $|P_1 - P_1| = |1.180.012.821.223.876,7 - 1.665.619.664.535.720| \gg \gg \xi (10^{-5})$ , dan iterasi = 2 < MaxIter (=100), maka proses dilanjutkan ke iterasi le-3 (t=3). Demikian seterusnya, hingga:  $|P_t - P_{t-1}| < \xi$  atau  $t > \text{MaxIter}$ . Untuk kasus ini, proses baru akan berhenti setelah iterasi ke-73.

Pada iterasi ke-73 ini, 5 *cluster*,  $V_{kj}$  dengan  $k = 1, 2, \dots, 5$ ; dan  $j = 1, 2, 3, 4$  adalah sebagai berikut:

$V_{kj} =$	26.097.128,366	38.367.129,554	43,168	12.708.683,466
	8.234.631,216	12.525.801,532	12,189	3.783.433,770
	16.681.512,964	23.440.686,716	28,951	4.873.526,540
	18.413.841,096	28.798.309,673	38,362	9.035.488,840
	35.965.416,453	50.846.152,565	47,930	18.284.604,166

**Gambar 2. 5 Pusat Cluster Iterasi ke-73**

Informasi yang bisa diperoleh dari kelima pusat *cluster* ini adalah: pada kabupaten tersebut, industry-industri kecil dapat dikelompokkan menjadi 5 kelompok:

1. Kelompok pertama (*cluster* ke-1), berisi industri-industri kecil yang memiliki modal awal sekitar Rp. 26.097.128,366; memiliki rata-rata penjualan per bulan sekitar Rp. 38.367.129,554; sudah beroperasi sekitar 43,168 bulan; dan memiliki rata-rata laba per bulan sekitar Rp. 12.708.683,466.

2. Kelompok kedua (*cluster* ke-2), berisi industri-industri kecil yang memiliki modal awal sekitar Rp. 8.234.631,216; memiliki rata-rata penjualan per bulan sekitar Rp. 12.525.801,532; sudah beroperasi sekitar 12,189 bulan; dan memiliki rata-rata laba per bulan sekitar Rp. 3.783.433,770.
3. Kelompok ketiga (*cluster* ke-3), berisi industri-industri kecil yang memiliki modal awal sekitar Rp. 16.681.512,964; memiliki rata-rata penjualan per bulan sekitar Rp. 23.440.686,716; sudah beroperasi sekitar 28,951 bulan; dan memiliki rata-rata laba per bulan sekitar Rp. 4.873.526,540.
4. Kelompok keempat (*cluster* ke-4), berisi industri-industri kecil yang memiliki modal awal sekitar Rp. 18.413.841,096; memiliki rata-rata penjualan per bulan sekitar Rp. 28.798.309,673; sudah beroperasi sekitar 38,362 bulan; dan memiliki rata-rata laba per bulan sekitar Rp. 9.035.488,840.
5. Kelompok kelima (*cluster* ke-5), berisi industri-industri kecil yang memiliki modal awal sekitar Rp. 35.965.416,453; memiliki rata-rata penjualan per bulan sekitar Rp. 50.846.152,565; sudah beroperasi sekitar 47,930 bulan; dan memiliki rata-rata laba per bulan sekitar Rp. 18.284.604,166.

Matrik partisi U:

**Tabel 2. 13 Matriks Partisi Baru Pada Iterasi Ke-73**

U =	0,012	0,022	0,855	0,106	0,004
	0,041	0,029	0,488	0,431	0,010
	0,008	0,017	0,922	0,051	0,002
	0,030	0,168	0,667	0,125	0,010
	0,007	0,923	0,046	0,021	0,003
	0,025	0,166	0,686	0,114	0,009
	0,010	0,901	0,057	0,028	0,004
	0,513	0,029	0,114	0,302	0,043
	0,791	0,013	0,043	0,127	0,026
	0,992	0,001	0,002	0,004	0,002
	0,029	0,010	0,069	0,886	0,005
	0,024	0,023	0,651	0,296	0,006
	0,032	0,015	0,119	0,827	0,006
	0,777	0,013	0,032	0,060	0,118
	0,027	0,033	0,694	0,239	0,007
	0,987	0,001	0,003	0,005	0,004
	0,931	0,005	0,015	0,036	0,014
	0,649	0,022	0,075	0,213	0,041
	0,055	0,014	0,070	0,853	0,009
	0,007	0,001	0,002	0,002	0,988
	0,044	0,006	0,011	0,016	0,923
	0,876	0,009	0,028	0,061	0,026
	0,254	0,015	0,031	0,051	0,649
	0,913	0,006	0,015	0,030	0,037



0,005	0,001	0,001	0,002	0,991
0,024	0,020	0,238	0,713	0,005

Dari matriks partisi U tersebut dapat diperoleh informasi mengenai kecenderungan suatu industri kecil untuk masuk ke kelompok (*cluster*) yang mana. Suatu industri kecil memiliki derajat keanggotaan tertentu untuk menjadi anggota suatu kelompok. Tentu saja derajat keanggotaan tersebar menunjukkan kecenderungan tertinggi suatu industri untuk masuk menjadi anggota kelompok. Tabel 2.9 menunjukkan derajat keanggotaan tiap industri kecil pada setiap kelompok (*cluster*) beserta kecenderungan tertinggi suatu industri kecil untuk masuk dalam suatu kelompok.

**Tabel 2. 14 Derajat Keanggotaan Tiap Data Pada Setiap Cluster Dengan FCM**

Data Ke-	Derajat Keanggotaan Data Pada <i>Cluster</i>					Derajat Keanggotaan Data Pada <i>Cluster</i>				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0,012	0,022	0,855	0,106	0,004			*		
2	0,041	0,029	0,488	0,431	0,010			*		
3	0,008	0,017	0,922	0,051	0,002			*		
4	0,030	0,168	0,667	0,125	0,010			*		
5	0,007	0,923	0,046	0,021	0,003		*			
6	0,025	0,166	0,686	0,114	0,009			*		
7	0,010	0,901	0,057	0,028	0,004		*			
8	0,513	0,029	0,114	0,302	0,043	*				
9	0,791	0,013	0,043	0,127	0,026	*				
10	0,992	0,001	0,002	0,004	0,002	*				
11	0,029	0,010	0,069	0,886	0,005				*	
12	0,024	0,023	0,651	0,296	0,006			*		
13	0,032	0,015	0,119	0,827	0,006				*	
14	0,777	0,013	0,032	0,060	0,118	*				
15	0,027	0,033	0,694	0,239	0,007			*		
16	0,987	0,001	0,003	0,005	0,004	*				
17	0,931	0,005	0,015	0,036	0,014	*				
18	0,649	0,022	0,075	0,213	0,041	*				
19	0,055	0,014	0,070	0,853	0,009				*	
20	0,007	0,001	0,002	0,002	0,988					*
21	0,044	0,006	0,011	0,016	0,923					*
22	0,876	0,009	0,028	0,061	0,026	*				
23	0,254	0,015	0,031	0,051	0,649					*
24	0,913	0,006	0,015	0,030	0,037	*				
25	0,005	0,001	0,001	0,002	0,991					*
26	0,024	0,020	0,238	0,713	0,005				*	
27	0,912	0,006	0,016	0,035	0,030	*				
28	0,038	0,005	0,009	0,013	0,936					*
29	0,050	0,665	0,016	0,099	0,026		*			
30	0,004	0,006	0,953	0,036	0,001			*		

Dari tabel 2.10 dapat disimpulkan bahwa:

1. Kelompok pertama (*cluster* ke-1), akan berisi industri-industri kecil ke: 8, 9, 10, 14, 16, 17, 18, 22, 24, dan 27.
2. Kelompok kedua (*cluster* ke-2), akan berisi industri-industri kecil ke: 5, 7 dan 29.
3. Kelompok ketiga (*cluster* ke-3), akan berisi industri-industri kecil ke: 1, 2, 3, 4, 6, 12, 15, dan 30.
4. Kelompok keempat (*cluster* ke-4), akan berisi industri-industri kecil ke: 11, 13, 19, dan 26.
5. Kelompok kelima (*cluster* ke-5), akan berisi industri-industri kecil ke: 20, 21, 23, 25, dan 28.

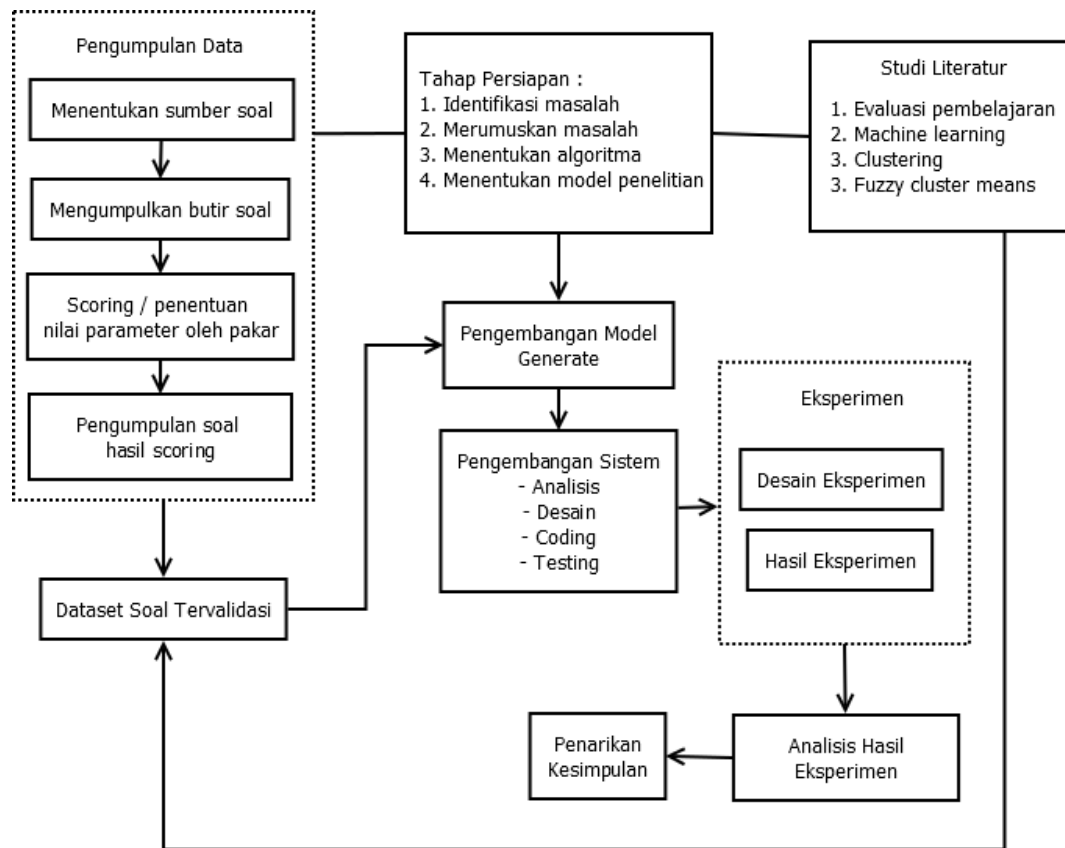
### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan tentang metodologi penelitian, mulai dari desain penelitian, alat dan penelitian, dan metode penelitian.

### 3.1. Desain Penelitian

Desain penelitian adalah kerangka kerja yang digunakan untuk melakukan penelitian. Pada bagian ini penulis akan memaparkan kerangka kerja dari mulai penelitian sampai selesai. Desain penelitian digambarkan pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Metode Penelitian

Gambar 3.1 menjelaskan proses penelitian, penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Tahap persiapan adalah tahap awal dari penelitian, tahap ini dimulai dari identifikasi masalah, kemudian merumuskan masalah, lalu mencari metode atau algoritma apa yang sesuai untuk menyelesaikan masalah yang telah

ditemukan. Kemudian yang terakhir adalah mendesain atau menentukan metode penelitiannya.

2. Studi literatur merupakan bagian dari tahap persiapan. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari dan memahami teori yang akan digunakan untuk melakukan penelitian. Beberapa teori harus dipahami dalam melakukan penelitian ini yaitu memahami evaluasi pembelajaran, memahami *machine learning*, memahami algoritma *clustering*, dan memahami bagaimana perhitungan algoritma *fuzzy c-means*. Teori-teori tersebut didapatkan dari literatur yang telah dikumpulkan seperti, jurnal, *text book*, *paper*, dan artikel yang topiknya terkait dengan penelitian.
3. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan sumber soal yang terpercaya, pada penelitian ini soal yang dijadikan sampel adalah soal jaringan komputer untuk tingkat perguruan tinggi sebanyak 600 soal. Kemudian soal yang telah terkumpul, diberikan pembobotan atau *scoring* dengan parameter yang dilakukan oleh dosen atau tenaga kerja pendidikan. *Scoring* ini dilakukan untuk mengetahui derajat kualitas suatu butir soal yang akan menjadi bagian dari sebuah tes. Data yang telah terkumpul dan telah dilakukan *scoring* kemudian diolah kembali untuk disimpan ke dalam database yang akan diproses nantinya pada saat *generate* soal. Telah disebutkan pada bab dua tentang *taxonomy bloom*, ke-enam level *taxonomy bloom* akan dijadikan parameter pada tiap soal dengan sebutan C1 - C6. *Remembering* (C1), *understanding* (C2), *applying* (C3), *analyzing* (C4), *creating* (C5), *evaluating* (C6).
4. Rekayasa perangkat lunak, yaitu pembuatan *software* untuk *generating* soal yang telah diolah pada tahap pengumpulan data. Rekayasa perangkat lunak dilakukan dalam beberapa tahap sesuai dengan model pengembangan perangkat lunak *waterfall*. Yang pertama analisis, pada tahap ini dilakukan analisis bagaimana *software* akan dibuat. Kemudian masuk ke tahap desain, tahap desain ini mencakup desain aplikasi, desain database, dan desain interface. Setelah itu masuk ke implementasi (*coding*), setelah itu dilakukan pengujian pada tahap *testing*.
5. Setelah perangkat lunak sudah siap, maka proses selanjutnya adalah melakukan eksperimen.

6. Setelah hasil telah didapatkan yaitu beberapa paket soal, selanjutnya dianalisa apakah penerapan algoritma *fuzzy c-means* dan teknik pemilihan soal evaluasi untuk *generate* soal sudah sesuai atau belum, dan dilakukan validasi apakah tiap paket soal sudah sama bobotnya atau belum.

### 3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Bagian ini menjelaskan secara detail alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian.

#### 3.2.1. Alat Penelitian

1. Perangkat Keras (*Hardware*) yaitu laptop dengan spesifikasi:
  - *Processor* Intel Core i7 2.80 GHz
  - *Random Access Memory* (RAM) 4 GB
  - *VGA* ATI Radeon 6470 M 2 GB
  - *Harddisk Drive* 750 GB
2. Perangkat lunak (*software*) sebagai berikut:
  - Komodo Edit 10.1
  - Sistem Operasi Linux Mint 17.3 Cinnamons 64 bit
  - LAMPP (PHPMyAdmin, MariaDB, Apache server)
  - Heidi SQL
  - *Web Browser Google Chrome*
  - *Microsoft Excel 2013*

#### 3.2.2. Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan untuk melakukan penelitian yaitu soal-soal jaringan komputer dari sumber yang terpercaya yang telah divalidasi dan dilakukan *scoring* oleh dosen atau tenaga kerja pendidikan agar soal-soal menjadi data yang representatif untuk menjadi data training.

### 3.3. Metode Penelitian

Adapun metode yang dilakukan dalam penelitian ini dibagi kedalam dua bagian, yaitu metode pengumpulan data dan metode pengembangan perangkat lunak.

### 3.3.1. Metode Pengumpulan Data

Penulis berusaha mendapatkan data yang akurat dan mampu menunjang penelitian, adapun metode pengeumpulan datanya adalah sebagai berikut:

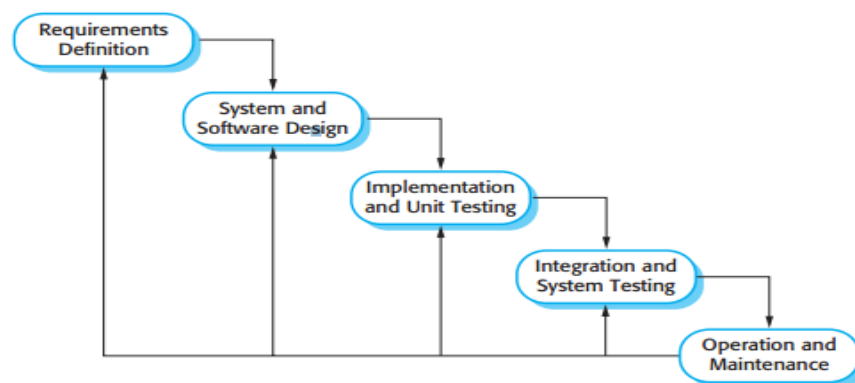
#### 1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori dan konsep yang menjadi pendukung dalam penelitian ini, yaitu evaluasi pembelajaran, *machine learning*, *clustering*, dan *fuzzy c-means* melalui jurnal, *textbook*, dan artikel dari internet.

#### 2. Scoring Soal

Seperti yang telah dijelaskan pada desain penelitian, *scoring* dilakukan dengan cara pengumpulan soal dari sumber terpercaya. Kemudian soal akan dilakukan validasi dan *scoring* berdasarkan parameter yang telah disediakan agar menjadi soal yang valid, *scoring* dilakukan oleh dosen atau tenaga kerja pendidikan.

### 3.3.2. Metode Pengembangan Perangkat Lunak



Gambar 3. 2 Model Waterfall (Sommerville, 2011)

Metode pengembangan perangkat lunak dilakukan dengan metode *waterfall*. Model SDLC air terjun (*waterfall*) sering juga disebut model sekuensial linier (*sequential linier*). Model *waterfall* menyediakan pendekatan alur hidup perangkat lunak secara sekuensial atau urut dimulai dari analisis, desain, pengkodean, pengujian dan tahap support (Sukanto & Shalahuddin, 2011). Penulis menggunakan metode *modern waterfall* seperti pada gambar 3.1 agar jika suatu saat ada kesalahan pada salah satu tahap, bisa

dikembalikan ke tahap sebelumnya. Berikut pengertian dari tahap-tahap pada model *waterfall* pada gambar 3.1 menurut Ian Sommerville (2011) :

1. *Requirments Analysis and Definition* (Analisis)

Analisis adalah tahap menentukan aplikasi atau *software* seperti apakah yang akan dibuat. Analisis merupakan tahapan penetapan fitur, kendala dan tujuan sistem melalui konsultasi dengan pengguna sistem. Semua hal tersebut akan ditetapkan secara rinci dan berfungsi sebagai spesifikasi sistem. Analisis ini terdiri dari analisis kebutuhan dan analisis pembuatan sistem.

2. *System and Software Design* (Desain)

Dalam tahapan ini akan dibentuk suatu arsitektur sistem berdasarkan persyaratan yang telah ditetapkan. Dan juga mengidentifikasi dan menggambarkan abstraksi dasar sistem perangkat lunak dan hubungan-hubungannya. Desain terdiri dari desain database, desain arsitektur system, dan desain antarmuka (*user interface*)

3. *Implementation and Unit Testing* (Coding)

*Coding* adalah tahap proses implementasi dari desain, dalam tahapan ini, hasil dari desain perangkat lunak akan direalisasikan sebagai satu set program atau unit program. Setiap unit akan diuji apakah sudah memenuhi spesifikasinya.

4. *Integration and System Testing* (Testing)

Proses testing atau pengujian dilakukan pada logika internal untuk memastikan semua pernyataan sudah diuji. Dalam tahapan ini, setiap unit program akan diintegrasikan satu sama lain dan diuji sebagai satu sistem yang utuh untuk memastikan sistem sudah memenuhi persyaratan yang ada. Setelah itu sistem akan dikirim ke pengguna sistem.

5. *Operation and Maintenance* (Pemeliharaan)

Dalam tahapan ini, sistem diinstal dan mulai digunakan. Selain itu juga memperbaiki *error* yang tidak ditemukan pada tahap pembuatan. Dalam tahap ini juga dilakukan pengembangan sistem seperti penambahan fitur dan fungsi baru.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini penulis menjelaskan mengenai hasil dan pembahasan dari penelitian dan eksperimen yang telah dilakukan. Penulis akan mencoba untuk menguraikan tentang pengumpulan data, validasi, perancangan dan pembangunan model, pengembangan perangkat lunak, dan hasil dari eksperimen.

#### **4.1. Data**

##### **4.1.1. Pengumpulan Sumber Data**

Data yang digunakan adalah berupa soal yang didapatkan dari sumber terpercaya, penulis menggunakan data soal mata kuliah jaringan komputer yang diperoleh dari beberapa *ebook* terpercaya. Berikut lima *ebook* yang digunakan untuk sumber data:

1. *Computer Network a Tanembaum 5<sup>th</sup> edition* (Andrew S.Tanembaum dan David J. Wetherall, *Computer Network a Tanembaum*, 2011).
2. *Computer Network a System Approach* (Larry L.Peterso dan Bruce S. Davi, *Computer Network a System Approach*. 2010).
3. *Computer Network Principles Bonaventure* (Oliver Bonaventure, *Computer Network Principle*, 2011).
4. *Internetworking with TCP-IP Douglas E.Comers* (Douglas E.Comers, *Internetworking with TCP-IP*).
5. *Computer Network a Top Down Approach James F. Kurose* (James F. Kurose dan Keith W.Ross, *Computer Network a Top Down Approach*, 2012).

Dari kelima *ebook* di atas, penulis menjadikannya sebagai sumber yang dapat dipercaya.

##### **4.1.2. Pengumpulan Soal**

Pengumpulan soal dilakukan dengan cara mengambil soal evaluasi yang berada pada setiap *ebook* sumber. Soal yang diambil berjumlah 638 butir soal, yang terdiri dari tiga bab pada setiap *ebook* sumber. Bab yang diambil diantaranya:



1. Bab 1 tentang *computer and networking*.
2. Bab 2 tentang *application layer*.
3. Bab 3 tentang *transport layer*.

#### 4.1.3. Scoring Parameter Soal

*Scoring* parameter soal, atau validasi soal dilakukan oleh ahli atau tenaga kerja ahli seperti dosen atau guru, khususnya pada mata kuliah jaringan komputer. *Scoring* parameter dilakukan pada setiap butir soal. Untuk lebih memahami *scoring* parameter soal dapat dilihat pada tabel 4.1

**Tabel 4. 1 Parameter Soal**

No. Soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Tipe soal	Bergambar/tidak	Soal cerita	Programming exercises	Tingkat Kesulitan	Batas Waktu	Matematis/Bukan	Diskusi/Bukan
1														
...														
3.209														

Tabel 4.1 merupakan tabel yang harus diisi oleh ahli untuk memvalidasi butir soal. Berikut penjelasan dari tabel 4.1:

1. C1, C2, C3, C4, C5, dan C6

Merupakan tingkatan pemahaman (sudah dijelaskan pada bab dua mengenai taksonomi bloom). Nilai parameter yang digunakan adalah [0-1].

2. Tipe soal (QT)

Ada beberapa tipe soal yang sudah dijelaskan pada bab dua mengenai tipe soal, diantaranya:

- a. Esai, dengan nilai 1.
- b. Benar – Salah dengan nilai parameter 2.
- c. Pilihan ganda biasa (PG *distracter*), dengan nilai parameter 3.
- d. Pilihan ganda variasi berganda, dengan nilai parameter 4.
- e. Menjodohkan, dengan nilai parameter 5, dan.
- f. Jawaban singkat dan melengkapi, dengan nilai parameter 6.

3. Bergambar / tidak. (PC)

Jika soal bergambar maka parameter bernilai 1, jika tidak bergambar maka parameter bernilai 0.

4. Soal cerita / bukan. (SC)

Jika soal cerita maka parameter bernilai 1, jika bukan soal cerita maka bernilai 0

5. *Programming Exercices*. (PE)

Jika soal merupakan soal programming, maka nilai parameter 1. Jika bukan programming maka nilai parameter 0.

6. Tingkat kesulita, dengan parameter [0-1] (DF)

7. Batas waktu pengerjaan (tergantung menit yang diberikan).

8. Matematis / bukan. (MT)

Jika soal merupakan soal matematis, maka nilai parameter 1. Jika bukan soal matematis maka parameter bernilai 0.

9. Soal diskusi / bukan. (DQ)

Jika soal merupakan soal diskusi, maka nilai parameter 1. Jika bukan soal diskusi maka parameter bernilai 0.

Parameter diatas adalah parameter yang digunakan pada setiap soal, dan merupakan inputan dari ahli. Akan tetapi tidak semua parameter harus diisi oleh ahli, terdapat beberapa parameter yang bisa ditentukan oleh penulis sendiri. Seperti, tipe soal, bergambar/tidak, soal cerita/bukan, soal programming/bukan, matematis/bukan, dan soal diskusi/bukan.

Untuk parameter lain harus ditentukan oleh ahli, diantaranya adalah tingkat kognitif C1-C5, tingkat kesulitan, dan batas waktu pengerjaan soal. Untuk dapat memahami pengisian parameter yang dilakukan oleh ahli, dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4. 2 Kuisiner Parameter Untuk Ahli**

No	No Soal	Parameter											
1.1	1	C1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		C2	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		C3	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		C4	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		C5	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		C6	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1

**Tabel 4. 2 Kuisioner Parameter Untuk Ahli**

No	No Soal	Parameter											
		TK	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		BW											
...	...												
3.209	638	C1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		C2	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		C3	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		C4	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		C5	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		C6	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		TK	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
		BW											

Dari beberapa penjelasan tabel di atas, didapatkan soal-soal beserta isi parameternya, data tersebut dapat dilihat pada bagian lampiran dengan format tabel yang berbeda dari tabel 4.1.

#### 4.1.4. Indikator Soal

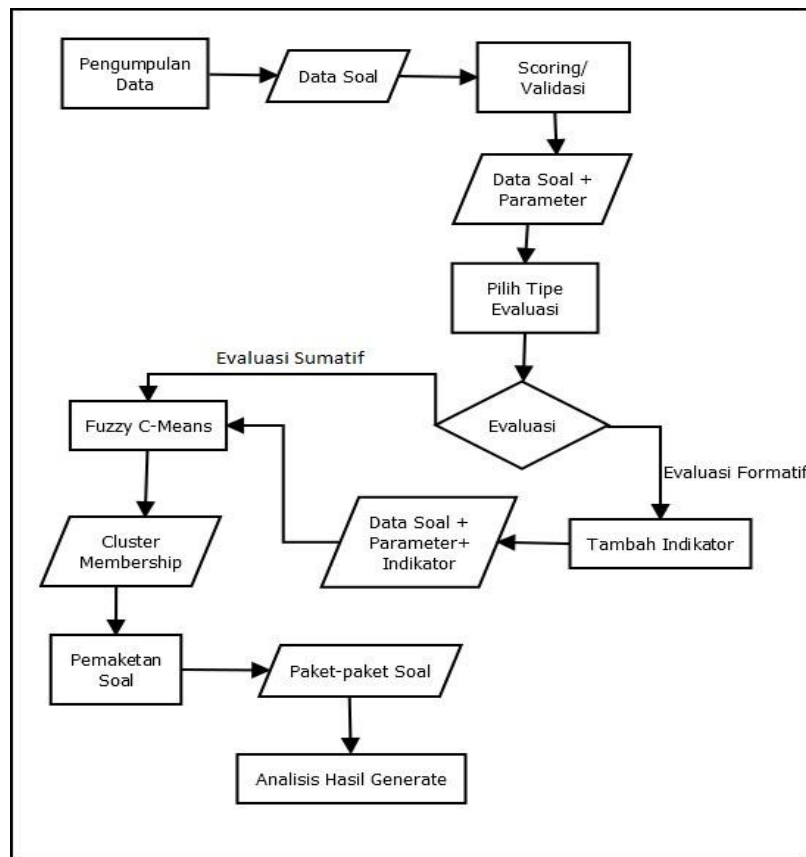
Seperti yang sudah dijelaskan pada bab satu, penelitian ini dilakukan untuk evaluasi sumatif dan formatif. Pada tipe evaluasi formatif tiap bab harus memiliki indikator soal, indikator dipilih oleh pengguna yang akan menggunakan perangkat lunak yang dibuat. Untuk penjelasannya dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4. 3 Soal dan Indikator**

No. Soal	BAB	Isi Soal	Indika-tor
1.1	1	Imagine that you have trained your Dt. Bernard, Bernie, to carry a box of three, of three 8-mm tapes instead of a flask of brandy....	1
...	...	...	...
3.209	3	...	0

Pada tabel 4.3 terdapat nilai indikator 1 dan 0, artinya jika indikator sama dengan 1 berarti soal tersebut menjadi indikator pada babnya. Jika indikator bernilai 0 maka soal tidak dijadikan sebagai indikator pada bab.

#### 4.2. Pengembangan Model



**Gambar 4. 1 Pengembangan model generate**

Dalam gambar pengembangan model *generate*, terdapat beberapa langkah yang dilakukan. Gambar 4.1 menunjukkan alur pembangunan model *generate* yang dilakukan dalam penelitian ini. Berikut penjelasan langkah-langkah yang dilakukan pada gambar 4.1:

1. Langkah pertama, mengumpulkan data seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab 4.1.1 tentang pengumpulan sumber data yang menghasilkan sumber data yang terpercaya.
2. Langkah kedua, *scoring* atau validasi soal yang sudah dijelaskan juga pada sub bab 4.1.2 yang menghasilkan data soal yang memiliki parameter.
3. Langkah ketiga, memilih tipe evaluasi apakah yang akan digunakan.
4. Jika evaluasi yang digunakan adalah evaluasi sumatif, maka langkah selanjutnya adalah *clustering* menggunakan *fuzzy c-means*. Jika evaluasi yang digunakan adalah formatif, maka harus menambahkan parameter indikator

(dijelaskan pada sub bab 4.1.4) pada soal yang akan dijadikan indikator sehingga menghasilkan data soal yang memiliki parameter dan indikator.

5. Langkah kelima, melakukan *clustering* soal menggunakan algoritma *fuzzy c-means*, yang menghasilkan data berupa *clustering membership* atau kelas-kelas yang berisi data soal sesuai dengan *cluster*-nya.
6. Setelah mendapatkan *cluster* soal, maka langkah keenam adalah distribusi soal ke dalam setiap paket. Distribusi soal ke dalam paket ini berdasarkan tipe evaluasi atau tes yang digunakan.
7. Langkah terakhir adalah analisis hasil *generate*, apakah sudah sesuai atau belum.

#### 4.2.1. Implementasi Algoritma Fuzzy C-Means

Data soal yang sudah diolah pada bagian pengolahan data (sub bab 4.1), kemudian di *cluster* menggunakan algoritma *fuzzy c-means* untuk mendapatkan beberapa kelas seperti yang sudah dijabarkan pada bab dua. Pada bab dua data yang digunakan dalam *clustering* adalah data industri kecil. Misalkan data yang digunakan adalah 20 soal beserta parameter tanpa indikator yang sudah didapatkan pada proses pengumpulan data, seperti terlihat pada tabel 4.4.

**Tabel 4. 4 Contoh Nilai Parameter Untuk Evaluasi Sumatif**

No soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
1.1	0.1	0.2	0.4	0.3	0	0	1	0	1	0	0.8	20	0	0	0
1.2	0.6	0.2	0	0.2	0	0	1	0	0	0	0.6	10	0	0	0
1.3	0	0.2	0.3	0.5	0	0	1	0	0	0	0.7	10	0	0	0
1.4	0.2	0.8	0	0	0	0	1	0	0	0	0.3	10	0	1	0
1.5	0.3	0.2	0	0.5	0	0	1	0	0	0	0.4	10	0	0	0
1.6	0	0.4	0.5	0.1	0	0	1	0	1	0	0.9	20	0	0	0
1.7	0.3	0.3	0	0.4	0	0	1	0	0	0	0.3	5	0	0	0
1.8	0.3	0.2	0	0.5	0	0	1	1	0	0	0.5	10	0	0	0
1.9	0	0.4	0.3	0.3	0	0	1	0	0	0	0.7	15	0	0	0
2.1	0.2	0.4	0	0.4	0	0	1	0	0	0	0.5	5	0	0	0
2.2	0.5	0.5	0	0	0	0	1	0	0	0	0.3	5	0	0	0
2.3	0.2	0.5	0	0.3	0	0	1	1	0	0	0.7	10	0	0	0
2.4	0.1	0.2	0.2	0.5	0	0	1	0	0	0	0.5	5	0	0	0
2.5	0.2	0.3	0	0.5	0	0	1	0	0	0	0.5	10	0	1	0
3.1	0.1	0.4	0	0.5	0	0	1	0	0	0	0.3	10	0	0	0
3.2	0	0.3	0.3	0.4	0	0	1	0	0	0	0.5	15	1	0	0
3.3	0	0.2	0.3	0.5	0	0	1	0	0	0	0.6	15	1	0	0

**Tabel 4. 4 Contoh Nilai Parameter Untuk Evaluasi Sumatif**

No soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
3.4	0	0.2	0.3	0.5	0	0	1	0	0	0	0.6	15	0	1	0
3.5	0.3	0.4	0	0.3	0	0	1	0	0	0	0.2	5	0	0	0
3.6	0	0.2	0.2	0.6	0	0	1	0	0	0	0.7	15	0	0	0

Pada tabel 4.4 format nomor soal diisi dengan bab.nomor soal seperti contoh 1.1. artinya bab satu soal nomor satu.

Seperti yang sudah dijelaskan pada bab dua tentang *fuzzy c-means* langkah pertama adalah menentukan nilai awal Inputan yang diberikan terhadap 20 data soal yang sudah divalidasi di atas dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4. 5 Nilai Awal Contoh Clustering**

Nama Inputan	Nilai
Jumlah <i>Cluster</i> (c)	3
Pangkat (w)	2
MaxIter	100
<i>Error</i> terkecil/ Akurasi	0.1
Fungsi Objektif Awal	0
Iterasi Awal	1

Keanggotaan nilai random awal pada percobaan di atas terlihat pada tabel 4.6.

**Tabel 4. 6 Keanggotaan Awal**

<i>Cluster</i> 1	<i>Cluster</i> 2	<i>Cluster</i> 3
0.4	0.533333333	0.066666667
0.333333333	0.416666667	0.25
0.3	0.7	0
0.25	0.333333333	0.416666667
0.25	0.45	0.3
0.25	0.166666667	0.583333333
0	0.4375	0.5625
0.285714286	0.285714286	0.428571429
0.75	0	0.25
0.428571429	0.5	0.071428571
0.076923077	0.230769231	0.692307692
0.142857143	0.571428571	0.285714286
0.666666667	0.111111111	0.222222222
0.388888889	0.277777778	0.333333333
0.285714286	0	0.714285714

**Tabel 4. 6 Keanggotaan Awal**

<i>Cluster 1</i>	<i>Cluster 2</i>	<i>Cluster 3</i>
0.428571429	0.19047619	0.380952381
0.375	0.3125	0.3125
0.217391304	0.391304348	0.391304348
0.125	0.3125	0.5625
0.384615385	0.076923077	0.538461538

Pada percobaan nilai awal di atas didapatkan pada iterasi pertama dengan derajat keanggotaan baru terlihat pada tabel 4.7.

**Tabel 4. 7 Keanggotaan Iterasi 1**

<i>Cluster 1</i>	<i>Cluster 2</i>	<i>Cluster 3</i>
0.3732398684536800	0.2873542610932900	0.3394058704530300
0.1917847118180300	0.5716601987032200	0.2365550894787500
0.1875440013895800	0.5748652428622400	0.2375907557481800
0.2305747521947900	0.4905830205866100	0.2788422272186000
0.1841431274854500	0.5836725701961800	0.2321843023183700
0.3731352050357700	0.2873985804522600	0.3394662145119700
0.2870797028681100	0.3976268849984900	0.3152934121334000
0.2129910531534200	0.5108855065686700	0.2761234402779100
0.4379112201234400	0.2274402901104700	0.3346484897660900
0.2937642783726200	0.3777593796819000	0.3284763419454800
0.2889128673562500	0.3611520616991500	0.3499350709446000
0.1861047993686100	0.5754196156062900	0.2384755850250900
0.1839669331916700	0.5838276894554600	0.2322053773528600
0.2141405510540100	0.5217888532366100	0.2640705957093800
0.1833241186725900	0.5837672865496400	0.232908594777600
0.1836014074817800	0.5844864721751400	0.2319121203430800
0.3733074380154500	0.2869632858433800	0.3397292761411700
0.1863192779109500	0.5748440704108700	0.2388366516781700
0.3734710550358000	0.2868585764328100	0.3396703685314000
0.1874664956571700	0.5724090578880900	0.2401244464547400

Pada iterasi pertama didapatkan fungsi objektif pertama ( $P_1$ ) Dengan fungsi objektif  $P_1 = 202.36191789494$ , dan selisih fungsi objektif adalah  $P_1 - P_0 = 202.36191789494 - 0 = 202.36191789494$ . Nilai ini masih lebih besar dari nilai akurasi awal. Sampai pada akhirnya nilai selisih fungsi objektif lebih kecil dari nilai akurasi awal pada iterasi ke-10. Pada tabel 4.8 terlihat nilai fungsi objektif dan selisih nilai fungsi objektif dari setiap iterasi.

**Tabel 4. 8 Selisih Fungsi Objektif Tiap Iterasi**

Iterasi	Nilai Fungsi Objektif ( $P_n$ )	Selisih $P_n - P_{n-1}$
0	0	0
1	202.36191789494	202.36191789494
2	145.49084769292	56.871070202015
3	108.50447487526	36.986372817664
4	76.159855744971	32.344619130287

**Tabel 4. 8 Selisih Fungsi Objektif Tiap Iterasi**

Iterasi	Nilai Fungsi Obektif ( $P_n$ )	Selisih $P_n - P_{n-1}$
5	63.262689266744	12.897166478227
6	58.687469443896	4.5752198228484
7	48.991313637035	9.6961558068602
8	41.784580489866	7.2067331471693
9	39.859799316119	1.9247811737474
10	38.994054751042	0.8657445650769
11	38.55399232734	0.44006242370223
12	38.367249564065	0.18674276327478
13	38.299989172302	0.067260391762609

Pada iterasi ke-10, selisih fungsi objektifnya adalah 0.0026799332085616. Nilai ini sudah lebih kecil dari pada nilai *error* terkecil/akurasi awal. Jika nilai selisih fungsi objekti sudah lebih kecil dari akurasi maka pengulangan iterasi berhenti. Pada iterasi ke-10 didapatlah derajat keanggotaan baru sseperti pada tabel 4.9.

**Tabel 4. 9 Keanggotaan Baru Pada Iterasi 10**

<i>Cluster 1</i>	<i>Cluster 2</i>	<i>Cluster 3</i>
0.9942428878154200	0.0038353590652421	0.0019217531193374
0.0027527486840345	0.9882825603316400	0.0089646909843207
0.0018860278591158	0.9921282909897000	0.0059856811511870
0.0134829637202640	0.9441409227615800	0.0423761135181510
0.0007685759772703	0.9967383433284200	0.0024930806943118
0.9924207505406200	0.0050479403270114	0.0025313091323641
0.0468149189640300	0.4066898927436700	0.5464951882923000
0.0089271456465919	0.9623367519840100	0.0287361023694020
0.4666873589435500	0.4168758957040100	0.1164367453524400
0.0125406755042780	0.0602922195586960	0.9271671049370300
0.0715296781606980	0.3387415919110200	0.5897287299282800
0.0011324649531879	0.9952424211490500	0.0036251138977617
0.0006372057826642	0.9972940056331100	0.0020687885842296
0.0096732688355163	0.9603609104572900	0.0299658207071930
0.0004048283930615	0.9982895838930900	0.0013055877138512
0.0006656151690855	0.9971861041009300	0.0021482807299799
0.9905923525702300	0.0062750691114717	0.0031325783182941
0.0011855980574852	0.9950295226809300	0.0037848792615815
0.9943373148328400	0.0037771763062030	0.0018855088609561
0.0014469227049778	0.9939486067903000	0.0046044705047230

Dengan perhitungan di atas dan melihat derajat keanggotaan baru pada iterasi ke-10, maka didapatlah derajat keanggotaan pada *cluster* dan anggota tiap *cluster*.



**Tabel 4. 10 Derajat Keanggotaan Tiap Cluster**

Nomor Soal	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
1.1	*		
1.2		*	
1.3		*	
1.4		*	
1.5		*	
1.6	*		
1.7			*
1.8		*	
1.9	*		
2.1			*
2.2			*
2.3		*	
2.4		*	
2.5		*	
3.1		*	
3.2		*	
3.3	*		
3.4		*	
3.5	*		
3.6		*	

**Tabel 4. 11 Anggota Tiap Cluster Pada Contoh Evaluasi Sumatif**

Cluster	Anggota
1	1.1, 1.6, 1.9, 3.3, 3.5
2	1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.8, 2.3, 2.4, 2.5, 3.1, 3.2, 3.4, 3.6
3	1.7, 2.1, 2.2

#### 4.2.2. Pengambilan Soal Perpaket Tiap Evaluasi

Setelah *cluster* terbetuk langkah selanjutnya adalah membuat paket soal, pada penelitian ini ada dua tipe paket soal evaluasi, yaitu tipe soal evaluasi sumatif dan evaluasi formatif. Masing-masing tipe paket soal memiliki syarat atau kondisi tertentu. Berikut kondisi yang harus dipenuhi pada tiap tipe paket soal:

1. Tipe soal evaluasi sumatif
  - a. Pengambilan soal dalam satu paket terhadap beberapa *cluster* yang ada tidak boleh mengulang, artinya tidak boleh ada soal yang sama pada tiap paket.

- b. Pengambilan soal dari tiap *cluster* haru secara *random*.
- c. Tiap paket soal harus ada keseimbangan bab, jangan sampai ada salah satu paket soal yang berisi salah satu bab.

## 2. Tipe soal evaluasi formatif

Sebenarnya kondisi tipe soal formatif dengan tipe soal evaluasi sama, hanya saja pada evaluasi formatif terdapat soal yang menjadi indikator. Soal yang menjadi indikator harus ada pada tiap paket soal. Soal yang menjadi indikator ada pada setiap bab jika tipe evaluasinya adalah formatif.

### 4.2.3. Proses Pengambilan Soal Tipe Evaluasi Sumatif

Proses pengambilan soal tipe evaluasi sumatif dilakukan dengan melanjutkan dari proses *clustering* pada sub bab 4.2.1. Pada proses sebelumnya, nilai awal paket ada dua paket dan tiap paket memiliki empat soal. Pada sub 4.2.1 sudah dipatkan hasil *clustering* yang dijabarkan pada tabel 4.10. Dengan mengikuti aturan tipe soal evaluasi sumatif maka didapatkan paket soal yang dapat dilihat pada tabel 4.12.

**Tabel 4. 12 Contoh Paket Soal Tipe Sumatif**

Paket Soal	Nomor Soal
1	1.9, 1.6, 2.1, 1.1, 2.2, 1.7, 2.4, 3.4, 3.5, 2.3
2	3.5, 3.3, 1.2, 1.7, 1.8, 1.3, 1.1, 2.1, 2.2

### 4.2.4. Proses Pengambilan Soal Tipe Evaluasi Formatif

Berbeda dengan proses pengambilan tipe sumatif, pada tipe formatif tiap bab harus memiliki minimal satu data soal yang menjadi indikator. seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab 4.1. contoh soal yang menjadi indikator dapat dilihat pada tabel 4.13.

**Tabel 4. 13 Contoh Parameter dan Indikator Untuk Contoh Evaluasi Formatif**

No soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
1.1	0.1	0.2	0.4	0.3	0	0	1	0	1	0	0.8	20	0	0	1
1.2	0.6	0.2	0	0.2	0	0	1	0	0	0	0.6	10	0	0	1
1.3	0	0.2	0.3	0.5	0	0	1	0	0	0	0.7	10	0	0	0
1.4	0.2	0.8	0	0	0	0	1	0	0	0	0.3	10	0	1	0

**Tabel 4. 13 Contoh Parameter dan Indikator Untuk Contoh Evaluasi Formatif**

No soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
1.5	0.3	0.2	0	0.5	0	0	1	0	0	0	0.4	10	0	0	0
1.6	0	0.4	0.5	0.1	0	0	1	0	1	0	0.9	20	0	0	0
1.7	0.3	0.3	0	0.4	0	0	1	0	0	0	0.3	5	0	0	0
1.8	0.3	0.2	0	0.5	0	0	1	1	0	0	0.5	10	0	0	0
1.9	0	0.4	0.3	0.3	0	0	1	0	0	0	0.7	15	0	0	0
2.1	0.2	0.4	0	0.4	0	0	1	0	0	0	0.5	5	0	0	1
2.2	0.5	0.5	0	0	0	0	1	0	0	0	0.3	5	0	0	0
2.3	0.2	0.5	0	0.3	0	0	1	1	0	0	0.7	10	0	0	0
2.4	0.1	0.2	0.2	0.5	0	0	1	0	0	0	0.5	5	0	0	0
2.5	0.2	0.3	0	0.5	0	0	1	0	0	0	0.5	10	0	1	0
3.1	0.1	0.4	0	0.5	0	0	1	0	0	0	0.3	10	0	0	1
3.2	0	0.3	0.3	0.4	0	0	1	0	0	0	0.5	15	1	0	0
3.3	0	0.2	0.3	0.5	0	0	1	0	0	0	0.6	15	1	0	0
3.4	0	0.2	0.3	0.5	0	0	1	0	0	0	0.6	15	0	1	0
3.5	0.3	0.4	0	0.3	0	0	1	0	0	0	0.2	5	0	0	0
3.6	0	0.2	0.2	0.6	0	0	1	0	0	0	0.7	15	0	0	0

Dapat dilihat atribut indikator pada soal no 1.1, 1.2, 2.1, dan 3.1 bernilai 1, itu artinya soal menjadi indikator. Jika bernilai 0 maka bukan indikator. Akan tetapi pada penelitian ini, penulis hanya mengasumsikan satu soal saja yang dipilih secara *random* dari tiap bab untuk dimasukkan ke dalam paket soal, meskipun pada tiap bab memiliki lebih dari satu soal yang menjadi indikator. Contohnya pada tabel di atas, pada bab satu terdapat dua soal yang menjadi indikator, tetapi yang diambil hanya satu secara acak.

Setelah didapatkan soal yang menjadi indikator, sama seperti evaluasi sumatif dilakukan *clustering*. Penulis mengasumsikan nilai *input*-an awal sama dengan percobaan pada sub bab 4.2.1. Dan menghasilkan *cluster* seperti pada tabel 4.14.

**Tabel 4. 14 Anggota Tiap Cluster Pada Contoh Evaluasi Formatif**

<i>Cluster</i>	Anggota
1	1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.8, 2.3, 2.4, 2.5, 3.1, 3.2, 3.4, 3.6
2	1.7, 2.1, 2.2
3	1.1, 1.6, 1.9, 3.3, 3.5

Kemudian didapatkan soal yang dijadikan indikator sesuai dengan babnya. Yaitu pada bab satu didapat nomor soal 1.2, pada bab dua didapat soal nomor 2.1, dan pada bab tiga didapat nomor soal 3.1.

Setelah mendapatkan soal yang menjadi indikator kemudian dimasukan ke tiap paket soal beserta soal lain yang tidak menjadi indikator.

**Tabel 4. 15 Contoh Paket Soal Tipe Formatif**

Paket Soal	Nomor Soal
1	1.5, 2.1, 1.2, 3.5, 2.2, 3.1, 2.1, 1.8, 3.3, 1.7
2	1.7, 3.3, 1.1, 3.6, 3.1, 2.3, 2.1, 1.2, 2.6, 1.4

Dapat dilihat pada tabel 4.15, soal yang menjadi indikator tiap bab dimasukan ke tiap paket soal.

### **4.3. Software Development**

Tahap *software development* atau pembangunan perangkat lunak merupakan tahapan pengembangan perangkat lunak sesuai dnegan perencanaan yang telah dibuat. Tahap ini dibagi ke dalam dua tahap. Yaitu

1. Rekayasa Perangkat Lunak (RPL)
2. *User Interface*

#### **4.3.1. Rekayasa Perangkat Lunak (RPL)**

Pada tahap rekayasa perangkat lunak, dilakukan implementasi clustering dengan algoritma *fuzzy c-means* dan teknik pemilihan soal evaluasi dalam system menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework code igniter* (CI). Pengembangan perangkat lunak dijelaskan ke dalam beberapa sub bab yang meliputi deskripsi sistem, model pengembangan perangkat lunak, batasan perangkat lunak, proses operasional perangkat lunak, perancangan, implementasi dan pengujian.

##### **4.3.1.1. Deskripsi Sistem**

Sistem generate soal evaluasi “*Qeuestion Generating System*” merupakan sebuah system berbasis web yang memiliki fungsi untuk *generate* soal evaluasi baik evaluasi sumatif maupun evaluasi formatif. Soal di-*generate* ke dalam beberapa paket sesuai inputan, yang sebelumnya di-*clustering* terlebih dahulu, agar setiap paket soal memiliki porsi atau bobot

yang sama. Masukan system ini berupa data soal yang sudah divalidasi, kemudian diproses oleh sistem sehingga menghasilkan model paket soal.

#### 4.3.1.2. Batasan Sistem

Sistem ini dibuat dalam rangka penelitian, maka dalam pengembangannya sistem ini memiliki beberapa keterbatasan. Batasan-batasan dalam sistem generate soal evaluasi ini diantaranya:

1. Karena memiliki fungsi sebagai alat untuk penelitian, maka sistem ini memiliki beberapa keterbatasan fitur. Misalnya untuk memasukan data soal, pengguna harus memasukan soal satu persatu. Belum ada modul untuk upload data.
2. Update data hanya tersedia untuk mengubah soal menjadi indikator saja.
3. Data yang digunakan hanya satu *course* saja yaitu, jaringan komputer.
4. Sistem generate soal ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework code igniter*. Sehingga memerlukan aplikasi tambahan seperti *apache server* dan database *mysql*.
5. Karena sistem menggunakan bahasa pemrograman php, maka pada saat proses *clustering* membutuhkan waktu yang cukup lama, yaitu 20-30 detik setiap melakukan *generate*.

#### 4.3.1.3. Proses Operasional Perangkat Lunak

Pada bagian poses operasional perangkat lunak, penulis membahas mengenai masukan (*input*) yang dapat diterima oleh sistem serta keluaran (*output*) yang dihasilkan dari proses sistem.

1. Masukan (*input*)  
Masukan dari sistem generate soal evaluasi ini adalah *dataset* berupa soal yang sudah divalidasi dan memiliki parameter. Masukan dapat dilakukan pada menu *add question* (tambah soal). Pada menu tersebut tersedia juga masukan parameter.
2. Keluaran (*output*)  
Keluaran dari sistem ini berupa paket soal yang terbentuk dari proses *clustering* dan teknik pemilihan soal evaluasi sumatif atau evaluasi formatif.

#### 4.3.1.4. Perancangan

Pada tahap ini penulis merancang perangkat lunak yang akan dibangun, agar proses dari perangkat lunaknya tersruktur dengan rapi. Sistem ini dibuat untuk tenanga pengajar, seperti guru atau dosen. Fitur yang terdapat pada sistem yang nantinya akan digunakan oleh *user* dapat dilihat pada tabel 4.16.

**Tabel 4. 16 Fitur SIstem Generate Soal**

No.	Menu	Fitur	Kegunaan
1.	<i>Add Objects</i>	<i>Add Course</i>	Menambah <i>course</i> /pelajaran baru
		<i>Add Parameter</i>	Menambah parameter baru
		<i>Add Question and Parameter</i>	Menambah soal beserta nilai parameternya sesuai parameter yang sudah ada
2.	<i>Update Objects</i>	<i>Update Indicator</i>	Mengubah data soal bukan indikator menjadi indikator, atau sebaliknya.
3.	<i>New Project</i>	<i>Generate FCM</i>	Men- <i>generate</i> data soal yang sudah memiliki parameter.
		<i>Save</i>	Menyimpan hasil <i>generate</i>
4.	<i>Load Project</i>	<i>Load Project</i>	Me- <i>load</i> daln melihat paket soal hasil <i>generate</i> sebelumnya pada halaman <i>preview package</i>
		<i>Download Project</i>	Mengunduh paket hasi <i>generate</i> dalam bentuk pdf

#### 4.3.1.5. Implementasi

Setelah melakukan perancangan sistem, selanjutnya penulis mengimplementasikan hasil perancangan ke dalam sistem. Hasil dari perancangan menghasilkan beberapa fungsi yang disajikan ke dalam sebuah tampilan. Beberapa fungsi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.17.

**Tabel 4. 17 Fungsi Untuk User**

No	Kode	Nama Fungsi	Deskripsi
1	QGS-FCM-F-001	Tambah pelajaran ( <i>add course</i> )	Input data pelajaran oleh pengguna
2	QGS-FCM-F-002	Tambah parameter ( <i>add group parameter</i> )	Input data parameter oleh pengguna.
3	QGS-FCM-F-003	Tambah soal dan isi parameter ( <i>add queston and parameter</i> )	Input data soal dan isi parameter oleh pengguna.

Tabel 4. 17 Fungsi Untuk User

No	Kode	Nama Fungsi	Deskripsi
4	QGS-FCM-F-004	Generate Soal ( <i>new project</i> )	Proses men- <i>generate</i> soal dan melakukan menyimpan soal pada paket berdasarkan bobot yang telah <i>dicluster</i>
5	QGS-FCM-F-005	Preview Paket Soal	Mereview hasil generate
6	QGS-FCM-F-006	Save	Menyimpan hasil <i>generate</i> soal
7	QGS-FCM-F-007	Mengunduh Paket Soal	Mengunduh paket soal yang telah <i>degenerate</i> dan review dalam bentuk pdf
8	QGS-FCM-F-008	Load paket soal ( <i>load project</i> )	Memuat paket soal yang pernah di- <i>generate</i> sebelumnya.
9	QGS-FCM-F-009	Ubah indikator ( <i>edit indicator</i> )	Mengubah soal menjadi sebuah indikator atau bukan indikator.
10	QGS-FCM-F-010	<i>Login</i>	Merupakan fungsi yang digunakan untuk masuk ke dalam sistem
11	QGS-FCM-F-011	<i>Sign Up</i>	Merupakan fungsi yang digunakan untuk mendaftar sebagai <i>user</i>

#### 4.3.1.6. Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian, penulis menggunakan metode *black box* untuk memastikan bahwa semua fungsi telah berjalan dengan baik. Pengujian dengan metode *black box* dilakukan oleh penulis dengan memperhatikan setiap fungsi yang telah dibuat. Hasil pengujian terhadap sistem dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Uji Sistem

No	Item Uji	Data Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Nyata	Hasil Pengujian
1	Login	Username : rabihawaludin Password : herbivora	Masuk ke halaman beranda	Masuk ke halaman beranda	Sesuai

Tabel 4. 18 Uji Sistem

No	Item Uji	Data Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Nyata	Hasil Pengujian
2	Tambah Pelajaran	Pel : jaringan komputer Deskripsi : jaringan komputer tingkat perguruan tinggi	Pelajaran masuk ke database dan menampilkan pesan berhasil simpan	Pelajaran masuk ke database dan menampilkan pesan berhasil simpan	Sesuai
3	Tambah Parameter	Parameter : C1 Alias : <i>Remembering</i> Value : [0-1]	Group parameter berhasil masuk ke database	Group parameter berhasil masuk ke database	Sesuai
4	Tambah Soal dan Parameternya	Id soal : 1.11 Isi soal: What is the main difference between TCP and UDP? Gambar : null Pelajaran : jaringan komputer, Bab : 1, Indikator : 0 C1: 0.5, C2 : 0.5, C3:0, C4: 0, C5: 0, C6: 0, PC: 0, SC:0, PE: 0, DF: 0.3, DS: 5, MT:0, DQ: 0	Soal berhasil masuk ke database, kembali ke halaman tambah soal dan parameter	Soal berhasil masuk ke database, kembali ke halaman tambah soal dan parameter	Sesuai
5	Generate Soal	638 soal jaringan komputer yang sudah divalidasi, <i>Cluster</i> : 3 Pangkat : 2 Max Iter: 100 Package : 2 Number of items : 10 Akurasi : 0.1 Iterasi awal : 1 Fungsi objektif awal : 0	Menampilkan hasil generate berdasarkan algoritma <i>fuzzy c-means</i> dan teknik pengambilan soal evaluasi sumatif maupun formatif	Menampilkan hasil generate berdasarkan algoritma <i>fuzzy c-means</i> dan teknik pengambilan soal evaluasi sumatif maupun formatif	Sesuai
6	Preview Paket Soal		Menampilkan soal hasil generate pada sebuah tabel	Menampilkan soal hasil generate pada sebuah tabel	Sesuai
7	<i>Save</i>		Hasil generate tersimpan dengan nama sesuai inputan	Hasil generate tersimpan dengan nama sesuai inputan	Sesuai
8	Unduh Paket Soal		Mengunduh paket soal dengan tipe file pdf yang	Mengunduh paket soal dengan tipe file	Sesuai



Tabel 4. 18 Uji Sistem

No	Item Uji	Data Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Nyata	Hasil Pengujian
			berisi soal hasil generate	pdf yang berisi soal hasil generate	
9	Load Paket Soal		Menampilkan list hasil generate soal yang sudah dilakukan sebelumnya	Menampilkan list hasil generate soal yang sudah dilakukan sebelumnya	Sesuai
10	Ubah Indikator	Id soal : 1.11 Isi soal: What is the main difference between TCP and UDP? Gambar : null Pelajaran : jaringan komputer, Bab : 1, Indikator : 1	Atribut indikator pada soal berubah menjadi 1 ( <i>yes</i> ) atau 0 ( <i>no</i> )	Atribut indikator pada soal berubah menjadi 1 ( <i>yes</i> ) atau 0 ( <i>no</i> )	Sesuai
11	<i>Sign up</i>	Nama lengkap : Ridwan Fajar NIP : 266152525 Email : ridwanbejo@gmail.com Username: ridwanbejo Password : ridwanbejo	Menyimpan data user baru ke database pada tabel user	Menyimpan data user baru ke database pada tabel user	Sesuai

#### 4.3.2. User Interface

Dalam sebuah perangkat lunak, *interface* memiliki peranan penting sebagai penghubung antara *user* dengan perangkat lunak. *Interface* sendiri menginterpretasikan fungsi-fungsi yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai *interface* untuk *generate* soal, dan *preview* dari hasil *generate*.

##### 1. *Interface generate soal*

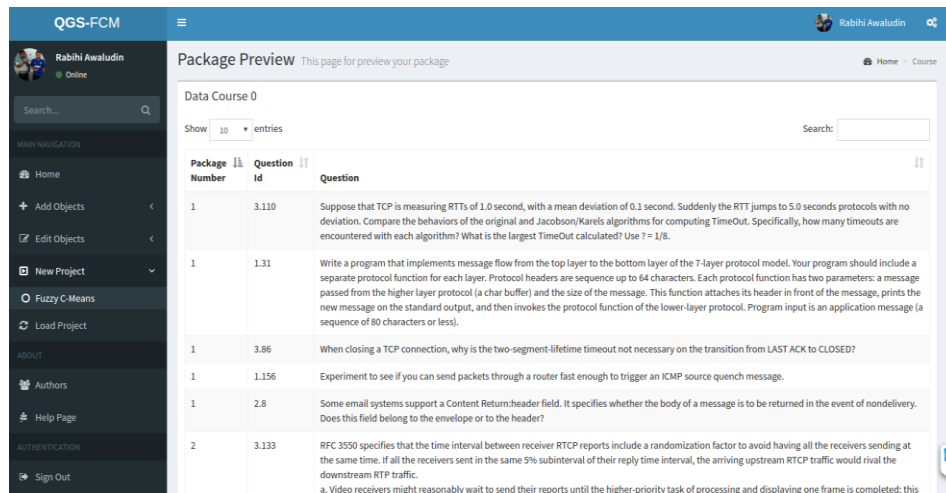
Untuk melakukan *generate* soal, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan nilai awal *clustering*, data *course* yang akan di-*generate*, jumlah paket soal, dan jumlah soal per paket.

**Gambar 4. 2 Interface Generate Soal**

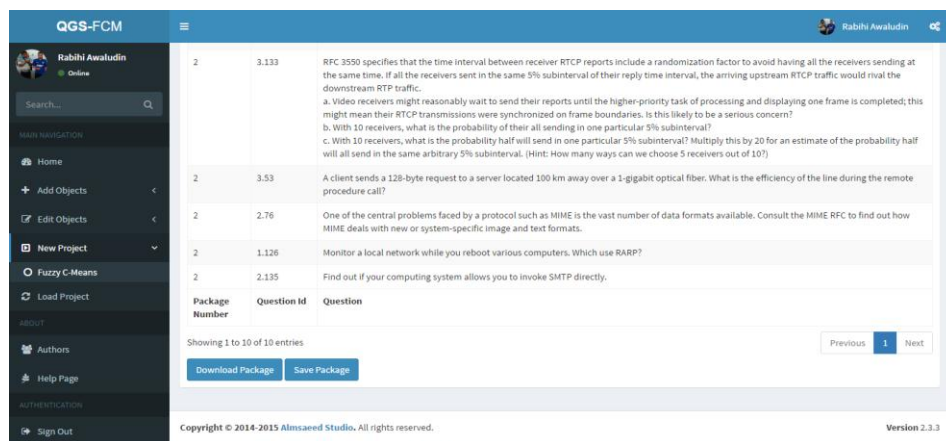
Terdapat dua kolom masukan, yang pertama adalah form untuk *clustering* terdapat field *choose course* untuk menentukan pelajaran apa yang akan di-generate, kemudian ada field *cluster amount*, *weighting*, *maximum iteration*, dan *accuration* itu semua adalah untuk menentukan nilai awal *clustering*. Kolom kedua, yaitu kolom untuk menentukan paket soal, terdapat field *package* untuk menentukan berapa paket yang akan dibuat, kemudian *field number of items* untuk menentukan berapa soal yang ada pada setiap paket. Dan ada tombol *Generate*, tombol tersebut digunakan setelah semua kolom terisi dan akan menampilkan *preview* paket sebelum diunduh.

## 2. Interface preview hasil generate

Setelah memasukan nilai pada setiap kolom di *interface generate* soal, akan muncul *interface preview* hasil *generate*. *Interface* ini digunakan untuk melihat hasil *generate* sebelum *user* mengunduh hasil *generate*.



Gambar 4. 3 Interface preview hasil generate Bagian 1



Gambar 4. 4 Interface preview hasil generate (Lanjutan)

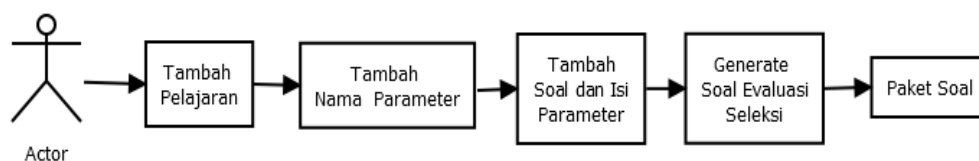
Pada *interface preview* paket terdapat tombol *Download Package* dan *Save Package*. *Download Package* digunakan untuk mengunduh hasil *generate* dalam bentuk file .pdf, sedangkan *Save Package* digunakan untuk menyimpan dan mengubah nama *project*.

#### 4.4. Rancangan Eksperimen

Dalam melakukan eksperimen, penulis terlebih dahulu merancang untuk eksperimen. Dalam hal ini penulis melakukan tiga kegiatan yaitu, membuat skenario untuk *generate* soal evaluasi sumatif, membuat skenario untuk *generate* soal formatif, menentukan nilai awal variable *clustering*, dan menentukan soal yang dijadikan indikator pada evaluasi formatif.

#### 4.4.1. Skenario *Generate Soal Evaluasi Sumatif*

Misalkan penulis megasumsikan seorang guru akan men-*generate* soal dengan data yang telah ada di dalam *database* yaitu sebanyak 638 data soal beserta parameternya tanpa ada soal yang menjadi indikator, jumlah *cluster* sebanyak tiga, bayak paket sebanyak tiga, dan soal tiap paket sebanyak sepuluh. Untuk *course* yang di-*generate* adalah pelajaran jaringan komputer. Skenario eksperimen *generate* soal evaluasi sumatif disajikan dalam gambar berikut



**Gambar 4. 5 Skenario *Generate Soal Evaluasi Sumatif***

Pada gambar 4.5 dapat dilihat bagaimana alur yang dilakukan oleh *actor* atau *user* pada kasus ini adalah guru/dosen. Mulai dari melakukan proses *input* data yang dibutuhkan seperti tambah pelajaran, tambah nama parameter, tambah soal da nisi parameter, sampai menghasilkan *output* berupa *file* bentuk *pdf* yang dapat dicetak. Berikut *interface* untuk tiap prose pada skenario.

##### 1. *Add course* (tambah pelajaran)

The screenshot shows the 'Form Clustering' interface in the QGS-FCM application. The 'Input Course' section is active, featuring two text input fields: 'Course Name' and 'Description'. Below these fields is a blue 'Save' button. Underneath the input fields, there is a 'Data Course' section with a 'Show 10 entries' dropdown, a search bar, and 'PDF' and 'Excel' buttons. A table below displays a list of courses, with the first entry being '1' for 'SISTEM OPERASI'.

Number	Course	Description
1	SISTEM OPERASI	

**Gambar 4. 6 Tambah Pelajaran**

Pada form tambah pelajaran ini, user memasukan nama pelajaran dan deksripsi dari pelajaran. Tambah pelajaran dapat dilewat jika *course* yang diinginkan telah tersedia di dalam *database*.

## 2. Add parameter (tambah nama parameter)

**Gambar 4. 7 Tambah Parameter**

Pada form tambah nama parameter, user menambahkan nama parameter yang akan digunakan, alias atau deksripsi parameter, kemudian nilai yang value atau nilai yang dapat di-input pada parameter tersebut. Seperti tambah pelajaran, jika parameter yang diinginkan telah sesuai maka proses ini dapat dilewati.

## 3. Add question and parameter value (tambah soal dan nilai parameter)

**Gambar 4. 8 Tambah Soal dan Paramternya**

Pada form tambah soal dan parameternya, *user* memasukan data soal beserta paramaternya. Seperti tambah pelajaran dan tambah parameter,

jika pelajaran dan parameter yang diinginkan telah sesuai maka proses ini dapat dilewati

#### 4. *Generate fcm* (generate soal)

**Gambar 4. 9 Generate Soal**

#### 5. *Package preview* (melihat paket soal)

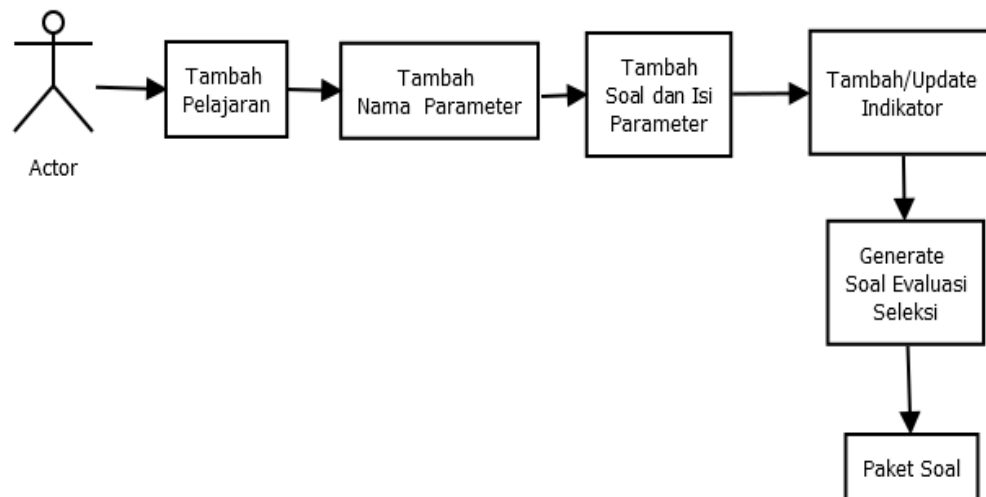
Package Number	Question Id	Question
1	3.110	Suppose that TCP is measuring RTTs of 1.0 second, with a mean deviation of 0.1 second. Suddenly the RTT jumps to 5.0 seconds protocols with no deviation. Compare the behaviors of the original and Jacobson/Karels algorithms for computing Timeout. Specifically, how many timeouts are encountered with each algorithm? What is the largest Timeout calculated? Use $\tau = 1/8$ .
1	1.31	Write a program that implements message flow from the top layer to the bottom layer of the 7-layer protocol model. Your program should include a separate protocol function for each layer. Protocol headers are sequence up to 64 characters. Each protocol function has two parameters: a message passed from the higher layer protocol (a char buffer) and the size of the message. This function attaches its header in front of the message, prints the new message on the standard output, and then invokes the protocol function of the lower-layer protocol. Program input is an application message (a sequence of 80 characters or less).
1	3.86	When closing a TCP connection, why is the two-segment-lifetime timeout not necessary on the transition from LAST ACK to CLOSED?
1	1.156	Experiment to see if you can send packets through a router fast enough to trigger an ICMP source quench message.
1	2.8	Some email systems support a Content Return:header field. It specifies whether the body of a message is to be returned in the event of nondelivery. Does this field belong to the envelope or to the header?
2	3.133	RFC 3550 specifies that the time interval between receiver RTP reports include a randomization factor to avoid having all the receivers sending at the same time. If all the receivers sent in the same 5% subinterval of their reply time interval, the arriving upstream RTP traffic would rival the downstream RTP traffic. a. Video receivers might reasonably wait to send their reports until the higher-priority task of processing and displaying one frame is completed; this

**Gambar 4. 10 Preview Packages**

Seperti yang sudah dijelaskan pada subbab 4.3 pada bagian *user interface*. Pada *preview* paket soal ini terdapat tombol *download* dan *save*. Tombol *download* digunakan untuk mengunduh paket soal dan *save* digunakan untuk menyimpan paket soal.

#### 4.4.2. Skenario *Generate Soal Evaluasi Formatif*

Pada skenario ini, penulis mengasumsikan inputan yang sama dengan sub bab skenario *generate* soal evaluasi sumatif. Yang membedakan antara evaluasi sumatif dengan evaluasi formatif terletak pada bagian soal yang menjadi indikator. Untuk skenario *generate* soal evaluasi sumatif disajikan dalam gambar 4.11.

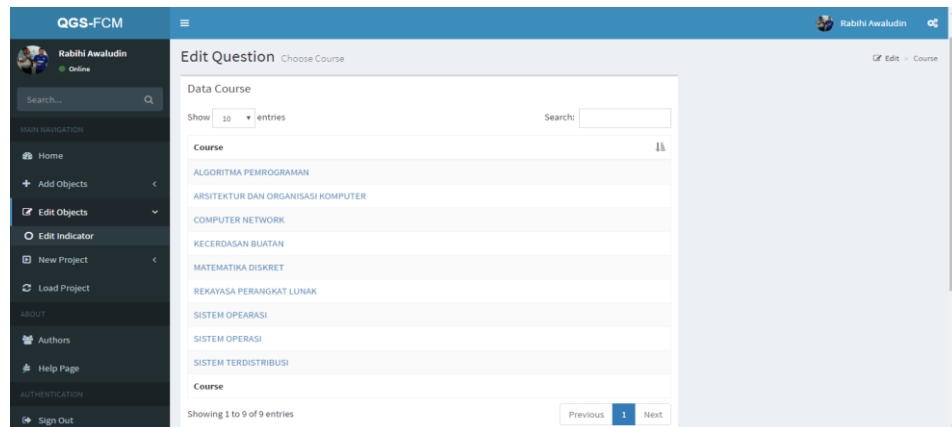


**Gambar 4. 11 Skenario *Generate Soal Evaluasi Formatif***

Pada gambar 4.11 dapat dilihat bagaimana alur yang dilakukan oleh *user* mulai dari melakukan proses *input* data yang dibutuhkan sampai menghasilkan *output* berupa *file* bentuk *pdf* yang dapat dicetak.

Untuk *interface* skenario sama saja dengan evaluasi sumatif, yang membedakan terdapat satu buah *interface* yang digunakan untuk menambah/mengubah soal menjadi indikator. Tambah indikator dapat dilihat pada gambar 4.12

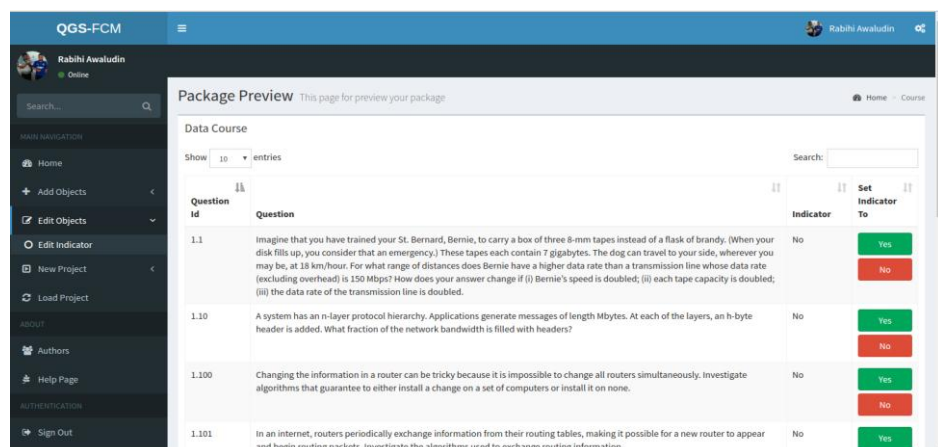
### 1. Choose course



**Gambar 4. 12 Interface Choose Course pada Edit Indikator**

Pada halaman ini, pilih *course* yang soalnya akan diubah menjadi indikator.

### 2. Edit indicator (tambah/ubah soal menjadi indikato)



**Gambar 4. 13 Interface Edit Indikator**

Pada halama ini terdapat tombol *yes* dan *no*, tombol *yes* berfungsi untuk mengubah soal menjadi indikator. Tombol *no* berfungsi untuk mengubah soal menjadi bukan indikator.

#### 4.4.3. Menentukan Nilai Awal *Variabel* untuk *Generate* Soal

Pada eksperimen yang akan dilakukan, penulis melakukan empat kali eksperimen pada setiap tipe evaluasi dengan satu *course* yaitu jaringan komputer. Jadi jika dijumlahkan penulis melakukan delapan kali eksperimen. Insialisasi awal eksperimen dapat dilihat pada tabel 4.19.



**Tabel 4. 19 Nilai Awal *Generate Soal***

Tipe Evaluasi	Simulasi	Jumlah Paket	Jumlah soal	Jumlah cluster	Banyak Iterasi	Pangkat/ Pembobot	Akurasi /nilai error
Sumatif	Simulasi 1	3	10	3	100	2	0.1
	Simulasi 2	3	10	5	100	2	0.1
	Simulasi 3	3	10	3	1000	2	0.1
	Simulasi 4	3	10	5	1000	2	0.1
Formatif	Simulasi 1	3	10	3	100	2	0.1
	Simulasi 2	3	10	5	100	2	0.1
	Simulasi 3	3	10	3	1000	2	0.1
	Simulasi 4	3	10	5	1000	2	0.1

Pada tabel 4.19 terlihat jumlah simulasi ada 8, untuk semua simulasi diberikan jumlah paket soal sebanyak 3 paket, kemudian untuk jumlah soal sebanyak 10 soal.

Untuk evaluasi tipe sumatif inisialisasi variabel pada *clustering* diberikan nilai awal jumlah *cluster* sebanyak 3 dan banyak iterasi 100 pada simulasi pertama. Pada simulasi kedua diberikan jumlah *cluster* sebanyak 5 dan banyak iterasi 100. Pada simulasi ketiga jumlah *cluster* sebanyak 3 dengan banyak iterasi 10, dan pada simulasi keempat banyaknya *cluster* sebanyak 5 dengan banyak iterasi 1000. Untuk nilai akurasi diberikan nilai 0.1, dan pangkat/pembobot diberikan nilai 2 untuk tiap simulasi. Begitu juga pada tipe evaluasi formatif, tiap simulasinya diberikan nilai awal variabel *clustering* sama dengan keempat simulasi pada evaluasi sumatif.

#### 4.4.4. Menentukan Soal Indikator Untuk Evaluasi Formatif

Dalam menentukan soal indikator, penulis memilih beberapa soal pada tiap bab yang dijadikan sebagai soal indikator. Dapat dilihat pada tabel 4.20 untuk soal yang dijadikan indikator.

**Tabel 4. 20 Soal yang Menjadi Indikator Pada Eksperimen Evaluasi Formatif**

No. Soal	Indikator
1.1	1
1.2	1
2.1	1
2.2	1
3.1	1
3.2	1

Terlihat di dalam tabel 4.20 nilai indikator pada setiap soal yaitu 1, angka satu menunjukkan bahwa nomor soal yang memiliki indikator 1 dijadikan indikator pada setiap bab.

#### 4.5. Hasil Eksperimen

Pada subbab ini, penulis menjabarkan hasil dari eksperimen yang sebelumnya telah dirancang dan dilakukan pada simulasi *generate* soal evaluasi sumatif dan simulasi *generate* soal evaluasi formatif.

##### 4.5.1. Hasil Eksperimen *Generate* Soal Evaluasi Sumatif

Setelah menentukan inisialisasi awal dari rancangan eksperimen, didapatkan hasil eksperimen evaluasi sumatif yang dapat dilihat pada tabel 4.21

**Tabel 4. 21 Hasil Eksperimen *Generate* Soal Evaluasi Sleksi**

Tipe Evaluasi	Simulasi	Paket Soal	Nomor Soal	Iterasi Berhenti	Waktu Berhenti <i>Generate</i>
Sumatif	Simulasi 1	1	{3.159, 2.188, 3.169, 3.69, 3.182, 1.53, 1.89, 3.20, 2.158, 1.73}	12	33.9 detik
		2	{1.138, 2.136, 1.38, 1.80, 3.159, 1.11, 2.161, 2.151, 3.166, 1.42}		
		3	{2.138, 2.69, 2.196, 3.135, 3.96, 1.28, 2.174, 1.133, 1.75, 3.17}		
	Simulasi 2	1	{1.126, 2.195, 3.117, 1.206, 1.138, 3.124, 1.92, 1.19, 2.200, 3.84}	17	34.1 detik
		2	{2.114, 2.16, 1.209, 1.61, 1.34, 3.53, 1.66, 2.2, 1.38, 3.133}		
		3	{3.84, 3.105, 1.5, 2.197, 1.159, 1.65, 2.155, 1.43, 3.51, 3.32}		
	Simulasi 3	1	{1.31, 3.128, 1.173, 2.96, 2.68, 3.176, 3.129, 2.51, 1.188, 2.10}	13	33.7 detik
		2	{2.181, 2.163, 3.27, 1.115, 2.148, 2.101, 2.82, 2.105, 2.29, 2.31}		
		3	{2.55, 1.186, 3.16, 1.8, 3.80, 1.152, 1.88, 1.99, 1.1, 3.70}		
	Simulasi 4	1	{1.209, 1.63, 2.19, 2.203, 2.161, 1.203, 3.208, 3.72, 3.149, 1.75, }	14	33.9 detik
		2	{1.111, 1.81, 1.65, 2.180, 2.163, 3.178, 3.136, 2.97, 3.129, 3.302}		
		3	{3.9, 1.50, 3.114, 3.47, 2.75, 2.1, 3.141, 3.140, 2.208, 1.196}		

Setelah melakukan eksperimen pada evaluasi sumatif, didapatkan hasil seperti pada tabel 4.21. Berikut penjelasan tiap simulasi pada tabel di atas:

1. Simulasi ke-1 mendapatkan 3 paket soal, dengan proses *clustering* yang berhenti pada iterasi ke-12 dengan waktu 33.9 detik. Nomor soal tiap paket adalah sebagai berikut:
  - a. Paket 1 = {3.159, 2.188, 3.169, 3.69, 3.182, 1.53, 1.89, 3.20, 2.158, 1.73}.
  - b. Paket 2 = {1.138, 2.136, 1.38, 1.80, 3.159, 1.11, 2.161, 2.151, 3.166, 1.42}.
  - c. Paket 3 = {2.138, 2.69, 2.196, 3.135, 3.96, 1.28, 2.174, 1.133, 1.75, 3.17}.
2. Simulasi ke-2 mendapatkan 3 paket soal, dengan proses *clustering* yang berhenti pada iterasi ke-17 dengan waktu 34.1 detik. Nomor soal tiap paket adalah sebagai berikut:
  - a. Paket 1 = {1.126, 2.195, 3.117, 1.206, 1.138, 3.124, 1.92, 1.19, 2.200, 3.84}.
  - b. Paket 2 = {2.114, 2.16, 1.209, 1.61, 1.34, 3.53, 1.66, 2.2, 1.38, 3.133}.
  - c. Paket 3 = {3.84, 3.105, 1.5, 2.197, 1.159, 1.65, 2.155, 1.43, 3.51, 3.32}.
3. Simulasi ke-3 mendapatkan 3 paket soal, dengan proses *clustering* yang berhenti pada iterasi ke-13 dengan waktu 33.7 detik. Nomor soal tiap paket adalah sebagai berikut:
  - a. Paket 1 = {1.31, 3.128, 1.173, 2.96, 2.68, 3.176, 3.129, 2.51, 1.188, 2.10}.
  - b. Paket 2 = {2.181, 2.163, 3.27, 1.115, 2.148, 2.101, 2.82, 2.105, 2.29, 2.31}
  - c. Paket 3 = {2.55, 1.186, 3.16, 1.8, 3.80, 1.152, 1.88, 1.99, 1.1, 3.70}.
4. Simulasi ke-3 mendapatkan 3 paket soal, dengan proses *clustering* yang berhenti pada iterasi ke-14 dengan waktu 33.9 detik. Nomor soal tiap paket adalah sebagai berikut:
  - a. Paket 1 = {1.209, 1.63, 2.19, 2.203, 2.161, 1.203, 3.208, 3.72, 3.149, 1.75}.

- b. Paket 2 = {1.111, 1.81, 1.65, 2.180, 2.163, 3.178, 3.136, 2.97, 3.129, 3.302}.
- c. Paket 3 = {3.9, 1.50, 3.114, 3.47, 2.75, 2.1, 3.141, 3.140, 2.208, 1.196}

#### 4.5.2. Hasil Eksperimen *Generate Soal Evaluasi Formatif*

Sesuai dengan penjelasan pada sub bab 4.2.2, bahwa soal indikator yang diambil dari setiap bab adalah satu soal yang diambil secara *random* dari setiap bab. Hasil eksperimen *generate* evaluasi formatif dapat dilihat pada tabel 4.22.

**Tabel 4. 22 Hasil Eksperimen Generate Soal Evaluasi Formatif**

Tipe Evaluasi	Simulasi	Paket Soal	Nomor Soal	Iterasi Berhenti	Waktu Berhenti Generate
Formatif	Simulasi 1	1	{2.74, 3.82, 1.3, 1.2, 3.43, 2.2, 2.172, 2.161, 2.136, 3.2}	14	33.6 detik
		2	{2.49, 2.13, 3.2, 3.147, 3.150, 1.2, 3.103, 3.81, 1.134, 2.2}		
		3	{1.2, 1.31, 1.115, 2.2, 1.138, 3.88, 3.83, 2.163, 3.2, 2.177}		
	Simulasi 2	1	{1.34, 3.20, 2.176, 1.2, 2.136, 1.90, 1.127, 3.1, 2.146, 2.2}	16	33.8 detik
		2	{3.100, 2.2, 1.96, 2.7, 1.2, 3.33, 3.51, 3.149, 3.1, 1.28}		
		3	{3.126, 1.2, 1.774, 3.86, 2.20, 2.169, 2.2, 3.81, 1.116, 3.1}		
	Simulasi 3	1	{2.174, 2.203, 3.158, 1.1, 3.88, 3.9, 3.138, 3.1, 1.66, 2.2}	14	33 detik
		2	{1.197, 2.2, 2.13, 1.1, 3.13, 3.1, 3.146, 1.126, 3.69, 1.16}		
		3	{1.145, 2.2, 3.1, 3.150, 2.131, 3.63, 1.1, 1.132, 2.189, 1.60}		
	Simulasi 4	1	{3.2, 1.186, 1.70, 2.2, 1.75, 1.2, 3.142, 1.38, 3.42, 2.45}	18	34 detik
		2	{2.74, 3.100, 3.126, 2.2, 3.138, 1.2, 3.2, 1.77, 1.50}		
		3	{1.2, 3.170, 3.129, 3.84, 2.2, 2.96, 1.13, 1.28, 3.2, 2.52}		

Setelah melakukan eksperimen pada evaluasi formatif, didapatkan hasil seperti pada tabel 4.22. Berikut penjelasan tiap simulasi pada tabel di atas:

1. Simulasi ke-1 mendapatkan 3 paket soal, dengan proses *clustering* yang berhenti pada iterasi ke-14 dengan waktu 33.6 detik. Nomor soal tiap paket adalah sebagai berikut:
  - a. Soal yang menjadi indikator adalah nomor soal 1.3, 1.2, dan 3.2
  - b. Paket 1 = {2.74, 3.82, 1.3, 1.2, 3.43, 2.2, 2.172, 2.161, 2.136, 3.2}.
  - c. Paket 2 = {2.49, 2.13, 3.2, 3.147, 3.150, 1.2, 3.103, 3.81, 1.134, 2.2}.
  - d. Paket 3 = {1.2, 1.31, 1.115, 2.2, 1.138, 3.88, 3.83, 2.163, 3.2, 2.177}.
2. Simulasi ke-2 mendapatkan 3 paket soal, dengan proses *clustering* yang berhenti pada iterasi ke-16 dengan waktu 33.8 detik. Nomor soal tiap paket adalah sebagai berikut:
  - a. Soal yang menjadi indikator adalah nomor soal 1.2, 3.1, dan 2.2.
  - b. Paket 1 = {1.34, 3.20, 2.176, 1.2, 2.136, 1.90, 1.127, 3.1, 2.146, 2.2}.
  - c. Paket 2 = {3.100, 2.2, 1.96, 2.7, 1.2, 3.33, 3.51, 3.149, 3.1, 1.28}.
  - d. Paket 3 = {3.126, 1.2, 1.774, 3.86, 2.20, 2.169, 2.2, 3.81, 1.116, 3.1}.
3. Simulasi ke-3 mendapatkan 3 paket soal, dengan proses *clustering* yang berhenti pada iterasi ke-14 dengan waktu 33 detik. Nomor soal tiap paket adalah sebagai berikut:
  - a. Soal yang menjadi indikator adalah nomor soal 1.1, 3.1, dan 2.2.
  - b. Paket 1 = {2.174, 2.203, 3.158, 1.1, 3.88, 3.9, 3.138, 3.1, 1.66, 2.2}.
  - c. Paket 2 = {1.197, 2.2, 2.13, 1.1, 3.13, 3.1, 3.146, 1.126, 3.69, 1.16}.
  - d. Paket 3 = {1.145, 2.2, 3.1, 3.150, 2.131, 3.63, 1.1, 1.132, 2.189, 1.60}.
4. Simulasi ke-3 mendapatkan 3 paket soal, dengan proses *clustering* yang berhenti pada iterasi ke-18 dengan waktu 34 detik. Nomor soal tiap paket adalah sebagai berikut:
  - a. Soal yang menjadi indikator adalah nomor soal 3.2, 2.2, dan 1.2.
  - b. Paket 1 = {3.2, 1.186, 1.70, 2.2, 1.75, 1.2, 3.142, 1.38, 3.42, 2.45}.
  - c. Paket 2 = {2.74, 3.100, 3.126, 2.2, 3.138, 1.2, 3.2, 1.77, 1.50}.
  - d. Paket 3 = {1.2, 3.170, 3.129, 3.84, 2.2, 2.96, 1.13, 1.28, 3.2, 2.52}.

Dapat dilihat hasil eksperimen evaluasi formatif, pada setiap paket di setiap simulasi selalu ada satu soal yang menjadi indikator di setiap bab, tiap paket soal indikator yang muncul selalu sama.

#### 4.6. Analisis Hasil dan Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

Pada subbab ini, penulis akan menganalisa semua hasil *generate*, baik itu untuk evaluasi sumatif maupun evaluasi formatif. Selain itu pada subbab ini juga akan dianalisa mengenai keseimbangan parameter pada setiap paket soal.

##### 4.6.1. Analisis Hasil *Generate* Soal Evaluasi Sumatif

Pada analisis ini, penulis menganalisa kemunculan soal pada tiap paket soal dari hasil eksperimen pada sub bab 4.5.1. Penulis menggunakan simulasi satu dan dua pada tipe evaluasi sumatif untuk dianalisa. Simulasi yang lain dapat dilihat pada lampiran. Analisis hasil *generate* evaluasi sumatif dapat dilihat pada tabel 4.23.

**Tabel 4. 23 Analisis Hasil *Generate* Soal Evaluasi Sumatif**

Simulasi	No. Soal	Paket 1	Paket 2	Paket 3
1	1	3.159	1.138	2.138
	2	2.188	2.136	3.69
	3	3.169	1.38	4.196
	4	3.69	1.80	2.135
	5	3.182	3.159	2.96
	6	1.53	1.11	4.28
	7	1.89	2.161	2.174
	8	3.20	2.151	2.133
	9	2.158	3.166	3.75
	10	1.73	1.42	4.17
2	1	1.126	2.114	3.84
	2	2.195	2.16	3.105
	3	3.117	1.209	1.5
	4	1.206	1.61	2.197
	5	1.138	1.34	1.159
	6	3.124	3.53	1.65
	7	1.92	1.66	2.155
	8	1.19	2.2	1.43
	9	2.200	1.38	3.51
	10	3.84	3.133	3.32

Sesuai dengan penjelasan pada subbab 4.2.2 tentang pengambilan soal evaluasi sumatif, maka dari hasil analisa pada tabel 4.23, dapat diketahui:

1. Kemunculan setiap bab selalu ada di setiap paket.
2. Tidak ada pengulangan soal di setiap paket.
3. Tidak ada di satu paket yang hanya menampilkan satu atau sebagian bab dari keseluruhan saja.

#### 4.6.2. Analisis Hasil *Generate* Soal Evaluasi Formatif

Pada analisis ini, penulis akan menganalisa kemunculan soal pada tiap paket soal dari hasil eksperimen pada sub bab 4.5.2. Penulis menggunakan simulasi satu dan dua pada tipe evaluasi formatif untuk dianalisa, simulasi yang lain dapat dilihat pada lampiran. Analisis hasil *generate* evaluasi formatif dapat dilihat pada tabel 4.24.

**Tabel 4. 24 Analisis Hasil *Generate* Soal Evaluasi Formatif**

Simulasi	No. Soal	Paket 1	Paket 2	Paket 3
1	1	2.74	2.49	1.2
	2	3.82	2.13	1.31
	3	1.3	3,2	1.115
	4	1.2	3.147	2.2
	5	3.43	3.150	1.138
	6	2.2	1.2	3.88
	7	2.172	3.103	3.83
	8	2.161	3.81	2.163
	9	2.136	1.134	3.2
	10	3.2	2.2	2.177
2	1	1.34	3.100	3.126
	2	3.20	2.2	1.2
	3	2.176	1.96	1.774
	4	1.2	2.7	3.86
	5	2.136	1.2	2.20
	6	1.90	3.33	2.169
	7	1.127	3.51	2.2
	8	3.1	3.149	3.81
	9	2.146	3.1	1.116
	10	2..2	1.28	3.1

Sesuai dengan penjelasan pada subbab 4.2.2 bagian dua tentang pengambilan soal evaluasi formatif, maka dari hasil analisa pada tabel 4.22, dapat diketahui:

1. Kemunculan setiap bab selalu ada di setiap paket.
2. Tidak ada pengulangan soal di setiap paket.
3. Tidak ada di satu paket yang hanya menampilkan satu atau sebagian bab dari keseluruhan saja.
4. Terlihat pada tiap simulasi terdapa soal yang menjadi indikator, dan selalu sama di tiap paketnya. Hanya saja soal yang menjadi indikator disimpan secara acak. Pada simulasi 1 soal indikator yang keluar adalah 1.3, 1.2,

dan 3.2. Pada simulasi 2 soal indikator yang keluar adalah 1.2, 3.1, dan 2.2

#### 4.6.3. Analisis Keseimbangan Parameter pada Hasil *Generate* Soal Evaluasi Sumatif

Pada subbab ini penulis akan menganalisa keseimbangan parameter pada hasil *generate* evaluasi sumatif untuk membandingkan setiap paket soal. Pada analisis ini penulis hanya menganalisa satu simulasi, yaitu pada simulasi satu saja. Analisa dilakukan menggunakan parameter setiap soal yang ada dalam tiap paket. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.25 – 4.27

##### 1. Paket 1 simulasi 1

**Tabel 4. 25 Parameter Paket 1 Simulasi 1 Sumatif**

No soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
3.159	0	0.2	0	0.5	0.3	0	1	0	0	0	0.8	20	0	0	0
2.188	0	0.2	0	0.5	0.3	0	1	0	0	0	0.6	15	0	0	0
3.169	0	0.2	0.2	0.4	0.2	0	1	0	0	0	0.7	15	0	0	0
3.69	0	0.3	0	0.5	0.2	0	1	0	0	0	0.5	10	1	0	0
3.182	0	0.3	0	0.5	0.2	0	1	0	0	0	0.5	10	0	0	0
1.53	0	0.5	0.2	0.3	0	0	1	0	0	0	0.7	15	1	0	0
1.89	0	0.3	0	0.7	0	0	1	0	0	0	0.2	15	0	0	0
3.20	0	0.2	0.3	0	0.2	0.3	1	0	0	1	0.9	20	0	0	0
2.158	0	0.2	0	0.5	0.3	0	1	0	0	0	0.5	10	0	0	0
1.73	0	0.2	0.4	0.2	0.2	0	1	0	0	0	0.8	20	1	0	0
Avg	0	0.26	0.1	0.36	0.19	0.03	1	0	0	0.1	0.62	16	0.3	0	0

##### 2. Paket 2 simulasi 1

**Tabel 4. 26 Parameter Paket 2 Simulasi 1 Sumatif**

No soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
1.138	0.2	0.3	0.3	0.2	0	0	1	0	0	0	0.5	15	0	0	0
2.136	0	0.3	0	0	0	0.7	1	0	0	0	0.8	20	0	0	0
1.38	0.1	0.2	0.3	0.4	0	0	1	0	0	0	0.8	30	0	0	0
1.80	0	0.2	0.2	0.4	0.2	0	1	0	0	0	0.8	15	0	0	0
3.159	0	0.2	0	0.5	0.3	0	1	0	0	0	0.8	20	0	0	0
1.11	0.5	0.5	0	0	0	0	1	0	0	0	0.3	5	0	0	0
2.161	0	0.2	0.3	0.3	0.2	0	1	0	0	0	0.6	15	0	0	0
2.151	0	0.3	0	0.5	0.2	0	6	0	0	0	0.5	10	0	0	0
3.166	0.3	0.2	0	0.3	0.2	0	2	0	0	0	0.7	5	0	0	0



**Tabel 4. 26 Parameter Paket 2 Simulasi 1 Sumatif**

No soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
1.42	0	0.2	0.2	0.3	0.3	0	1	0	0	0	0.8	15	1	0	0
Avg	0.11	0.26	0.16	0.29	0.14	0.07	1.6	0	0	0	0.66	15	0.1	0	

### 3. Paket 3 simulasi 1

**Tabel 4. 27 Parameter Paket 3 Simulasi 1 Sumatif**

No soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
2.138	0	0.3	0.3	0	0	0.4	1	0	0	0	0.6	15	0	0	0
2.69	0.7	0	0	0.3	0	0	2	0	0	0	0.4	5	0	0	0
2.196	0	0.3	0	0.4	0.3	0	1	0	0	0	0.6	15	0	0	0
3.135	0	0.2	0.2	0	0.2	0.4	1	0	0	0	0.8	15	0	0	0
3.96	0	0.2	0	0.3	0.2	0.3	1	0	0	0	0.8	15	0	0	0
1.28	0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	1	0	0	0	0.8	25	0	0	0
2.174	0	0.3	0	0.7	0	0	1	0	0	0	0.3	10	0	0	0
1.133	0	0.3	0	0.5	0.2	0	1	0	0	0	0.6	10	0	0	0
1.75	0.2	0.3	0	0.5	0	0	1	0	0	0	0.2	20	0	1	0
3.17	0	0.3	0.3	0.2	0.2	0	1	0	0	0	0.7	20	1	0	0
Avg	0.09	0.24	0.12	0.31	0.14	0.12	1.1	0	0	0	0.58	13.5	0.1	0.1	

Dari tabel 4.25, 4.26, 4.27 kita dapat melihat parameter-parameter dari tiap soal pada tiap paketnya. Pada kolom tingkat kesulitan bila penulis mengasumsikan nilai 0 – 0,3 itu mudah, 0,4 – 0, 6 itu sedang dan 0,7 – 1 itu sulit maka dapat kita bandingkan banyaknya soal mudah, sedang, dan sulitnya pada tabel 4.28.

**Tabel 4. 28 Analisis Bobot Soal Evaluasi Sumatif**

No. Paket	Jumlah Soal Mudah	Jumlah Soal Sedang	Jumlah Soal Sulit
1	1	4	5
2	1	3	6
3	2	4	4

Dari tabel 4.28 kita dapat melihat jumlah soal mudah, sedang dan sulit pada setiap paket soal. Terlihat pada paket 1 terdapat soal mudah sebanyak 1, soal sedang sebanyak 3 dan soal sulit sebanyak 5. Pada paket soal 2 soal mudah sebanyak 1 soal sedang sebanyak 3 dan soal sulit sebanyak 6. Dan pada paket 3, soal mudah sebanyak 2, soal sedang sebanyak 4, dan soal sulit sebanyak 4. Bila penulis mengasumsikan soal mudah bernilai 1, soal sedang

bernilai 2 dan soal sulit bernilai 3, maka paket 2 memiliki bobot soal yang lebih sulit dari pada paket 1 dan 3, selanjutnya paket 1 dan 3 memiliki bobot soal yang hampir sama.

Selanjutnya dari tabel 4.25, 4.26, 4.27 juga kita dapat melihat ada baris rata-rata di tiap tabel. Baris tersebut berisi rata-rata nilai tiap parameter dari tiap paket. Dengan nilai rata-rata tersebut kita dapat menentukan perbandingan dari ketiga paket yang ada. Kita dapat melihat pada tabel 4.29 untuk perbandingan.

**Tabel 4. 29 Perbandingan Parameter Paket Soal Evaluasi Sumatif**

No paket	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
1	0	0.26	0.1	0.36	0.19	0.03	1	0	0	0.1	0.62	16	0.3	0	0
2	0.11	0.26	0.16	0.29	0.14	0.07	1.6	0	0	0	0.66	15	0.1	0	0
3	0.09	0.24	0.12	0.31	0.14	0.12	1.1	0	0	0	0.58	13.5	0.1	0.1	0

Dapat kita lihat pada perbandingan rata-rata parameter di tiap paket soal, pada paket 2 tingkat kesulitan memang lebih dominan dibandingkan dengan paket soal 1 dan 3. Dan untuk parameter lainnya seperti *taxonomy bloom*/penilaian kognitif (C1-C6), bergambar/tidak (PC), tipe soal (TQ), soal cerita (SC), *programming exercises* (PE), waktu pengerjaan (DS), diskusi/bukan (DQ), dan matematis atau bukan (MT) memiliki kemiripan yang sama atau nilainya tidak terlalu jauh selisihnya. Jadi dari hasil analisis pada tabel 4.28 dan 4.29 dapat disimpulkan bahwa paket soal 1 sedikit lebih sulit dibandingkan paket soal 1 dan 3. Akan tetapi tingkat kesulitannya tidak terlalu jauh. Sedangkan paket 1 dan 3 memiliki tingkat kesulitan yang hampir sama.

#### **4.6.4. Analisis Keseimbangan Parameter pada Hasil *Generate* Soal Evaluasi Formatif**

Pada subbab ini penulis akan menganalisa keseimbangan parameter pada hasil *generate* evaluasi formatif untuk membandingkan setiap paket soal. Pada analisis ini penulis hanya menganalisa satu simulasi, yaitu pada simulasi satu saja. Analisa dilakukan menggunakan parameter setiap soal yang ada dalam tiap paket. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.30 – 4.32.

## 1. Paket 1 simulasi 1

Tabel 4. 30 Parameter Paket 1 Simulasi 1 Formatif

No soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
2.74	0	0.2	0	0.4	0.4	0	1	0	0	0	0.6	10	0	0	0
3.82	0	0.3	0	0.4	0.3	0	1	0	0	0	0.8	20	0	0	0
1.3	0	0.2	0.3	0.5	0	0	1	0	0	0	0.7	10	0	0	0
1.2	0.6	0.2	0	0.2	0	0	1	0	0	0	0.6	10	0	0	1
3.43	0	0.2	0.3	0.3	0.2	0	1	0	0	0	0.6	15	1	0	0
2.2	0	0.3	0	0.4	0.3	0	6	1	0	0	0.4	10	0	0	1
2.172	0	0.2	0	0.5	0.3	0	1	0	0	0	0.5	10	0	0	0
2.161	0	0.2	0.3	0.3	0.2	0	1	0	0	0	0.6	15	0	0	0
2.136	0	0.3	0	0	0	0.7	1	0	0	0	0.8	20	0	0	0
3.2	0.3	0.2	0	0.5	0	0	1	0	0	0	0.6	10	0	0	1
avg	0.09	0.23	0.09	0.35	0.17	0.07	1.5	0.1	0	0	0.62	13	0.1	0	0.3

## 2. Paket 2 simulasi 1

Tabel 4. 31 Parameter Paket 2 Simulasi 1 Formatif

No soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
2.49	0.5	0.5	0	0	0	0	1	0	0	0	0.3	10	0	0	0
2.13	0.2	0.3	0	0.5	0	0	1	0	1	0	0.7	15	0	0	0
3.2	0.3	0.2	0	0.5	0	0	1	0	0	0	0.6	10	0	0	1
3.147	0	0.2	0.2	0.3	0.3	0	1	0	0	0	0.7	20	0	0	0
3.150	0	0.4	0	0.4	0.2	0	1	1	0	0	0.5	5	0	0	0
1.2	0.6	0.2	0	0.2	0	0	1	0	0	0	0.6	10	0	0	1
3.103	0	0.2	0	0.5	0.3	0	1	0	0	0	0.4	10	0	0	0
3.81	0	0.2	0.3	0	0.2	0.3	1	0	0	1	0.9	20	0	0	0
1.134	0	0.3	0	0.5	0.2	0	1	0	0	0	0.7	15	0	0	0
2.2	0	0.3	0	0.4	0.3	0	6	1	0	0	0.4	10	0	0	1
avg	0.16	0.28	0.05	0.33	0.15	0.03	1.5	0.2	0.1	0.1	0.58	12.5	0	0	0.3

## 3. Paket 3 simulasi 1

Tabel 4. 32 Parameter Paket 3 Simulasi 1 Formatif

No soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
1.2	0.6	0.2	0	0.2	0	0	1	0	0	0	0.6	10	0	0	1
1.31	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	0	0	0	0.9	25	0	0	0
1.115	0.2	0.5	0.3	0	0	0	1	0	0	0	0.5	5	0	0	0
2.2	0	0.3	0	0.4	0.3	0	6	1	0	0	0.4	10	0	0	1
1.138	0.2	0.3	0.3	0.2	0	0	1	0	0	0	0.5	15	0	0	0

**Tabel 4. 32 Parameter Paket 3 Simulasi 1 Formatif**

No soal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
3.88	0	0.2	0	0.5	0.3	0	1	0	0	0	0.5	10	0	0	0
3.83	0	0.3	0	0.5	0.2	0	1	0	0	0	0.6	15	0	0	0
2.163	0.3	0.2	0.5	0	0	0	1	0	0	0	0.6	15	0	0	0
3.2	0.3	0.2	0	0.5	0	0	1	0	0	0	0.6	10	0	0	1
2.177	0.7	0.3	0	0	0	0	6	0	0	0	0.4	5	0	0	0
avg	0.23	0.27	0.13	0.25	0.1	0.02	2	0.1	0	0	0.56	12	0	0	0.3

Dari tabel 4.30, 4.31, 4.32 kita dapat melihat parameter-parameter dari tiap soal pada tiap paketnya. Sama seperti pada hasil analisis parameter untuk evaluasi sumatif, pada kolom tingkat kesulitan bila penulis juga mengasumsikan nilai 0 – 0,3 itu mudah, 0,4 – 0, 6 itu sedang dan 0,7 – 0.9 itu sulit maka dapat kita bandingkan banyaknya soal mudah, sedang, dan sulitnya pada tabel 4.33.

**Tabel 4. 33 Analisis Bobot Soal Evaluasi Formatif**

No. Paket	Jumlah Soal Mudah	Jumlah Soal Sedang	Jumlah Soal Sulit
1	0	7	3
2	1	5	4
3	0	9	1

Dari tabel 4.33 kita dapat melihat jumlah soal mudah, sedang dan sulit pada setiap paket soal. Terlihat pada paket 1 terdapat soal mudah sebanyak 0, soal sedang sebanyak 7 dan soal sulit sebanyak 3. Pada paket soal 2 soal mudah sebanyak 1 soal sedang sebanyak 5 dan soal sulit sebanyak 4. Dan pada paket 3, soal mudah sebanyak 0, soal sedang sebanyak 9, dan soal sulit sebanyak 1. Bila penulis mengasumsikan soal mudah bernilai 1, soal sedang bernilai 2 dan soal sulit bernilai 3, maka paket 1 dan 2 memiliki bobot yang seimbang, sedangkan paket 3 lebih mudah daripada paket 1 dan 2, akan tetapi tidak terlalu jauh.

Selanjutnya dari tabel 4.25, 4.26, 4.27 juga kita dapat melihat ada baris rata-rata di tiap tabel. Baris tersebut berisi rata-rata nilai tiap parameter dari tiap paket. Dengan nilai rata-rata tersebut kita dapat menentukan perbandingan dari ketiga paket yang ada. Kita dapat melihat pada tabel 4.29 untuk perbandingan.

**Tabel 4. 34 Perbandingan Parameter Paket Soal Evaluasi Formatif**

No paket	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
1	0.09	0.23	0.09	0.35	0.17	0.07	1.5	0.1	0	0	0.62	13	0.1	0	0.3
2	0.16	0.28	0.05	0.33	0.15	0.03	1.5	0.2	0.1	0.1	0.58	12.5	0	0	0.3
3	0.23	0.27	0.13	0.25	0.1	0.02	2	0.1	0	0	0.56	12	0	0	0.3

Dapat kita lihat pada perbandingan rata-rata parameter di tiap paket soal, pada paket 1 tingkat kesulitan memang lebih dominan dibandingkan dengan paket soal 2 dan 3. Dan untuk parameter lainnya seperti *taxonomy bloom*/penilaian kognitif (C1-C6), bergambar/tidak (PC), tipe soal (TQ), soal cerita (SC), *programming exercises* (PE), waktu pengerjaan (DS), diskusi/bukan (DQ), dan matematis atau bukan (MT) memiliki kemiripan yang sama atau nilainya tidak terlalu jauh selisihnya. Jadi dari hasil analisis pada tabel 4.33 dan 4.34 dapat disimpulkan bahwa paket soal 1 sedikit lebih sulit dibandingkan paket soal 2 dan 3. Akan tetapi tingkat kesulitannya tidak terlalu jauh.

#### **4.6.5. Analisis Keseimbangan Parameter Menggunakan Metode Statistik Uji Anova**

Agar perbandingan lebih valid dan jelas, maka penulis menggunakan uji anova untuk melihat keseimbangan antara paket 1, paket 2 dan paket 3. Penulis menguji pada paket soal sumatif untuk simulasi 1.

**Tabel 4. 35 Data Untuk Uji Anova**

No paket	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ	Indikator
1	0	0.26	0.1	0.36	0.19	0.03	1	0	0	0.1	0.62	16	0.3	0	0
2	0.11	0.26	0.16	0.29	0.14	0.07	1.6	0	0	0	0.66	15	0.1	0	0
3	0.23	0.27	0.13	0.25	0.1	0.02	2	0.1	0	0	0.56	12	0	0	0.3

Langkah awal menguji adalah menentukan  $H_1$  dan  $H_0$  dalam bentuk uraian kalimat:

$H_1$  : Terdapat perbedaan antara rata-rata parameter di paket 1, 2, dan 3.

$H_0$  : Tidak terdapat perbedaan antara rata-rata parameter di paket 1, 2, dan 3.

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Selanjutnya menentukan kriteria pengujian Jika nilai  $F$  lebih kecil dari  $F_{crit}$  dan nilai  $p$ -value lebih besar dari taraf nyata maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Pada pengujian ini penulis memberikan nilai taraf nyata  $\alpha$  sebesar 0.05.

Setelah penulis melakukan uji anova menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*, didapatkan hasilnya yang dapat dilihat pada tabel 4.36

**Tabel 4. 36 Hasil Uji Anova**

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0.258062	2	0.129031	0.008374	0.991663	3.238096
Within Groups	600.9294	39	15.40845			
Total	601.1875	41				

Dapat dilihat dari tabel 4.36 nilai  $F$  lebih kecil dari  $F_{crit}$  dan  $P$ -value lebih besar dari nilai taraf signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima, dan terbukti bahwa paket 1, paket 2, dan paket 3 tidak memiliki perbedaan atau bobotnya sama.

#### 4.6.6. Analisis dan Evaluasi Hasil *Clustering*

Pada analisis dan evaluasi hasil *clustering*, penulis menggunakan hasil *clustering* pada simulasi 1 untuk *generate* evaluasi sumatif. Untuk menguji hasil *clustering* penulis menggunakan nilai *purity*. Kelas yang dijadikan standar *cluster* adalah mudah, sulit, dan sedang. Pemberian kelas ini berdasarkan parameter tingkat kesulitan yang diasumsikan 0 – 0.3 itu Mu (mudah), 0.4 – 0.6 itu Se (sedang) dan 0.7 – 1 itu Su (sulit). Pemberian standar *cluster* dapat dilihat pada lampiran. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkan rata-rata nilai *purity* yang disajikan pada tabel 4.37.

**Tabel 4. 37 Perhitungan Purity**

Standar Cluster	C1	C2	C3
Mu	18	4	27
Se	254	130	42
Su	14	148	1

Dari tabel 4.35 dapat dilihat pada C1 (*cluster 1*) jumlah paling besar adalah 254, kemudian pada C2 (*cluster 2*) jumlah paling besar adalah 130, dan pada C3 (*cluster 3*) jumlah paling besar adalah 42. Jika dimasukkan ke dalam persamaan *purity* maka hasilnya adalah :

$$Purity = \frac{254+148+42}{638}$$

$$Purity = 0.70$$

Didapatlah hasil rata-rata *purity* sebesar 0.70, ini membuktikan bahwa hasil *clustering* memiliki akurasi 70 %.

#### 4.6.7. Analisis Perbandingan Rata-Rata Parameter dengan Penelitian Sebelumnya

Pada bab satu telah dijelaskan bahwa sebelumnya telah ada penelitian yang serupa. Yang membedakan adalah algoritma yang dipakai dan tipe evaluasi yang digunakan. Pada penelitian sebelumnya algoritma yang dipakai adalah *k-means* dan untuk tipe evaluasinya adalah evaluasi sumatif.

Pada subbab ini penulis akan membandingkan rata-rata parameter yang didapat dari tiap paket soal untuk tipe evaluasi sumatif. Pada tabel 4.30 dapat dilihat perbandingan rata-rata parameter dari tiap penelitian.

**Tabel 4. 38 Perbandingan Parameter**

Penelitian	No paket	C1	C2	C3	C4	C5	C6	QT	PC	SC	PE	DF	DS	MT	DQ
<i>K-means</i>	1	0.05	0.24	0.15	0.37	0.19	0	1.1	0	0	0	0.63	13.4	0.3	0.1
	2	0.07	0.27	0.1	0.34	0.22	0	1	0.1	0.1	0	0.56	13	0.1	0.1
	3	0.11	0.3	0.05	0.4	0.11	0.03	1	0	0.1	0.1	0.51	11	0	0.1
<i>FCM</i>	1	0	0.26	0.1	0.36	0.19	0.03	1	0	0	0.1	0.62	16	0.3	0
	2	0.11	0.26	0.16	0.29	0.14	0.07	1.6	0	0	0	0.66	15	0.1	0
	3	0.09	0.24	0.12	0.31	0.14	0.12	1.1	0	0	0	0.58	13.5	0.1	0.1

Dapat dilihat pada tabel 4.30, perbandingan tiap parameternya hampir sama. Kemudian pada kolom tingkat kesulitan penelitian sebelumnya pun memiliki satu paket soal yang dominan dari paket soal lain,

yaitu pada paket soal nomor 1. Jadi dapat disimpulkan bahwa kedua penelitian ini memiliki hasil yang hampir sama, hanya saja berbeda pada algoritma yang digunakan.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menjelaskan tentang metodologi penelitian, mulai dari desain penelitian, alat dan penelitian, dan metode penelitian.

#### 5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian mengenai implementasi algoritma *fuzzy c-means* untuk sistem generate soal evaluasi sumatif dan evaluasi formatif, maka penulis mendapatkan beberapa kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian. Berikut kesimpulan yang dapat penulis jabarkan:

1. Peneliti berhasil membuat model sistem untuk men-*generate* soal menjadi paket-paket soal yang memiliki bobot yang hampir sama. Baik itu untuk evaluasi sumatif maupun evaluasi formatif dengan metode *clustering fuzzy c-means*.
2. Peneliti berhasil mengembangkan *software* sesuai dengan model yang telah dikembangkan pada tujuan pertama, untuk model evaluasi sumatif dan formatif.
3. Peneliti dapat mengetahui bobot dari setiap paket soal, baik itu soal evaluasi sumatif maupun evaluasi formatif.
4. Pada evaluasi sumatif, peneliti berhasil membuat paket soal yang sesuai dengan rule evaluasi sumatif. Yaitu tiap bab tersedia pada tiap paket soal, dan tidak ada pengulangan soal.
5. Pada evaluasi formatif, peneliti berhasil membuat paket soal yang sesuai dengan rule evaluasi formatif. Yaitu tiap bab tersedia pada paket soal, terdapat soal indikator yang sama pada tiap paket soal, dan tidak ada pengulangan soal pada tiap paket soal.
6. Sesekali peneliti dalam men-*generate* paket soal mendapatkan paket soal yang komposisi babnya tidak sesuai dengan ketentuan.
7. Dengan metode evaluasi *clustering* purity, akurasi *clustering* berada pada nilai 70 %.
8. Dengan metode statistik uji anova maka paket soal yang di-*generate* memiliki bobot yang sama.

9. Batasan *software* adalah kendala dalam pengambilan soal jika soal tersebut merupakan tipe soal yang berhubungan dengan soal lain, jika soal yang berhubungan tidak muncul, maka soal tersebut tidak sempurna dan tidak valid.
10. Setelah melakukan beberapa percobaan, rata-rata waktu eksekusi adalah 33.8 detik.

## 5.2. Saran

Dalam pelaksanaan penelitian, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang dilakukan oleh penulis dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan beberapa saran yang dapat dilakukan di kemudian hari agar penelitian selanjutnya dapat menghasilkan sebuah sistem yang jauh lebih baik. Berikut beberapa saran yang dapat penulis anjurkan.

1. Dalam input data, sebaiknya disediakan *form upload* file dengan format yang tetap dan mudah agar pengguna tidak kesulitan dalam memasukan soal.
2. Sebaiknya men-*generate* dari setiap subbab terlebih dahulu agar pembagian babnya merata.
3. *Output* dari hasil *generate* sebaiknya ditambah. Bisa dalam bentuk .doc, .docx, atau .odt agar pengguna dapat mengubah sedikit-sedikit bila terjadi kesalahan penulisan soal.
4. Sediakan CRUD (*create, update, delete*) pada setiap objek.
5. Penulis menyarankan untuk ke depannya disediakan evaluasi yang dapat memisahkan tipe soal. Misalnya, dalam paket soal tersebut hanya ada tipe soal pilihan ganda.
6. Penulis menggunakan bahasa pemrograman *php*, bahasa pemrograman ini dirasa cukup lambat dalam melakukan *clustering*. Penulis menyarankan menggunakan bahasa pemrograman lain seperti *python*, *go-lang*, atau pun bahasa pemrograman untuk statistik yaitu bahasa R.
7. Penulis berharap sistem ini dapat digunakan pada setiap instansi pendidikan karena dapat membantu guru atau dosen dalam membuat soal evaluasi.
8. Penulis berharap sistem ini dapat dikembangkan jauh lebih baik lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anthony, N. (2007). *Educational Assessment of Studies*. New Jersey: Pearsom Education Inc.
- Arifin, Z. (2012). *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Arikunto, S. (1993). *Manajemen Pengajaran Secara Manusiawi*. Jakrta: Rineka Cipta.
- Bahar. (2011). *Penentuan Jurusan Sekolah Menegah Atas dengan Algoritma Fuzzy C-Means*. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro Semarang.
- Bramer, M. (2007). *Principles of Data Mining*. London: Springer.
- Comer, E. D. (n.d.). *Internetworking with TCP/IP Principles, Protocols, and Architectures fourth edition*.
- Daume, H. (2012). *A Course In Machine Learning*.
- Dimiyati, & Mudjiyono. (2006). *Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Ghozali, I. (2009). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*. Semarang: BP UNDIP.
- Hamid, S. H. (1988). *Evaluasi Kurikulum*. Jakarta: P2LPTK-Ditjen Dikti-Depdikbud.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data Mining Concept and Techniques*. Waltham: Elsevier.
- Jaya, T. S. (2012). *Sistem Pemilihan Perumahan dengan Metode Kombinasi Fuzzy C-Means Clustering dan Simple Additeive Weighting*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Juper. (2014, April 16). *Cara Agar Tak Ada Kecurangan Ujian Nasional*. Retrieved from <http://civicara.com>: <http://civicara.com/2014/04/16/cara-agar-tak-ada-kecurangan-ujian-nasional/>
- Kurose, F. J., & Ross, W. K. (2013). *Computer Networking A Top-Down Approach*. New Jersey: Pearson.
- Kusumadewi, S., & Hartati, S. (2010). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Makinf (Fuzzy MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Fuzzy, Untuk Pendukung Keputusan*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2009). *An Introduction to Information Retrieval*. Cambridge: Cambridge University.

- Megawati, M. R. (2015). *Implementasi Algoritma Fuzzy C-Means pada Pengelompokan Sekolah Menengah Atas Berdasarkan Hasil Ujian Nasional*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma .
- Mellouk, A., & Chebira, A. (2009). *Machine Learning*. InTech.
- Miyamoto, S., Ichihashi, H., & Hondo, K. (2008). *Algorithms for Fuzzy Clusteing. (Methods in c-Means Clustering with Application)*. Japan.
- Nilsson, N. J. (1998, November 3). *Introduction To Machine Learning*. California, Amerika.
- Peterson, L. L., & Davie, S. B. (2011). *Computer Network a System Approach*. Morgan Kauffman.
- Rusell, S., & Norvig, P. (2003). *artificial intelligent a modern approach 2nd edition*. prentice hall.
- Semiawan, C. S. (1986). *Prinsip dan Teknik Pengukuran dan Penilaian di dalam Dunia Pendidikan*. Jakarta: Mutiara Sumber Widya.
- Siswanto. (2011). *Artificial Intellegence*. Jakarta: Universitas Budi Luhur.
- Sommerville, I. (2011). *Software Engineering*. Addison-Wesley.
- Sudijono, A. (2012). *Evaluasi Pendidikan*. Depok: PT. Rajagrafindo Persada.
- Sukamto, R. A., & Shalahuddin, M. (2011). *Modul Pembelajaran Rekayasa Perangkat Lunak (Terstrktur dan Beroientasi Objek)*. Bandung: Modula.
- Sumani, M. (2012). *Belajar dan Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Suyono, & Hariyanto. (2011). *Belajar dan Pembelajaran*. (A. S. Wardan, Ed.) Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Tanenbaum, S. A., & Wetherall, J. D. (2011). *Computer Network Fifth Edition*. Boston: Pearson.
- Thomas, J. R. (2011). *New Version of Davies-Bouldin Index for Clustering. Validation Based on Cylindrical Distance*.
- Usman, H., & Akbar, R. P. (2009). *Pengantar Statistika*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Utari, R. (2010). *Taksonomi Bloom (Apa dan Bagaimana Menggunakannya? Pusdiklat KNPk)*.
- Wandt, E., & W., G. B. (1957). *Essential of Educational Evaluation*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Witten, I. H., & Frank, E. (2005). *Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques*. San Fransisco: Morgan Kauffman.
- Wrightstone, W. (1956). *Educational Psycology*. Boston: Ginn & Co.

Yunanda, M. (2009). *Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Balai Pustaka.

