



**COMPUTER ASSISTED TEST UNTUK PENGELOMPOKAN JABATAN TEKNISI
MENGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS
(STUDI KASUS : PT. XYZ)**

Mohammad Iqbal¹, Haryati²

^{1,2}Program Studi Sistem Informasi, Politeknik Negeri Subang, Subang.

miqbal@polsub.ac.id, haryati@polsub.ac.id

Alamat Jl. Brigjen Katamso No. 37 (Belakang RSUD), Dangdeur, Kec. Subang, Kabupaten Subang

Keywords:

*Expertise, Hardskill,
Computer assisted
test, K-means
Algorithm*

Abstract

Computer assisted test to classify technician positions using the K-means algorithm is a system built with the ability to measure abilities as well as determine the area of expertise of technicians at PT. XYZ. The purpose of making this computer-assisted test information system is to improve the technical exam system that is still manual into a computerized technician exam system by changing the procedure into a computer that uses storage media in the form of a database. The computer assisted test information system was created by referring to the SDLC (System Development Life Cycle) method which has a distinctive character in processing each phase in Waterfall which must be completed first before being forwarded to the next phase[6] [8]. The information system designed is in the form of a web-based platform that has two main sides, namely the admin side and the technician side. Admin interface that functions to manage users or technicians, manage question banks and manage test scores. While the User interface serves to work on exam questions. The test score data will be processed by the K-means algorithm to determine the area of expertise of each technician[10]. This research was conducted by Muhamad Ramadhan, a student of the 2020 POLSUB information system study program. M. Ramadhan assessed the suitability between the system and the design phase which was designed by testing the system using a black box testing instrument with the results showing 100% success of system functionality and User Acceptance Test (UAT) testing.) which shows a fairly high ergonomic value, namely 93.25%.

Kata Kunci:

*Bidang Keahlian,
Hardskill,
Computer assisted
test, Algoritma K-
means*

Abstrak

Computer assisted test untuk mengelompokkan jabatan teknisi menggunakan algoritma K-means merupakan sistem yang dibangun dengan mempunyai kemampuan untuk mengukur kemampuan sekaligus menentukan bidang keahlian para teknisi di PT. XYZ. Tujuan dibuatnya sistem informasi computer assisted test ini untuk meningkatkan sistem ujian teknisi yang masih manual menjadi sistem ujian teknisi yang terkomputerisasi dengan merubah prosedur kedalam komputer yang menggunakan media penyimpanan berupa Database. Sistem informasi computer assisted test dibuat dengan mengacu pada metode SDLC (System Development Life Cycle) yang memiliki karakter khas dalam pemrosesan pada setiap fase dalam Waterfall yang harus dituntaskan terlebih dahulu sebelum diteruskan ke fase berikutnya [6] [8]. Sistem informasi yang dirancang berupa platform berbasis web yang memiliki dua sisi utama, yaitu sisi admin dan sisi teknisi. Interface admin yang berfungsi untuk mengelola User atau teknisi, mengelola bank soal dan mengelola nilai ujian. Sedangkan interface User berfungsi untuk mengerjakan soal ujian. Data nilai hasil ujian tersebut akan

diproses oleh algoritma K-means untuk menentukan bidang keahlian dari masing-masing teknisi[10]. Penelitian ini dilakukan oleh Muhamad Ramadhan mahasiswa program studi sistem informasi POLSUB 2020. M. Ramadhan menilai kesesuaian antara sistem dengan fase perancangan yang dirancang dengan melakukan pengujian sistem menggunakan instrument black box testing dengan hasil menunjukkan 100% keberhasilan fungsionalitas sistem dan pengujian User Acceptance Test (UAT) yang menunjukkan nilai ergonomic yang cukup tinggi yakni 93,25%.

Pendahuluan

Teknologi yang berkembang pesat meningkatkan kualitas, kecepatan, kepraktisan dan kemudahan dalam pengujian di berbagai bidang. Ujian tradisional beralih ke komputerisasi, seperti ujian online dan computer-aided diagnosis (CAT). Computer-aided test (CAT) adalah sistem tes berbantuan komputer yang digunakan untuk mengukur atau menilai kemampuan individu. [5]

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang Multimedia. PT. XYZ memiliki beberapa teknisi yang memiliki kemampuan yang berbeda baik dalam level maupun bidang keahliannya. Setiap proyek yang dikerjakan PT. XYZ memiliki tingkat kesulitan yang bervariasi. Seringkali perusahaan mengalami kesulitan untuk mengalokasikan teknisi yang akan ditugaskan dalam proyek berdasarkan bidang keahliannya, yang disebabkan perusahaan belum memiliki data bidang keahlian dari para teknisi terkait. Oleh karena itu, perlu adanya suatu penilaian untuk mengetahui bidang keahlian dari para teknisi.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat Computer Assisted Test (CAT) yang pada nantinya hasil tes para teknisi tersebut akan diolah menggunakan algoritma K-Means agar dapat diketahui bidang keahlian dan proyek yang tepat untuk ditangani oleh teknisi tersebut sehingga tingkat kegagalan dan ketidaktuntasan proyek dapat diminimalisir karena setiap proyek ditangani oleh teknisi yang cocok dan tepat sesuai dengan bidang dan karakternya, beberapa fitur dalam CAT ini diantaranya mengelola soal pilihan ganda, mengelola soal esai, mengelola soal ujian

praktek, melakukan klasterisasi jabatan teknisi dan randomisasi soal serta fitur lainnya yang dapat mengoptimalkan kegiatan ujian teknisi dan diharapkan dapat menjadi solusi menangani permasalahan diatas. Penerapan sistem informasi computer assisted ini bertujuan untuk memfasilitasi teknisi dalam pelaksanaan ujian dengan instrumen soal dan penilaian Hardskill berdasarkan bidang keahlian teknisi dan mengklasterisasi teknisi berdasarkan bidang keahlian.

Landasan Teori

1. Computer Assisted Test

Computer Assisted Test (CAT) adalah proses seleksi berbantuan komputer yang dirancang untuk memenuhi standar minimum kemampuan dasar kandidat. Pencapaian profesionalisme membutuhkan standar kompetensi dasar seorang kandidat. Penilaian kompetensi dasar dilakukan melalui computer-aided diagnosis (CAT) untuk memastikan standar kompetensi dasar. Tujuan Computer Aided Diagnosis (CAT):

- a. Mempercepat proses pengujian dan melaporkan hasil pengujian
- b. Pembuatan standarisasi nasional hasil tes
- c. Tetapkan nilai default. [5]

2. Clustering atau Klasterisasi

Clustering atau pengelompokan adalah metode pengelompokan data. Menurut Tan, clustering pada tahun 2006 adalah proses pengelompokan data menjadi beberapa cluster atau kelompok, memaksimalkan kesamaan data dalam sebuah cluster dan meminimalkan kesamaan data antar cluster. [2] Clustering adalah proses membagi sekumpulan objek data menjadi subset yang disebut cluster. Objek

dalam suatu cluster memiliki sifat yang sama dan berbeda dengan cluster lainnya.

Partisi dilakukan dengan menggunakan algoritma clustering, tidak secara manual. Oleh karena itu, pengelompokan sangat nyaman dan Anda dapat menemukan grup atau grup yang tidak dikenal dalam data Anda. [2]

3. Algoritma K-Means

Algoritma K-Means merupakan bagian dari teknik clustering data non-hierarchical yang bertujuan untuk mengelompokkan data menjadi satu atau lebih kelompok [7]. Metode ini mengelompokkan data yang memiliki karakteristik yang sama. Pengelompokan data dengan metode K-Means dilakukan dengan menggunakan algoritma dasar berikut:

- a. Tentukan jumlah cluster.
- b. Bayangkan sebuah pusat cluster.
- c. Hitung jarak benda-benda pada centroid.
- d. Penugasan objek jarak minimum.
- e. Hitung titik pusat baru.
- f. Hitung kembali jarak benda pada centroid sampai benda tidak lagi bergerak dalam cluster.

4. Metode Distance Space

Metode Distance Space digunakan untuk menghitung jarak antara data dan pusat gravitasi. Metode ruang metrik diterapkan saat menghitung jarak antara titik data dan titik pusat. Termasuk norma L1 (jarak Manhattan), norma L2 (jarak Euclidean), Lp (jarak Minkowski). Perhitungan jarak antara dua titik 1 dan 2 dalam ruang metrik Manhattan adalah sebagai berikut:

$$Di_1(x_2, x_1) = |x_1 - x_2|_1 = \sum_{j=1}^p |x_{2j} - x_{1j}| \quad (1)$$

Dimana:

- Di_1 : Jarak data i pertama
- x_1 : Nilai data pertama
- x_2 : Nilai data kedua
- p : Dimensi data
- $| |$: Nilai absolut

Perhitungan jarak antara dua titik x_1 dan x_2 dalam ruang metrik L2 Euclidean adalah sebagai berikut:

$$Di_1(x_2, x_1) = |x_1 - x_2|_1 = \sqrt{\sum_{j=1}^p |x_{2j} - x_{1j}|^2} \quad (1)$$

Dimana:

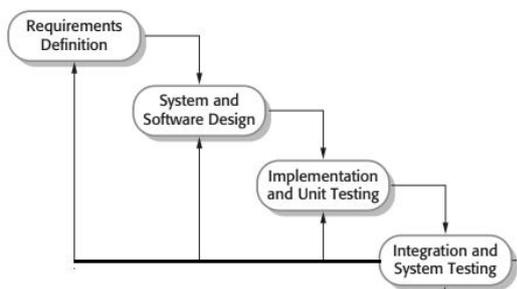
- Di_1 : jarak data i pertama
- x_1 : nilai data pertama
- x_2 : nilai data kedua
- p : dimensi data
- $| |$: nilai absolut

Dari berbagai jenis metode pengukuran jarak, metode Euclidean sering digunakan untuk memperhitungkan jarak terpendek antara dua titik, sedangkan metode Manhattan lebih baik mendeteksi keberadaan objek dengan sifat yang lebih jelas.

Bagian artikel yang berisi operasional dan cara penelitian telah dilakukan, termasuk: jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, subjek penelitian, prosedur penelitian, tipe data, instrumen pengambilan data, teknik pengambilan data, teknik analisis data. [3]

Metode Penelitian

Dalam perancangan sistem ini penulis menggunakan metode *Waterfall* yang dikombinasikan dengan algoritma *K-means*. Secara garis besar metode *Waterfall* ini terdiri dari analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi sistem, pengujian sistem dan pemeliharaan. Tujuan dari penggunaan metode ini agar pembuatan sistem informasi *computer assisted test* dapat terstruktur dengan baik[11]. Adapun kerangka kerja penelitian yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alir Metoda Penyelesaian Waterfall. [11]

Penjelasan dari gambar 2 di atas adalah pada tahap analisis sistem bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna sistem dan instansi. Informasi tersebut dianalisis untuk menyediakan dokumentasi kebutuhan pengguna yang akan digunakan di kemudian hari. Tahapan pertama yaitu melakukan pengumpulan data dengan menggunakan metode literatur, wawancara dan observasi.

Proses selanjutnya adalah melakukan tahap perancangan sistem. Tujuan dari tahap perancangan sistem ini adalah memberikan gambaran umum dari sistem informasi yang akan dibangun kepada pengguna sistem dan menjadi panduan dalam proses pengembangan sistem. Pada perancangan ini, penulis menggunakan *Unified Modeling System (UML)* yang didalamnya terdiri dari *usecase Diagram* sebagai proses pembuatan kejadian serta aktor yang terlibat didalam sistem ini, *Activity Diagram* sebagai proses atau alur sistem yang akan bangun, *Sequence Diagram* sebagai proses kolaborasi antar objek dan *Class Diagram* sebagai proses pembuatan struktur dan definisi kelas-kelas di dalam sistem[4]. Sedangkan untuk membuat *interface* sistem, penulis menggunakan aplikasi *Balsamic Mockup*.

Tahap selanjutnya yaitu implementasi, tahap ini merupakan tahap pengembangan sistem dengan melakukan pengkodean Bahasa pemrograman agar sistem dapat dioperasikan. Pada tahap ini M.Ramadhan menggunakan

bahasa pemrograman PHP dengan *Framework Codeigniter* dan *Database MySQL*. Tahap implementasi ini juga dilakukan menggunakan algoritma *K-means* untuk membantu perusahaan dalam merumuskan formula yang mampu melakukan klusterisasi teknisi berdasarkan bidang keahlian. Untuk mendapatkan hasil klusterisasi yang akurat dibutuhkan formula yang tepat. Tahapan ini dimulai setelah melaksanakan ujian. Hasil dari ujian yang didapatkan akan diakumulasikan dan diklusterisasi menggunakan algoritma *K-means* sehingga didapatkan hasil klusterisasi teknisi berdasarkan bidang keahliannya [9]. Adapun tahap perhitungan algoritma *K-means* yang dilakukan secara tradisional dapat dilihat pada bagan dibawah ini:



Gambar 2. Bagan Alir Perhitungan Algoritma K-means [7]

Tahap pertama pengimplementasian algoritma *K-means* adalah pengumpulan data. Data yang akan diolah oleh algoritma *K-means* didapat dari hasil ujian yang dilaksanakan oleh teknisi, bobot maksimal dari tiap-tiap soal serta indikator bidang keahlian yang didapat dari perusahaan [12].

Tahapan terakhir dalam proses pengembangan sistem informasi *computer assisted test* ini adalah pengujian sistem. Pada tahap ini sistem yang diimplementasikan diuji oleh pengguna untuk

melihat apakah sistem yang diimplementasikan bekerja sesuai dengan fungsinya. Pada fase ini, penulis menjalankan pengujian: pengujian kotak hitam dan pengujian penerimaan pengguna (UAT). [1]

Hasil dan Pembahasan

1. Analisis Kebutuhan

Proses ujian yang diusulkan tidak lagi menggunakan kertas melainkan *Computer assisted test* (CAT) atau sistem yang sudah terkomputerisasi. Soal-soal yang disajikan dalam ujian teori akan berbentuk pilihan ganda dan esai. Serta form untuk menginput nilai ujian praktek. Lalu proses perhitungan nilai dan klasterisasi akan dilakukan secara otomatis oleh sistem jika ujian sudah dilaksanakan. Dalam kasus ini, pembagian jabatan teknisi menjadi 7 *cluster*, yaitu:

- a. Teknisi Produksi
- b. Teknisi *Inventory*
- c. Teknisi Instalasi Listrik
- d. Teknisi Instalasi Umum
- e. Teknisi Konfigurasi
- f. Teknisi *Software*
- g. Teknisi RnD

2. Perancangan

Proses analisis sistem mendeskripsikan apa yang harus dilakukan oleh sistem untuk memenuhi kebutuhan informasi pengguna. Dari hasil analisis yang didapat untuk menggambarkan alur sistem berjalan dituangkan melalui *unified modeling language* yang digambarkan melalui *use case diagram*, *activity diagram*, dan *sequence diagram*.

3. Implementasi

Penerapan konsep MVC pada implementasi CAT ini dibuat terlihat pada gambar dibawah ini :

Model

Model ini mencakup bagian-bagian dari pengelolaan data dengan melakukan query ke sistem database, mengambil dan menyimpan data, menghapus data, mengambil data, dan melakukan proses lain yang berhubungan dengan pengelolaan data. Bertanggung jawab untuk mengelola berbagai model yang

diperlukan untuk aplikasi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Fungsi Model Computer Assisted Test

No	Class	Keterangan
1	M_user.php	Query untuk mengelola User
2	M_soal.php	Query untuk mengelola Soal
3	M_ujian.php	Query untuk mengelola Ujian
4	M_nilai.php	Query untuk mengelola Nilai
5	M_cluster.php	Query untuk mengelola Klasterisasi
6	M_login.php	Query untuk mengelola Login User

View

View, sesuai dengan namanya, bertanggung jawab untuk mengelola tampilan aplikasi, yang merupakan bagian yang dapat dilihat dan dikelola oleh pengguna. Bagian ini biasanya terdiri dari tombol teks, audio, tombol, tabel daftar, dan sebagainya. Implementasi yang berjalan di atas kanvas dikelompokkan ke dalam paket-paket dan dapat dilihat pada gambar berikut.

Tabel 2. Fungsi View Computer Assisted Test

No	Class	Keterangan
1	V_user.php	Tampilan untuk mengelola User
2	V_soal.php	Tampilan untuk mengelola Soal
3	V_ujian.php	Tampilan untuk mengelola Ujian
4	V_nilai.php	Tampilan untuk mengelola Nilai
5	V_cluster.php	Tampilan untuk mengelola Klasterisasi
6	V_login.php	Tampilan untuk mengelola Login User

Controller

Controller berfungsi untuk menghubungkan model ke bagian display. Bagian ini biasanya memproses permintaan yang dikirim ke pengguna dari bagian Tampilan untuk menemukan model setara yang cocok dengan permintaan. Controller juga memiliki

tugas untuk mengembalikan hasil query ke user melalui view section.

Tabel 3. Fungsi Controller Computer Assisted Test

No	Class	Keterangan
1	User.php	Untuk mengelola User
2	Soal.php	Untuk mengelola Soal
3	Ujian.php	Untuk mengelola Ujian
4	Nilai.php	Untuk mengelola Nilai
5	Cluster.php	Untuk mengelola Klasterisasi
6	Login.php	Untuk mengelola Login User

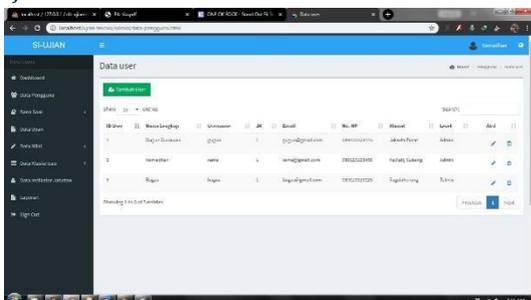
Hasil Implementasi

Berikut adalah hasil implementasi halaman login sebagai portal autentifikasi dari user admin dan manajer,



Gambar 3. Implementasi Login

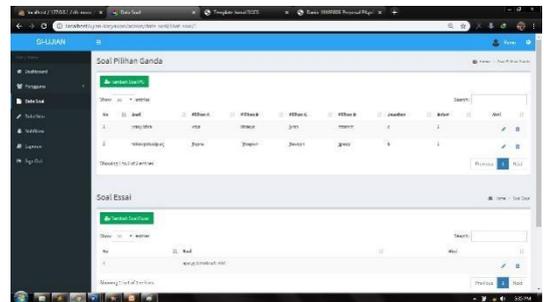
berikutnya ini adalah hasil implementasi halaman data peguna pada admin atau manajer, data ini berisi data user teknisi PT yang akan menjalani tes dari instansi.



Gambar 4. Implementasi Data User

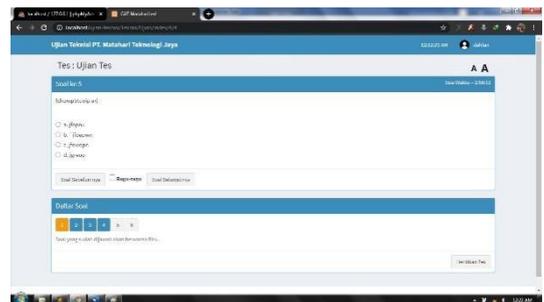
Kemudian jika peserta teknisi sudah di entry dan teregister dalam sistem maka selanjutnya admin dapat menginputkan soal-soal tes

kedalam masing-masing bidang keahlian sesuai dengan kebutuhan dari jenis-jenis proyek yang ada pada PT.



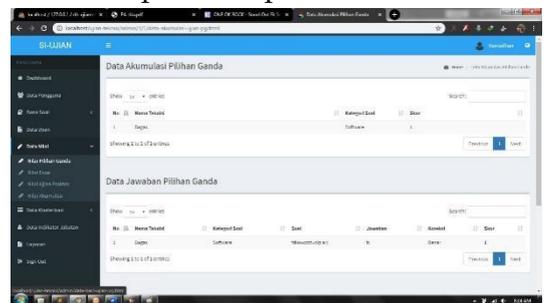
Gambar 5. Implementasi Data Soal

Kemudian dibawah ini merupakan tampilan ketika teknisi melakukan ujian tes dan menjawab pertanyaan-pertanyaan pada soal.



Gambar 6. Implementasi Mengisi Jawaban

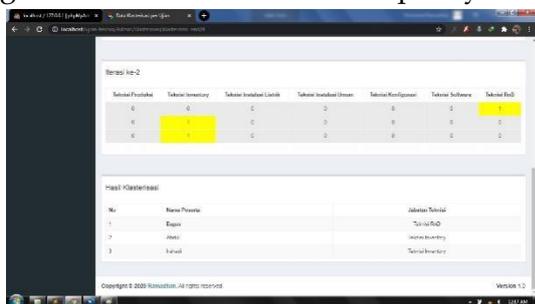
Selanjutnya, jika peserta teknisi selesai mengerjakan soal maka nilai tes peserta teknisi akan muncul pada tampilan admin.



Gambar 7. Implementasi Data Nilai

Pada tampilan berikut ini, merupakan hasil pengolahan nilai tes yang telah dituntaskan oleh teknisi, nilai tersebut akan diakumulasikan antara nilai teori dan praktek kemudian selanjutnya dilakukan klasterisasi bidang

keahlian menggunakan algoritma k-means dan pemeringkatan berdasarkan nilai kemudian selanjutnya akan didapatkan hasil klasterisasi teknisi dan peringkat teknisi yang merepresentasikan bidang keahlian yang dimiliki. Bidang keahlian yang muncul berdasarkan rekomendasi sistem ini akan menjadi dasar dalam penentuan jabatan dari teknisi dan jenis-jenis proyek yang akan di tangani oleh teknisi tersebut kedepannya.



Gambar 8. Implementasi Data Klasterisasi

Pengujian

Hasil dari pengujian *Black box* dengan 20 pengujian yang dilakukan oleh 2 User, yaitu manajer dan teknisi [13]. Dari hasil pengujian diatas sudah dapat disimpulkan bahwa kebutuhan fungsional *Computer Assisted Test* untuk mengelompokan jabatan Teknisi menggunakan Algoritma *K-means* ini sudah berjalan 100 % berdasarkan dengan tujuan dan penggunaan sistem sesuai dengan fungsinya. Sedangkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada *Computer assisted test* dengan menggunakan teknik UAT, dengan 16 pertanyaan yang disediakan dan diuji oleh 5 User yakni dua admin dan tiga teknisi, dapat dikatakan memiliki nilai ergonomic yang cukup tinggi dengan nilai rata-rata 93,25%.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dari pembahasan yang penulis uraikan pada bab-bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan bahwa perancangan dan implementasi *Computer Assisted Test* ini menghasilkan kesimpulan yakni *Computer Assisted Test* mampu memfasilitasi teknisi dalam pelaksanaan ujian dengan instrumen soal dan penilaian *hardskill* berdasarkan

bidang keahlian teknisi. Selain itu, *Computer Assisted Test* ini memiliki algoritma *K-means* dapat mengklasterisasi teknisi berdasarkan bidang keahlian dan melakukan penyusunan teknisi berdasarkan peringkat. Keberhasilan sistem CAT ini dibuktikan dengan hasil pengujian *Black Box* 100% dan hasil pengujian UAT untuk penerimaan user sebesar 93,25%.

Dari hasil kesimpulan yang penulis uraikan di atas, penulis juga menyadari bahwa perancangan dari sistem yang dibuat ini belumlah sempurna. Mengingat sistem yang digunakan saat ini kurang memenuhi kebutuhan perusahaan. Maka dari itu penulis memberikan saran untuk kedepannya seperti : dilakukan peningkatan security sistem, mengingat soal-soal yang dimuat merupakan rahasia produk dari perusahaan, dan adanya skema penilaian otomatis pada jawaban esai.

Referensi

- [1] Agustina, R., & Suprianto, D. (2018). Analisis Hasil Pemanfaatan Media Pembelajaran Interaktif Aljabar Logika Dengan User Acceptance Test (Uat). *Smatika Jurnal*, 8(02), 67-73. <https://doi.org/10.32664/Smatika.v8i02.205>
- [2] Astuti, E. W. (2015). Clustering Program Keahlian Pada Pendaftaran Siswa Baru (Psb) Dengan Menggunakan Algoritma K-Means : Studi Kasus Di Smkn 1 Nguling. *Jurnal Spirit*, 7(2), 58-65.
- [3] Elik Yuli Arianto, F. B. S. (2018). Analisa Penilaian Kinerja Karyawan Dengan Metode Fuzzy Simple Additive Weighting Pada Pt. Unilever Indonesia Tbk. *Jurnal Teknik Komputer*, 4(3), 194-204. <https://doi.org/10.1039/c7cp04218c>
- [4] Irawan, A., & Setiyorini, N. K. (2017). Rancang Bangun Aplikasi Helpdesk Dengan Menggunakan Pendekatan Knowledge Management System Pada Seksi Teknisi Pt. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk. *Jurnal Protekinfo*, 4.
- [5] Krispriana, A., Kumaladewi, N., & Rahajeng, E. (2016). Sistem Informasi

- Computer Assisted Test (Cat)
Kementerian Agama Republik Indonesia.
Jurnal Sistem Informaasi, 9(2), 203-211.
- [6] Mahmudi, A. A. (2015). Sistem Informasi Penilaian Kinerja Dosen Dan Karyawan Berbasis Web. *Surya Informatika*, 1(1), 55-60. <https://doi.org/24773042>
- [7] Nur, F., Fauzan, R., Aziz, J., Setiawan, B. D., & Arwani, I. (2018). Implementasi Algoritma K-Means Untuk Klasterisasi Kinerja Akademik Mahasiswa. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(6), 2243-2251.
- [8] Nurmianto, E., & Siswanto, N. (2006). Perancangan Penilaian Kinerja Karyawan Berdasarkan Kompetensi Spencer Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus Di Sub Dinas Pengairan Dinas Pekerjaan Umum Kota Probolinggo). *Jurnal Teknik Industri*, 8(1), 40-53. <https://doi.org/10.9744/jti.8.1.p.40-53>
- [9] Sapp Nelson, M. (2017). A Pilot Competency Matrix For Data Management Skills: A Step Toward The Development Of Systematic Data Information Literacy Programs. *Journal Of Escience Librarianship*, 6(1), e1096. <https://doi.org/10.7191/jeslib.2017.1096>
- [10] Sinaga, J. B., & Nasution, A. R. (2019). Pengaruh Hard Skill Dan Soft Skill Terhadap Kinerja Karyawan Pt. Telkom Sumatera. *Jurnal Plans Penelitian Ilmu Manajemen Dan Bisnis*, 14(1), 29-37.
- [11] Sommerville, I. (2011). *Software Engineering*. In *Clinical Engineering: A Handbook For Clinical And Biomedical Engineers* (9th Editio). Pearson. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396961-3.00009-3>
- [12] Suntoro, J. (2019). *Data Mining: Algoritma Dan Implementasi Dengan Pemrograman Php*. Pt Elex Media Komputindo.
- [13] Utomo, D. W., Kurniawan, D., & Astuti, Y. P. (2018). *Teknik Pengujian Perangkat Lunak Dalam Evaluasi Sistem Layanan Mandiri Pemantauan Haji Pada Kementerian Agama Provinsi Jawa Tengah*. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 9(2), 731-746. <https://doi.org/10.24176/Simet.v9i2.2289>