

KLASIFIKASI KUALITAS PERANGKAT LUNAK BERDASARKAN ISO/IEC 25010 MENGGUNAKAN AHP DAN FUZZY MAMDANI UNTUK SITUS WEB E-COMMERCE

Fadli H. Wattiheluw¹⁾, Siti Rochimah²⁾, dan Chastine Fatichah³⁾

^{1,2,3)}Departemen Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

e-mail: fadliwattiheluw1994@gmail.com¹⁾, siti@its-sby.edu²⁾, chastine@if.its.ac.id³⁾

ABSTRAK

Evaluasi kualitas fungsional dan antar muka situs web e-commerce dari perspektif pengguna sangat penting untuk membangun atau mengembangkan situs web e-commerce yang memenuhi standar kualitas. Namun, untuk menilai kualitas fungsional dan antar muka dari situs web e-commerce sulit untuk didefinisikan sehingga membutuhkan model evaluasi perangkat lunak. Pentingnya evaluasi kualitas situs web e-commerce berdasarkan karakteristik perangkat lunak untuk dapat dikembangkan dan menyesuaikan standar kualitas perangkat lunak.

Penelitian ini mengusulkan sebuah model evaluasi kualitas situs web e-commerce berdasarkan karakteristik pada functional suitability, performance efficiency, reliability dan usability pada ISO/IEC 25010. Pada penelitian ini menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk menilai kualitas dari situs web e-commerce berdasarkan karakteristik dan pembobotan kepentingan karakteristik menggunakan metode Analytical Hierarchy Process. Model yang diusulkan diterapkan ke beberapa situs web e-commerce di Indonesia sebagai studi kasus untuk mengevaluasi tingkat kualitas perangkat lunak. Hasil yang didapat dari model evaluasi dapat membantu pengembang untuk merancang dan mengembangkan situs web e-commerce yang berkualitas dengan tingkat akurasi 0,684.

Kata Kunci: Analytical Hierarchy Process, Situs Web E-commerce, ISO/IEC 25010, Software Quality Management, Fuzzy Logic, Cronbach Alpha.

ABSTRACT

Functional quality evaluation and e-commerce website interface from a user perspective is very important to build or develop e-commerce websites that meet quality standards. However, to assess the functional quality and interface of e-commerce websites it is difficult to define it so that it requires software evaluation methods. The importance of evaluating the quality of e-commerce websites based on the characteristics of the software can be developed and adjusts the software quality standards.

This study proposes an evaluation model of the quality of e-commerce websites based on the characteristics of functional suitability, performance efficiency, reliability and usability at ISO / IEC 25010. In this study using the Fuzzy Mamdani method to assess the quality of e-commerce websites based on characteristics and weighting characteristic interests using the Analytical Hierarchy Process method. The proposed model is applied to several e-commerce websites in Indonesia as a case study to evaluate the level of software quality. The results obtained from the evaluation model can help developers to design and develop quality e-commerce websites with an accuracy level of 0.684.

Keywords: Analytical Hierarchy Process, Website E-commerce; ISO/IEC 25010, Software Quality Management, Fuzzy Logic, Cronbach Alpha

I. PENDAHULUAN

TEKNOLOGI informasi yang berkembang di zaman sekarang memberikan manfaat sangat besar bagi pelaku bisnis. Pelaku bisnis tidak lagi mengalami kesulitan dalam meningkatkan aktivitas bisnis. Teknologi informasi yang digunakan dalam meningkatkan aktivitas bisnis salah satunya menggunakan *electronic commerce* (e-commerce). Dengan adanya e-commerce dalam aktivitas bisnis. Pelaku bisnis dimudahkan untuk memasarkan berbagai macam produk atau jasa dalam bentuk fisik maupun digital [1].

Situs web e-commerce dipandang sebagai sistem yang dapat dievaluasi oleh pengguna dengan bantuan model evaluasi kualitas perangkat lunak. Model evaluasi digunakan untuk menilai kualitas karakteristik pada perangkat lunak [2]. Model evaluasi yang digunakan untuk mengukur kualitas perangkat lunak dengan mengacu pada standar internasional antara lain McCall, Boehm, FURPS, Dromey dan ISO/IEC [3]. Situs web e-commerce yang baik mempertimbangkan beberapa aspek penting, sebagai berikut:

1. Situs web dengan struktur yang mudah dalam memahami fungsi-fungsinya, antarmuka dan konten yang dapat diamati oleh pengguna.
2. Situs web yang memiliki ketepatan dalam mencari informasi yang dibutuhkan oleh pengguna.

Kualitas situs web *e-commerce* dapat dinilai dari dua sudut pandang yang saling melengkapi, yaitu *e-commerce* sebagai perangkat lunak dan penyedia layanan kepada pengguna [4]. Situs web *e-commerce* dikatakan sukses dalam dunia bisnis apabila memiliki umur yang panjang. Situs web *e-commerce* yang sukses dapat dilihat dari antarmuka dan fungsional perangkat lunak yang baik. Untuk membangun sebuah situs web *e-commerce* yang berkualitas dibutuhkan evaluasi untuk setiap karakteristik eksternal yang akan diperbaiki atau dikembangkan. Untuk dapat menghasilkan suatu evaluasi yang baik dibutuhkan model evaluasi dalam menilai tingkat kualitas dari setiap karakteristik perangkat lunak. Hasil evaluasi yang didapat sebagai bahan pengembangan situs web *e-commerce* untuk memenuhi standar minimal kualitas perangkat lunak. Situs web *e-commerce* yang memiliki kualitas baik dari segi perangkat lunak sangat penting dalam mempertahankan umur dan memberikan kepuasan dari segi pengalaman untuk pengguna. Oleh karena itu, dibutuhkan model evaluasi untuk menilai kualitas perangkat lunak berdasarkan karakteristik eksternal.

Penelitian ini mengusulkan sebuah model evaluasi kualitas perangkat lunak untuk situs web *e-commerce*. Model evaluasi kualitas yang diusulkan pada penelitian ini menggunakan karakteristik eksternal pada ISO/IEC 25010 yang dikembangkan berdasarkan oleh Stefani [4]. Karakteristik yang dipetakan menggunakan ISO 25010 akan dicari bobot kepentingan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Setiap karakteristik situs web *e-commerce* memiliki kepentingan yang berbeda antara karakteristik yang dapat mempengaruhi tingkat kualitas dari situs web *e-commerce*. Setelah dilakukan pembobotan kepentingan karakteristik, selanjutnya mengklasifikasi tingkat kualitas situs web *e-commerce* menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* berdasarkan bobot kepentingan karakteristik eksternal ISO 25010. Pada penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* untuk memecahkan masalah nilai yang saling *overlap* atau ambigu untuk menentukan nilai kualitas situs web *e-commerce*.

Untuk menguji kebenaran hasil dari metode usulan untuk klasifikasi kualitas situs web *e-commerce* menggunakan *confusion matrix*. Penelitian ini menggunakan pakar dalam menilai kualitas situs web *e-commerce* yang selanjutnya merhitung nilai *accuracy*, *recall* dan *precision*.

II. STUDI LITERATUR

A. Penelitian terkait

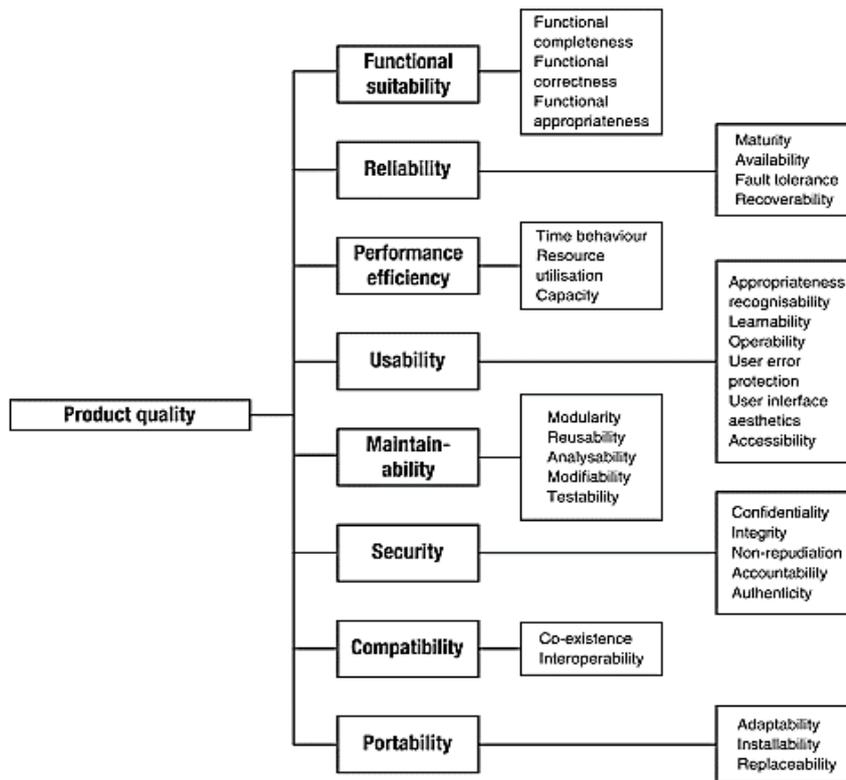
Penelitian ini mengacu pada beberapa penelitian terdahulu yang juga meneliti tentang evaluasi produk perangkat lunak menggunakan karakteristik dari ISO/IEC 25010 dan ISO/IEC 9126. Penelitian yang dilakukan oleh Albuquerque dan Belchior [5] mengusulkan model kualitas untuk mengidentifikasi dan memberi peringkat atribut kualitas aplikasi. Setelah itu setiap karakteristik akan dievaluasi dengan menggunakan model *Fuzzy* untuk mengetahui tingkat kualitas karakteristik.

Penelitian yang dilakukan oleh Stefani dan Xenos [4] mengusulkan sebuah model untuk mengetahui kualitas situs web *e-commerce*. Model tersebut didasarkan pada *Bayesian Networks* dan ISO 9126. Model kualitas ISO 9126 digunakan untuk memetakan kualitas eksternal dari website *e-commerce* berdasarkan karakteristik. Model *Bayesian Network* digunakan dalam menentukan peringkat karakteristik dari *e-commerce* berdasarkan kepentingannya.

Penelitian yang dilakukan oleh Yu, Guo dan Huang [6] mengusulkan model evaluasi untuk menilai kualitas *e-commerce*. Model evaluasi yang diusulkan berdasarkan *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Set Fuzzy* dan *Technique For Order Performance By Similarity To Ideal Solution* (TOPSIS). AHP diterapkan untuk menganalisis struktur masalah peringkat dan menentukan setiap bobot karakteristik kualitas web sites. Sedangkan himpunan *Fuzzy* digunakan untuk menyajikan ambiguitas dan subjektivitas dengan nilai linguistik yang diparameterkan dengan bilangan Fuzzy segitiga. Metode TOPSIS digunakan untuk memperoleh rangking akhir dari setiap karakteristik untuk web sites.

Penelitian yang dilakukan oleh Puspaningrum, Rochimah dan Akbar [7] mengusulkan model kualitas untuk mengevaluasi kualitas sebuah sistem informasi akademik dengan menggunakan pendekatan *goal-oriented*. *Goal Question Matrix* (GQM) dimulai dengan mengidentifikasi tujuan bisnis organisasi. Tujuan ditentukan oleh rencana strategis yang terkait dengan teknologi akademik dan informatika untuk masing-masing institusi. Tujuan harus diverifikasi oleh tim perencanaan strategis dari masing-masing institusi. Diperlukan verifikasi untuk memastikan bahwa sasaran yang akan diukur sesuai dengan kebutuhan. Model yang diusulkan dalam pengukuran sistem informasi akademik berdasarkan kualitas ISO 25010 untuk karakteristik functional *suitability*.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Lesmidayarti, Rochimah dan Yuhana [3] mengevaluasi kualitas sistem informasi akademik. Lesmidayarti mengusulkan model kualitas untuk mengetahui kekurangan pada karakteristik *operability* berdasarkan ISO 25010. Hasil evaluasi selanjutnya dikembangkan berdasarkan sub-karakteristik. Model yang diusulkan juga melakukan perbandingan terhadap subkarakteristik menggunakan AHP. Metode AHP digunakan sebagai pembobotan kepentingan untuk setiap sub-karakteristik pada sistem informasi akademik.



Gambar 1. Product quality model berdasarkan ISO/IEC 25010.

B. Kualitas Perangkat Lunak ISO/IEC 25010

ISO/IEC merupakan standar yang digunakan oleh dunia internasional untuk melakukan evaluasi atau pengukuran kualitas dari perangkat lunak. ISO/IEC yang digunakan dalam penelitian ini adalah versi 25010 yang merupakan versi lanjutan dari ISO/IEC 9126 dengan penambahan beberapa struktur dan bagian dari standar model kualitas. Secara keseluruhan ISO/IEC 25010 memiliki 8 karakteristik untuk mengukur kualitas perangkat lunak secara menyeluruh, antara lain *portability*, *performance efficiency*, *reliability*, *security usability*, *maintainability*, *compatibility*, dan *functional suitability* [8] seperti ditampilkan pada Gambar 1. Adapun beberapa definisi karakteristik ISO/IEC 25010 adalah sebagai berikut :

1. *Functional suitability* adalah produk aplikasi yang memberikan fungsional untuk memenuhi kebutuhan saat menggunakan produk dalam keadaan tertentu.
2. *Reliability* adalah tingkat dimana produk aplikasi dapat mempertahankan kinerja pada level tertentu ketika digunakan dalam keadaan tertentu.
3. *Performance efficiency* adalah tingkat dimana produk aplikasi menyediakan performa yang baik dengan jumlah *resource* yang digunakan.
4. *Usability* adalah dimana produk aplikasi mudah dimengerti, dipakai dan menarik untuk digunakan.
5. *Security* adalah tingkat produk aplikasi menyediakan layanan untuk melindungi akses, penggunaan, modifikasi, pengrusakan, atau pengungkapan yang berbahaya.
6. *Compatibility* adalah kemampuan dari suatu komponen aplikasi atau lebih untuk bertukar informasi.
7. *Maintainability* adalah tingkat dimana produk aplikasi dapat dimodifikasi. Modifikasi yang dilakukan dapat meliputi perbaikan, pengembangan atau adaptasi perangkat lunak untuk menyesuaikan dengan lingkungan, serta modifikasi pada kriteria dan spesifikasi fungsi.
8. *Portability* adalah tingkat dimana produk aplikasi dapat dipindahkan dari satu ruang ke ruang lain.

C. Analytical Hierarchy Process

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan metode pengambilan keputusan untuk suatu masalah berdasarkan perbandingan berpasangan atau fungsional hierarki antar karakteristik [9]. Perbandingan berpasangan berdasarkan masukan persepsi pakar atau manusia [10].

Pada penelitian ini menggunakan metode AHP sebagai pembandingan antar karakteristik pada perangkat lunak berdasarkan ISO 25010. Hasil dari perbandingan antar karakteristik menghasilkan nilai bobot urutan kepentingan dari semua karakteristik. Pembobotan kepentingan dengan AHP terdapat beberapa tahapan antara lain:

1. Membuat hierarki untuk perbandingan berpasangan antar karakteristik
2. Penilaian kepentingan antar karakteristik berdasarkan skala Saaty sehingga mengetahui bobot kepentingan dari karakteristik terhadap karakteristik lainnya..
3. Menghitung kepentingan antar karakteristik menggunakan matrix sehingga menghasilkan nilai bobot eigen.
4. Menghitung nilai konsistensi dari hasil perbandingan kepentingan antar karakteristik sehingga menghasilkan nilai perbandingan yang dapat diterima.

D. Fuzzy Mamdani

Metode *Fuzzy Mamdani* dalam menyelesaikan suatu permasalahan berdasarkan aturan menggunakan metode *Max-Min* [11]. Metode fuzzy mamdani pada penelitian ini digunakan untuk menyelesaikan masalah klasifikasi kualitas aplikasi berdasarkan karakteristik pada ISO 25010. Untuk menyelesaikan masalah menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* terdapat beberapa tahapan utama, yaitu:

1) Fuzzification

Nilai input berupa bobot karakteristik himpunan dan mencari derajat keanggotaan sehingga karakteristik dikelompokkan pada himpunan *low*, *medium* dan *high*.

2) Rule Evaluation

Mengambil bobot nilai masukan karakteristik yang telah *fuzzification* selanjutnya dilakukan fungsi implikasi. Fungsi implikasi menggunakan fungsi *Min* dengan persamaan (1).

$$\mu_A \cap_B (x) = \min(\mu_A[x], \mu_B[x]) \tag{1}$$

dimana $\mu_A[x]$ adalah tingkat keanggotaan dari kelompok *fuzzy A* pada aturan ke-*i*, $\mu_B[x]$ adalah derajat keanggotaan dari kelompok *fuzzy B* pada aturan ke-*i*.

3) Rule Aggregation

Setelah dilakukan proses implikasi selanjutnya menggabungkan nilai *output* dari semua *rule* yang ada. Pada proses ini menggunakan metode *Max* untuk memberikan solusi kelompok *fuzzy* dari karakteristik diperoleh dengan mengambil nilai maksimal dari semua *rule*, selanjutnya digunakan untuk membuat daerah *fuzzy* dengan persamaan (2).

$$\mu_{sf}(x) = \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_j]) \tag{2}$$

dimana $\mu_{sf}[x_i]$ adalah bobot keanggotaan pada solusi *fuzzy* sampai *rule* ke-*i* dan $\mu_{kf}[x_j]$ adalah nilai keanggotaan konsekuan *fuzzy* aturan ke-*i*.

4) Defuzzification

Setelah melakukan proses *aggregation* pada himppunan, selanjutnya mengubah nilai *fuzzy* ke dalam bilangan konstan. Metode yang sering digunakan pada *inference* adalah metode *Centre of Gravity* (COG) dengan menggunakan persamaan (3).

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \tag{3}$$

dimana z_j merupakan nilai *output* pada *rule* ke-*j*, $\mu(z_j)$ merupakan tingkat keanggotaan nilai *output* pada *rule* ke-*j* dan *n* adalah banyaknya *rule* yang dipakai.

III. METODE PENELITIAN

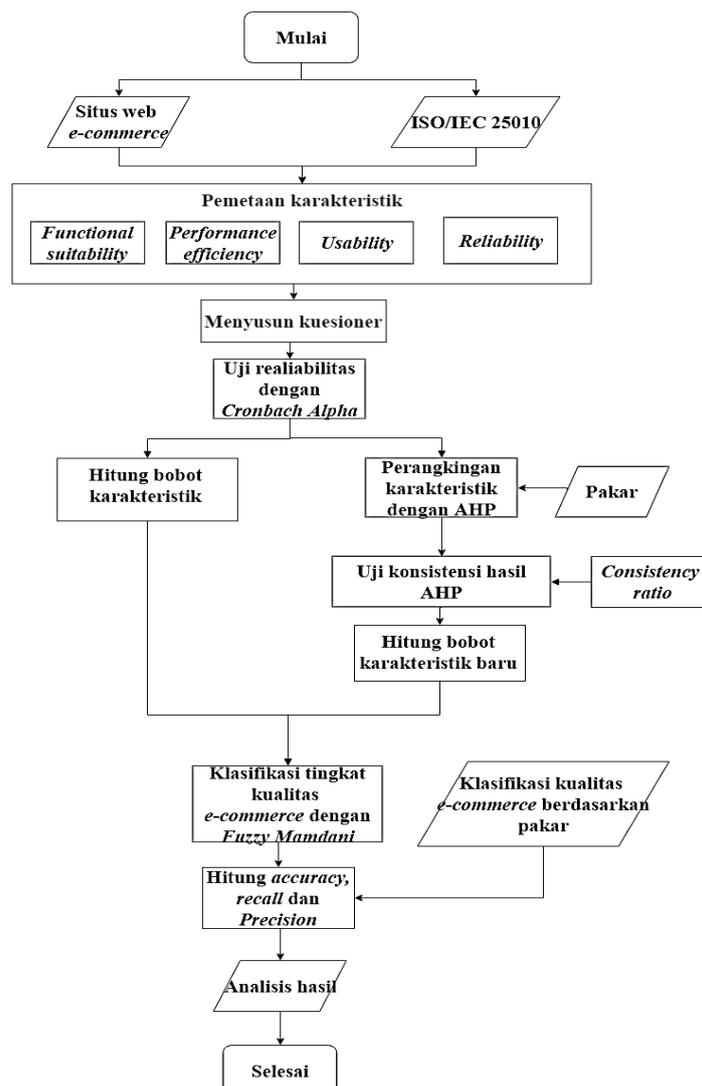
Penelitian ini memanfaatkan beberapa proses dalam klasifikasi kualitas perangkat lunak pada situs web *e-commerce* berdasarkan ISO 25010 menggunakan *Fuzzy Mamdani* dan AHP. Model evaluasi yang diusulkan terdapat beberapa tahapan utama yang dilakukan untuk mengklasifikasi tingkat kualitas situs web *e-commerce*. Alur proses secara keseluruhan dari model evaluasi yang diusulkan untuk mengklasifikasi tingkat kualitas situs web *e-commerce* dapat dilihat pada Gambar 2 antara lain:

- 1) Pemetaan karakteristik eksternal pada situs web *e-commerce* berdasarkan ISO/IEC 25010.

- 2) Penyusunan kuesioner yang akan dibagikan kepada responden berdasarkan karakteristik *functional suitability*, *performance efficiency*, *usability* dan *reliability* pada ISO/IEC 25010.
- 3) Pengujian validasitas dan reliabilitas untuk setiap *item* pertanyaan pada kuesioner menggunakan metode *Cronbach Alpha*.
- 4) Perangkingan kepentingan karakteristik situs web *e-commerce* menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP).
- 5) Klasifikasi tingkat kualitas situs web *e-commerce* menggunakan *Fuzzy Mamdani*.
- 6) Pengujian kebenaran hasil dari klasifikasi kualitas situs web *e-commerce* menggunakan *confusion matrix* untuk perhitungan nilai *accuracy*, *recall* dan *precision*.

Pada tahap pemetaan karakteristik eksternal situs web *e-commerce* berdasarkan ISO 25010. Pemetaan karakteristik eksternal mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Stefani[4] menggunakan ISO 9126. Semua karakteristik dan sub-karakteristik yang berdasarkan ISO 25010 disesuaikan dengan karakteristik fungsional pada situs web *e-commerce* dengan demikian menetapkan beberapa karakteristik dan sub-karakteristik eksternal pada situs web *e-commerce*. Karakteristik eksternal yang digunakan dapat dilihat pada Tabel I berdasarkan ISO/IEC 25010.

Pada tahap perangkingan karakteristik dan sub-karakteristik menggunakan metode AHP berbasis hierarki. Dalam menentukan nilai kepentingan dari setiap karakteristik dan sub-karakteristik situs web *e-commerce* dilakukan dengan kuesioner kepada beberapa pakar untuk penilaian karakteristik. Pakar menentukan tingkat penilaian antar dua karakteristik menggunakan skala Saaty berdasarkan Tabel II.



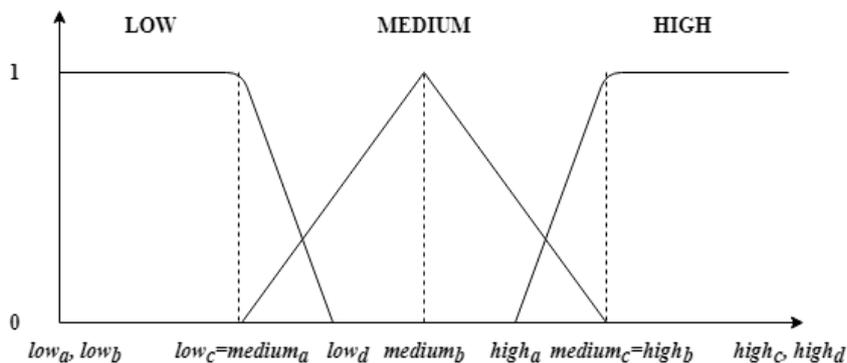
Gambar 2. Pengukuran kualitas untuk *e-commerce* berdasarkan ISO 25010 menggunakan *Fuzzy Mamdani* dan PSO

TABEL I
KARAKTERISTIK DAN SUB-KARAKTERISTIK EKSTERNAL PADA E-COMMERCE BERDASARKAN ISO/IEC 25010.

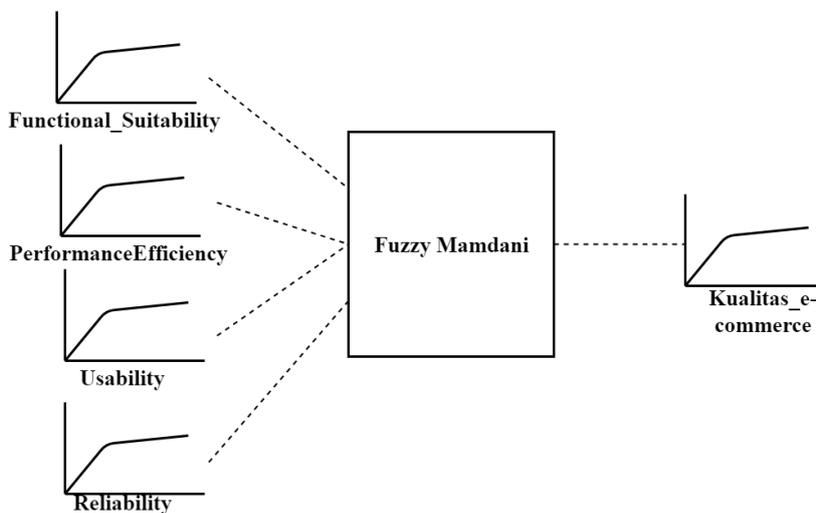
Karakteristik	Sub-karakteristik	Definisi
Functional suitability	Functional completeness	Karakteristik ini mewakili sejauh mana sistem <i>e-commerce</i> menyediakan fungsi yang memenuhi kebutuhan ketika digunakan dalam kondisi tertentu
	Functional correctness	
	Functional appropriateness	
Usability	Appropriateness recognizability	Tingkat di mana sistem <i>e-commerce</i> dapat digunakan oleh pengguna tertentu untuk mencapai tujuan tertentu dengan efektivitas, efisiensi dan kepuasan dalam konteks penggunaan
	Learnability	
	Operability	
	User error protection	
	User interface aesthetics	
	Accessibility	
Performance efficiency	Time behaviour	Karakteristik ini mewakili kinerja relatif terhadap jumlah sumber daya yang digunakan dalam kondisi yang ditentukan.
	Resource utilization	
	Capacity	
Reliability	Maturity	Tingkat di mana suatu sistem <i>e-commerce</i> melakukan fungsi tertentu dalam kondisi tertentu untuk jangka waktu tertentu
	Availability	
	Fault tolerance	
	Recoverability	

TABEL III
PENILAIAN KRITERIA BERDASARKAN SKALA PERBANDINGAN SAATY

Nilai	Keterangan
1	A sama penting dengan B
3	A sedikit lebih penting dari B
5	A jelas lebih penting dari B
7	A sangat jelas penting dari B
9	Mutlak A lebih penting dari B
2, 4, 6, 8	Apabila ragu-ragu antara dua nilai yang berdekatan



Gambar 3. Klasifikasi kualitas *e-commerce* berdasarkan karakteristik menggunakan *Fuzzy Mamdani*



Gambar 4. Variabel fungsi keanggotaan pada *Fuzzy Mamdani*

Setelah menentukan bobot kepentingan antar karakteristik dan sub-karakteristik berdasarkan skala Saaty menggunakan AHP. Selanjutnya, menghitung nilai setiap karakteristik pada situs web *e-commerce* menggunakan persamaan (4).

$$\text{Nilai karakteristik} = \frac{\text{nilai atribut} \times (\text{bobot sub-karakteristik} \times \text{bobot karakteristik})}{\text{jumlah sub-karakteristik}} \quad (4)$$

Pada tahap proses klasifikasi untuk menentukan tingkat kualitas situs web *e-commerce* berdasarkan nilai karakteristik menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*. Untuk menentukan tingkat kualitas situs web *e-commerce* berdasarkan nilai karakteristik *functional suitability, performance efficiency, usability* dan *reliability* dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3 memperlihatkan proses klasifikasi kualitas situs web *e-commerce* dengan metode *Fuzzy Mamdani*. Setiap nilai karakteristik eksternal pada situs web *e-commerce* yang dihasilkan menggunakan AHP akan digunakan sebagai variabel *input* untuk klasifikasi kualitas pada situs web *e-commerce*. Nilai karakteristik yang dihasilkan sangat berpengaruh terhadap tingkat kualitas suatu situs web *e-commerce*. Fungsi keanggotaan yang digunakan untuk menilai kualitas situs web *e-commerce* menggunakan 3 class yaitu *low, medium* dan *high* dengan *range* nilai antara 0 sampai 1 seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Dengan tingkat keanggotaan sesuai fungsi berikut :

$$LOW = \begin{cases} 1; x \leq low_c \\ \frac{low_c - x}{low_d - low_c}; low_c \leq x \leq low_d \\ 0; x \geq low_d \end{cases} \quad (5)$$

$$MEDIUM = \begin{cases} 0; x \leq medium_a \text{ atau } x \geq medium_c \\ \frac{x - medium_a}{medium_b - medium_a}; medium_a \leq x \leq medium_b \\ \frac{medium_b - x}{medium_c - medium_b}; medium_b \leq x \leq medium_c \end{cases} \quad (6)$$

$$HIGH = \begin{cases} 1; x \geq high_b \\ \frac{x - high_b}{high_a - high_b}; high_a \leq x \leq high_b \\ 0; x \leq high_a \end{cases} \quad (7)$$

Pengujian kebenaran hasil dari klasifikasi kualitas situs web *e-commerce* berdasarkan ISO/IEC 25010 menggunakan *confusion matrix* pada *multi-class*. Seperti pada Tabel III untuk perhitungan nilai *accuracy, recall* dan *precision* dengan persamaan (8).

$$\begin{aligned} Accuracy &= \frac{TP}{TP + FN + FP} \\ Recall &= TP / (TP + FP) \\ Precision &= TP / (TP + FP) \end{aligned} \quad (8)$$

Dimana TP adalah *true positive*, FN adalah *false negative* dan FP adalah *false positive*.

TABEL III
CONFUSION MATRIX UNTUK MULTI-CLASS

		Predicted class		
		Low	Medium	High
Actual class	Low	TP	FN	FN
	Medium	FP	TP	FN
	High	FP	FP	TP

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan 30 responden dan 19 situs web *e-commerce* yang sering digunakan di Indonesia yang akan dilakukan klasifikasi tingkat kualitas perangkat lunak berdasarkan ISO/IEC 25010. Sebelum dilakukan proses klasifikasi menggunakan *Fuzzy Mamdani*. Pertama, menentukan setiap bobot kepentingan antar karakteristik menggunakan AHP. Pakar menentukan tingkat kepentingan antar karakteristik dan sub-karakteristik menggunakan skala Saaty seperti pada Tabel II. Hasil perbandingan karakteristik situs web *e-commerce* menggunakan AHP seperti pada Tabel IV untuk karakteristik, Tabel V untuk sub-karakteristik pada *functional suitability*, Tabel VI untuk sub-karakteristik *performance efficiency*, Tabel VII untuk sub-karakteristik *usability* dan Tabel VIII untuk sub-karakteristik *reliability*.

Hasil keseluruhan perbandingan dengan metode AHP dalam menentukan tingkat kepentingan antar karakteristik dan sub-karakteristik berdasarkan ISO 25010 dapat dilihat pada Tabel IX. Dari hasil perbandingan karakteristik menggunakan AHP memperlihatkan bahwa karakteristik *functional suitability* memiliki tingkat kepentingan yang begitu besar jika dibandingkan dengan karakteristik lain dengan bobot eigen *functional suitability* adalah 0,508. Sub-karakteristik *completeness* memiliki nilai kepentingan lebih utama jika dibandingkan dengan sub-karakteristik lain dengan bobot eigen adalah 0,614.

Setelah dilakukan perbandingan kepentingan antar karakteristik dan sub-karakteristik menggunakan AHP berdasarkan kualitas produk ISO 25010. Selanjutnya, menghitung nilai karakteristik pada situs web *e-commerce* menggunakan persamaan (4) sehingga menghasilkan nilai setiap karakteristik untuk situs web *e-commerce* seperti pada Tabel X.

Setelah mendapatkan nilai karakteristik dan sub-karakteristik semua situs web *e-commerce* berdasarkan bobot eigen. Selanjutnya, melakukan proses klasifikasi menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* untuk menghasilkan tingkat kualitas dari situs web *e-commerce*. Variabel *input* yang digunakan pada *Fuzzy Mamdani* adalah karakteristik *functional suitability*, *performance efficiency*, *usability* dan *reliability*. Nilai fungsi keanggotaan yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan 4 karakteristik situs web *e-commerce* menggunakan ISO 25010 dapat dilihat pada Tabel XI.

TABEL IV
HASIL PERBANDINGAN ANTAR KARAKTERISTIK DENGAN AHP

Karakteristik	Functionality	Performance	Usability	Reliability	Bobot eigen
Functionality	1	3	5	3	0,508
Performance	0,333	1	3	3	0,265
Usability	0,2	0,333	1	0,333	0,075
Reliability	0,333	0,333	3	1	0,151
Total					1,00

TABEL V
HASIL PERBANDINGAN ANTAR SUB-KARAKTERISTIK FUNCTIONALITY SUITABILITY DENGAN AHP

Sub karakteristik	Completeness	Correctness	Appropriateness	Bobot eigen
Completeness	1	3	4	0,614
Correctness	0,333	1	3	0,268
Appropriateness	0,25	0,333	1	0,117
Total				1,00

TABEL VII
HASIL PERBANDINGAN KEPENTINGAN ANTAR SUB-KARAKTERISTIK PERFORMANCE EFFICIENCY DENGAN AHP

Sub karakteristik	Time behavior	Resource utilizator	Capacity	Bobot eigen
Time behavior	1	3	1	0,416
Resource utilizator	0,33	1	0,25	0,126
Capacity	1	4	1	0,458
Total				1,00

TABEL VIII
HASIL PERBANDINGAN KEPENTINGAN ANTAR SUB-KARAKTERISTIK USABILITY DENGAN AHP

Sub karakteristik	Appropriateness recognizability	Learnability	Operability	User error protection	User interface aesthetics	Accessibility	Bobot eigen
Appropriateness recognizability	1	0,5	0,333	0,333	0,5	0,25	0,059
Learnability	2	1	0,5	0,333	0,333	0,25	0,073
Operability	3	2	1	0,333	0,333	0,25	0,101
User error protection	3	3	3	1	3	0,333	0,230
User interface aesthetics	2	3	2	0,333	1	0,25	0,134
Accessibility	4	4	4	3	4	1	0,402
Total							1,00

TABEL VIII
HASIL PERBANDINGAN KEPENTINGAN ANTAR SUB-KARAKTERISTIK *RELIABILITY* DENGAN AHP

Sub karakteristik	<i>Maturity</i>	<i>Availability</i>	<i>Fault tolerance</i>	<i>Recoverability</i>	Bobot eigen
<i>Maturity</i>	1	0,5	0,333	0,25	0,0943
<i>Availability</i>	2	1	0,333	0,25	0,1339
<i>Fault tolerance</i>	3	3	1	1	0,3578
<i>Recoverability</i>	4	4	1	1	0,4138
Total					1,00

TABEL IX
BOBOT KEPENTINGAN KARAKTERISTIK DAN SUB-KARAKTERISTIK BERDASARKAN ISO 25010 MENGGUNAKAN AHP

Karakteristik	Bobot eigen karakteristik	Sub-Karakteristik	Bobot eigen sub-karakteristik
<i>Functional suitability</i>	0,508	<i>Completeness</i>	0,614
		<i>Appropriateness</i>	0,268
		<i>Correctness</i>	0,117
<i>Performance efficiency</i>	0,265	<i>Time behavior</i>	0,416
		<i>Resource utilizer</i>	0,126
		<i>Capacity</i>	0,458
<i>Usability</i>	0,075	<i>Appropriateness recognizability</i>	0,059
		<i>Learnability</i>	0,073
		<i>Operability</i>	0,101
		<i>User error protection</i>	0,230
		<i>User interface aesthetics</i>	0,134
<i>Reliability</i>	0,151	<i>Accessibility</i>	0,402
		<i>Maturity</i>	0,094
		<i>Availability</i>	0,134
		<i>Fault tolerance</i>	0,358
		<i>Recoverability</i>	0,414

TABEL X
HASIL PERHITUNGAN NILAI KARAKTERISTIK BERDASARKAN BOBOT EIGEN PADA SITUS 1

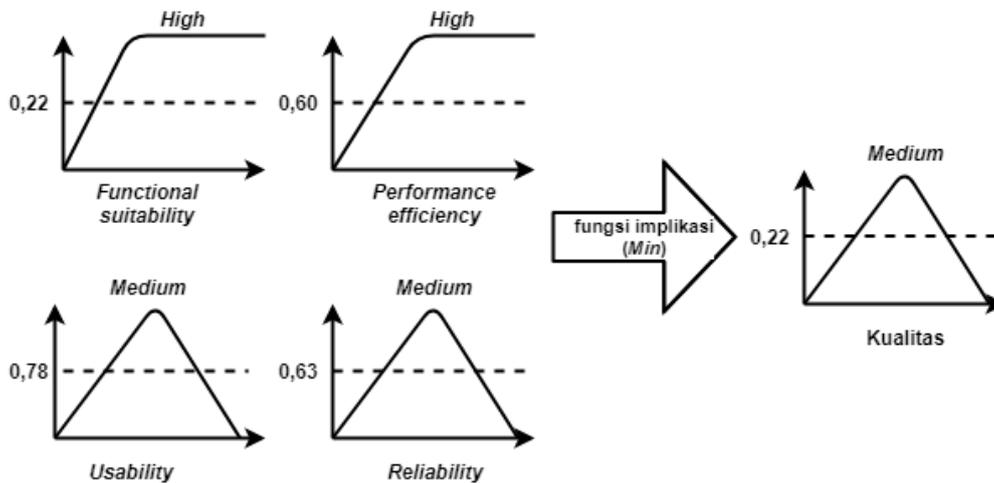
Karakteristik	Bobot eigen	Sub karakteristik	Bobot eigen	Nilai atribut	Nilai karakteristik
<i>Functionality</i>	0,5082	<i>Completeness</i>	0,6144	0,5067	0,5079
		<i>Correctness</i>	0,2683	0,5200	
		<i>Appropriateness</i>	0,1172	0,4867	
<i>Performance</i>	0,2653	<i>time behaviour</i>	0,4160	0,4667	0,4892
		<i>resource utilization</i>	0,1260	0,5000	
		<i>Capacity</i>	0,4579	0,5067	
<i>Usability</i>	0,0752	<i>Appropriateness recognizability</i>	0,0587	0,4133	0,3877
		<i>Learnability</i>	0,0728	0,4133	
		<i>Operability</i>	0,1015	0,4067	
		<i>User error protection</i>	0,2304	0,3867	
		<i>User interface aesthetics</i>	0,1337	0,4133	
<i>Reliability</i>	0,1511	<i>Accessibility</i>	0,4028	0,3667	0,4943
		<i>Maturity</i>	0,0943	0,4533	
		<i>Availability</i>	0,1340	0,4667	
		<i>Fault tolerance</i>	0,3578	0,4933	
		<i>Recoverability</i>	0,4139	0,5133	

TABEL XII
NILAI FUNGSI KEANGGOTAAN UNTUK KARAKTERISTIK EKSTERNAL ISO 25010

Karakteristik	Nilai fungsi keanggotaan				
	<i>low_c</i>	<i>low_d</i>	<i>medium_b</i>	<i>high_a</i>	<i>medium_e</i>
<i>Functional suitability</i>	0,073	0,165	0,380	0,435	0,754
<i>Performance efficiency</i>	0,124	0,215	0,289	0,447	0,517
<i>Usability</i>	0,193	0,163	0,225	0,611	0,996
<i>Reliability</i>	0,140	0,215	0,317	0,706	0,804

TABEL XIII
HASIL FUZZIFICATION UNTUK SITUS KE-1 BERDASARKAN NILAI KARAKTERISTIK

Karakteristik	Hasil fuzzification		
	Low	Medium	High
<i>Performance efficiency</i>	0	0.658	0.228
<i>Usability</i>	0	0.121	0.602
<i>Reliability</i>	0	0.788	0
<i>Functional suitability</i>	0	0.635	0



Gambar 5. Hasil fungsi implikasi pada fuzzy

TABEL XIII
HASIL KLASIFIKASI KUALITAS SITUS WEB E-COMMERCE MENGGUNAKAN FUZZY MAMDANI DAN AHP

Situs	Nilai karakteristik ISO 25010				Kualitas
	Functionality suitability	Performance efficiency	Usability	Reliability	
Situs 1	0,5079	0,4892	0,3877	0,4943	Low
Situs 2	0,8079	0,8083	0,7955	0,8251	High
Situs 3	0,6107	0,6150	0,5879	0,6087	Low
Situs 4	0,8228	0,8128	0,8041	0,7829	Medium
Situs 5	0,7731	0,7728	0,8208	0,7822	Medium
Situs 6	0,8091	0,7650	0,8142	0,8283	High
Situs 7	0,7092	0,7156	0,6967	0,6729	Medium
Situs 8	0,6134	0,6524	0,5719	0,5503	High
Situs 9	0,6125	0,5619	0,6268	0,5684	Low
Situs 10	0,7841	0,7931	0,7831	0,7093	Medium
Situs 11	0,6125	0,6042	0,6060	0,5505	Medium
Situs 12	0,5884	0,5817	0,5934	0,6366	Low
Situs 13	0,6279	0,5975	0,5938	0,5483	Low
Situs 14	0,8095	0,8244	0,8233	0,7325	High
Situs 15	0,6125	0,5619	0,6268	0,5629	Low
Situs 16	0,7457	0,7014	0,7059	0,6165	Medium
Situs 17	0,5762	0,6078	0,5868	0,5593	Low
Situs 18	0,7152	0,6998	0,6955	0,7001	Medium
Situs 19	0,5857	0,6008	0,6047	0,6168	Low

TABEL XIV
PERBANDINGAN HASIL KLASIFIKASI TINGKAT KUALITAS SITUS WEB E-COMMERCE DENGAN NILAI OBJEKTIF ACCURACY, PRECISION DAN RECALL

Metode	Accuracy	Recall	Precision
Metode usulan Dengan AHP dan Fuzzy Mamdani	0,684	0,813	0,813
Albuquerque dan Belchior	0,526	0,625	0,769

Tahap selanjutnya dilakukan proses *fuzzification* untuk mengambil nilai input karakteristis berupa nilai himpunan dan menentukan derajat keanggotaan, sehingga nilai inputan karakteristik dikelompokkan pada himpunan *low* dengan persamaan (5), *medium* dengan persamaan (6) dan *high* dengan persamaan (7). Hasil pengelompokan nilai karakteristik ditampilkan pada Tabel XII.

Setelah dilakukan proses *fuzzification* untuk menentukan kelompok nilai karakteristik derajat keanggotaan. Selanjutnya, *rule evaluation* untuk mengambil nilai input karakteristik yang telah *difuzzifikasi* dan mengaplikasikannya ke dalam *antecedents* pada aturan-aturan *fuzzy*. Fungsi implikasi pada metode *fuzzy mamdani* yang digunakan fungsi *Min* dengan persamaan (1). Contoh hasil fungsi implikasi dengan *fuzzy* ditampilkan pada Gambar 5.

Tahap berikutnya penggabungan nilai keluaran dari semua aturan pada *fuzzy* digunakan metode *Max*, dimana solusi himpunan didapatkan dengan cara mengambil nilai *max* dari semua aturan yang kemudian digunakan untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dengan persamaan (2). Selanjutnya, mengkonversikan nilai *fuzzy* dari aturan ke dalam sebuah bilangan tegas untuk menghasilkan klasifikasi kualitas perangkat lunak. Untuk mengkonversi nilai *fuzzy*

menggunakan metode centroid *Centre of Gravity* dengan menggunakan persamaan (3). Hasil klasifikasi berdasarkan nilai input karakteristik *functional suitability*, *performance efficiency*, *usability* dan *reliability* untuk 19 situs web *e-commerce* dapat dilihat pada Tabel XIII.

Hasil perbandingan nilai *accuracy*, *recall* dan *precision* menggunakan persamaan (8) pada Tabel XIV merupakan hasil perbandingan klasifikasi kualitas situs web *e-commerce* oleh Albuquerque dan Belchior [5] menghasilkan nilai *accuracy* sebesar 0,526, *recall* sebesar 0,625 dan *precision* sebesar 0,769. Model evaluasi yang diusulkan menggunakan metode AHP untuk memberikan bobot kepentingan antar karakteristik dan sub-karakteristik pada ISO 25010 menghasilkan nilai *accuracy* sebesar 0,684, *recall* sebesar 0,813 dan *precision* sebesar 0,813.

V. KESIMPULAN

Model evaluasi kualitas perangkat lunak yang diusulkan menggunakan ISO 25010 yang diadopsi dan diperluas dari ISO 9126 untuk mengevaluasi situs web *e-commerce*. Karakteristik pada ISO 25010 dipetakan untuk menyesuaikan dengan fungsional dan antar muka pada situs web *e-commerce*. Selanjutnya, mensurvei pakar dalam menilai kualitas situs web *e-commerce* dan pemberian *ranking* untuk setiap karakteristik. Nilai bobot kepentingan karakteristik digunakan sebagai faktor penilaian kualitas dari situs web *e-commerce*. Nilai bobot eigen sebagai bobot kepentingan yang memiliki nilai yang besar memperlihatkan pentingnya karakteristik atau sub-karakteristik tersebut. Perangkingan kepentingan antar karakteristik dan sub-karakteristik berdasarkan ISO 25010 menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* untuk menilai bobot kepentingan antar karakteristik *functional suitability*, *performance efficiency*, *usability* dan *reliability*. Metode *Fuzzy Mamdani* digunakan untuk memberikan label kualitas situs web *e-commerce* berdasarkan bobot karakteristik *functional suitability*, *performance efficiency*, *usability* dan *reliability*. Hasil evaluasi dari model yang diusulkan dapat digunakan sebagai bahan pengembang untuk meningkatkan kualitas situs web *e-commerce* berdasarkan karakteristik eksternal pada ISO 25010. Hasil klasifikasi dari studi kasus menghasilkan nilai akurasi sebesar 0,684.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Irmawati. (November 2011). Pemanfaatan E-Commerce Dalam Dunia Bisnis. *J. Ilm. Orasi Bisnis*. Volume 4. no. IV. Halaman 113–121. Tersedia : http://www.academia.edu/4911623/PEMANFAATAN_E-COMMERCE_DALAM_DUNIA_BISNIS
- [2] A. Stefani and M. Xenos. (25 Januari 2011). Weight-modeling of B2C system quality. *Comput. Stand. Interfaces*. Volume 33. Halaman 411–421. Tersedia : <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.01.002>
- [3] D. Lesmidayarti, S. Rochimah, dan U. L. Yuhana. (Desember 2017). Penyusunan dan Pengujian Metrik Operabilitas untuk Sistem Informasi Akademik berdasarkan ISO 25010. *Jurnal Inspirat*. Volume 7. Halaman 92–100. Tersedia : <https://jurnal.akba.ac.id/index.php/inspiration/article/view/2442>
- [4] A. Stefani dan M. Xenos. (26 Oktober 2007). E-commerce system quality assessment using a model based on ISO 9126 and belief networks. *Software Quality Journal*. Volume 16. no. 1. Halaman 107–129. Tersedia : <https://doi.org/10.1007/s11219-007-9032-5>
- [5] A. B. Albuquerque dan A. D. Belchior. (February, 2002). E-commerce Website quality evaluation. Conference Proceedings of the EUROMICRO Conf. Proc. *EUROMICRO*. Halaman 294–300. DOI: 10.1109/EURMIC.2002.1046178
- [6] X. Yu, S. Guo, J. Guo, and X. Huang. (April 2011). Rank B2C e-commerce websites in e-alliance based on AHP and fuzzy TOPSIS. *Expert Systems with Applications journal*. Volume 38(4). Halaman 3550–3557. Tersedia : <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.08.143>
- [7] A. S. Puspaningrum, S. Rochimah dan R. J. Akbar. (Oktober 2017). Functional Suitability Measurement using Goal-Oriented Approach based on ISO / IEC 25010 for Academics Information System. *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*. Volume 3(2). Halaman 0 – 6. Tersedia : <http://dx.doi.org/10.20473/jisebi.3.2.68-74>
- [8] S. Wagner. (2013). *Software product quality control*. Tersedia : <https://www.springer.com/gp/book/9783642385704>
- [9] Saaty, T. L. (1994). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytical Hierarchy Process*. The Analytical Hierarchy Process Series. Volume 4(4).
- [10] Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*. Volume 1(1). Halaman 83-98. Tersedia : <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJSSci.2008.01759>
- [11] Budiharto, W. (20 September 2013). *Robotika Modern Teori Dan Implementasi (Edisi Revisi)*.