



Image Search : A Vienna Classification and Content-Based Image Retrieval Approach

Yoga Prihastomo dan Setyawan Widyarto

Analysis of Autonomic Service Oriented Architecture

Muhammad Agni Catur Bhakti

Perancangan Sistem Komunikasi Multi-Robot Menggunakan XBee

Andi Adriansyah

Analisa Sistem Penilaian Kinerja Guru Menggunakan Fuzzy Inference System Mamdani : Studi Kasus UPT Dinas Pendidikan Kecamatan Penengahan Lampung Selatan

Agung Triayudi dan Nazori Agani

Sistem Identifikasi Penyakit Autis Anak Berbasis Web

Gregorius Hendita Artha Kusuma dan Lubriady Oktana

Self Driving Car : Artificial Intelligence Approach

Ronal Chandra, Nazori Agani dan Yoga Prihastomo

Strategi Penyusunan Knowledge Management pada Perusahaan BUMN PT. XYZ Persero

Dwi Atmodjo WP, Mardiana Purwaningsih

Prototipe Model Prediksi Peluang Kejadian Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Tipe Mamdani dan Sugeno

Iis Widya Harmoko dan Nazori Agani

**ASOSIASI PERGURUAN TINGGI INFORMATIKA & ILMU KOMPUTER
(APTIKOM) WILAYAH 3**

Sekretariat Redaksi :

LRPM Universitas Budi Luhur

Jl. Raya Ciledug-Petukangan Utara, Jakarta Selatan 12260

Telp : 021.5853753 Fax : 021.5853489



JURNAL ILMIAH TICOM

Jurnal TICOM adalah jurnal ilmiah dalam bidang teknologi informasi dan komunikasi (TIK) yang diterbitkan oleh Asosiasi Perguruan Tinggi Informatika dan Ilmu Komputer (Aptikom) wilayah 3. *Jurnal TICOM* terbit 3 kali dalam satu tahun yaitu: September, Januari dan Mei

Pelindung:

Ketua APTIKOM Wilayah 3: Drs. Eko Polosoro, M.Eng, MM (Universitas Budi Luhur)
Wakil Ketua APTIKOM Wilayah 3: Mochamad Wahyudi, MM, M.Kom, M.Pd
(STMIK Nusa Mandiri)

Ketua Dewan Redaksi:

Dr. Ir. Nazori AZ, MT (Universitas Budi Luhur)

Redaksi Pelaksana:

Dra. Andiani, M.Kom (Universitas Pancasila)
Ina Agustina, S.Si, S.Kom, MMSI (Universitas Nasional)
Dwiza Riana, S.Si, MM, M.Kom (STMIK Nusa Mandiri)
Nani Tachjar, S.Kom, MT (ABFI Institute Perbanas)
I.G.N. Mantra, M.Kom (ABFI Institute Perbanas)
Muhaemin, MM, M.Kom (STMIK Indonesia)

Mitra Bestari:

Prof. Jazi Eko Istiyanto, Ph.D (Universitas Gadjah Mada)
Prof. Iping Supriana Suwardi (Institut Teknologi Bandung)
Prof. Dr. Ir. Richardus Eko Indrajit, M.Sc (ABFI Institute Perbanas)
Prof. Dr. Djoko Lianto Buliani (ITS Surabaya)
Prof. Dr. Zainal Hasibuan (Universitas Indonesia)

Dewan Editor:

Benfano Soewito, ST, M.Sc, Ph.D (Universitas Bakrie)
Dr. Iskandar Fitri, ST, MT (Universitas Nasional)
Muhammad Agni Catur Bhakti, ST, MSc, Ph.D (Universitas Pancasila)
Dr. Manik Haspara, M.Kom (Universitas Bakrie)
Prof. Marsudi Wahyu Kisworo, Ph.D (ABFI Institute Perbanas)
Prof. Dr. Ir. Kaman Nainggolan, MS (STMIK Nusa Mandiri)

Sekretariat Redaksi:

LRPM Universitas Budi Luhur, Jl. Raya Ciledug
Petukangan Utara, Jakarta Selatan 12260
Email: jurnalticom@yahoo.co.id
nazori@budiluhur.ac.id



EDITORIAL

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat-Nya jurnal ilmiah “TICOM” ini dapat diterbitkan. Penerbitan jurnal ilmiah ini diharapkan dapat menjadi wadah bagi akademisi dan praktisi untuk menuangkan ide-ide dan pembahasan seputar isu-isu di bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK).

Penerbitan jurnal TICOM edisi ini adalah merupakan penerbitan perdana, Vol. 1 No. 1 September 2012, yang memuat 8 paper dari berbagai perguruan tinggi yang merupakan hasil penelitian dan kajian ilmiah. Topik jurnal edisi perdana ini memuat:

- 1). Image Search: A Vienna Classification and Content-Based Image Retrieval Approach
- 2). Analysis of Autonomic Service Oriented Architecture
- 3). Perancangan Sistem Komunikasi Multi-Robot Menggunakan Xbee
- 4). Analisa Sistem Penilaian Kinerja Guru Menggunakan Fuzzy Inference System Mamdani: Studi Kasus UPT Dinas Pendidikan Kec. Penengahan Lampung Selatan
- 5). Sistem Identifikasi Penyakit Autis Anak Berbasis Web
- 6). Self Driving Car: Artificial Intelligence Approach
- 7). Strategi Penyusunan Knowledge Management pada Perusahaan BUMN PT. XYZ Persero
- 8). Prototipe Model Prediksi Peluang Kejadian Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Tipe Mamdani dan Sugeno

Sebagai penutup, kami selaku tim redaksi ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang banyak membantu sehingga terbitnya jurnal TICOM edisi perdana ini. Tak lupa pula kami mengucapkan terima kasih kepada para penulis yang telah bersedia menyumbangkan karya tulisnya dari mulai tahapan reviewer, editing sehingga “camera ready paper” sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan jurnal TICOM.

Jakarta, September 2012

Tim Redaksi



DAFTAR ISI

1. Image Search: A Vienna Classification and Content-Based Image Retrieval Approach <i>Yoga Prihastomo dan Setyawan Widyarto.....</i>	<i>1</i>
2. Analysis of Autonomic Service Oriented Architecture <i>Muhammad Agni Catur Bhakti.....</i>	<i>6</i>
3. Perancangan Sistem Komunikasi Multi-Robot Menggunakan XBee <i>Andi Adriansyah.....</i>	<i>16</i>
4. Analisa Sistem Penilaian Kinerja Guru Menggunakan Fuzzy Inference System Mamdani: Studi Kasus UPT Dinas Pendidikan Kec. Penengahan Lampung Selatan <i>Agung Triayudi dan Nazori Agani.....</i>	<i>24</i>
5. Sistem Identifikasi Penyakit Autis Anak Berbasis Web <i>Gregorius Hendita Artha Kusuma dan Lubriady Oktana.....</i>	<i>29</i>
6. Self Driving Car: Artificial Intelligence Approach <i>Ronal Chandra, Nazori Agani dan Yoga Prihastomo.....</i>	<i>43</i>
7. Strategi Penyusunan Knowledge Management pada Perusahaan BUMN PT. XYZ Persero <i>Dwi Atmodjo WP, Mardiana Purwaningsih.....</i>	<i>48</i>
8. Prototipe Model Prediksi Peluang Kejadian Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Tipe Mamdani dan Sugeno <i>Iis Widya Harmoko dan Nazori Agani.....</i>	<i>59</i>

Image Search: A Vienna Classification and Content-Based Image Retrieval Approach

Yoga Prihastomo^{#1}, Setyawan Widyarto^{*2}

[#] # Program Pascasarjana Teknologi Informasi, Magister Ilmu Komputer, Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia

¹yoga.prihastomo@gmail.com

^{*} Faculty of Computer Science and Information Technology, Universiti Selangor, Selangor, Malaysia

²swidyarto@unisel.edu.my

Abstract - Directorate General of Intellectual Property Rights (DGIPR) is a government office under the Ministry of Law and Human Rights-Republic of Indonesia (MoLH). Directorate of Trademark is a 2nd Echelon Units of DGIPR and it has duty to manage marks data in Indonesia. One of the main tasks and functions of Directorate of Trademark is to conduct a substantive examination for marks which is filed by the applicant. Trademark examiner has to compare many images to support the substantive examination. Currently, there is a tool that support trademark examiner to search the image. However, this application does not have an adequate search feature image. Search method just only based on a key word like name, nice class, but it is not the image similarity. Vienna Classification-VCL is an international classification based on a hierarchical system that maps from the general to specific, group brand figurative elements into categories, divisions and sections, based on its shape. The results of this research aim to build an image search based on the Vienna Classification techniques combined with Content-based image retrieval (CBIR). CBIR is an application of computer vision in order to avoid the use of textual descriptions. So that, the result of the combination method will more accurate.

Keywords – Image Search, Vienna Classification, Content-based image retrieval.

I. INTRODUCTION

One of the DGIPR tasks is to provide an image search system to be used by applicants when they want to register a new trademark. It is important to browse these mark databases to ensure that there is no other person or company having a similar logo design to avoid infringement of Intellectual Property Rights (IPR).

Nowadays, DGIPR has more than 700,000 mark application. Each mark application has one image to support the bibliographic data. The marks could classify into several item: goods mark, services mark, renewal mark, and collective mark.

DGIPR provides search facility of marks to browse image collections by the use of subject terms that aim to catalogue the image contents. Each image is labelled with a set of predefined metadata which enable to search in the collection by the selection of a set of labels.

The most widely used metadata classification codes in the Intellectual Property (IP) Offices are the ones from the Vienna classification system, developed by the World Intellectual Property Organization (WIPO).

The Vienna Classification provides symbols for marks which consist of or contain figurative elements. It was established under the Vienna Agreement Establishing an International Classification of the Figurative Elements of Marks signed at the Vienna Diplomatic Conference in 1973. The Vienna Agreement went into effect on August 9, 1985. [1]

Although Indonesia (DGIPR) has not joined the Vienna Agreement, the choice of whether or not to exploit the Classification has been left open to the members of the Paris Convention. The objectives of the Vienna Classification are to expedite searches of trademarks containing figurative elements, facilitate trademark anticipation searches and obviate substantial reclassification work when documents are exchanged at the international level, and establish an essential and practical international classification.

However, Vienna classification approach has some limitations, especially for abstract or artistic images, where the use of manual classification codes is not always distinctive. The applicant searches a mark image inside database is usually looking for images that look similar to the one that is willing to register. Meanwhile, images in the same semantic category are usually far from being similar one to each other, so a tedious manual inspection of all the logos in a given category is still needed to retrieve near duplicate images.

There is an approach to enhance this existing (Vienna classification) retrieval method combine with Content-based Image Retrieval (CBIR) domain will help to describe mark images in terms of their visual similarity to the given query. [2]

Having reviewed various aspects as mentioned above, it is necessary to develop image search use a combination of Vienna Classification and CBIR method to ensure the better result.

II. RELATED WORK

A. CONTEXTUAL IMAGE SEARCH

A contextual image search scheme uses the context to better understand the search intent and expect better image search results. [3] The context information, including the surrounding text, other main text information and the images, is first extracted from the document where the query is generated. Different from conventional image search schemes that present a separate interface to allow users to submit a query, the new search scheme enables users to search images by only masking a few words when they are reading through web pages or other documents. Rather than merely making use of the explicit query input that is often not sufficient to express user's search intent, this approach explores the context information to better understand the search intent with two key steps: query augmenting and search results re-ranking using context, and expects to obtain better search results. Beyond contextual web search, the context in this case is much richer and includes images besides texts. In addition to this type of search scheme, called contextual image search with text input, it also present another type of scheme, called contextual image search with image input, to allow users to select an image as the search query from Web pages or other documents they are reading. The key idea is to use the search-to-annotation technique and the contextual textual query mining scheme to determine the corresponding textual query, to finally get semantically similar search results.

B. ORACLE IN IMAGE SEARCH: A CONTENT-BASED APPROACH TO PERFORMANCE PREDICTION

It is an approach to automatically predict the search performance by given a text query and the image ranking list returned by an image search system. [4] In order to estimate the mathematical expectations of Average Precision (AP) and Normalized Discounted Cumulative Gain (NDCG), it is only need to predict the relevance probability of each image. Accomplishing the task with a query-adaptive graph-based learning based on the images ranking order and visual content. The validation uses a large-scale dataset that contains the image search results of 1,165 queries from 4 popular image search engines. Empirical studies demonstrate that the approach is able to generate predictions that are highly correlated with the real search performance. Based on the proposed image search performance prediction scheme, there are three applications: image Meta search, multilingual image search, and Boolean image search. Comprehensive experiments will be conducted to validate the approach.

C. EFFICIENT LOGO RETRIEVAL THROUGH HASHING SHAPE CONTEXT DESCRIPTORS

There is a method for logo retrieval in large digital libraries. [5] The aim is to provide an efficient queried by-example retrieval system which is able to retrieve logos by similarity from large databases of isolated logos. Logos have been compactly described by the shape histogram descriptor. These descriptors are then organized by the Locality Sensitive Hashing (LSH) indexing structure aiming to perform approximate k-NN search in high dimensional spaces in sub-linear time. The experiments demonstrate the effectiveness and efficiency of this system on realistic datasets. The importance of proposing scalable methods in the document image analysis community by means of indexing structures when it comes to the problem of retrieval in digital libraries. The use of LSH aims to achieve retrieval by content similarity in sub-linear time with a negligible accuracy loss regarding the exhaustive search. In addition, the proposed method is able to perform well with a low amount of training samples which is also an important point when dealing with heterogeneous image collections as logos.

III. MODEL/Framework

A. VIENNA CLASSIFICATION

The Vienna Classification (VCL) is an international classification set up by an Agreement concluded at a Diplomatic Conference held in Vienna in 1973: the Vienna Agreement Establishing an International Classification of the Figurative Elements of Marks. Currently, VCL version is Sixth Edition. The following is category in VCL version 6:

TABLE I
TABLE OF VCL 6th CATEGORIES
(SOURCE: WIPO-VIENNA CLASSIFICATION 6TH EDITION [6])

Cat.	Description
1	Celestial bodies, natural phenomena, geographical maps
2	Human beings
3	Animals
4	Supernatural, fabulous, fantastic or unidentifiable beings
5	Plants
6	Landscapes
7	Constructions, structures for advertisements, gates or barriers
8	Foodstuffs
9	Textiles, clothing, sewing accessories, headwear, footwear
10	Tobacco, smokers' requisites, matches, travel goods, fans, toilet articles
11	Household utensils
12	Furniture, sanitary installations
13	Lighting, wireless valves, heating, cooking or refrigerating equipment, washing machines, drying equipment
14	Ironmongery, tools, ladders
15	Machinery, motors, engines
16	Telecommunications, sound recording or reproduction,

	computers, photography, cinematography, optics
17	Hierological instruments, jewellery, weights and measures
18	Transport, equipment for animals
19	Containers and packing, representations of miscellaneous products
20	Writing, drawing or painting materials, office requisites, stationery and booksellers' goods
21	Games, toys, sporting articles, roundabouts
22	Musical instruments and their accessories, music accessories, bells, pictures, sculptures
23	Arms, ammunition, armour
24	Heraldry, coins, emblems, symbols
25	Ornamental motifs, surfaces or backgrounds with ornaments
26	Geometrical figures and solids
27	Forms of writing, numerals
28	Inscriptions in various characters
29	Colours

According to table 1, IPR Office can classify images of mark base on VCL. So, every image in database has a Vienna classification code to determine its category. It will help trademark examiner to find image similarity.

B. NICE CLASSIFICATION

The Nice Classification (NCL) is an international classification of goods and services applied for the registration of trademarks and service marks. [7] It was established by an Agreement concluded at a Diplomatic Conference held in Nice in 1957: the Nice Agreement Concerning the International Classification of Goods and Services for the Purposes of the Registration of Marks. The Nice Classification consists of class headings, explanatory notes, and an alphabetical list of goods and services. The class headings are the official, descriptive names of the 34 categories or "classes" of goods and of the 11 classes of services. These are accompanied, where appropriate, by explanatory notes that provide detailed descriptions of the types of products or services included within the respective classes.

C. CONTENT-BASED IMAGE RETRIEVAL

The term of Content-Based Image Retrieval (CBIR) seems to have originated in 1992, when it was used by T. Kato to describe experiments into automatic retrieval of images from a database, based on the colours and shapes present. [8] It has been used to describe the process of retrieving desired images from a large collection on the basis of syntactical image features. The techniques, tools and algorithms that are used originate from fields such as statistics, pattern recognition, signal processing, and computer vision. CBIR differs from classical information retrieval in that image databases are essentially unstructured, since digitized images consist purely of arrays of pixel intensities, with no inherent meaning. One of the key

issues with any kind of image processing is the need to extract useful information from the raw data (such as recognizing the presence of particular shapes or textures) before any kind of reasoning about the image's contents is possible. This kind of system has three parts:

1. The system automatically extracts the features of images, such as shape, texture or colour, in the database. The extracted features are represented as a feature vector that is called descriptor.
2. The system receives the query image and extracts its features.
3. Finally, the system compares the feature vectors of the images stored in the database and the feature vector of the query image to find and retrieve the similar images.

D. MODEL/Framework

The current image search application in DGIPR is built by using Microsoft Visual Basic 6. Trademark examiner can input key word according to their need. They also can combine it with Nice Class to more specify the result. This system has many limitations to search the image. Figure 1 present the screenshot of the current image search in DGIPR.

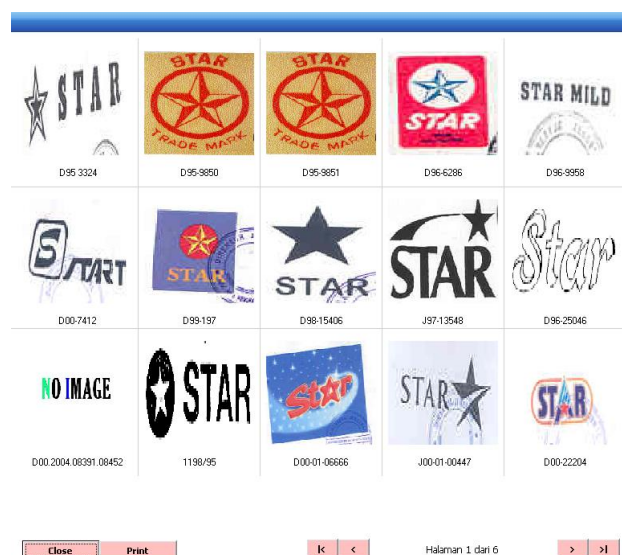


Fig 1. A screenshot of image search application.

Figure 2 present the model/framework of the proposed image search system.

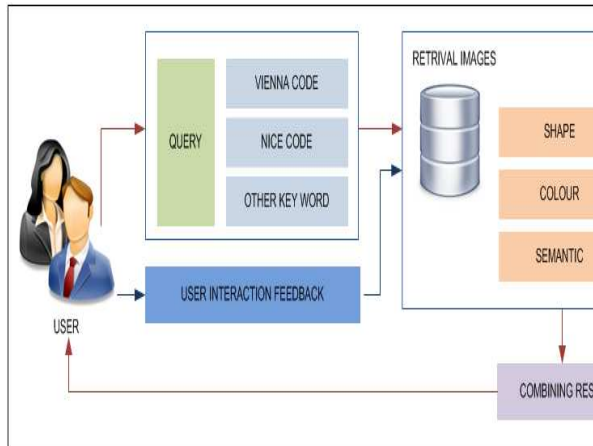


Fig 2. An illustration of System Overview.

The detail of the framework is as follows:

- The user use image search application by entering the query according their need. They can use “and”, “or”, or “not” operator.
- The parameter of query consists of Vienna code, nice code, and other key word to obtain the suitable result. Combining the parameter will produce adequate result.
- There is a mechanism to process the query based on the parameter input by user. User can then refine the search by selecting the logo images that are considered to be relevant.
- Shape and color features are extracted from the query image and an indexing mechanism efficiently retrieves from the database the trademarks that have a shape or color description similar to the query one. These ranked lists are combined to form a single resulting list which is presented to the user. Combining the result will help user to determine the closer image.
- User can give relevance feedback. There is a mechanism to allow the user’s search query to be revised in order to include a percentage of relevant and non-relevant documents as a means of increasing the search engine’s precision and recall. The relevance feedback step is also a way to weight the importance of a visual cue.
- In addition, in the relevance feedback step, if the user did not provide any semantic concept in the query, these are deduced from the selection of relevant documents and used in the following iterations in order to obtain a refined result list.
- If the user starts selecting trademarks from a given semantic class despite being dissimilar in both shape and color, the system automatically adapts the queries and the combination of the results to the user needs, giving more importance to the semantics than to the visual information.

IV. RESULT AND DISCUSSION

A. TRADEMARK DATASET

To support the experimental results, we use collection of real trademark images from the Bhutan Intellectual Property Office (Bhutan IPO) and Japan Patent Office (JPO) with their associated Vienna codes. Bhutan IPO has about 10,500 data. The application uses the Industrial Property Automation System (IPAS) that is owned by WIPO. Meanwhile, we use JPO website for searching Japanese figurative trademarks. [9]

B. QUERYING IMAGE

From Bhutan IPO, the parameter of query for instance: Nice Class=01 and Vienna Class=01. The following figure is the result of query image.

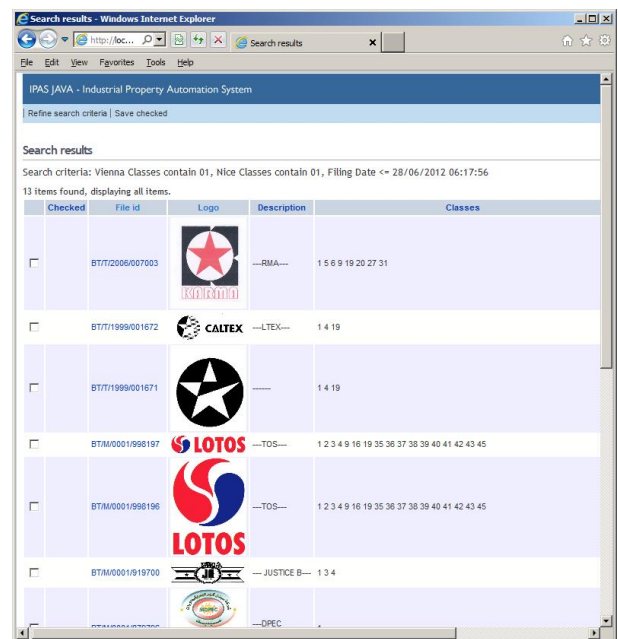


Fig 3. An example of query result from Bhutan IPO use IPAS.

By clicking the Field Id of each mark, we can retrieve the bibliographic data detail. Here is example query from JPO trademark figurative sites. For instance, Nice Class=01 and Vienna Class=1.1.10.1. The following figure is the result of query image.

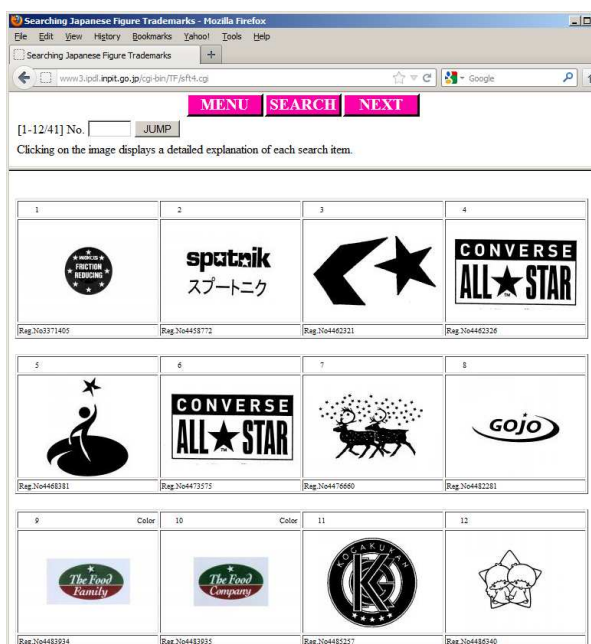


Fig 4. An example of query result from JPO trademarks figurative search.

According to user expectations (trademark examiner in DGIPR), they wish for more application features. For instance, they want to combine parameter for query such as: list of goods, application date, registration date, and owner name. So that, they assume the retrieve result will more accurate and specific according to their need.

V. CONCLUSIONS

In 2015, DGIPR will use the Vienna classification to classify the types of images based on figurative elements. Thus, the Vienna classification will help in searching figurative mark. To ensure more accurate search results, it will use combination methods of CBIR which help us to describe trademark images in terms of their visual similarity to the given query. The development of an interactive trademark image retrieval system which combines both visual and semantic information is to obtain the most similar logos from a large realistic database. The addition of the semantic

information provided by the standard Vienna codes increases the retrieval performance, by reducing the amount of possible similar logos and also enabling the method to retrieve trademarks which are dissimilar in shape or color content but have a strong semantic connection. [10] Besides, the addition of user feedback allows further refining the obtained results and it permits to automatically generate the semantic descriptor of the query when it is not given by the user.

REFERENCES

- [1] Japan Patent Office, Patent Abstract of Japan News - Adoption of the Vienna Classification No. 32, 2004, Pages 7.
- [2] M. Rusiñol, A. Aldavert, et al, Interactive Trademark Image Retrieval by Fusing Semantic and Visual Content, ECIR'11 Proceedings of the 33rd European conference on Advances in information retrieval, 2011, Pages 314-325.
- [3] W. Lu, J. Wang, et al, Contextual Image Search, MM '11 Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia, 2011, Pages 513-522.
- [4] L. Nie, M. Wang, et al, Oracle in Image Search: A Content-Based Approach to Performance Prediction, ACM Transactions on Information Systems (TOIS) Volume 30 Issue 2, 2012, Article No. 13.
- [5] M. Rusiñol, J. Lladós, Efficient logo retrieval through hashing shape context descriptors, 2010, DAS '10 Proceedings of the 9th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems, 2010, Pages 215-222.
- [6] World Intellectual Property Organization, International Classification of the Figurative Elements of Marks under the Vienna Agreement Sixth Edition, <http://www.wipo.int/classifications/nivilo/vienna/index.htm>. Accessed on 20 June 2012.
- [7] _____, International Classification of Goods and Services for the Purposes of the Registration of Marks (Nice Classification), <http://www.wipo.int/classifications/nice/en/>. Accessed on 20 June 2012.
- [8] J. Eakins, M. Graham, Content-based Image Retrieval, 1999, University of North Umbria at Newcastle, Pages 65.
- [9] Japan Patent Office, Searching Japanese Figure Trademarks, <http://www.3.ipdl.inpit.go.jp/cgi-bin/TF/sft3.cgi>. Accessed on 20 June 2012.
- [10] F. Karamzadeh, MA. Azgomi, An automated system for search and retrieval of trademarks, ICEC '09 Proceedings of the 11th International Conference on Electronic Commerce, 2009, Pages 374-377.

Analysis of Autonomic Service Oriented Architecture

Muhammad Agni Catur Bhakti

*Informatics Engineering Department, University of Pancasila
Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta 12640, Indonesia*

m.agni.cb@gmail.com

Abstract— Service-Oriented Architecture (SOA) enables composition of large and complex computational units out of the available atomic services. However, implementation of SOA, for its dynamic nature, could bring about challenges in terms of service discovery, service interaction, and service composition. SOA may often need to dynamically re-configure and re-organize its topologies of interactions between the web services because of some unpredictable events, such as crashes or network problems, which will cause service unavailability. Complexity and dynamism of the current and future global network systems require service architecture that is capable of autonomously changing its structure and functionality to meet dynamic changes in the requirements and environment with little human intervention. In this paper, formal models of a proposed autonomic SOA framework are developed and analyzed using Petri Net. The results showed that SOA can be improved to cope with dynamic environment and services unavailability by incorporating case-based reasoning and autonomic computing paradigm to monitor and analyze events and service requests, then to plan and execute the appropriate actions using the knowledge stored in knowledge database.

Keywords— Service Oriented Architecture, autonomic computing, case-based reasoning, formal model, Petri Net

VI. INTRODUCTION

As the development of internet technologies has enabled an access to many types of services over the web, networked and distributed systems (providing resources, services, etc.) are nowadays gaining an increasing importance and demand. Hence, the scale and complexity of current distributed systems are also increasing and showing high dynamism [1]. Furthermore, on the base of existing services, large distributed computational units can be built by composing complex compound services out of simple atomic ones [2]. This type of concept and architecture is called Service-Oriented Computing (SOC) and Service-Oriented Architecture (SOA) respectively.

Service-oriented computing is an emerging computing paradigm that utilizes services as the basic constructs to support the development of rapid and easy composition of distributed applications. The visionary promise of SOC is to assemble the application components with little effort into network of services that can be loosely coupled and used to create the

flexible dynamic business processes and applications that may span organizational boundaries and computing platforms.

Components of a service-oriented model (data, software, platforms, etc.) should be considered as service that can be used by users through the network, despite of the underlying technologies being used to provide those services. A business process engine can be deployed using service-based integration adapters to access a services based message broker. Service-based business application adapters are used to access several back-end systems, such as databases or legacy systems. The service adapter interface is hence used to unify the interfaces to different kinds of the back-end systems.

Current SOA frameworks offer agility, maintainability, reusability, consistency, efficiency, integration and reduced cost of a service [3]-[5]. Yet, they are still lacking for adaptability and robustness. Schneider et al. [5] stated that technologies and methods are still needed for development of adaptive SOA systems. The results in [6] showed that typical service composition will be complete and correct with an assumption that there are no exceptions or errors occurred from the initiating user to the terminating one. However that is not the case with the current and future complex and dynamic systems.

The work in [1] reported that the scale and complexity of current distributed systems are increasing and showing high dynamism in that the global network systems grow. Future systems also need to be able to cope with unpredictable events that could cause services unavailability, such as crashes or network problems. Therefore, a more robust, more adaptive and autonomous service architecture that can keep up with the dynamic changes in environments and requirements to some extent is required.

An autonomic service oriented architecture based on autonomic computing paradigm [7]-[8] and case-based reasoning (CBR) [9]-[10] has been proposed in [11]-[14]. The autonomic computing paradigm, inspired by the human autonomous nervous system, was proposed as an approach for the development of computer and software systems that are able to manage themselves in accordance with only high-level guidance from administrators. This paradigm has been used in many researches in various domains such as those in [15] and

[16] in which the authors adapted autonomic computing paradigm in self-configuration and self-healing software systems.

We incorporated the autonomic computing cycle and case-based reasoning in the proposed framework to introduce learning and adaptability into SOA. The autonomic computing mechanism in SOA will autonomously monitors and analyses service requests, then plans and provides the services. It will also adapt and learn new service profiles leading to better and faster service delivery in the future. The rest of this paper is structured as the following: section 2 elaborates the proposed autonomic SOA framework; section 3 presents the formal model development and analysis of the proposed autonomic SOA; section 4 presents the simulation development of the proposed framework; lastly section 5 presents summary of this paper and direction for future work.

VII. PROPOSED AUTONOMIC SOA

Compared to the conventional SOA, the proposed autonomic SOA has additional features which include the addition of autonomic manager and the ability to adapt to changes with the knowledge from a knowledge base. The autonomous SOA will learn and adapt in appropriate ways to solve problems based on the knowledge gained from previous cases, which are stored in the knowledge base, using CBR. It will also be able to suggest services to the users.

Fig. 1 shows the overall architecture of the proposed autonomic SOA that extends a typical SOA infrastructure (i.e. consists of service requestor and service provider) by incorporating the autonomic computing cycle into the business process layer. The architecture is separated into the three tiers:

1. The top that is a presentation tier to provide access to various users through web
2. The mid that is a processing tier to perform and coordinate several jobs and
3. The bottom that is a service / resource tier to enable the utilization of the distributed resources via Web Services.

The service/resource tier refers to service providers in a typical SOA framework. The brokers in processing tier act as service requestors. Here, the functionality of the service registry, by adding a knowledge base as required by the autonomic computing paradigm, is extended. The knowledge base provides the capability to store the previous services profiles (cases) whose features include:

- Name of the service.
- Description of the service.
- The type of service (atomic, composite).
- If the service is a composite service, then the profile will also include profile of the atomic

services required to compose the composite service ("ingredients").

- Where, when, how (sequence) to access (and compose if necessary) the service ("recipe").

The autonomic computing paradigm is incorporated in the processing tier which has the autonomic manager in it. In the context of autonomic computing paradigm, the autonomic manager will perform the autonomic cycle, i.e. monitoring, analyzing, planning, and executing, which of each is described below.

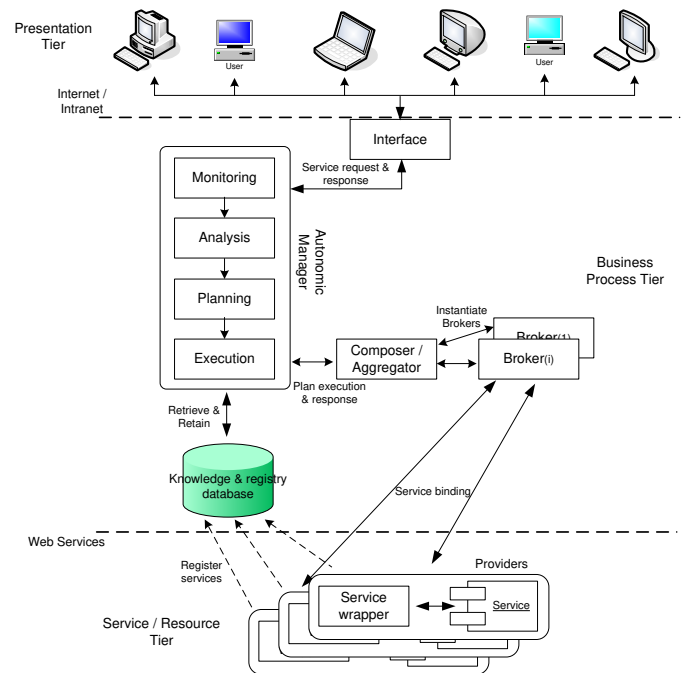


Fig. 1 Architecture of the proposed autonomic SOA framework

A. Monitoring

The manager will monitor both its own behaviour and the overall system, including the following:

- The availability of the services
- Addition of new services
- Removal of services
- Request / query from user

A sentinel or monitoring module will provide monitoring services to the SOA elements. Along with service registry, it would provide service discovery. The service monitor continuously monitors the system to detecting and identifying request from user and the status of services. If a service request input is available from user, it will be forwarded into analysis. Then if there is a change in service status, the status of that particular service in knowledge base will be updated. A change in service status will be considered as a new request that will be treated as such (forwarded to analysis module and so forth).

B. Analyzing

It means to analyze the requests. The manager will retrieve previous cases from the knowledge base, whose features include description of services, type of service (atomic or composite), their providers, and access to the providers. The cases then will be reused or revised as necessary to provide the (composite) service requested.

Fig. 2 illustrates the adaptation of Case-based Reasoning (CBR) and autonomic computing cycle in the proposed autonomic SOA framework. The analysis process described below is adapted from the CBR cycle (retrieve, reuse, revise, and retain) for adaptive and learning functionality, which include both the analysis and planning processes using the knowledge base as the case base.

1) *Case-Based Reasoning (CBR)*: CBR is a process of solving a new problem by remembering a previous similar situation and reusing information and knowledge of that situation [10]. CBR is able to utilize the specific knowledge of previously experienced, concrete problem situations, called 'cases'. In it, a new problem is solved by finding a similar past case, and reusing it in a new problem situation. CBR systems store past experiences as individual problem solving episodes [9]. CBR also refers to an approach to incremental, sustained learning. Since a new experience is retained each time a problem has been solved, CBR comes to be immediately available for future problems. CBR can either mean adapting old solutions to meet new demands, or using old cases to explain new situations, or reasoning from precedents to interpret new situation, or creating equitable solution to a new problem [9]. Kolodner [9] listed the advantages of CBR as the following:

- It allows the reasoner to propose solutions to a problem quickly.
- It allows the reasoner to propose solutions in domains that are not completely understood by the reasoner.
- It gives the reasoner a means for evaluating solutions when no algorithmic method is available for evaluation.
- Cases are useful in interpreting open-ended and ill-defined concepts.
- Remembering previous experience is useful to help learners to avoid repeating past mistakes.
- Cases help the reasoner to focus on its reasoning on important parts of a problem by pointing out what features of a problem are important ones.

For its benefits, features, and successful implementation in the systems found in the following works, CBR here becomes the chosen method in the analysis and planning processes:

- Montani & Anglano [16] used CBR in developing self-healing software system
- Cheetham [17] and Morgan [18] deployed CBR applications at GE Plastics and General Motors work places respectively
- Manufacturing [19]
- Engineering sales support [20]
- Wireless networks management [21]
- Project management [22]
- Fault diagnosis [23]

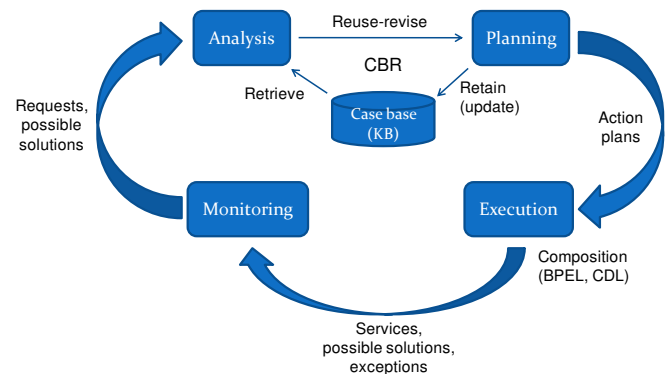


Fig. 2 Adaptation of autonomic cycle and CBR in the proposed autonomic SOA

2) *The analysis process*: the process is described as the following:

1. Once receiving a request of service, the system starts by first searching for that particular service profile (as represented by a case) in knowledge base / case base. If that particular service profile is available, then it is retrieved for action planning.
2. If there is no service profile of that particular service in the knowledge base, then cases that are having similar properties / features would be retrieved. Various metrics can be used to calculate the similarity distance. For example, the work by [16] used heterogeneous Euclidian-overlap metric (HEOM) [24]. The distance calculation returns a value which is typically in the range of 0..1 with 0 value means zero distance, i.e. $x = y$.
3. The similar cases found shall be used for action planning (by revising them). The new case afterward will be used for action planning and then added to the knowledge base.
4. If there are no similar previous cases, the monitoring module will search for the composite service in service registry (or search for atomic services that could be composed into the requested service). For scalability, the system should also be able to search in other service registries (e.g. online service registry

on the internet or other service ecosystems) if the local service registry does not have the services needed. The new service profile will then be used for action planning and added (retained) to the knowledge base.

5. The autonomic manager will also suggest other services to the users which are related to the requested services (e.g. other services that are also typically used) based on the previous cases in the knowledge base.

The mechanisms of the CBR in the autonomic SOA are described in the following algorithm:

- Overall CBR mechanism:
The system will retrieve every record from Knowledge Base (KB) by firstly trying to find exact match of the current case in those records. If an exact match is found, the solution then is forwarded to the next phase, yet if not, the system will select cases that are similar with the current case. The solutions of those selected cases (list of possible solutions) are forwarded to the next phase. However, if there are no similar cases found, the system will search for the service at external / remote service registries.
- Retrieve mechanism:
Retrieving every record in KB (and put them in an array / list).
- Reuse mechanism:
Calculate the distance between every record and current case. Find an exact match by comparing every record with the current case (i.e. find the case with zero distances to the current case; because when the distance is 0, it means that it is an exact match). If it is found, then return that record's solution as the current solution.
- Revise mechanism:
If there is no case with 0 distances, select cases with distances below the distance threshold and save their solutions as a list of possible solution, and forward it to the next phase.
Eventually, solution that is accepted by users (i.e. used by many users, high usage numbers) will be retained, while other solutions with low usage numbers will be discarded from KB.
- Retain mechanism:
Record new or updated cases and service status.
At the end of the retain mechanism, there will be a status update process if there are new cases to be retained.

C. Planning

Autonomic manager will plan actions to provide the requested composite service. It plans the suitable actions for the requested service. If it is a composite service, then the action plans will include the following:

- The list of available atomic services needed to compose the required composite service
- Where and how to access the atomic service
- The sequence of accessing the atomic service

It will also update the knowledge base if new action plan is created (or revised from the previous ones) so that these plans can be readily available and prepared faster when the same composite service is re-requested in the future. After receiving the service information from analysis module, the planning module will either create an action plan to invoke the service solution or it will create several action plans of the previous similar cases. The action plan(s) will then be forwarded to execution module.

D. Executing

Autonomic manager will execute a plan to provide a requested service, and brokers will assist in interacting and negotiating with the service providers to obtain the required services, including translating messages from the formal messaging protocol of the sender to the formal messaging protocol of the receiver if necessary (in the case where sender and receiver are using different platforms). Upon receiving action plan, the execution module will execute it utilizing the brokers as necessary to interact with service providers.

If the requested service is an atomic service, then the service will be simply provided by the service provider. Meanwhile if it is a composite one, then the autonomic manager will execute the action plan and then provide the composite service, which is by composing the atomic services that can be based on Business Process Execution Language (BPEL) or Choreography Description Language (CDL).

VIII. FORMAL MODELS

By using Petri Nets which provides further insight on the behaviour of the autonomic SOA, especially in situations where actual system testing is not applicable, formal modelling and analysis of the proposed architecture are conducted.

A. Petri Nets based Validation Methodology

Petri Nets [25]-[26] based functional validation framework is used to analyze the SOA framework proposed in this research. This framework was introduced in [6] to validate service composition in SOA. Fig. 3 shows the functional validation methodology. Later on, the state transitions using Petri Nets modeling will be analyzed for enabling the process of validation on service's behavioral correctness and other properties.

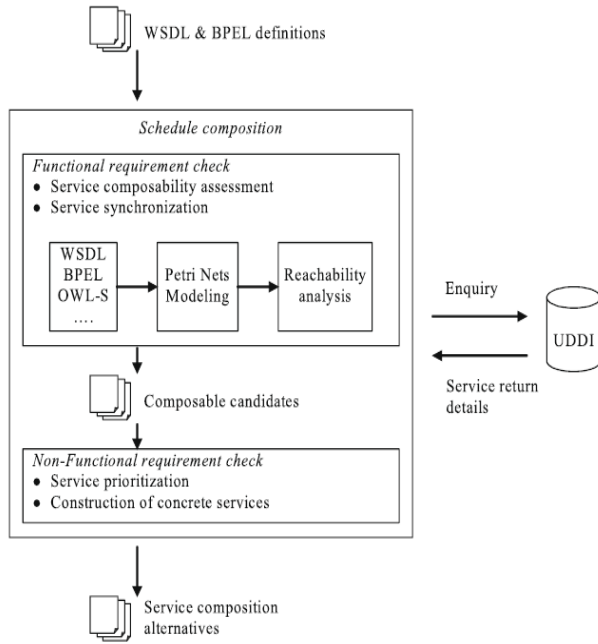


Fig. 3 Petri Nets based functional validation methodology [6]

Coloured Petri Nets (CPNs) [27] is a modelling language developed for systems in which communication, synchronization, and resource sharing play an important role. CPNs combine the strengths of ordinary Petri nets with the strengths of a high-level programming language. Petri nets provide the primitives for a process interaction, while the programming language provides the primitives for the definition of data types and the manipulations of data values.

CPN models can be made with or without explicit reference to time:

- Untimed CPN models are usually used to validate the functional/logical correctness of a system.
- Timed CPN models are used to evaluate the performance of the system.

CPNs also offer more formal verification methods, i.e. state space analysis (reachability, boundedness, home properties, liveness, and fairness) and invariant analysis.

B. Modelling Web Services

Details about web services are based on information from Web Service Description Language (WSDL) descriptions. Thus to model a web service it is necessary to provide the following WSDL data:

- the name of the web service
- contents of the XML message sent to the external web service (types and names of arguments)

- contents of the response XML message from the external web service (types and names of arguments)
- exceptions for the web service

To invoke a web service and to get a result, the XML messages are used, which contain names and values of input parameters or responses. Meanwhile, to model these XML messages in Petri Nets, appropriate colour sets have to be declared. Record type is used, for enabling mapping names and values as defined in a WSDL description of messages.

A web service composition involves three main interactions; namely invoking, sending, and receiving [28]. In the colored Petri nets those interactions are modeled as transitions, thus in this work those three subsets of transitions to represent those operations are derived and enhanced from [28] to cope with exceptional and no response messages and to support the CBR processes, which are:

T_{invokeWS} , T_{sendWS} , and $T_{\text{receiveWS}}$.

A transition t that represents an *invoke* operation can be defined as the following:

$$t \in T_{\text{invokeWS}} \text{ iff } (t \in T) \wedge (\text{size}(\text{In}(t)) = 1) \wedge (\text{size}(\text{Out}(t)) \geq 2) \wedge (\exists p \in \text{In}(t) : C(p) \rightarrow \text{inMsg}) \wedge (\exists p1 \in \text{Out}(t) : C(p1) \rightarrow \text{outMsg}) \wedge (\exists p2 \in \text{Out}(t) : C(p2) \rightarrow \text{Revise})$$

where:

- T is a set of all transitions in a net,
- In and Out are functions that map a node to its input and output nodes, respectively,
- size refers to a size of a set,
- C maps a place into its color set,
- $\rightarrow$ maps WS messages into record types,
- inMsg and outMsg represent accordingly all input and all output messages defined in a WS description for a web service.

The definition shows that a transition modelling an *invoke* operation has one input place with the colour set mapped from a WSDL input message, and at least two output places - one with the colour set mapped from a WSDL output message and another with the unit colour set (it represents “no response” type of output). The size of the set of output can be bigger than two as in WSDL description it is possible to have fault messages, each of which is modelled as an output place. Fig. 4 shows the Petri net model of the invoke operation.

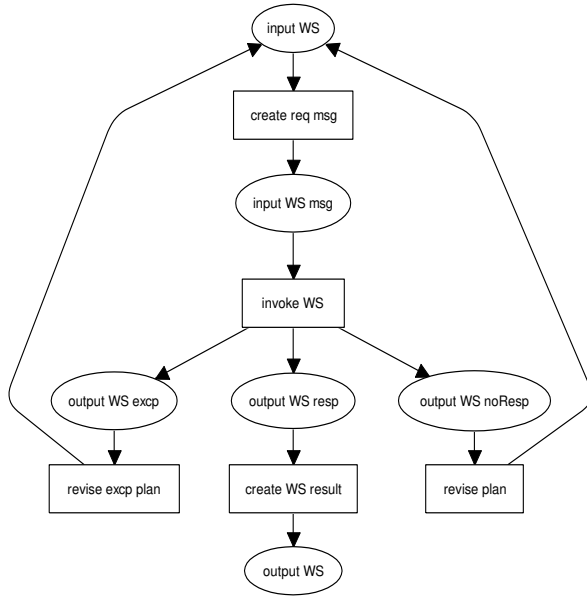


Fig. 4 Petri Net model of the invoke operation

A transition t that represents a *send* operation can be defined as the following:

$$t \in T_{sendWS} \text{ iff } (t \in T) \wedge (size(In(t)) = 1) \wedge (size(Out(t)) = 1) \wedge (\exists p \in In(t) : C(p) \rightarrow inMsg) \wedge (\exists p1 \in Out(t) : C(p1) \rightarrow reqMsg)$$

Different from *invoke* operation, in *send* operation there is no any different output type but only the request service message (*reqMsg*) colour set. Fig. 5 shows the Petri net model of the *send* operation.

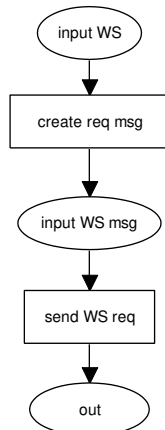


Fig. 5 Petri Net model of the send operation

A transition t that represents a *receive* operation can be defined as the following:

$$t \in T_{receiveWS} \text{ iff } (t \in T) \wedge (size(In(t)) = 1) \wedge (size(Out(t)) \geq 2) \wedge (\exists p \in In(t) : C(p) \rightarrow respMsg) \wedge (\exists p1 \in Out(t) : C(p1) \rightarrow outMsg) \wedge (\exists p2 \in Out(t) : C(p2) \rightarrow Revise)$$

The difference between this definition and the *invoke* operation is that for input there is the *respMsg* colour set. Thus, an input message is not modelled. Fig. 6 shows the Petri net model of the *receive* operation.

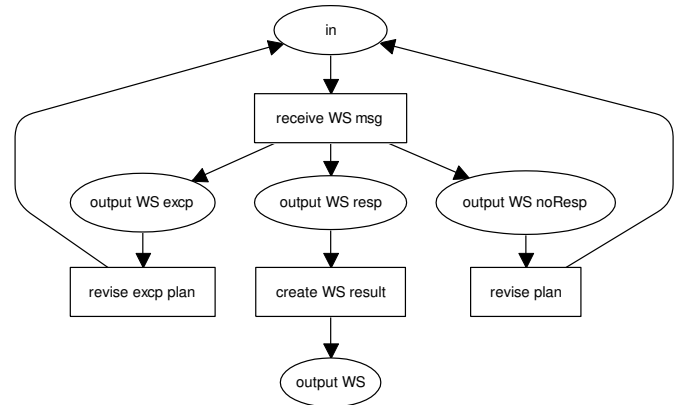


Fig. 6 Petri Net model of the receive operation

The set of all interactions for composite web service can be defined as the following:

$$T_{WS} = T_{invokeWS} \cup T_{sendWS} \cup T_{receiveWS}$$

One of the Petri Nets analysis methods are occurrence graphs which in this work are used to analyze composite web services to identifying how failures of required web services may influence the overall SOA execution. An occurrence graph is a graph with a node for each reachable marking (a distribution of tokens between places) and an arc for a transition and its binding (called binding elements). This graph is the basis for checking whether composite web service can be successfully executed even if one or more used web services do not respond or give out exceptional message, which is modelled as “no response” and “exceptional” type of output respectively, and in the colored Petri Nets as output place of an interaction with the unit color set. To perform such checking it is necessary to infer the reachability of a marking representing a success of composite web service composition from markings representing different outputs from external web services. This analysis was also extending the work by Zurowska & Deter [28].

The nodes and markings in an occurrence-equivalence graph (OE-graph), that represent exceptional or no response types of output for each used external web service, are identifiable in the research.

Then it is followed by checking the reachability of $M_{success}$ from all those states. If the success is reachable, it enables to execute composite web service even if there is an exception or no response; otherwise in case of a failure of a component, composite web service in conventional SOA framework could not be successfully executed. The additional revise node makes the proposed framework potentially able to reach $M_{success}$ even in the case where exceptional error message is received from the web service WS_n . The framework will revise the composition plan and it will invoke the next web service (WS_{n+1}) instead. Fig. 7 shows the occurrence graph with equivalence classes for web service composition, in which the successful marking is represented by node 9. Thus it can be concluded that even if the external web services is not responding or giving exceptional messages, the service composition is likely will still be successful.

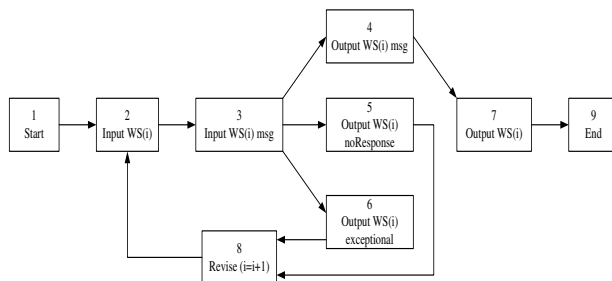


Fig. 7 Occurrence graph of web service composition in autonomic SOA

IX. SIMULATION DEVELOPMENT

To simulate and test the framework proposed in this research, soapUI, a Java-based free and open source cross-platform testing solution for SOA, is used. Equipped with a graphical interface, and enterprise-class features, soapUI allows users to create and execute automated functional, regression, compliance, and load tests. In a single test environment, soapUI provides complete test coverage and supports all standard protocols and technologies, including SOAP and REST-based Web services, JMS enterprise messaging layers, databases, and Rich Internet Applications.

A. Currency Conversion Services

A test environment whose goal is to show the ability of the proposed framework to cope with unavailable services was developed by using the following WSDL files available in the internet:

1. Currency Convertor web service [29]
2. Currency Service web service [30]

This case study will show the ability of the autonomic SOA framework to cope with erroneous or unavailable atomic services. These currency converter services were selected as they are freely available on the

internet, and they provide the equal atomic service, i.e. providing conversion rate for a given two currencies.

It is then followed by creating the mock services of those services. Mock services can be used to create a proof of concept, either as a wire frame or as a demo for the proposed framework. This is a powerful means and provides a good ground for decision-making of the framework.

The simulation program was executed several times for the following conversion:

- US Dollar (USD) to Malaysia Ringgit (MYR)
- Euro (EUR) to Malaysia Ringgit (MYR)
- Malaysia Ringgit (MYR) to Indonesia Rupiah (IDR)

The web service providers were simulated to be down (unavailable) alternatingly. Table 1 shows the currency converter simulation results.

TABLE II
CURRENCY CONVERSION SIMULATION RESULTS

Conversion	Currency Convertor	Currency Service	Conversion Result Reachable?
USD to MYR	Output message	No response	Yes
USD to MYR	No response	Output message	Yes
EUR to MYR	Output message	No response	Yes
EUR to MYR	No response	Output message	Yes
MYR to IDR	Output message	No response	Yes
MYR to IDR	No response	Output message	Yes

The results showed that the proposed autonomic SOA framework was able to keep providing currency conversion rate service to the user every time. The autonomic SOA will seamlessly switch and access the *CurrencyConvertor* when *CurrencyService* was unavailable and vice versa, thus increasing the overall system robustness and reliability.

Without the autonomic feature activated, erroneous web service in the simulation, e.g. *CurrencyConvertor* service, will produce the socket time out exception message after the system tried for some times to connect to the web service. The simulation stopped and user must create new request to try to re-connect or try other service provider. However, with the autonomic feature activated, when the *CurrencyConvertor* web service was unavailable, the system was still able to provide the currency conversion rate by seamlessly switch to the other service provider, i.e. *CurrencyService*.

B. Travel Scheduling / Vacation Planner

To compare the research as peer-to-peer, the following works that also used Petri Nets modeling are chosen and presented. This case study will show the ability of the proposed autonomic SOA framework to cope with unavailable services in service composition.

1) *Travel scheduling*: Yoo et al. [6] used travel scheduling as a case study. The conditions of their work are the following:

The validation conditions:

- Visit = *AirlineBooking* & *HotelReservation* & *CarRental*
- Initial input = *TravelInfo*
- Final output = *TravelSchedule*
- Final status = Success (Accept) | Failure (Reject)

Their results stated that “the service composition is complete and logically correct if no exception / error occurs from the (initiating) user to the (terminating) user” [6]. In this aspect, the autonomic SOA framework in this research is better for being able to cope for non responsive atomic services, exceptions and errors messages happened in service composition as shown in the formal models and analysis in the previous section.

If any error or exception is raised in service composition, it will be captured by the monitoring module and the CBR process will analyze the error and plan action to overcome the error accordingly. The action plan may include usage of other service provider (in case of web service provide error or unavailability) or usage of other channel of communication (in case of network problem).

2) *Vacation planner*: Zurowska and Deter [28] used vacation planner as a case study in their work. Their result showed that their framework was able to void interactions with optional components (web services) that are not working. However, in the case when the faulty web service is compulsory to successfully execute composite web service (like *FindFlight* in their example), the system was unable to overcome it. This is shown in their reachability analysis in Table 2.

TABLE III
REACHABILITY ANALYSIS FOR THE VACATION PLANNER
[28]

"From" marking	"To" marking	Reachable
Output_FindAttractions_No + Output_FindFlight_Msg	End	Yes
Output_FindAttractions_Msg + Output_FindFlight_No	End	No

In their case study, the *FindFlight* web service is a compulsory service and the *FindAttractions* web service is an optional one. If there is a valid output message from the *FindFlight* web service and no valid output from the *FindAttractions* web service, the end state is

still reachable. However if there is no valid output from the *FindFlight*, even if there is a valid output from *FindAttractions*, the end state will be unreachable.

This case study was simulated using the WSDL descriptions given by [28] in soapUI environment. Table 3 shows simulation results of the vacation planner in the proposed autonomic SOA.

TABLE IV
VACATION PLANNER SIMULATION RESULTS

<i>FindAttractions</i>	<i>FindFlight</i>	Vacation Booking Result Reachable?
No response	Output message	Yes
Output message	No response	Yes

From this aspect, the proposed autonomic SOA framework of this research is also better compared to the conventional SOA framework analyzed by [28], because it is still able to reach success end state ($M_{success}$) even if there is no valid output from *FindFlight* (no response or exceptional message) as shown in the simulation results and also described in the formal analysis in section 3. This is true due to the ability of the framework to revise its action plan and look for other services similar to what *FindFlight* provides, either within the service ecosystem or searching at other service ecosystems.

X. CONCLUSIONS

The Petri Net analysis showed that in the proposed autonomic SOA framework, web service composition will still be successful even if the atomic web services are not responding or giving error messages. The revise process makes the proposed framework potentially able to reach successful end marking even in the case where exceptional error message is received from web service provider. The framework will revise the composition plan and it will invoke the next service provider instead.

The simulation results showed the ability of the proposed framework to work around unavailable services and seamlessly provide user with the same type of service from different service providers. Therefore the framework will improve the success rate of providing not only atomic service, but also composite service since it improves the availability and reliability of the atomic services. If all the required atomic services to compose a composite service are obtainable, then the service composition will be successful since the service composition process itself executed internally within the business process layer of the framework. Thus it can be concluded that the proposed framework will also improve the success rate of providing a composite

service by ensuring the availability and reliability of its atomic services.

The proposed autonomic SOA framework is yet to be implemented in real world system applications. In this research, the proposed framework has been modeled and simulated. Yet to comparing it with other SOA implementation equally, it needs to be implemented in real applications. Future works could focus on implementing the proposed framework in a specific application domain, then analyzing and benchmarking it with other SOA implementations.

The presented research analysis on the proposed framework also has not included a thorough quantitative evaluation and analysis to measure the quantitative improvements over conventional SOA framework, especially in term of Quality of Services (QoS) and its usage in Service Level Agreement (SLA). Further quantitative study is needed after the proposed framework has been fully implemented.

REFERENCES

- [11] A. Montresor, H. Meling, and O. Babaoglu, "Toward self-organizing, self-repairing, and resilient large-scale distributed systems," Technical Report UBLCS-2002-10, Sep. 2002.
- [12] A. Lazovik and F. Arbab, "Using Reo for service coordination," in *Proc. of ICSOS 2007*, LNCS 4749, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007, pp. 398-403.
- [13] M. Bell, *Service-Oriented Modeling: Service Analysis, Design, and Architecture*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008.
- [14] M. Rosen, B. Lublinsky, K. T. Smith, and M. J. Balcer, *Applied SOA: Service-Oriented Architecture and Design Strategies*, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana, USA, 2008.
- [15] D. Schneider, C. Bunse, and K. Schmid, "Towards Adaptive Service Engineering", in *Proc. of the International Workshop on the Foundations of Service-Oriented Architecture*, Special Report CMU/SEI-2008-SR-011, June 2008.
- [16] T. Yoo, B. Jeong, and H. Cho, "A Petri Nets based functional validation for services composition," *Expert Systems with Applications* 37 (2010), pp. 3768-3776, Elsevier, 2009.
- [17] *Autonomic computing: IBM's perspective on the state of information technology*, IBM, USA, October 2001.
- [18] J. O Kephart and D. M. Chess, "The vision of autonomic computing," in *Computer*, vol. 36, No. 1, IEEE Computer Society, pp. 41-50, Jan. 2003.
- [19] J. L. Kolodner, "An Introduction to Case-Based Reasoning", *Artificial Intelligence Review*, vol. 6, pp. 3-34, 1992.
- [20] A. Aamodt and E. Plaza, "Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches," in *AI Communications*, 7:39-59, 1994.
- [21] M.A.C. Bhakti, A.B. Abdullah, and L.T. Jung, "Autonomic, Self-Organizing Service Oriented Architecture in Service Ecosystem," in *Proc. of International Conference on Digital Ecosystems and Technologies (IEEE DEST 2010)*, Dubai, United Arab Emirates, 12-15 April 2010.
- [22] M.A.C. Bhakti, A.B. Abdullah, "Towards an Autonomic Service Oriented Architecture in Computational Engineering Framework," in *Proc. of the 10th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA 2010)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 10-13 May 2010.
- [23] M.A.C. Bhakti, A.B. Abdullah, "Design of an Autonomic Service Oriented Architecture," in *Proc. of the 4th International Symposium on Information Technology (ITSim 2010)*, volume 2, pp. 805-810, Kuala Lumpur, Malaysia, 15-17 June 2010.
- [24] M.A.C. Bhakti, A.B. Abdullah, "Autonomic Computing Approach in Service Oriented Architecture," in *Proc. of IEEE Symposium on Computers and Informatics (ISCI 2011)*, pp. 231-236, Kuala Lumpur, Malaysia, 20-22 March 2011.
- [25] H. Arora, T. S. Raghu, A. Vinze, and P. Brittenham, "Collaborative Self-Configuration and Learning in Autonomic Computing Systems: Applications to Supply Chain," in *Proc. IEEE International Conference on Autonomic Computing*, June 2006.
- [26] S. Montani and C. Anglano, "Achieving self-healing in service delivery software systems by means of case-based reasoning," *Journal of Applied Intelligence*, vol. 28, No. 2, Springer Netherland, Apr. 2008, pp. 139-152.
- [27] W. Cheetham, "Tenth Anniversary of the Plastics Color Formulation Tool", in *Proc. of the 16th Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference*, Published by The AAAI Press, California, July 2004.
- [28] A. P. Morgan, J. A. Cafeo, K. Godden, R. M. Lesperance, A. M. Simon, D. L. McGuinness, and J. L. Benedict, "The General Motors Variation-Reduction Adviser: Deployment Issues for an AI Application", in *Proc. of the 16th Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference*, AAAI Press, California, July 2004.
- [29] D. Hinkle and C. Toomey, "Applying Case-Based Reasoning to Manufacturing", *AI Magazine* 16(1), pp. 65-73, Spring, 1995.
- [30] I. Watson and D. Gardingen, "A Distributed Case-Based Reasoning Application for Engineering Sales Support", in *Proc. of the 16th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-*

- 99), Vol. 1, pp. 600-605, Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- [31] M. Barbera, C. Barbero, P. D. Zovo, F. Farinaccio, E. Gkroustiotis, S. Kyriazakos, I. Mura, and G. Previti, "An Application of Case-Based Reasoning to the Adaptive Management of Wireless Networks", in *Proc. of the 6th European Conference on Case-Based Reasoning (ECCBR), Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) 2416*, pp. 490–504, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002.
 - [32] K. Xu and H. Muñoz-Avila, "CaBMA: Case-Based Project Management Assistant", in *Proc. of the 16th Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference*, Published by The AAAI Press, California, July 2004.
 - [33] B.-S. Yang, S. K. Jeong, Y.-M. Oh, and A. C. C. Tan, "Case-based reasoning system with Petri nets for induction motor fault diagnosis", *Expert Systems with Applications* 27, pp. 301–311, Elsevier Ltd., 2004.
 - [34] D.R. Wilson and T.R. Martinez, "Improved Heterogeneous Distance Functions", *J. Artificial Intelligence Research*, 6, pp. 1—34, 1997.
 - [35] C. A. Petri, "Communication with Automata," New York: Griffiss Air Force Base. Tech. Rep. RADC-TR-65-377, vol. 1, suppl. 1, 1966.
 - [36] T. Murata, "Petri Nets: Properties, Analysis, and Applications," in *Proc. of the IEEE*, vol. 77, no. 4, April 1989.
 - [37] K. Jensen, "Coloured Petri Nets. Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use", Volume 1, Basic Concepts, Monographs in Theoretical Computer Science, Springer-Verlag, 1997.
 - [38] K. Zurowska and R. Deters, "Overcoming failures in composite web services by analysing colored petri nets," in CPN'07 - Workshop and Tutorial on Practical Use of Coloured Petri Nets and CPN Tools, Denmark, 2007.
 - [39] Currency Convertor web service. [Online]. Available: <http://www.webservicex.net/CurrencyConvertor.asmx?wsdl>
 - [40] Currency Service web service. [Online]. Available: <http://www.restfulwebservices.net/wcf/CurrencyService.svc?wsdl>

Perancangan Sistem Komunikasi Multi-Robot Menggunakan XBee

Andi Adriansyah

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650, Indonesia, Tlp/Fax : 06221-5871335*

andi@mercubuana.ac.id

Abstract -- In this decade the study of multi-robot systems have been popular because it is able to reduce processing time, cost and complexity of the system. However, multi-robot system has a major problem is the reliability of communication between robots. Several methods are available to solve the existing problem. One is through the use of ZigBee-based communication media. This paper discusses the implementation of in simple multi-robot system. Some experiments were performed to determine the reliability and effectiveness of communication in some movement of the robot and its ability to keep a certain formation. Based on experiments conducted can be said that the inter-robot communication is effective and well run.

Keywords: Multi-robot system, Multi-robot Communication, ZigBee

Abstrak – Pada dekade ini kajian sistem multi-robot telah populer karena mampu mereduksi waktu proses, biaya dan kompleksitas sistem. Namun, sistem multi-robot memiliki masalah utama yaitu kehandalan komunikasi antar robot. Beberapa metode telah ditawarkan untuk menyelesaikan problem yang ada. Salah satunya adalah melalui pemanfaatan media komunikasi berbasis ZigBee. Tulisan ini membahas pengimplementasian ZigBee dalam sistem multi-robot sederhana. Beberapa percobaan dilakukan untuk mengetahui kehandalan dan efektifitas komunikasi dalam beberapa pergerakan robot dan kemampuannya menjaga formasi tertentu. Dari percobaan yang dilakukan dapat dikatakan bahwa komunikasi antar robot berjalan cukup efektif dan baik.

Kata kunci: Sistem Multi-robot, Komunikasi Multi-robot, ZigBee

I. PENDAHULUAN

Teknologi dan aplikasi robot terus berkembang secara cepat, baik dari sisi kehandalan, jangkauan kemampuan dan bidang aplikasinya. Di dalam teknologi robot, tergabung beberapa tema-tema penelitian yang juga berkembang, seperti teknologi sensor, teknologi motor, teknologi suplai daya, teknologi telekomunikasi, teknologi pengendalian dan teknologi kecerdasan buatan. Perkembangan masing-masing teknologi tersebut saling menyempurnakan untuk mendukung kemajuan teknologi robot. Oleh karena itu, penyelidikan di bidang teknologi robot menjadi topik yang memiliki

daya tarik yang cukup kuat bagi para peneliti [1].

Pada dekade ini, telah terjadi pergeseran yang signifikan pada bidang fokus penyelidikan tentang robot. Para peneliti mulai mengarahkan arah penelitiannya, dari investigasi sistem robot tunggal kepada koordinasi sistem multi-robot. Sistem multi-robot adalah suatu sistem dari suatu entitas robot yang bekerja bersama untuk menyelesaikan tugas tertentu. Sebagai sebuah topik penelitian, kajian sistem multi-robot telah meningkat popularitasnya selama tahun-tahun belakangan ini. Menurut data dari Web of Science, selama tahun 2006 saja terdapat hampir 1000 publikasi mengenai multi-robot. Beberapa bidang yang termasuk dalam kajian sistem multi-robot, antara lain adalah: *distributed intelligence*, *distributed artificial intelligence*, *multi-agent sistem* dan *multi-robot system* [2].

Terdapat beberapa keuntungan potensial dari pengaplikasian sistem multi-robot. Secara umum, pengaplikasian sistem multi-robot dibanding sistem robot tunggal adalah menghasilkan sistem yang lebih baik dalam rangka menyelesaikan permasalahan sistem. Jika sebuah sistem diselesaikan dengan cara membaginya dalam beberapa subsistem secara parallel, maka penggunaan sistem multi-robot akan menghasilkan sistem yang dapat mengurangi waktu penyelesaian secara keseluruhan. Selain itu, sistem multi-robot menawarkan kemungkinan untuk meningkatkan keandalan sistem. Sistem multi-robot dapat menggantikan peran robot yang mengalami kegagalan fungsi. Hal ini tidak dimungkinkan pada sistem robot tunggal. Keuntungan lainnya, untuk menyelesaikan sistem yang ada menggunakan sistem robot tunggal membutuhkan pembiayaan yang besar dan sistem yang kompleks. Dengan sistem multi-robot, sistem yang ada dapat dikerjakan secara bersama dengan menggunakan robot yang murah dan sederhana [3].

Dalam sistem multi-robot terdapat tujuh topik riset utama yang menjadi bahan kajian para peneliti, yaitu: model inspirasi biologis, sistem komunikasi, sistem arsitektur, mekanisme lokalisasi, manipulasi/transportasi objek, koordinasi pergerakan dan rekonfigurasi robot [4], [5].

Sistem komunikasi multi-robot (*multi-robot*

communication) termasuk topik riset yang cukup berkembang dan menantang. Hal ini disebabkan karena problem besar sistem multi-robot adalah keperluannya terhadap komunikasi yang andal untuk mengkoordinasikan seluruh robot. Penambahan jumlah robot akan makin meningkatkan kompleksitas komunikasi yang ada [2].

Oleh karena itu, tulisan ini berupaya untuk membahas perancangan sistem komunikasi multi-robot demi mengatasi masalah yang disebutkan di atas. Perancangan sistem komunikasi diupayakan sesederhana mungkin dibandingkan dengan yang telah ada. Fokus perancangan ditujukan kepada kemampuan robot untuk bermanuver dengan pergerakan dan formasi tertentu. Pada tulisan ini, media transmisi yang digunakan antar robot adalah sistem nir kabel dengan frekuensi radio (Radio Frequency, RF) menggunakan Xbee Beberapa eksperimen dilakukan untuk menguji efektifitas komunikasi dalam manuver dan pergerakan seluruh robot.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Komunikasi Multi-robot

Komunikasi multi-robot adalah teknologi yang memiliki kemampuan untuk memberikan jalur komunikasi terhadap dua atau lebih robot [6]. Dengan menggunakan teknologi wireless yang ada maka dapat dirancang semacam 'bahasa' antara robot untuk membentuk sebuah sistem multi-robot. Kemudian, sistem robot yang telah memiliki jalur komunikasi ini dapat saling bertukar informasi, seperti data pengukuran, lokasi atau posisi masing-masing robot, data lingkungan atau perintah pergerakan. Dengan demikian, komunikasi multi-robot dapat menjadi solusi untuk menyelesaikan permasalahan sistem multi-robot yang lebih luas dan kompleks.

Komunikasi multi-robot biasa diklasifikasikan dalam beberapa kategori, yaitu: komunikasi implisit, komunikasi eksplisit, komunikasi keadaan dan komunikasi tujuan [2]. Pembahasan mengenai jenis-jenis komunikasi tersebut adalah sebagai berikut.

1. Komunikasi Implisit

Komunikasi implisit adalah sistem komunikasi melalui perubahan di lingkungan. Robot dapat meninggalkan bekas dan jejak yang dapat menyampaikan informasi kepada robot lainnya yang akan mengenali perubahan lingkungan. Tindakan tersebut dapat dibandingkan dengan perbuatan manusia seperti menuliskan tanda anak panah di jalan atau semut meninggalkan jejak aroma tertentu di permukaan yang dilewatinya.

2. Komunikasi Eksplisit

Jenis komunikasi ini terbentuk dalam sistem

pengiriman dan penerimaan data melalui jenis protokol atau bahasa sebagai media. Komunikasi eksplisit harus terjadi secara real pada setiap robot. Sebuah perangkat komunikasi diperlukan untuk komunikasi seperti untuk melayani sebagai media, misalnya untuk radio atau wireless Ethernet.

3. Komunikasi Keadaan

Dalam komunikasi keadaan, robot harus dapat mengamati perilaku robot lainnya. Komunikasi dapat diterapkan dalam bentuk beberapa robot bergerak berdasarkan keberadaan cahaya. Untuk dapat menerapkan komunikasi ini robot harus mampu mengenali dan mengerti pergerakan robot lainnya.

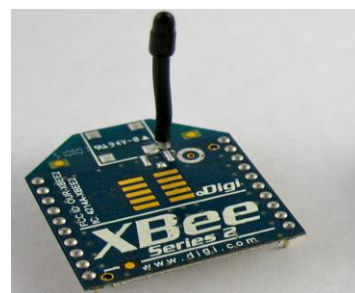
4. Komunikasi Tujuan

Jenis komunikasi melibatkan transmisi dan penerimaan informasi yang berorientasi pada tujuan tertentu. Pelaksanaan pada mobile robot membutuhkan data yang akan dikodekan, dikirim, diterima dan diterjemahkan. Komunikasi tujuan berbeda dari komunikasi negara dalam bahwa pengirim sengaja mengirim atau menyiarkan informasi. Sebuah contoh alam dari jenis komunikasi ditemukan dalam perilaku lebah madu.

B. ZigBee dan Xbee

Zigbee adalah sebuah spesifikasi protokol komunikasi radio digital berdaya rendah berdasarkan standar IEEE 802.15.4 tahun 2003 [7]. Sedangkan Xbee adalah *brand* yang mensupport dari berbagai protokol komunikasi termasuk ZigBee 802.15.4 dan WiFi.

Secara umum, standar protokol ZigBee sama dengan standar Bluetooth. Manufaktur device standar ZigBee suatu pabrik sepenuhnya mendukung dan bersesuaian dengan ZigBee device buatan pabrik lainnya. Gambar Xbee module ditunjukkan pada Gambar 1.



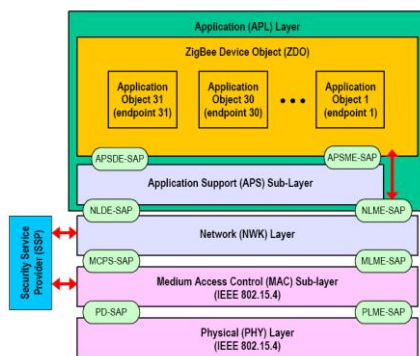
Gbr 1. ZigBee Modul

ZigBee banyak digunakan dipasaran karena ZigBee mempunyai banyak keunggulan yaitu :

- Jangkauan 1 meter - 100 meter.
- ISM (Industrial, Scientific & Medical) radio bands : 2.4 GHz, 868 MHz dan 915 MHz

- c. Konsumsi daya rendah
- d. CSMA-CA channel access.
- e. Jaringan besar (65.000 node).
- f. Sangat aman (AES enkripsi).
- g. Jaringan topologi star, mesh dan saling mendukung berbagai aplikasi
- h. Interoperabilitas di seluruh dunia dengan produk-produk lainnya
- i. Co-eksistensi dengan media nirkabel lainnya (misalnya, WLAN, Bluetooth, selular)

Keunggulan dari ZigBee tersebut membuat teknologi ZigBee banyak diaplikasikan di berbagai kebutuhan masyarakat antara lain sebagai remote control, pemantau jarak jauh, pengirim data dan wireless sensor. Gambar 2 memperlihatkan arsitektur jaringan yang terdapat dalam ZigBee [7].



Gbr 2. Arsitektur Jaringan ZigBee

C. Penelitian Sejenis

Sistem komunikasi memainkan peranan yang amat penting dalam implementasi sistem multi-robot. Oleh karena itu, sistem komunikasi yang efisien dan handal menjadi sebuah harapan yang ingin dicapai dalam seluruh riset mengenai komunikasi multi-robot ini. Berbagai media komunikasi telah diupayakan oleh para peneliti untuk mendapatkan sistem yang ideal tersebut.

Pada tahapan awal, Radio Frekuensi (RF) menjadi media komunikasi yang banyak digunakan [8], [9]. Kemudian, setelah dikenalnya media *Wireless Fidelity* (WiFi), maka media ini juga menjadi alternative. Gill Pinto dan kawan-kawan [10] mencoba untuk mengembangkan media WiFi, bukan sekedar sebagai media komunikasi multi-robot, bahkan juga menjadi alat pengukur posisi antara robot dengan mengkalulasi kekuatan sinyalnya. Selanjutnya, pengembangan WiFi menjadi bahan riset peneliti selanjutnya, seperti WLAN [11] dan TCP/IP [12], [13], yang mengimplementasikannya pada sistem multi-robot rekaanya. Menurutnya, Xiao-Lin [11] sistem WLAN memiliki performansi yang relative baik, murah dan praktis penggunaannya.

Pengembangan lainnya adalah penggunaan RFID sebagai media komunikasi multi-robot yang dipelopori oleh Kang [14]. Namun, karena RFID memiliki keterbatasan jarak untuk dapat berkomunikasi, maka belum banyak dikembangkan.

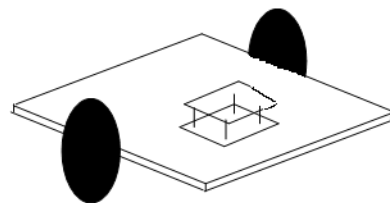
Terakhir, yang mulai populer dijadikan sebagai media komunikasi multi-robot adalah ZigBee [15]. Sejak dikenalkannya, penggunaan ZigBee dengan salah satu brandnya, yaitu XBee, pengkajian media ini mulai berkembang. Tulisan ini mencoba mengimplementasikan XBee dalam sistem multi-robot sederhana.

III. PERANCANGAN

Terdapat beberapa tahap perancangan yang dilakukan, yaitu: perancangan robot, perancangan pergerakan robot dan perancangan komunikasi multi-robot. Tiga buah robot sederhana dan sejenis dirancang berbentuk persegi pipih terbuat dari bahan multipleks. Robot memiliki dimensi sebagai berikut:

- Sisi = 20 cm
- Tinggi = 12 cm (tanpa roda)
- Tinggi = 16 cm (dengan roda)

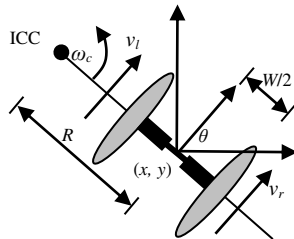
Pada masing-masing robot dirancang terdapat sebuah sistem minimum mikrokontroler sebagai pengendali, sebuah penggerak motor (*motor driver*), sepasang motor dengan rodanya dan seperangkat sistem komunikasi. Sistem minimum yang digunakan adalah Arduino Duemilanove yang berbasis mikrokontroler ATmega 328. Sementara penggerak motor yang dipakai berbasis IC L293D yang mampu mengendalikan arah dan kecepatan dua buah motor sekaligus. Motor yang dikendalikan adalah motor DC yang memiliki sistem gear sederhana. Bentuk robot yang dirancang diilustrasikan pada Gambar 3.



Gbr 3. Bentuk Robot yang akan dirancang

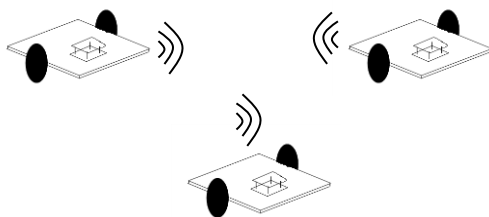
Robot-robot tersebut digerakkan menggunakan dua buah motor DC yang diletakan di sisi kiri dan kanan robot untuk dapat melakukan berbagai gerakan tertentu. Pergerakan robot menggunakan prinsip *differential drive motor* [16], [17]. Prinsip ini mengkombinasikan perbedaan kecepatan antara motor roda kanan dengan motor roda kiri, sehingga didapatkan pergerakan robot yang melingkar dengan jarak dan sudut tertentu dari titik pusatnya. Kemampuan ini membuat robot dapat

dapat bergerak dengan arah yang berbeda-beda. Gambar 4 memperlihatkan prinsip pergerakan ini, dimana v_l dan v_r adalah kecepatan translasi motor kiri dan kanan, ω_c adalah kecepatan rotasi motor keseluruhan, W adalah jarak antara roda, R adalah jari-jari lingkaran dan ICC adalah titik pusat gerakan melingkarnya



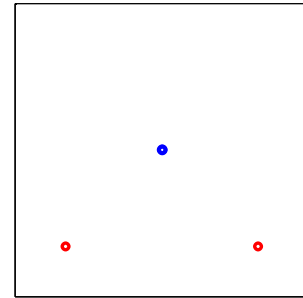
Gbr 4. Prinsip Pergerakan *differential drive motor*

Kemudian, sistem komunikasi antara robot dirancang berdasarkan sistem komunikasi implisit. Pada sistem ini digunakan media tanpa kabel (*wireless*). Setiap robot difasilitasi dengan sebuah Xbee yang berperan sebagai Pemancar dan Penerima, sehingga dapat terjadi komunikasi antar seluruh robot. Model komunikasi berupa sistem pemancar (*Transmitter*, Tx) dan sistem penerima (*Receiver*, Rx) diletakan pada setiap robot. Dengan demikian, setiap robot dapat saling berkomunikasi dengan mekanisme *full duplex*. Ilustrasi mekanisme komunikasi multi-robot diperlihatkan pada Gambar 5.



Gbr 5. Sistem Komunikasi Multi-robot

Secara umum direncanakan robot diatur dalam sistem pengendalian khusus. Sistem pengendalian yang digunakan adalah sistem *leader - follower*, dimana sebuah robot akan menjadi *leader* dan beberapa robot lainnya akan berperan sebagai *follower* [18], [19]. Robot *follower* akan menempati posisi tertentu relatif terhadap robot *leader*. Robot leader akan memberikan perintah pergerakan sesuai dengan pergerakan dirinya ke semua robot follower. Dalam tulisan ini robot diformasikan dalam bentuk segitiga, dimana sebuah robot leader di depan dan dua buah robot follower di sebelah kiri dan kanan robot leader. Formulasi ini ditampilkan pada Gambar 6.

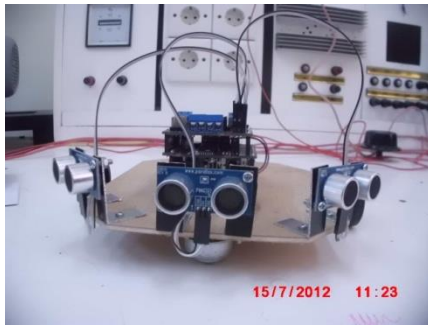


Gbr 6. Robot-Majemuk dalam Formasi V

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perancangan yang telah disampaikan pada bagian sebelumnya, maka telah dirancang tiga buah robot sederhana yang sejenis sebagai suatu sistem multi-robot. Ketiga robot tersebut diklasifikasikan sebagai berikut: terdapat sebuah robot sebagai leader dan dua buah robot sebagai follower. Untuk membedakannya, robot leader memiliki tiga buah sensor ultrasonik yang memiliki kemampuan mengukur jarak dengan benda di hadapannya.

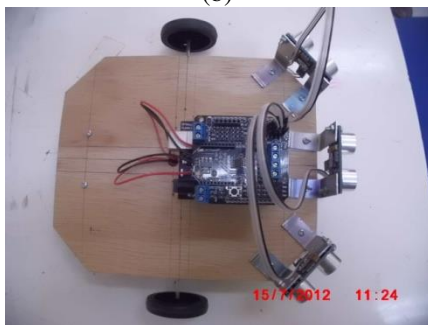
Setiap robot memiliki bentuk dan dimensi yang sama, yaitu berbentuk persegi berukuran 20 X 20 cm dengan masing-masing sudutnya telah dirapihkan. Sebuah sistem minimum mikrokontroler sebagai pengendali sistem secara keseluruhan ditempatkan pada masing-masing robot. Disamping itu, sebuah penggerak motor (*motor driver*), sepasang motor dengan rodanya dan seperangkat sistem komunikasi diletakan pada sebagai sistem pelengkap untuk bekerjanya robot dengan baik. Sistem minimum yang digunakan adalah Arduino Duemilanove yang berdasarkan mikrokontroler ATmega 328. Sementara penggerak motor yang dipakai berdasarkan IC L293D yang mampu mengendalikan arah dan kecepatan dua buah motor sekaligus. Motor yang dikendalikan adalah motor DC yang memiliki sistem gear sederhana. Terakhir, sistem komunikasi yang diaplikasikan berbasis sistem telekomunikasi ZigBee dengan merek Xbee yang memiliki kemampuan mengirimkan dan menerima data secara duplex. Gambar 7 memperlihatkan robot hasil perancangan untuk menjadi sebuah sistem multi-robot.



(a)



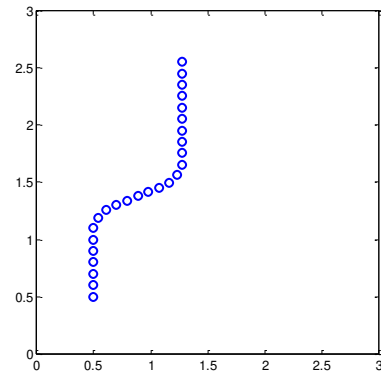
(b)



(c)

Gambar 7. Robot hasil perancangan: (a) Tampak Depan, (b) Tampak Samping dan (c) Tampak Atas

Kemudian, masing-masing robot diuji kemampuannya untuk bermanuver dalam ruangan. Beberapa pergerakan telah diujicoba. Gambar 8 memperlihatkan kemampuan robot tunggal bermanuver dalam beberapa jenis pergerakan, yaitu pergerakan maju, berbelok ke kanan, berbelok ke kiri dan maju kembali.



Gbr 8. Pergerakan robot tunggal dengan kombinasi pergerakan

Berdasarkan pergerakan robot tunggal yang ditampilkan pada Gambar 8, dapat dikatakan bahwa pergerakan robot tunggal tersebut sudah baik, karena mampu bergerak dengan pergerakan maju, belok kanan dan belok kiri dengan sempurna.

Kemudian, untuk menguji kemampuan komunikasi dalam sistem multi-robot, ketiga robot disusun dalam formasi segitiga. Dalam formasi segitiga itu, sebuah robot dijadikan sebagai robot leader dan dua robot lainnya sebagai robot follower. Robot leader bergerak dengan pergerakan yang telah diprogram terlebih dahulu, sementara robot follower tidak diberikan program pergerakan. Robot follower bergerak sesuai dengan pergerakan yang diperintahkan oleh robot leader. Posisi robot leader dan robot follower diperlihatkan pada Gambar 9.



(a)

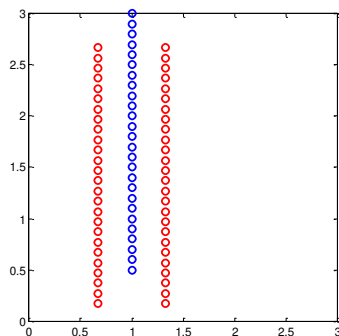


(b)

Gbr 9. Formasi Sistem Multi-robot: (a) Tampak Atas dan (b) Tampak Depan

Terdapat tiga pengujian sistem komunikasi pada multi-robot ini, yaitu: pergerakan lurus, pergerakan melingkar dan pergerakan kombinasi. Untuk mempermudah analisa, pergerakan dan data pergerakan ditampilkan dalam bentuk gambar dan tabel. Dalam gambar, robot leader diperlihatkan dengan warna biru, sedangkan robot follower ditampilkan dengan warna merah.

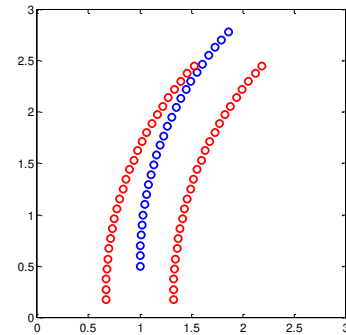
Hasil pergerakan multirobot dalam gerakan lurus diperlihatkan pada Gambar 10.



Gbr 10. Pergerakan Lurus pada Sistem Multi-robot

Pada Gambar 10 tampak bahwa multi-robot dapat bergerak dengan baik dengan formasi segitiga yang dapat dipertahankan. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi antara robot leader dengan dua buah robot follower telah berlangsung dengan efektif, dimana robot-robot bergerak dengan kecepatan yang sama sesuai dengan perintah yang dikirimkan oleh robot leader melalui Xbee.

Hasil pergerakan dan data pergerakan multirobot dalam gerakan berbelok ke kanan diperlihatkan pada Gambar 11 dan Tabel 1.



Gbr 11. Pergerakan Melingkar pada Sistem Multi-robot

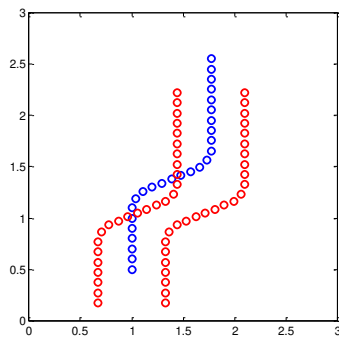
Pada Gambar 11 tampak bahwa robot bergerak dengan kecepatan dan arah yang sama, namun mengakibatkan terjadi perubahan formasi segitiga. Tabel 1 memperlihatkan bahwa terjadi perubahan posisi robot dari posisi formasi segitiga yang seharusnya. Hal ini terjadi karena robot leader melakukan gerakan berbelok ke kanan yang ternyata diikuti langsung oleh robot follower sehingga terjadi perubahan formasi yang berakumulasi.

TABEL 1
DATA PERGERAKAN MULTI-ROBOT GERAKAN
BERBELOK KE KANAN

Kecepatan		Jarak Deviasi Formasi			
Robot Leader		Robot Follower1		Robot Follower2	
Kanan (m/s)	Kiri (m/s)	dx (m)	dy (m)	dx (m)	dy (m)
0.12	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	0.08	0.01	-0.01	0.01	0.01
0.12	0.08	0.02	-0.02	0.02	0.02
0.12	0.08	0.03	-0.03	0.03	0.03
0.12	0.08	0.04	-0.04	0.04	0.04
0.12	0.08	0.05	-0.05	0.05	0.05
0.12	0.08	0.05	-0.06	0.06	0.05
0.12	0.08	0.06	-0.08	0.08	0.06
0.12	0.08	0.07	-0.09	0.09	0.07
0.12	0.08	0.08	-0.10	0.10	0.08
0.12	0.08	0.08	-0.11	0.11	0.08
0.12	0.08	0.09	-0.12	0.12	0.09
0.12	0.08	0.10	-0.14	0.14	0.10
0.12	0.08	0.10	-0.15	0.15	0.10
0.12	0.08	0.11	-0.16	0.16	0.11
0.12	0.08	0.11	-0.18	0.18	0.11
0.12	0.08	0.12	-0.19	0.19	0.12
0.12	0.08	0.12	-0.20	0.20	0.12
0.12	0.08	0.12	-0.22	0.22	0.12
0.12	0.08	0.13	-0.23	0.23	0.13
0.12	0.08	0.13	-0.24	0.24	0.13
0.12	0.08	0.13	-0.26	0.26	0.13
0.12	0.08	0.13	-0.27	0.27	0.13
0.12	0.08	0.13	-0.29	0.29	0.13
0.12	0.08	0.14	-0.30	0.30	0.14

0.12	0.08	0.14	-0.31	0.31	0.14
------	------	------	-------	------	------

Pengujian terakhir adalah pergerakan multi-robot yang bergerak secara kombinasional, dengan pergerakan maju, berbelok ke kanan, berbelok ke kiri dan maju kembali. Besar sudut gerakan berbelok dirancang simetris antara belok kanan dengan belok kiri. Hasil pengujian dan data pergerakan diperlihatkan pada Gambar 12 dan Tabel 3.



Gbr 12. Pergerakan Kombinasi pada Sistem Multi-robot

Berdasarkan Gambar 12 dapat dikatakan bahwa secara umum komunikasi antar robot bekerja dengan efektif. Robot follower bergerak dengan kecepatan yang sama dengan robot leader sesuai dengan perintah yang dikirimkan. Namun terjadi perubahan formasi segitiga yang unik. Pada saat gerakan lurus, formasi segitiga dapat dipertahankan dengan baik dan tidak terjadi deviasi posisi, seperti diperlihatkan pada Tabel 3 baris pertama hingga baris ke enam. Tapi, setelah terjadi gerakan belok kanan yang diikuti dengan gerakan berbelok ke kiri terjadi perubahan formasi. Karena pergerakan berbelok simetris maka, formasi dapat terbentuk kembali pada saat multi-robot bergerak lurus kembali.

TABEL 2
DATA PERGERAKAN MULTI-ROBOT GERAKAN
KOMBINASI

Kecepatan		Jarak Deviasi Formasi			
Robot Leader		Robot Follower1		Robot Follower2	
Kanan (m/s)	Kiri (m/s)	dx (m)	dy (m)	dx (m)	dy (m)
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	0.08	0.10	0.15	0.15	0.10
0.12	0.08	0.14	0.33	0.33	0.14
0.12	0.08	0.10	0.51	0.51	0.10

0.1	0.1	0.10	0.51	0.51	0.10
0.1	0.1	0.10	0.51	0.51	0.10
0.1	0.1	0.10	0.51	0.51	0.10
0.1	0.1	0.10	0.51	0.51	0.10
0.08	0.12	0.10	0.51	0.51	0.10
0.08	0.12	0.14	0.33	0.33	0.14
0.08	0.12	0.10	0.15	0.15	0.10
0.08	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00

V. PENUTUP

Tulisan ini telah membahas proses perancangan sebuah sistem komunikasi pada sistem multi-robot dengan media komunikasi berbasis Xbee. Tiga buah robot telah dirancang berbentuk persegi dengan sistem mikrokontroler, sistem penggerak motor dan sistem komunikasi sendiri-sendiri. Pergerakan robot tunggal telah diuji dengan hasil yang baik. Sistem multi-robot telah pula diujikan. Secara keseluruhan komunikasi perintah pergerakan dari robot leader ke masing-masing robot follower bekerja dengan baik. Hanya perlu difikirkan metoda lebih lanjut agar formasi sistem multi-robot dapat dipertahankan bagi pergerakan yang lebih kompleks.

REFERENSI

- [1] Nehmzow, U., "Mobile Robotics: Research, Applications and Challenges, Proceeding of Future Trends in Robotics", Institution of Mechanical Engineer, London, UK. 2001.
- [2] Parker, L. E., "Distributed Intelligence: Overview of the Field and its Application in Multi-Robot Systems", 2007 AAAI Fall Symposium, pp. 1-6, The AAAI Press, California, 2007
- [3] Wawerla, J. et al., "Collective Construction with Multipler Robots", Proceeding of the International Conference on Intelligence Robots and Systems, Switzerland, 2002
- [4] Arai, T., et al., Editorial: Advances in Multi-robot System, Int. J. of Computers, Communications & Control, ISSN 1841-9836, E-ISSN 1841-9844, Vol. III (2008), Suppl. issue: Proceedings of ICCCC 2008, pp. 92-107
- [5] Lefrance, G., Colony of robots: New Challenge, IEEE Trans. Robotics and Automation, Vol. 18, No. 5, October 2002, pp 655-661

- [6] Xiao-Lin, L., Jing-Ping, J., and Kui, X., , Proc. International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2004), 2004, pp. 307-312
- [7] Faludi, R., Buidling Wireless Sensor Networks, O'Reilly Media, Inc, USA, 2011
- [8] Pan, Q.W., Lowe, D., Search and Rescue Robot Team RF Communication via Power Cable Transmission Line - A Proposal, International Symposium on Signals, Systems and Electronics (ISSSE 2007), pp. 287-290
- [9] Rivard, F, et al., .Ultrasonic relative positioning for multi-robot systems, International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2008), pp. 323-328
- [10] Gil-Pinto, A. Fraisse, P. Zapata, R., Wireless communication for secure positioning in multi robot formations of non holonomic ground vehicles , International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2008), pp. 4198
- [11] Xiao-Lin, L., Jing-Ping, J., Kui, X., , International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2004), pp. 307-212
- [12] Hui-ping, L., et al., Communication of multi-robot system on the TCP/IP, International Conference on Mechatronics Science (MEC 2011), pp. 1432-1435
- [13] Hui, et al., A common wireless remote control system for mobile robots in laboratory, IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC 2012), pp. 688-693
- [14] Kang, S.H., et al., Implementation of Smart Floor for multi-robot system, International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA 2011), pp. 46-51
- [15] Wan, J., et al., Multi-robots' communication system based on ZigBee network, International Conference on Electronic Measurement, (ICEMI 2009), pp. 3-14 – 3-19
- [16] Lucas, G.W. (2000) *A Tutorial and Elementary Trajectory Model for the Differential Steering System of Robot Wheel Actuators*. The Rossum Project. <http://rosum.sourceforge.net/papers/DiffSteer>. (10 December 2006)
- [17] Dudek, G. and Jenkin, M. (2000). *Computational Principles of Mobile Robotics*. 1st ed. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- [18] Zhang, Y., Zeng, L., Li, Y., and Liu, Q., Multi robot formation control using leader-follower for MANET, Proc. International Conference on Robotics and Biometrics (ROBIO 2009), pp. 337-342.
- [19] Ghommam, J., Mehrjerdi, H., and Saad, M., Leader-follower formation control of nonholonomics with fuzzy logic based approach for obstacle avoidance, Proc. International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2011), 2011, pp. 2340-2345

Analisa Sistem Penilaian Kinerja Guru Menggunakan Fuzzy Inference System Mamdani: Studi Kasus UPT Dinas Pendidikan Kec. Penengahan Lampung Selatan

Agung Triayudi ¹, Nazori AZ ²

Program Studi Magister Ilmu Komputer

Universitas Budi Luhur

¹ agung.triayudi@gmail.com, ² nazori@budiluhur.ac.id

Abstrak - Guru sebagai pendidik profesional mempunyai tugas utama mendidik, mengajar, membimbing, mengarahkan, melatih, menilai, dan mengevaluasi peserta didik pada pendidikan anak usia dini jalur pendidikan formal, pendidikan dasar, dan pendidikan menengah. Selain tugas utamanya tersebut, guru juga dimungkinkan memiliki tugas-tugas lain yang relevan dengan fungsi sekolah/madrasah. Sistem Penilaian Kinerja (PK) GURU adalah sistem penilaian yang dirancang untuk mengidentifikasi kemampuan guru dalam melaksanakan tugasnya melalui pengukuran penguasaan kompetensi yang ditunjukkan dalam unjuk kerjanya. Sistem Inferensi Fuzzy (*Fuzzy Inference System/FIS*) disebut juga *fuzzy inference engine* adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. Salah satu metode inferensi fuzzy adalah metode mamdani. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk memperoleh *output*, diperlukan 4 tahapan yaitu : Pembentukan himpunan fuzzy, Aplikasi fungsi implikasi (aturan), Komposisi aturan, Penegasan (*defuzzyfikasi*). Hasil akhir penilaian kinerja guru ini akan menghasilkan apakah guru tersebut bernilai Baik, Cukup dan Kurang. Penilaian kinerja guru ini Selain sebagai acuan sebagai kenaikan pangkat seorang guru juga sebagai evaluasi selama menjalankan tugas dan kewajibannya sebagai seorang guru.

Kata Kunci : Logika Fuzzy, Guru, Metode Mamdani, Defuzzyfikasi, Matlab

Abstract - The teacher as a professional educator has primary responsibility to educate, teach, guide, direct, train, assess, and evaluate students on early childhood education, formal education, primary education and secondary education. Performance Appraisal System (PK) Teacher appraisal system is designed to identify the ability of teachers in performing their duties through the measurement of competency mastery shown in their performance. Fuzzy Inference System (*Fuzzy Inference System / FIS*) is also called fuzzy inference engine is a system that can perform reasoning with similar principles as the human instinct to reason with. One method is the method of Mamdani fuzzy inference introduced by Ebrahim Mamdani in 1975. To obtain the output, it takes

four stages are: establishment of a fuzzy set, the implication function application (rule), rules of

composition, assertion (*defuzzyfikasi*). The final results of this assessment of teacher performance will result if the teacher is valued Good, Fair and Poor. This addition to the teacher performance assessment as a reference for the promotion of a teacher as well as an evaluation for performing their duties and obligations as a teacher.

Keywords : Fuzzy Logic, Teacher, Mamdani Method, Defuzzyfikasi, Matlab

I. PENDAHULUAN

Guru adalah pendidik profesional yang mempunyai tugas, fungsi, dan peran penting dalam mencerdaskan kehidupan bangsa. Guru yang profesional diharapkan mampu berpartisipasi dalam pembangunan nasional untuk mewujudkan insan Indonesia yang bertakwa kepada Tuhan YME, unggul dalam ilmu pengetahuan dan teknologi, memiliki jiwa estetis, etis, berbudi pekerti luhur, dan berkepribadian. Tidaklah berlebihan kalau dikatakan bahwa masa depan masyarakat, bangsa dan negara, sebagian besar ditentukan oleh guru. Oleh sebab itu, profesi guru perlu dikembangkan secara terus menerus dan proporsional menurut jabatan fungsional guru. Selain itu, agar fungsi dan tugas yang melekat pada jabatan fungsional guru dilaksanakan sesuai dengan aturan yang berlaku, maka diperlukan Penilaian Kinerja Guru (PK GURU) yang menjamin terjadinya proses pembelajaran yang berkualitas di semua jenjang pendidikan. [1]

II. DASAR TEORI

A. Logika Fuzzy

Sebelum munculnya teori logika fuzzy (*fuzzy logic*) dikenal sebuah logika tegas (*crisp logic*) yang memiliki nilai benar dan salah secara tegas. Sebaliknya Logika Fuzzy adalah Suatu logika yang memiliki nilai

kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar dan salah. Dalam teori logika *fuzzy* suatu nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan. Namun berapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. [3]

B. FIS Mamdani

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan :

- Pembentukan himpunan fuzzy. Pada proses fuzzifikasi langkah yang pertama adalah menentukan variable fuzzy dan himpunan fuzzinya. Kemudian tentukan derajat keanggotaan antara data masukan fuzzy dengan himpunan fuzzy yang telah didefinisikan untuk setiap variabel masukan sistem dari setiap aturan fuzzy. Pada metode mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.
- Aplikasi fungsi implikasi pada metode mamdani. Fungsi implikasi yang digunakan adalah min. Hasil implikasi fuzzy dari setiap aturan ini kemudian digabungkan untuk menghasilkan keluaran infrensi fuzzy.
- Komposisi Aturan. Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka infrensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu: max, additive dan probabilistik OR.
- Penegasan (defuzzy). Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. [2]

C. Perangkat Lunak Matlab v7.11

Matlab merupakan bahasa pemrograman dengan kemampuan tinggi dalam bidang komputasi. Saat ini, bahasa pemrograman tidak hanya dituntut memiliki kemampuan dari segi komputasi, tetapi juga kemampuan visualisasi yang baik. Matlab memiliki kemampuan mengintegrasikan komputasi, visualisasi dan pemrograman. Dalam memvisualisasikan sebuah obyek, Matlab memiliki kemampuan merotasi obyek tanpa merubah programnya. Fitur utama Matlab dalam membuat visualisasi obyek adalah Guide. [4]

D. Penilaian Kinerja Guru

Menurut Peraturan Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 16 Tahun 2009, PK GURU adalah penilaian dari tiap butir kegiatan tugas utama guru dalam rangka pembinaan karir, kepangkatan, dan jabatannya.. Penguasaan kompetensi dan penerapan pengetahuan serta

keterampilan guru, sangat menentukan tercapainya kualitas proses pembelajaran atau pembimbingan peserta didik, dan pelaksanaan tugas tambahan yang relevan bagi sekolah/madrasah, khususnya bagi guru dengan tugas tambahan tersebut. Sistem PK GURU adalah sistem penilaian yang dirancang untuk mengidentifikasi kemampuan guru dalam melaksanakan tugasnya melalui pengukuran penguasaan kompetensi yang ditunjukkan dalam unjuk kerjanya. [1]

E. Objek Penelitian

UPT Dinas Pendidikan Kecamatan Lampung Selatan beralamatkan di Jl. Trans Sumatera Desa Pasuruan Kecamatan Penengahan Kabupaten Lampung Selatan.

Kondisi saat ini di UPT Dinas Pendidikan Kecamatan Penengahan yang melaksanakan Penilaian Kinerja Guru memakai perhitungan manual, padahal saat ini terdapat 2 (dua) buah 25omputer yang ada dikantor. Penulis kedepannya akan mengimplementasikan 25omput ini kedalam 25omputer yang terdapat di kantor UPT agar memudahkan pengawas untuk penilaian kinerja guru.

III. DESAIN PENELITIAN

A. Metodologi

Jenis Penelitian yang dilaksanakan adalah jenis penelitian informasi kuantitatif yaitu pengambilan data yang telah dikumpulkan oleh lembaga pengumpul data UPT Kec. Penengahan.

Berikut adalah variabel-variabel yang akan digunakan, dan dianalisa data dari salah satu guru :

Tabel 1. Variabel

Variabel Input	Nilai
1. Menguasai karakteristik peserta didik.	12
2. Menguasasi teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik.	10
3. Pengembangan kurikulum.	8
4. Kegiatan pembelajaran yang mendidik.	19
5. Pengembangan potensi peserta didik.	12
6. Komunikasi dengan peserta didik.	10
7. Penilaian dan evaluasi.	6
8. Bertindak sesuai dengan norma agama, hukum, sosial, dan kebudayaan nasional.	10
9. Menunjukkan pribadi yang dewasa dan teladan.	10

10. Etos Kerja, tanggung jawab yang tinggi, rasa bangga menjadi guru.	14
11. Bersikap inklusif, bertindak obyektif, serta tidak diskriminatif.	6
12. Komunikasi dengan sesama guru, tenaga kependidikan, orang tua, peserta didik dan masyarakat.	6
13. Penguasaan materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.	6
14. Mengembangkan Keprofesionalan melalui tindakan yang reflektif.	6

B. Proses Mamdani

1). Fuzzifikasi

Fungsi derajat keanggotaan yang digunakan adalah fungsi linier turun, fungsi segitiga dan fungsi linier naik.

Fungsi linear naik.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

fungsi linear turun

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

dan fungsi segitiga

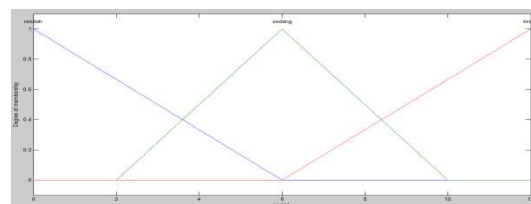
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases}$$

Berikut adalah Fungsi Derajat Keanggotaan dari semua variabel :

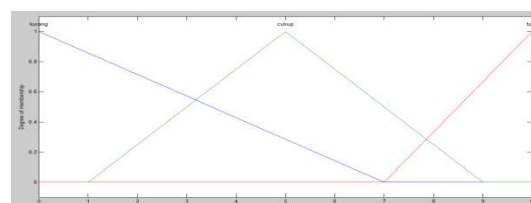
- Peda1 (HFT=1) - Kep1 (HFT=1)
- Peda2 (HFT=0,66) - Kep2 (HFT=1)
- Peda3 (HFT=1) - Kep3 (HFT=0,75)
- Peda4 (HFT=0,73) - Sos1 (HFT=1)
- Peda5 (HFT=0,71) - Sos2 (HFT=1)
- Peda6 (HFT=0,66) - Pro1 (HFT=1)
- Peda7 (HFN=0,66) - Pro2 (HFN=1)

(HFT=0,2)
*Ket HFT (Himpunan fuzzy tinggi)
HFN (Himpunan fuzzy normal)

Berikut input 1 dan output yang dibuat dari program matlab :



Gambar 1. Input 1



Gambar 2. Output

Rules

Rules ditetapkan dari hasil wawancara oleh Pengawas SD Hj. Sri Wiyatmi, S.Pd diperoleh 22 rules, berikut adalah contoh rules 1 :

IF peda1 tinggi and peda2 tinggi and peda3 tinggi and peda4 tinggi and peda5 tinggi and peda6 tinggi and peda7 tinggi and kep1 tinggi and kep2 tinggi and kep3 tinggi and sos1 tinggi and sos2 tinggi and pro1 tinggi and pro2 tinggi **THEN** out baik

2). Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi yang digunakan adalah metode min dan rule yang terpengaruh adalah rule 21 dan rule 22.

$$A_{21} = \min\{ \mu_t(12), \mu_t(10), \mu_t(8), \mu_t(19), \mu_t(12), \mu_t(10), \mu_t(6), \mu_t(10), \mu_t(10), \mu_t(14), \mu_t(6), \mu_t(6), \mu_t(6), \mu_t(6) \}$$

$$= \min(1; 0,66; 1; 0,73; 0,71; 0,66; 0,66; 1; 1; 0,75; 1; 1; 1; 1) \\ = 0,66$$

Berdasarkan fungsi keanggotaan dari 26 variable output himpunan tinggi, pada saat $\alpha_{21} = 0,66$ diperoleh nilai :

$$\mu_b = (d_{21}) = \alpha_{21} \leftarrow \frac{d[21]-3}{7} = 0,66 \\ d[21] = 4,62 + 3 = 7,62$$

$$\alpha_{22} = \min\{ \mu_t(12), \mu_t(10), \mu_t(8), \mu_t(19), \mu_t(12), \mu_t(10), \mu_t(6), \mu_t(10), \mu_t(10), \mu_t(14), \mu_t(6), \mu_t(6), \mu_t(6), \mu_t(6) \}$$

$$= \min(1; 0,66; 1; 0,73; 0,71; 0,66; 0,2; 1; 1; 0,75; 1; 1; 1; 1) \\ = 0,2$$

Berdasarkan fungsi keanggotaan dari 26 variable output himpunan tinggi, pada saat $\alpha_{22} = 0,2$ diperoleh nilai :

$$\mu_b = (d_{22}) = \alpha_{22} \leftarrow \frac{d[22]-3}{7} = 0,2$$

$$d[22] = 1,4 + 3 = 4,4$$

3). Komposisi Aturan

Metode Max digunakan untuk menentukan komposisi aturan.

Variabel output

Derajat kebenaran himpunan baik

$$= \text{Max} (\alpha_{21} ; \alpha_{22})$$

$$= \text{Max} (0,66 ; 0,2) = 0,66$$

Daerah hasil inferensi tertinggi adalah 0,66 dan terendah 0,2

4). Defuzzifikasi

Metode yang digunakan untuk fuzzifikasi adalah centroid.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0,2 & ; 4,4 \leq d_{21} \leq 7,62 \\ 0,66 & ; 7,62 \leq d_{21} \leq 10 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= \int_{4,4}^{7,62} (0,2) x dx \\ &= 0,1x^2 \Big|_{4,4}^{7,62} = 5,81 - 1,9 = 3,91 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= \int_{7,62}^{10} (0,66) x dx \\ &= 0,33x^2 \Big|_{7,62}^{10} = 33 - 19 = 14 \end{aligned}$$

$$L_1 = 0,2 (7,62 - 4,4) = 0,6$$

$$L_2 = 0,66 (10 - 7,62) = 1,5$$

Nilai *crisp output* dihitung dengan :

$$z^* = \frac{M_1 + M_2}{A_1 + A_2} = \frac{14 + 3,91}{0,6 + 1,5} = 8,53$$

Batas nilai *output* adalah :

- Guru berkinerja “Kurang” batas nilai *output* < 5
- Guru berkinerja “Cukup” batas nilai *output* < 7,5
- Guru berkinerja “Baik” batas nilai *output* ≥ 7,5

jadi, dapat disimpulkan dengan data-data yang ada dan setelah dianalisis data milik Asteria Sri Hartati, S.Pd dikategorikan guru berkinerja “Baik” dengan nilai 8,51.

IV. UJI COBA SISTEM

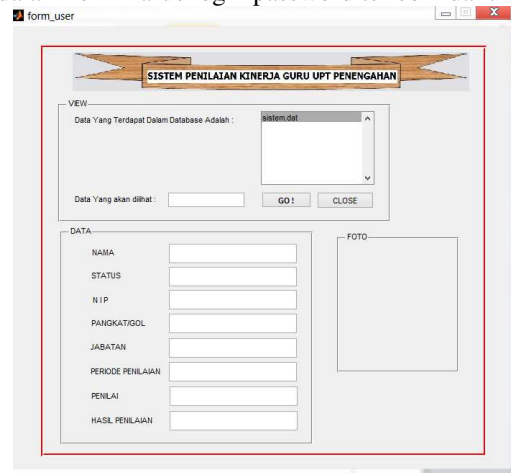
Sistem dibuat oleh program Matlab v7.11, berikut form utama dari sistem :



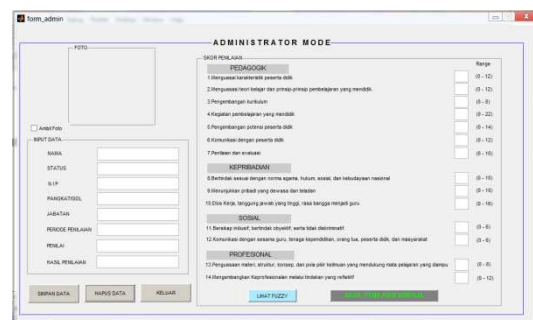
Gambar 2. Form Utama

Terdapat dua form yang ada di form utama, yaitu

- Form user
Form user digunakan untuk melihat data yang guru telah dinilai.
- Form administrator,
Form ini adalah form khusus untuk penilaian dan menyimpan data karena itu untuk dapat masuk dalam form harus login password terlebih dahulu



Gambar 3. Form User



Gambar 4. Form Administrator

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis data dapat disimpulkan :

- 1) Dari hasil pengujian Sistem Penilaian Kinerja Guru dengan menggunakan metode Mamdani, menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan perhitungan manual yang sebelumnya dilakukan oleh Pengawas SD di UPT Kec. Penengahan memiliki tingkat keakuratan mencapai 94%.
- 2) Dari hasil penelitian didapat manfaat untuk UPT Dinas Pendidikan Kec. Penengahan Kab. Lampung Selatan antara lain :
 - a). Waktu yang diperlukan sistem untuk analisis data kurang dari 1 menit sedangkan perhitungan manual yang dilakukan sebelumnya mencapai 10-15 menit
 - b). Pemakaian komputer yang lebih optimal pada kantor UPT karena sebelumnya komputer hanya digunakan untuk menulis dan internet.
 - c). Respon yang positif dari semua staff UPT dan Pengawas di Kantor UPT karena Sistem yang *user friendly* dan terbuka peluang untuk mengotomisasi pekerjaan-pekerjaan umum yang ada di UPT Kec. Penengahan dengan merekrut staf IT khusus UPT.

[4] UIN Alauddin., *Fisika Komputasi*, hmjfisikauiinalauddin.files.wordpress.com. (diakses 30 Juli 2012)

B. Saran

- 1) Dalam penelitian ini penulis menggunakan program Matlab v7.11 untuk membuat Sistem Penilaian Kinerja Guru. Untuk pengembangan dari sistem ini bisa menggunakan program lain yang bisa terhubung dengan Matlab untuk visualisasi yang lebih baik dan cakupan program yang lebih luas.
- 2) Untuk mendapatkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam Sistem ini metode mamdani yang penulis pakai bisa dimodifikasi atau dicombine dengan metode/algorithm lain.
- 3) Karena keterbatasan sistem yang bersifat offline, disarankan untuk pengembangan sistem menjadi online.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PMPTK Tim Direktorat Profesi Pendidik Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan., *Pedoman Pelaksanaan Penilaian Kinerja Guru*., Kementrian Pendidikan Nasional Direktorat Jendral PMPTK, Jakarta, 2010.
- [2] Larashati Larashati, Bening. *Bab 7 Logika Fuzzy*. 2008. beninglarashati.files.wordpress.com (diakses 8 Mei 2012)
- [3] UWM Universitas Widyagama Malang. *Logika Fuzzy*. k12008.widyagama.ac.id. (diakses 8 Mei 2012)

Sistem Identifikasi Penyakit Autis Anak Berbasis Web

Gregorius Hendita Artha Kusuma, S.Si., M.Cs¹, Lubriady Oktana²

Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Pancasila

Jl Srengseh Sawah, Jagakarsa, Jakarta 12640 INDONESIA

arthacool@gmail.com¹ , braylinux@gmail.com²

Abstrak—

Progress can be aligned with Computer Technology in Medical Science, which is the diagnosis made programs that mimic human intelligence, which is able to adopt the process and the human way of thinking, one is the identification of various penyakit. Autis kegunaanya is one disease that is quite difficult to diagnosis because it deals with behavior of songs, and have many kemiripan with Centering Attention Disorders (Hyperactivity) disorder and Conduct (GTL). Autism is a mental disorder that is quite difficult to identify, for it is by using a web-based identification system that can help parents to identify autism in children as early as possible so that parents are not wrong in handling. In Autism Identification System has the ability to identify autism for children aged less than 8 months to 5 years, which can help parents to make an early diagnosis. Additionally Psychiatrists can use this system to make it easier to quickly identify autism.

Kata Kunci—Sistem Identifikasi Autis Pada Anak, Autis, Sistem

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Anak “*special needs*” atau anak dengan kebutuhan khusus termasuk anak yang mengalami perkembangan dalam perilakunya. Perilaku anak-anak ini tidak berkembang seperti anak normal lainnya. Saat ini prevalensi anak dengan kelainan hambatan perkembangan perilaku telah mengalami peningkatan yang sangat mengejutkan. Di Indonesia, diperkirakan lebih dari 400.000 anak menyandang autisme. Sedangkan di dunia, pada tahun 1987, prevalensi penyandang autisme diperkirakan 1 berbanding 5.000 kelahiran. Sepuluh tahun kemudian, angka itu berubah menjadi 1 anak penyandang autisme per 500 kelahiran. Pada tahun 2000, naik jadi 1:250. Tahun lalu, jumlah anak autis bertambah banyak. Diperkirakan 1:100 kelahiran. Prevalensi penderita autisme kini lebih banyak ketimbang anak-anak penyandang sindroma down, yang ditandai dengan muka Mongoloid. [9]

Autis adalah gangguan perkembangan pervasif pada anak yang ditandai dengan adanya gangguan dan keterlambatan dalam bidang kognitif, bahasa, perilaku, komunikasi dan interaksi sosial.

Perkembangan Autis yang diterapkan ke dalam sistem sudah ada tetapi masih menggunakan metode identifikasi *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* edisi empat (DSM-IV). Sejauh yang penulis temukan menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic.Net belum penulis temukan yang menggunakan bahasa pemrograman PHP.

Kemajuan Teknologi Komputer dapat diselaraskan dengan Ilmu Kedokteran, yaitu dengan dibuatnya program diagnosa yang menyerupai kecerdasan manusia, salah satu kegunaanya adalah identifikasi berbagai penyakit. Dengan begitu pesatnya perkembangan teknologi dikembangkanlah sebuah teknologi yang mampu mengadopsi proses dan cara berpikir manusia yaitu teknologi Artificial Intelligence atau Kecerdasan Buatan. Sistem identifikasi adalah salah satu bagian dari kecerdasan buatan yang mengandung pengetahuan dan pengalaman yang di masukkan oleh satu atau banyak pakar ke dalam satu area pengetahuan tertentu sehingga setiap orang dapat menggunakannya untuk memecahkan berbagai masalah yang bersifat spesifik. Secara umum, sistem identifikasi adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan yang dimiliki oleh manusia ke komputer (proses yang dibangun menyerupai system pakar), agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli. Sistem identifikasi yang baik dirancang agar dapat mengidentifikasi suatu permasalahan tertentu untuk mendapatkan sebuah solusi dengan mengambil pengetahuan dari para ahli. Dengan sistem identifikasi orang awampun dapat menyelesaikan masalah yang cukup rumit

yang sebenarnya hanya dapat diselesaikan dengan bantuan para ahli.

Salah satu implementasi sistem identifikasi dalam bidang kesehatan adalah sistem identifikasi untuk diagnosa dalam mengambil keputusan Penyakit Autis pada anak digunakan agar dapat dilakukan penanganan sedini mungkin dan orang tua tidak salah dalam melakukan penanganan. Autis merupakan salah satu penyakit yang cukup sulit untuk di diagnosis karena berhubungan dengan tingkah laku, dan mempunyai banyak kemiripan dengan Gangguan Pemusatan Perhatian (Hiperaktifitas) dan Gangguan Tingkah Laku (GTL).

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah membuat sistem identifikasi yang dapat digunakan untuk pendeteksian autis pada anak usia 12 bulan sampai 18 bulan dan 18 bulan sampai 5 tahun, sehingga tidak terjadi kekeliruan orang tua dalam mendiagnosa penyakit autis yang diderita oleh anak.

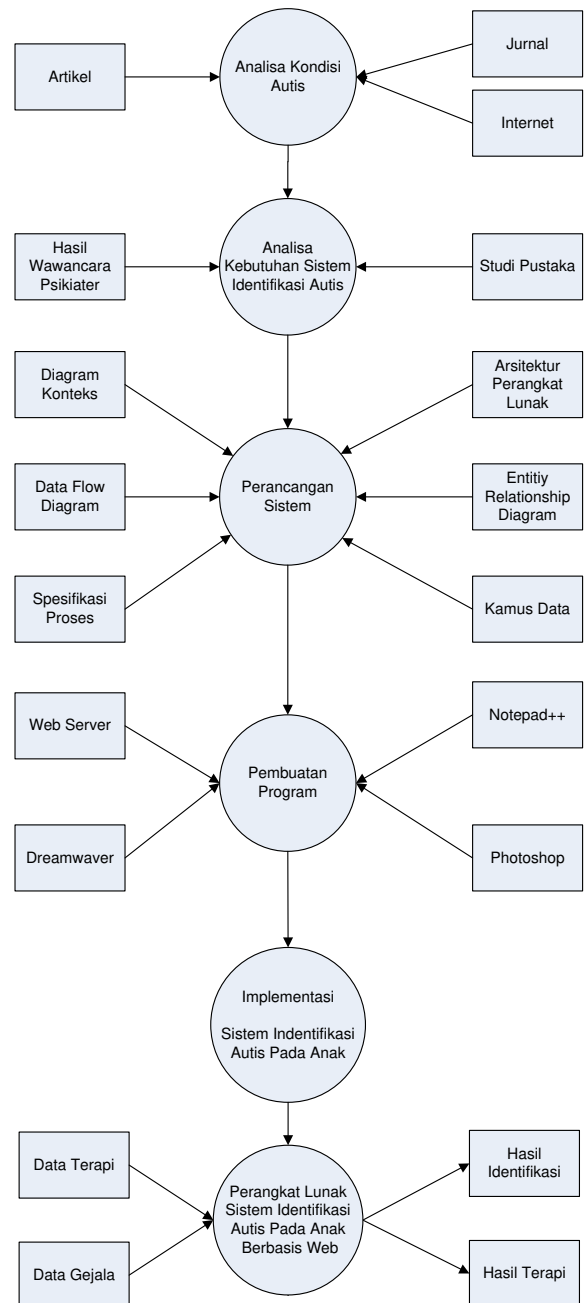
1.3. Rumusan Masalah

Ruang lingkup masalah yang akan diambil dalam penelitian ini adalah :

1. Sistem Identifikasi Autis Berbasis Web ini diperuntukkan untuk orang tua dan hanya dapat diuji cobakan untuk anak usia 12 bulan - 18 bulan dan 18 bulan sampai 5 tahun
2. Sistem Identifikasi Autis Berbasis Web ini akan memberikan solusi berupa terapi sederhana untuk anak yang terdeteksi Autis dan bisa dicetak.

1.4. Kerangka Pemikiran

Dalam melakukan penelitian ini menggunakan kerangka pemikiran seperti di bawah ini :



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

Analisa kebutuhan yang digunakan untuk merancang sistem, berdasarkan hasil wawancara dan studi pustaka. Selanjutnya penulis melakukan perancangan sistem yaitu membuat diagram konteks, data flow diagram (DFD), analisa perancangan sistem, Entity-Relationship diagram (EDR), spesifikasi proses dan kamus data. Setelah

melakukan perancangan sistem, penulis memulai dengan pembuatan program yaitu menggunakan Web Server (XAMPP dan App Serv), Notepad++, Dreamwaver dan Photoshop. Setelah pembuatan program penulis melakukan implementasi terhadap program data gejala dan terapi diambil dari database kemudian dihasilkan hasil identifikasi dan terapi sehingga terbentuklah perangkat lunak untuk identifikasi autisme.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem

Sistem merupakan kumpulan elemen-elemen atau unsur-unsur yang saling terkait, saling tergantung, saling bekerjasama untuk mencapai suatu tujuan sistem yang bersangkutan. [4] Elemen-elemen tersebut merupakan struktur yang membentuk sistem yang bersangkutan melakukan kegiatan secara teratur sesuai metode yang ditentukan oleh sistem yang bersangkutan untuk melakukan tujuan sistem. Kegiatan yang secara teratur dan rutin itulah yang disebut prosedur.

2.2. Sistem Identifikasi

Sistem identifikasi berarti mengungkapkan atau menetapkan identifikasi atau "jati diri" anak dalam menentukan penyakit autisme yang terdeteksi. [4] Untuk istilah identifikasi sering juga istilah "determinasi" yang diambil dari bahasa Belanda "determinatie" atau penentuan.

2.3. Representasi Pengetahuan

Representasi pengetahuan adalah suatu teknik untuk merepresentasikan basis pengetahuan yang diperoleh ke dalam suatu skema/diagram tertentu sehingga dapat diketahui relasi/keterhubungan antara suatu data dengan data yang lain. [4] Teknik ini membantu knowledge engineer dalam memahami struktur pengetahuan yang akan dibuat sistem pakarnya. Teknik representasi pengetahuan yang biasa digunakan dalam pengembangan suatu sistem pakar, yaitu menggunakan *Rule-Based Knowledge*, pengetahuan direpresentasikan dalam suatu bentuk fakta (*facts*) dan aturan (*rules*) dan bentuk representasi ini terdiri atas premise dan kesimpulan.

2.4. Penyakit Autis

Autis berasal dari kata auto yang berarti sendiri, penyandang autisme seakan akan hidup di dunianya sendiri.

[1] Dahulu dikatakan autisme merupakan kelainan seumur hidup, tetapi kini ternyata autisme masa kanak-kanak ini dapat dikoreksi. Tatalaksana koreksi harus dilakukan pada usia sedini mungkin,

sebaiknya jangan melebihi usia 5 tahun karena diatas usia ini perkembangan otak anak akan sangat melambat. Usia paling ideal adalah 2-3 tahun, karena pada usia ini perkembangan otak anak berada pada tahap paling cepat.

Autisme atau biasa disebut ASD (*Autistic Spectrum Disorder*) adalah gangguan perkembangan fungsi otak yang kompleks dan sangat bervariasi (spektrum), yang terjadinya atau gejalanya sudah muncul pada anak sebelum berusia tiga tahun. Biasanya gangguan perkembangan ini meliputi cara berkomunikasi, ber-interaksi sosial dan kemampuan ber-imajinasi. [2] Dari data para ahli diketahui penyandang ASD anak lelaki empat kali lebih banyak dibanding penyandang ASD anak perempuan.

2.5. Klasifikasi Autis

Berdasarkan tingkat kecerdasan Autis dibagi menjadi yaitu [6] :

- Autis murni adalah autisme yang dengan tingkat kecerdasan normal, bahkan diatas rata rata, mempunyai daya ingat yang sangat kuat, tetapi penderita autisme murni sangat sulit dalam menyelesaikan soal berhubungan dengan logika, seperti menyelesaikan soal cerita dalam matematika.

- Autis Plus adalah autisme dengan tingkat kecerdasan dibawah rata rata, biasanya disertai dengan gangguan mental.

Indikator Perilaku Autistik Pada Anak-anak Menurut ICD-10 1993 (*International Classification of Diseases*) dari WHO (*World Health Organization*), indikator perilaku autistik pada anak-anak (Handoyo, 2006: 27) adalah sebagai berikut :

- Kontak mata sangat kurang
- Ekspresi muka kurang hidup
- Gerak-gerak yang kurang tertuju
- Menolak untuk dipeluk
- Tidak menengok ketika dipanggil (cuek)
- Menangis atau tertawa tanpa sebab
- Tidak tertarik pada mainan
- Bermain dengan benda yang bukan mainan
- Tak bisa bermain dengan teman sebaya
- Tak dapat merasakan apa yang dirasakan orang lain
- Kurangnya hubungan social dan emosional yang timbal balik
- Bicara terlambat atau bahkan sama sekali tak berkembang (dan tak ada usaha untuk mengimbangi komunikasi dengan cara lain tanpa bicara), menarik tangan apabila ingin sesuatu, bahasa isyarat tak berkembang
- Bila bisa bicara, bicaranya tidak dipakai untuk berkomunikasi

- Sering menggunakan bahasa yang aneh dan diulang-ulang
- Cara bermain kurang variatif, kurang imajinatif dan kurang bisa meniru
- Mempertahankan sesuatu minat atau lebih, dengan cara yang sangat khas dan berlebihan
- Terpaku terhadap suatu kegiatan yang ritualistic atau rutinitas yang tak ada gunanya, misalnya makanan dicium dahulu
- Ada gerakan-gerakan yang aneh dan khas/ diulang-ulang
- Sering sangat terpaku pada bagian-bagian benda

ICD-10 dapat digunakan untuk mendiagnosa gejala-gejala autis pada anak umur 18 bulan sampai dengan 5 tahun.

Diagnosa autis dengan menggunakan indicator *The CHAT* (*The Checklist for Autism in Toddlers*). *The CHAT* adalah kuisioner singkat yang diisi oleh orang tua dan pekerja kesehatan pada usia kurang dari 18 bulan. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi anak yang berisiko mengalami autis. [8]

Gejala-gejala Autis untuk anak usia 12 bulan sampai 18 bulan berdasarkan metode CHAT [8] adalah:

- Saat bertemu, apakah anak melakukan kontak mata dengan anda?
- Tarik perhatian anak, kemudian tunjuk ke seberang ruangan atau suatu benda yang menarik dan ucapkan "Hei, lihat! Ada... (nama benda)". Perhatikan muka anak. Apakah anak anda melihat ke arah benda yang anda tunjuk?
- Tarik perhatian anak, kemudian beri cangkir dan teko kecil mainan dan ucapkan "Bisa? coba buat teh?". Apakah anak anda pura-pura menuang teh, meminumnya, dll? (bisa menggunakan benda lain untuk bermain berpura-pura!)
- Katakan ke anak, "Mana lampu?" atau "Tunjuk lampu!". Apakah anak anda menunjuk ke lampu?
- Apakah anak anda sering membawa serta memperlihatkan barang-barang kepada anda?
- Apakah anak anda senang bermain ciluk-ba atau petak-umpet?
- Apakah anak anda tertarik pada anak-anak lain?
- Apakah anak anda sering menunjuk-nunjuk untuk menyatakan ketertarikannya?
- Apakah anak anda suka seolah-olah melakukan sesuatu, misalnya membuat teh menggunakan cangkir atau teko mainan, atau berpura-pura yang lainnya?

Data Terapi Usia 12 Bulan – 18 Bulan:

- Bermain cilukba
- Memberikan contoh suara untuk ditiru

- Mengenal nama-nama benda
- Melakukan kontak mata dengan anak

Data Terapi Usia 18 Bulan – 5 Tahun

- Menirukan menyentuh bagian tubuh
- Menirukan menyisir dan menyikat gigi
- Minum dari cangkir
- Melempar dan menangkap
- Kontak mata saat diberi instruksi

III. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan Sistem Identifikasi Autis Pada Anak, dengan tujuan yaitu mempermudah untuk identifikasi Autis sejak dini pada anak usia kurang dari 5 tahun, dimana dengan cara memilih gejala-gejala yang terjadi, yang sudah dirangkum dalam aplikasi tersebut. Berikut ini adalah ilustrasi proses penelusuran kapasitas entitas sebagai pemakai.

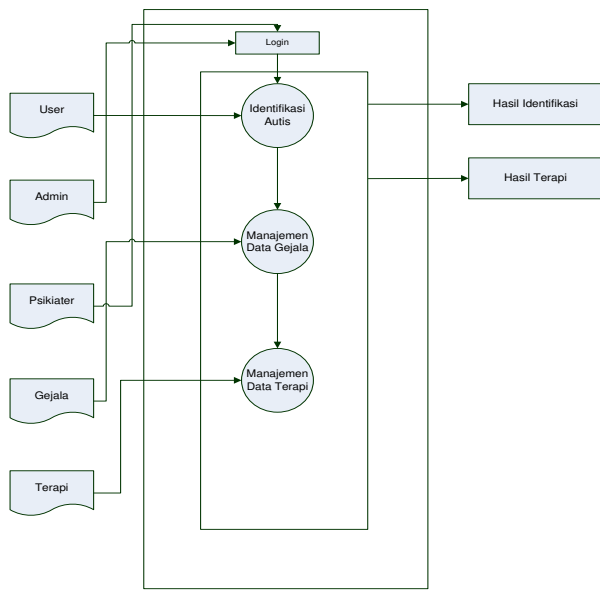
1. *User* membuka aplikasi
2. *User* melakukan klik pada menu identifikasi
3. *User* melakukan pemilihan terhadap gejala-gejala apa saja yang dialami oleh anak
4. *User* mendapatkan kesimpulan terdeteksi atau tidaknya autis berdasarkan gejala-gejala yang dipilih.
5. Sistem akan memberikan masukan terapi terhadap *user*, apa yang harus dilakukan kepada anak yang terdeteksi autis.

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Bahan atau data yang diperlukan dalam penelitian ini secara garis besar yaitu data-data gejala Autis dan Terapi sederhananya. Data-data tersebut diperoleh setelah penulis melakukan wawancara terhadap Psikiater yaitu Hening Adhitya W Amd.TW., S.Pd di Yayasan Permata Hati, Klinik Autisme dan Kebutuhan Khusus, Griya Depok Asri F4 No 3, pada tanggal 12 November 2011. Dari wawancara itu penulis mendapatkan basis pengetahuan mengenai autis. Representasi pengetahuan tersebut akan dijadikan basis data dalam sistem identifikasi autis pada anak. Setelah didapat basis data pengetahuan langkah selanjutnya adalah pembuatan pohon keputusan dan penentuan kaidah untuk proses identifikasi penyakit autis. Data-data autis yang didapat dari Psikiater yaitu gejala-gejalanya dan terapi sederhana untuk autis usia 12 bulan sampai 18 bulan dan usia 18 bulan sampai dengan 5 tahun.

3.2 Arsitektur Perangkat Lunak

Arsitektur Perangkat Lunak dari aplikasi identifikasi penyakit autis pada anak adalah sebagai berikut :

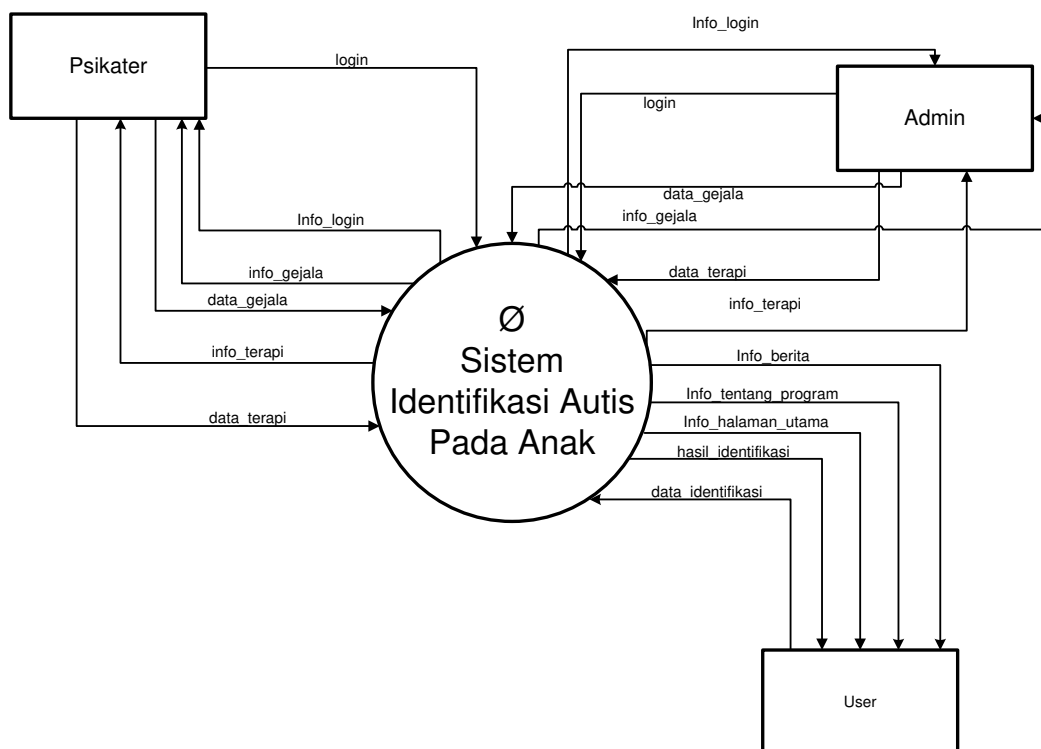


Gambar 2. Arsitektur perangkat lunak sistem identifikasi penyakit autis.

Diagram konteks menggambarkan suatu sistem secara global, termasuk aliran data masukan (*input*) ke proses identifikasi (sistem), dan ke proses keluaran (*output*). Dalam diagram konteks, melibatkan 3 bagian yaitu Psikiater, Admin dan User. Dimana setiap bagian mempunyai tugas, yaitu:

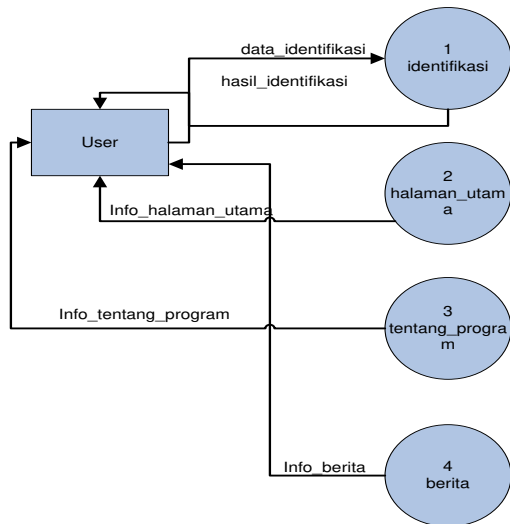
1. Psikiater
Psikiater dapat melakukan update gejala autis, update terapi, melihat data gejala, dan melihat data terapi, Psikiater juga dapat melihat halaman utama.
2. User
User dapat melihat berita, melihat informasi tentang program tersebut dan melakukan identifikasi dan melihat hasil identifikasi.
3. Admin
Admin membuat mempunyai tugas yang sama dengan Psikiater, selebihnya admin hanya bertugas untuk membuat sistem Psikiater berjalan dengan baik.

3.3 Diagram Konteks



Gambar 3 Diagram Konteks

3.4. Data Flow Diagram Level 0



Gambar 4 Data Flow Diagram Level 0 User

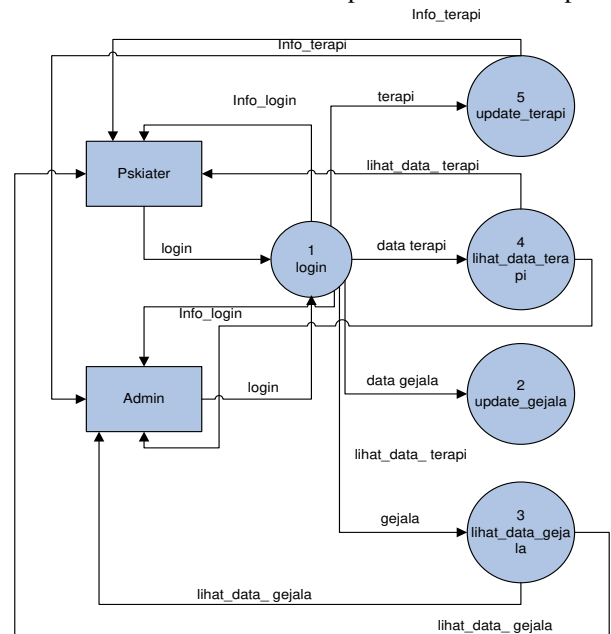
Gambar 4 merupakan diagram level 0 Sistem Identifikasi Autis Pada Anak, dimana terdapat 4 proses yaitu:

1. Proses Identifikasi merupakan proses dimana user dapat melakukan Identifikasi terhadap gejala-gejala apa saja yang timbul, dan kemudian dihasilkan hasil identifikasi.
2. Tentang Program adalah proses dimana user mendapatkan informasi mengenai program tersebut.
3. Berita adalah User mendapatkan informasi mengenai berita seputar autis.
4. Halaman Utama adalah user mendapatkan tampilan halaman utama berupa pengertian autis secara umum.

Sedangkan dalam DFD Level 0 dari Diagram Kontek untuk Psikiater dan Admin terdapat beberapa proses berikut ini

1. Proses *Login*
Proses *Login* merupakan proses dimana Psikiater dan Admin dapat masuk kedalam halaman *Admin*.
2. Proses *Update Gejala*
Proses *Update* dimana Psikiater dan Admin dapat melakukan tambah, hapus dan ubah data gejala.
3. Proses *Lihat Data Gejala*
Proses *Lihat Data Gejala* adalah proses dimana Psikiater dan Admin dapat melihat data gejala
4. Proses *Update Terapi*
Proses *Update* dimana Psikiater dan Admin dapat melakukan tambah, hapus dan ubah data terapi.
5. Proses *Lihat Data Terapi*

Proses Lihat Data Terapi adalah proses dimana Psikiater dan Admin dapat melihat data terapi.



Gambar 5 Data Flow Diagram Level 0 Psikiater dan Admin

3.5. Spesifikasi Proses

Spesifikasi Proses menjelaskan tentang apa yang terjadi pada tiap lingkaran proses yang ada pada diagram aliran data untuk tingkat level terendah dalam rangka mentransformasikan masukan dan keluaran.

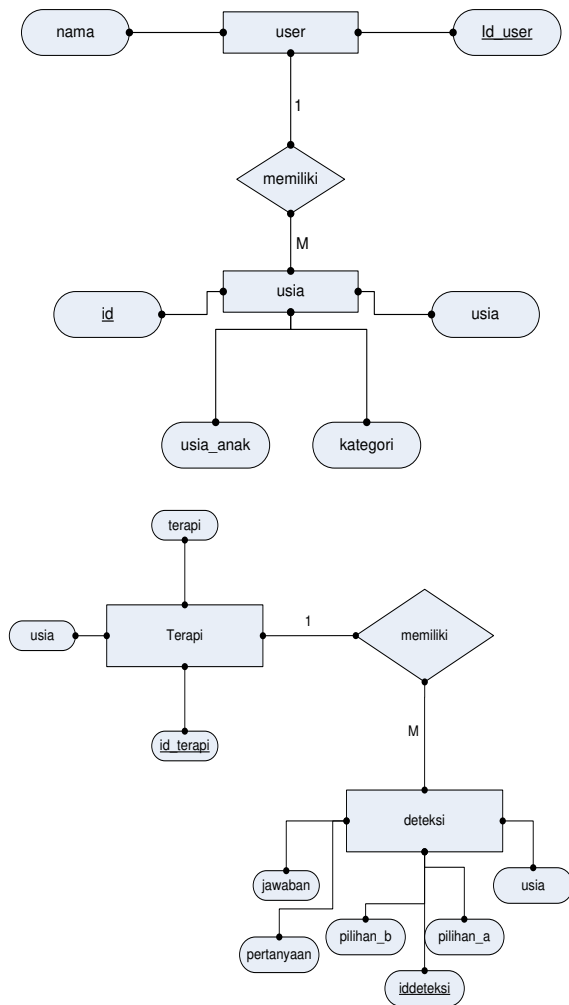
Aplikasi ini memiliki 2 pengguna yaitu :

1. Admin atau Psikiater.
Admin membuat sistem dan Psikiater bertugas untuk meng-update data gejala dan terapi
2. User
User dalam hal ini menggunakan sistem ini untuk mengidentifikasi penyakit yang diderita user dengan memasukkan gejala yang tersedia di aplikasi ini. Dari gejala yang dimasukkan ini maka sistem akan memprosesnya dan menghasilkan sebuah Identifikasi.

3.6. ERD (Entity Relation Diagram)

ERD (Entity Relation Diagram) merupakan hubungan yang terjadi antara satu file dengan file yang lain, yang dihubungkan dengan suatu kata kunci (key). Dan merupakan sebuah pemodelan untuk mendesain database yang baik.

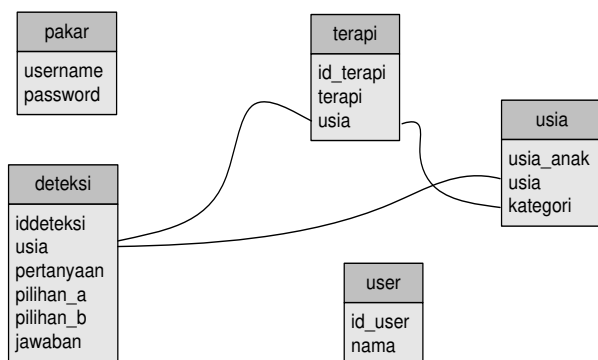
Berikut ini adalah *entity relation model* yang akan dirancang :



Gambar 6 Entity Relation Diagram

3.7 Relasi Antar Tabel

Berikut adalah relasi tabel untuk sistem identifikasi autis pada anak:

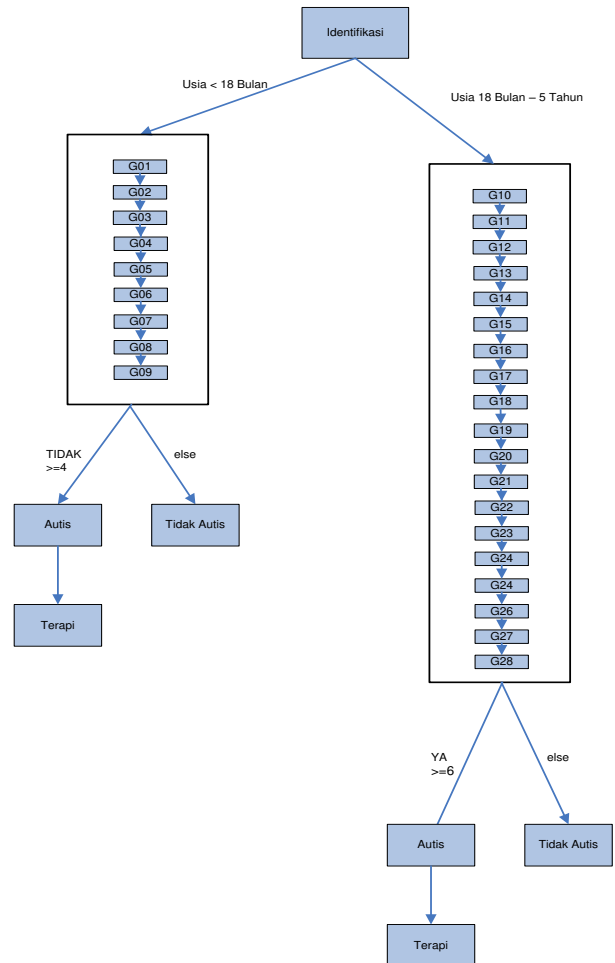


Gambar 7 Relasi Tabel

3.8. Pohon Keputusan

Pohon keputusan adalah model prediksi menggunakan struktur pohon atau struktur berhirarki. Konsep dari pohon keputusan adalah mengubah data menjadi pohon keputusan dan aturan-aturan keputusan.

Berikut ini adalah pohon keputusan untuk sistem identifikasi autis.



Gambar 8 Pohon Keputusan Identifikasi Autis Pada Anak

Keterangan:

G01-G09 adalah data gejala autis usia 12 bulan - 18 bulan.

Berikut ini adalah data gejala untuk kode G01-G09:

- G01: Ketika anda mengatakan ke anak, "Mana lampu?" atau "Tunjuk lampu!". Apakah anak anda menunjuk ke lampu?
- G02: Ketika anda menarik perhatian anak, kemudian Anda beri cangkir dan teko kecil

mainan dan ucapkan "Bisa? coba buat teh?". Apakah anak anda pura pura menuang teh, meminumnya, dll.? (Anda bisa menggunakan benda benda lain untuk bermain berpura pura!)

- G03: Tarik perhatian anak, kemudian tunjuk ke seberang ruangan atau suatu benda yang menarik dan ucapkan " Hei, lihat ! Ada... (nama benda)". Perhatikan muka anak. Apakah anak anda melihat ke arah benda yang anda tunjuk?
- G04: Apakah anak anda sering membawa serta memperlihatkan barang-barang kepada anda?
- G05: Apakah anak anda senang bermain ciluk-ba atau petak-umpet?
- G06: Apakah anak anda suka seolah olah melakukan sesuatu, misalnya membuat teh menggunakan cangkir atau teko mainan, atau berpura pura yang lainnya?
- G07: Apakah anak anda sering menunjuk-nunjuk untuk menyatakan ketertarikannya?
- G08: Apakah anak anda tertarik pada anak anak lain?
- G09: Saat bertemu, apakah anak melakukan kontak mata dengan anda?

G10-G28 adalah data gejala autisme usia 18 bulan – 5 tahun.

Berikut ini adalah data gejala untuk kode G10-G28:

- G10: Sering kali sangat terpesona dengan bagian-bagian benda
- G11: Ada gerakan yang aneh yang khas dan diulang ulang
- G12: Terpesona pada suatu kegiatan yang ritualistik atau rutinitas yang tak ada gunanya, misalnya makanan dicium dulu
- G13: Mempertahankan satu minat atau lebih dengan cara yang khas dan berlebihan
- G14: Cara bermain kurang variatif, kurang imajinatif dan kurang bisa meniru
- G15: Sering menggunakan bahasa yang aneh dan diulang ulang
- G16: Bila bisa bicara, bicaranya tidak dipakai untuk komunikasi
- G17: Bicara terlambat atau bahkan sama sekali tidak berkembang (dan tak ada usaha untuk mengimbangi komunikasi dengan cara lain tanpa bicara), menarik tangan bila ingin sesuatu, bahasa isyarat tak berkembang
- G18: Kurangnya hubungan sosial dan emosional yang timbal balik
- G19: Tidak bisa merasakan apa yang dirasakan orang lain
- G20: Tidak bisa bermain dengan teman sebaya
- G21: Bermain dengan benda yang bukan mainan
- G22: Tidak tertarik pada mainan
- G23: Menangis atau tertawa tanpa sebab
- G24: Tidak menengok bila dipanggil (cuek)
- G25: Menolak untuk dipeluk

- G26: Gerak-gerak yang kurang tertuju
- G27: Ekspresi muka kurang hidup
- G28: Kontak mata sangat kurang

Data Terapi Usia 12 Bulan – 18 Bulan:

- Bermain cilukba
 - Memberikan contoh suara untuk ditiru
 - Mengenal nama-nama benda
 - Melakukan kontak mata dengan anak
- Data Terapi Usia 18 Bulan – 5 Tahun
- Menirukan menyentuh bagian tubuh
 - Menirukan menyisir dan menyikat gigi
 - Minum dari cangkir
 - Melempar dan menangkap
 - Kontak mata saat diberi instruksi

Keterangan pada Gambar 8:

User mulai melakukan proses identifikasi, kemudian user memilih usia anak, kemudian gejala-gejala autisme ditampilkan. Untuk usia 12 bulan - 18 bulan, jika jawaban "TIDAK" jumlahnya kurang sama dengan 4 maka hasil identifikasi terdeteksi autisme terapi jika jawaban "YA" kurang dari 4 maka tidak terdeteksi autisme.

Sedangkan untuk usia 18 bulan sampai 5 tahun jika jawaban "YA" jumlahnya kurang sama dengan 6 maka hasil identifikasi terdeteksi autisme, terapi jika jumlah jawaban "TIDAK" kurang dari 6 maka autisme tidak terdeteksi

Aturan berdasarkan pada proses identifikasi autisme menggunakan metode CHAT untuk usia 12 bulan - 18 bulan dan metode ICD-10, yang menjadi standar internasional deteksi autisme dan telah disetujui oleh psikiater dan menjadi basis pengetahuan penulis.

IV. HASIL dan PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Pada saat penerapan sistem yang telah dirancang pada bab sebelumnya, ada hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu tentang spesifikasi *software* dan *hardware* yang dipergunakan dalam pembuatan dan penerapan rancangan tersebut. Hal tersebut diperlukan seiring dengan akan berjalannya sistem yang akan digunakan agar dapat berjalan dengan baik dan stabil.

4.1.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Berikut ini adalah spesifikasi minimal *hardware* yang layak untuk mengimplementasikan rancangan yang telah dibuat yaitu satu unit komputer dengan spesifikasi sebagai berikut : Prosesor Pentium IV, Memory minimal 1 Gigabyte, dan Hardisk 40 Gigabyte.

4.1.2 Spesifikasi Perangkat Lunak

Berikut ini adalah spesifikasi minimal yang diperlukan dalam implementasi aplikasi yang akan dirancang :

1. Sistem Operasi Windows XP, Linux Ubuntu 10.04
2. Xampp versi 1.7.1
3. Database menggunakan MYSQL versi 5.0.51a
4. Browser Mozilla Firefox 3.6.15
5. Editor (notepad ++, dreamweaver, blurfish editor)

4.2. Implementasi Basis Data

Berdasarkan pembahasan pada pembangunan ERD telah dibentuk beberapa tabel yang merupakan implementasi dari entitas-entitas dan relasi. Pembuatan basis data didukung dengan bahasa global dalam manajemen basis data. Bahasa yang digunakan adalah PHP dengan database MySql

1. Tabel deteksi

Field	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Extra	Action
☐ iddeteksi	int(5)			No	None	auto_increment	     
☐ usia	varchar(2)	latin1_swedish_ci		Yes	NULL		     
☐ pertanyaan	tinytext	latin1_swedish_ci		No	None		     
☐ pilihan_a	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No	YA		     
☐ pilihan_b	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No	TIDAK		     
☐ jawaban	varchar(2)	latin1_swedish_ci		No	None		     

Gambar 9 Tabel Deteksi

Fungsi Tabel deteksi adalah menyimpan data-data gejala untuk autisme usia 12 bulan – 18 bulan dan usia 18 bulan sampai 5 tahun. Tabel terdiri dari 6 field

yaitu iddeteksi, usia, pertanyaan, pilihan_a, pilihan_b dan jawaban.

2. Tabel pakar

Field	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Extra	Action
☐ username	varchar(10)	latin1_swedish_ci		No	None		     
☐ password	varchar(15)	latin1_swedish_ci		No	None		     

Gambar 10 Tabel Pakar

Fungsi Tabel pakar adalah menyimpan data username dan password login untuk Psikiater dan Admin

3. Tabel terapi

Field	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Extra	Action
☐ idterapi	int(10)			No	None	auto_increment	     
☐ terapi	tinytext	latin1_swedish_ci		No	None		     
☐ usia	varchar(2)	latin1_swedish_ci		No	None		     

Gambar 11 Tabel Terapi

Fungsi Tabel terapi adalah menyimpan data-data terapi untuk autisme. Tabel terdiri dari 2 field yaitu idterapi, terapi dan usia.

4. Tabel user

Field	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Extra	Action
☐ id_user	int(10)			No	None	auto_increment	     
☐ nama	varchar(50)	latin1_swedish_ci		No	None		     

Gambar 12 Tabel User

Fungsi tabel user adalah tempat penyimpanan sementara data nama user.

5. Tabel usia

	Field	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Extra	Action
☐	id	int(50)			No	None	auto_increment	     
☐	usia_anak	varchar(2)	latin1_swedish_ci		No	None		     
☐	usia	varchar(25)	latin1_swedish_ci		No	None		     
☐	kategori	varchar(25)	latin1_swedish_ci		No	None		     

Gambar 13 Tabel Usia

Fungsi tabel usia adalah tempat penyimpanan sementara data usia dan kategori

4.3. Implementasi Sistem

Implementasi proses dalam sistem identifikasi autis pada anak ini adakah proses identifikasi untuk menghasilkan kesimpulan berupa hasil deteksi dan terapi. Gejala-gejala dan terapi di inputkan oleh psikiater. Tampilan pertama sistem pakar ini adalah tampilan selamat datang. User dihadapkan oleh beberapa menu yaitu halaman utama, berita, identifikasi dan tentang program.

Untuk melakukan identifikasi, user harus memilih menu identifikasi, kemudian user memilih usia anak yang akan identifikasi, kemudian user

harus melakukan input nama. Setelah proses pendaftaran selesai user dapat melakukan identifikasi dengan memilih gejala-gejala yang timbul maupun gejala-gejala yang tidak timbul.

Untuk admin atau pakar agar dapat masuk ke halaman admin maka harus melakukan login terlebih dahulu. Disini admin atau pakar dapat melakukan perubahan data gejala-gejala autis dan data terapi autis. Admin atau pakar juga dapat menghapus kesalahan-kesalahan data.

Menu Pendaftaran

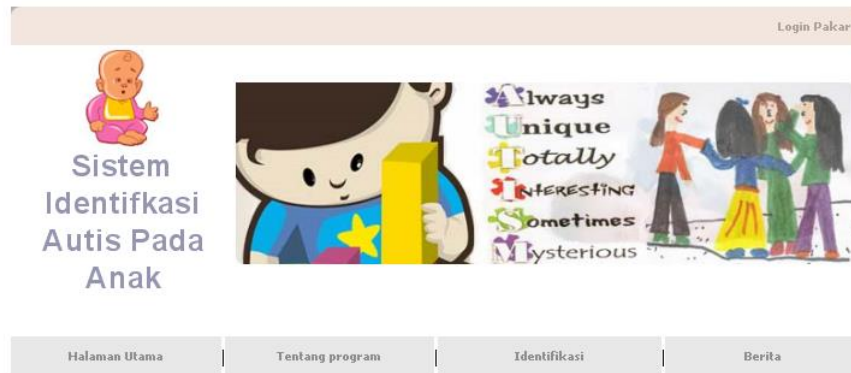
Ini adalah menu pendaftaran ketika user akan melakukan identifikasi. User harus memilih umur anak dan melakukan input nama anak. Terdapat dua buah pilihan :

* Identifikasi Autis untuk usia 18 Bulan – 5 Tahun



Gambar 14 Tampilan Menu Pendaftaran Usia 18 Bulan – 5 Tahun

Dibawah ini adalah tampilan proses identifikasi untuk identifikasi autis untuk usia anak 18 Bulan sampai 5 Tahun



Sistem Identifikasi Penyakit Autis Pada Anak Usia 8 Bulan - 5 Tahun

18 Bulan - 5 Tahun
Gejala 1 dari 19

Sering kali sangat terpukau dengan bagian-bagian benda

☐ YA ☐ TIDAK

Gejala Selanjutnya >>>

Gambar 15 Tampilan Proses Identifikasi Untuk Usia 18 Bulan sampai 5 Tahun

Gambar diatas menjelaskan tentang proses indentifikasi autis pada anak usia 12 - 18 bulan. User harus memilih gejala-gejala yang terdeteksi maupun tidak, setelah semua gejala dipilih oleh user, kemudian dihasilkan hasil identifikasi. Implementasi identifikasi autis pada anak adalah hasil identifikas dan terapi, yang sebelumnya user telah melakukan deteksi gejala-gejala. Dibawah ini adalah implementasi ouput dari identifikasi autis pada anak untuk usia anak 18 Bulan sampai 5 Tahun.



Gambar 16 Tampilan Output Identifikasi Autis Pada Anak Usia 18 Bulan Sampai 5 Tahun

* Identifikasi Autis untuk usia anak 18 bulan - 5 Tahun

Proses indentikasi autis pada anak usia 12 - 18 bulan. User harus memilih gejala-gejala yang terdeteksi maupun tidak, setelah semua gejala dipilih oleh user, kemudian dihasilkan hasil identifikasi.

Gambar 17 Tampilan Proses Identifikasi Untuk Usia 18 Bulan sampai 5 Tahun

Dibawah ini adalah tampilan proses identifikasi untuk identifikasi autis untuk usia anak kurang dari 18 bulan.

Sistem Identifikasi Autis Pada Anak Usia Kurang Dari 18 Bulan

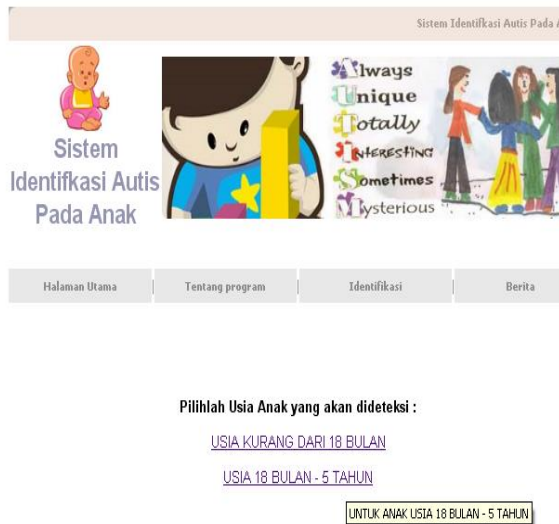
Gambar 18 Tampilan Proses Identifikasi Untuk Usia 12 Bulan - 18 Bulan

Keterangan Gambar: Gambar 4.8 menjelaskan tentang proses indentikasi autis pada anak usia 12 - 18 bulan. User harus memilih gejala-gejala yang terdeteksi maupun tidak, setelah semua gejala dipilih oleh user, kemudian dihasilkan hasil identifikasi. Dibawah ini adalah implementasi ouput dari identifikasi autis pada anak untuk usia anak kurang dari 18 Bulan adalah sebagai berikut.

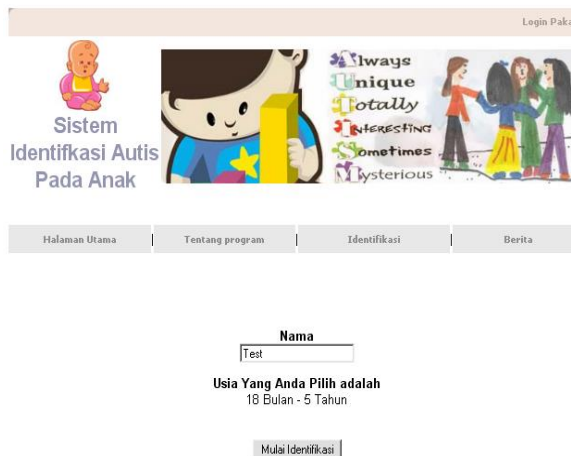
Gambar 19 Tampilan Output Identifikasi Autis Pada Anak Usia 12 - 18 bulan

4.4 Implementasi Kasus

Berikut ini adalah implementasi kasus yang dicoba ke sistem identifikasi autis pada anak



Gambar 20 Proses Pilih Usia

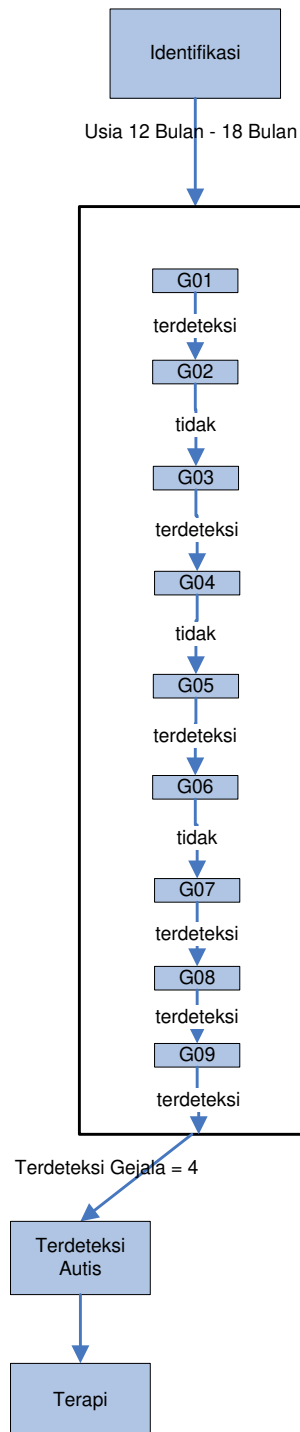


Gambar 21 Proses Input Nama



Gambar 22 : Hasil Identifikasi Autis

Implementasi Pohon Keputusan:



V. KESIMPULAN

Kesimpulan

- A. Sistem Identifikasi Autis mempunyai kemampuan untuk mengidentifikasi autis untuk anak usia kurang dari 8 bulan sampai 5 tahun, sehingga dapat membantu orang tua untuk melakukan diagnosa dini.
- B. Psikiater dapat mempergunakan sistem ini untuk mempermudah dalam melakukan identifikasi autis secara cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Autism, Sebuah Gangguan Perilaku Pada Anak" <http://childrenautismclinic.wordpress.com/2011/10/23/autism-sebuah-gangguan-perilaku-pada-anak/> (Diakses terakhir pada tanggal 05-10-2011).
- [2] "Analisa Genetik Autis, Tren Baru Pengobatan Autism" <http://childrenautismclinic.wordpress.com/2010/02/22/analisa-genetik-autis-tren-baru-pengobatan-autism/> (Diakses terakhir pada tanggal 05-10-2011).
- [3] "Deteksi Dini Autis Pada Anak" <http://childrenautismclinic.wordpress.com/2009/04/12/deteksi-dini-autis-pada-anak/> (Diakses terakhir pada tanggal 05-10-2011).
- [4] Heart, A., Knowledge Acquisition for Expert System, New York : MC Graw Hill & Co., 1986
- [5] Handojo, Y, Dr, DR. 2003. Autisma. Buana Ilmu Populer, Jakarta.
- [6] Maulana, Mirza. 2007. Anak Autis: Mendidik Anak Autis dan Gangguan Mental Lain Menuju Anak Cerdas dan Sehat. Katahati, Yogyakarta.
- [7] "Pengertian Autis (Autisme)" <http://joys-inspiration.blogspot.com/2011/02/pengertian-autis-autisme.html> (Diakses tanggal 22-09-2011)
- [8] <http://www.autism.org.uk> , Diakses tanggal 25-09-2011
- [9] www.litbang.depkes.go.id/aktual/anak/autis130307.htm , Diakses tanggal 25-09-2011

Self Driving Car: Artificial Intelligence Approach

Ronal Chandra^{*1}, Nazori Agani^{*2}, Yoga Prihastomo^{*3}

**Postgraduate Program, Master of Computer Science, University of Budi Luhur
Jl. Raya Ciledug, Jakarta 12260 Indonesia*

¹ronal_chandra@yahoo.com, ² nazori@budiluhur.ac.id, ³ yoga.prihastomo@gmail.com

Abstract - Artificial Intelligence also known as (AI) is the capability of a machine to function as if the machine has the capability to think like a human. In automotive industry, AI plays an important role in developing vehicle technology. Vehicular automation involves the use of mechatronics and in particular, AI to assist in the control of the vehicle, thereby relieving responsibilities from the driver or making a responsibility more manageable. Autonomous vehicles sense the world with such techniques as laser, radar, lidar, Global Positioning System (GPS) and computer vision. In this paper, there are several methodologies of AI techniques such as: fuzzy logic, neural network and swarm intelligence which often used by autonomous car. On the other hand, self driving cars are not in widespread use, but their introduction could produce several direct advantages: fewer crashes, reduce oil consumption and air pollution, elimination of redundant passengers, etc. So that, in future where everyone can use a car and change the way we use our highways.

Key Words - artificial intelligence, self driving, vehicular automation, fuzzy logic, neural network, swarm intelligence.

I. INTRODUCTION

AI brings a new paradigm in the automotive world. Manufacturers of the world's vehicles face a revolutionary moment as vehicles acquire advanced onboard computer systems, Internet access, and advanced display/interaction hardware. In general, automotive manufacturers have little or no experience in software development, and especially UI development [1].

Meanwhile, mechatronics is an engineering discipline integrating the fields of mechanical engineering, electrical engineering and computer science [2]. While the word "mechatronics" already has a long history, it is only the last ten years that we see their application all around us. Cars, CD players, washing machines, railways are all examples of mechatronic systems. The main characteristic (and driving force) of recent advances is the progressively tighter coupling of mechanic and electronic components with software.

An autonomous car, also known as robotic or informally as driverless or self-driving car, is an autonomous vehicle capable of fulfilling the human

transportation capabilities of a traditional car [3]. As an autonomous vehicle, it is capable of sensing its environment and navigating on its own. A human may choose a destination, but is not required to perform any mechanical operation of the vehicle. Advanced control systems interpret the information to identify appropriate navigation paths, as well as obstacles and relevant signage. Autonomous vehicles typically update their maps based on sensory input, such that they can navigate through uncharted environments.

Modern cars are equipped with a variety of sensors, advanced driver assistance systems and user interfaces nowadays. To benefit from these systems and to optimally support the driver in his monitoring and decision making process, efficient human-machine interfaces play an important part. These systems give the driver new possibilities to control or to interact with the car and to assist the driver.

From a Computer Science perspective unmanned vehicles serve as a research platform for progress in a variety of fields as machine learning, computer vision, fusion of sensor data, path planning, decision making, control architectures and intelligent autonomous behavior.

II. METHODOLOGY

Based on several literature papers/journals which we read with related to self driving or vehicular automation, there are several approaches to artificial intelligence methodology like some of the things below are summarized from the literature:

- Autonomous navigation of robotic vehicles is achieved via continuous interaction between perception, intelligence and action [4]. Navigation of autonomous robotic vehicles in obstacle filled dynamic environments requires derivation and implementation of efficient real-time sensor based controllers. Effective control algorithms for autonomous navigation, should imitate the way humans are operating manned or similar vehicles.

Fuzzy logic is a form of many-valued logic or probabilistic logic; it deals with reasoning that is approximate rather than fixed and exact [5]. In contrast with traditional logic theory, where binary

sets have two-valued logic: true or false, fuzzy logic variables may have a truth value that ranges in degree between 0 and 1. Fuzzy logic has been extended to handle the concept of partial truth, where the truth value may range between completely true and completely false.

The system can change and affect its environment instantaneously by reacting through the effectors. Theoretical analysis of the fuzzy control algorithms of mobile robot control will be performed. The requirements for a suitable rule base selection in the proposed fuzzy controller will be provided, which can guarantee the asymptotical stability of the system. These rules may include:

- The vehicle must maintain its alignment within established boundaries to define the environment
- The direction of travel of the vehicle is usually fixed
- The speed of the vehicle is restricted to an upper limit
- The vehicle must not collide with other vehicle or the environment boundaries

Modular approach helps to distribute the processing power amongst its sensor, motor driver and supervisor modules and also, easy future enhancements in robot design.

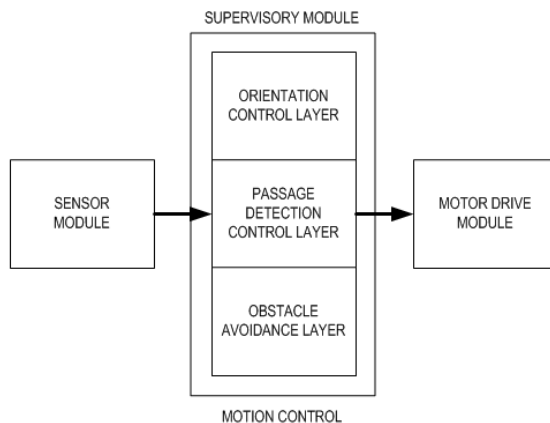
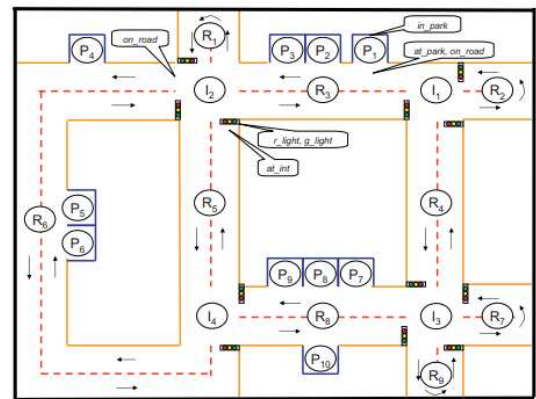


Fig 1. Block Diagram of System

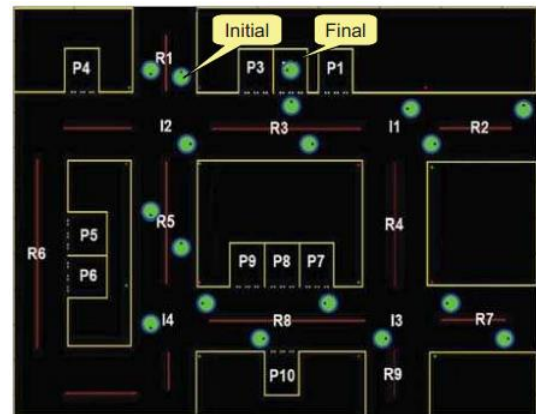
The sensor module will sense all the obstacles in the path of the robot and if find any obstruction, it will compute the distance between them i.e. the obstacles and the robot; and notifies it to the motion controller to manage. The motor driver module maintains all the information needed to travel from source to destination distance traveled and also take care of movement of robot in a specific direction. The decision making part of the robot is handled by the supervisor module, which instructs the sensor module regarding the sensor sequence to be fired and commands the

motor driver module to move in a particular direction along with the direction to turn if there is an obstacle. It also sets the speed with which the robot should move. These navigational decisions are made utilizing a control algorithm of the supervisor module.

- A computational framework and an experimental setup for deployment of autonomous cars in a miniature Robotic Urban-Like Environment (RULE) [6]. There are several aspect proposed to implement framework, as follows:
 - ✓ Robot Transition System



(a)



(b)

Fig 2. (a) A schematic representation of the city environment; (b) Snapshots from a movie produced with our simulator showing a robot executing the motion

Each state models a behavior or a collection of related robot behaviors where each is implemented as a low-level feedback controller. There is a transition from a robot state to another once an event (input) is triggered by the environment or the robot itself. For instance, in state Drive, the robot moves at constant speed in a lane while looking for intersections and parking spaces. When an intersection or a parking space is found, the

event `at_int` at `_park` is generated, and the robot transits to the next state. The robot is initiated either in parking wait or drive. If the robot is driving on a street and reaches an intersection, the event `at_int` is triggered, which forces the robot to transfer to the Intersection wait state.

✓ Environment Transition System

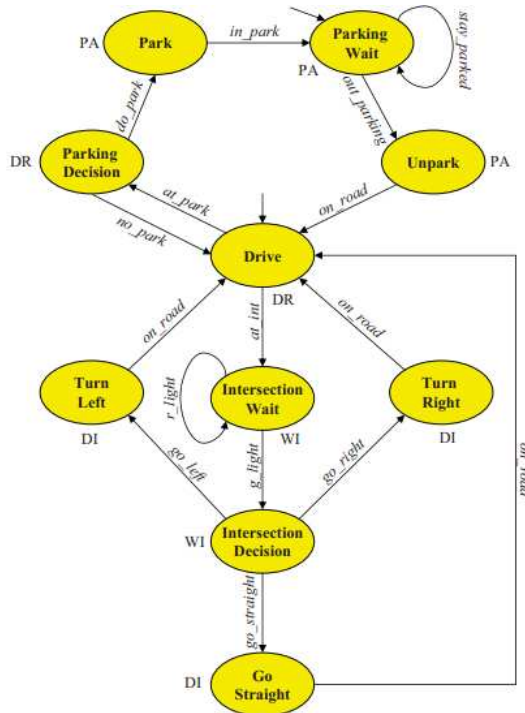


Fig 3. The robot transition system (TR). The states label robot behaviors (e.g., Drive, Park). The transitions are enabled by inputs that can be robot decisions (e.g., `go_left`) or environmental events (e.g., `at_int`). The observations (e.g., DR = "Drive on a road", DI = "Drive through an intersection") are high-level descriptions of the robot behavior.

Based on the picture number 2, the environment comes with a label or mark that can be read by an infrared sensor which is owned by the robot. Based on these signs will identify the robot or the obstacles in front of robot. For example I_i , the robot will recognize that there is an intersection ahead. And if the robot is in the parking area, if the sensor captures R_n word, it means no parking area.

Based on the picture number 3, we can see the transfer status of the algorithm moves the robot to follow the infrared sensor.

The transition systems to model the motion and sensing capabilities of the robots and the topology of the environment, formulas of Linear Temporal Logic (LTL) to allow for rich specifications, and

tools resembling model checking to generate robot control strategies and to verify the correctness of the solution.

- Road junctions are important objects for all traffic related task, and are essential e.g. for vehicle navigation system [7]. They also play a major role in topographic mapping. For automatically capturing road junction from images models are needed, which describe the main aspect. The whole feature serves as input an artificial neural network. The neural classifier decides for a search window, whether it's central pixel is a part of road junction or not.

Edge detection is a fundamental tool in image processing, machine vision and computer vision, particularly in the areas of feature detection and feature extraction, which aim at identifying points in a digital image at which the image brightness changes sharply or, more formally, has discontinuities [8].

The development of the junction operator started with a model-building step. In this phase image samples of different type of road junctions were collected. The obtained data set contained crossings with different road widths and or intentions. In order so me what simplify the task the type of the junctions was limited on several arm junctions.

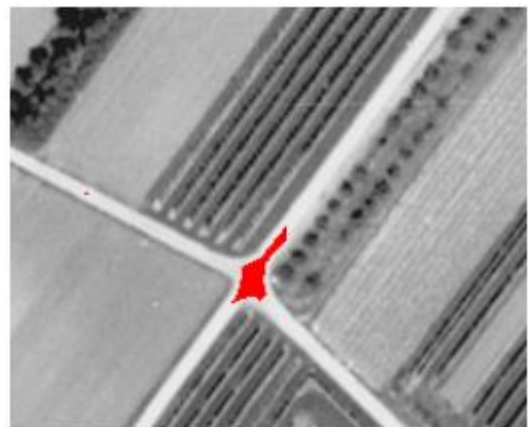


Fig 4. Recognition accuracy of the junction operator on known sample

The trained junction operator was first tested on known images, i.e. with images from the training set. Fig. 4 shows the correct identification of a 4-arm junction.

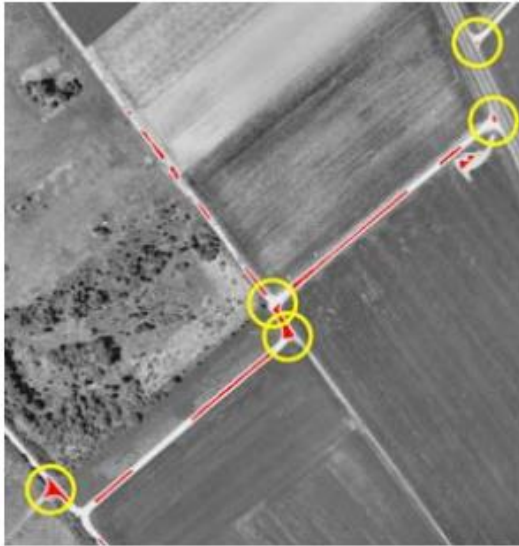


Fig 5. Detected junctions in the other part of the study area.

Fig. 5. All junctions were detected, except one in the left bottom corner. The shadows have the effect that no straight edge vector was detected, thus the crossing was not found.

The used vectors are derived by edge detection techniques. Obviously, these techniques do not only find road edges, but also all similar gray level edges all over the image. In order to reduce this ambiguity that has focused on the evaluation of the extracted edges by introducing the central circle criterion. The selected edge vectors were used to derive features, which in conjunction with raster features were the inputs for the artificial neural network.

- Swarm intelligence (SI) is the collective behavior of decentralized, self-organized systems, natural or artificial. The concept is employed in work on artificial intelligence. The expression was introduced by Gerardo Beni and Jing Wang in 1989, in the context of cellular robotic systems [9]. Unmanned vehicles are used to explore physical areas where humans are unable to go due to different constraints [10]. There have been various algorithms that have been used to perform this task. Swarm intelligence for searching a given problem space for a particular target(s). The work in this paper has two parts. In the first part, a set of randomized unmanned vehicles are deployed to locate a single target. In the second part, the randomized unmanned vehicles are deployed to locate various targets and are then converged at one of targets of a particular interest. Each of the targets carries transmits some information which draws the attention of the randomized unmanned vehicles

to the target of interest. The Particle Swarm Optimization (PSO) has been applied for solving this problem. Results have shown that the PSO algorithm converges the unmanned vehicles to the target of particular interest success and quickly.

The following is the quality factor.

$$V_{\text{new}} = w_i * V_{\text{old}} + c_1 * \text{rand}() * (P_{\text{best}} - P_{\text{old}}) + c_2 * \text{rand}() * (G_{\text{best}} - P_{\text{old}}) \dots \dots \dots (1)$$

$$P_{\text{new}} = P_{\text{old}} + V_{\text{new}} \dots \dots \dots (2)$$

Where,

- ✓ V_{new} = New velocity calculated for each particle;
- ✓ V_{old} = Velocity of the particle from the previous iteration;
- ✓ P_{new} = New position calculated for each particle;
- ✓ P_{old} = Position of the particle from the previous iteration;
- ✓ P_{best} = Particle' best position;
- ✓ G_{best} = The best position a particle attained in the whole population swarm
- ✓ w_i = Inertial weight constant
- ✓ c_1 & c_2 = Weights for the terms dependent on the particles' position (acceleration constants)

The procedure for the implementation of PSO involves the following basic steps as follows:

- i. Define the problem space with its boundaries.
- ii. Initialize an array of particles with random positions and velocities. These random positions are initially assigned to be the P_{best} of the particles. Also initialize the target(s) position(s).
- iii. Evaluate the desired fitness function of the particles in step (ii). In this case, the Euclidean distance from the target. Select the G_{best} from the P_{best} of the particles.
- iv. Compute the particles' new velocities and positions using (i) and (ii) respectively.
- v. Check if the particles are within the problem space. If the particles are not within the problem space, then the velocity is set to the maximum velocity (re-defined) and the particle's new position is set to its previous best position.
- vi. Calculate the new fitness function for all the particles' new positions. Determine the particles' new P_{best} . compare with the particles' previous P_{best} and update the value with the new one if necessary.
- vii. Calculate the new global best position G_{best} among all the particles' new P_{best} . Compare with the previous best and update the global best before the next iteration.

viii. The steps (iv) to (vii) are repeated until all the particles have attained their desired fitness.

The differences between particles positions with respect to the global best (G_{best}) and the respective particle's best (P_{best}) are weighted by the constants c_1 and c_2 and a random number between 0 and 1.

III. RESULT AND DISCUSSION

Having reviewed various papers as mentioned above, here is the result as follows:

- Since 2010, developments in information technology associated with the automotive industry can be said to be one entity, this can be seen from the self-driving car developed by Google [11]. AI techniques approach the autonomous car is an important part in the study. Autonomous car with fuzzy logic approach to engineering, computer vision, neural networks, swarm intelligence and the most frequently used. The whole AI techniques that have been mentioned above, facilitates the selection of the industry in technological approaches that may be developed.
- Based on the above four techniques, it is difficult if the use of AI techniques done partially on the autonomous car. This is due to each technique has its own advantages and disadvantages. The incorporation of several techniques in developing the autonomous car needs to be done further research to get the best results. So that the resulting product or a car could answer the needs of the market at the time.
- Self-driving cars are no longer just the stuff of science fiction. Increasingly, they're becoming a reality.

IV. CONCLUSIONS

AI is now applied in various fields such as education, industry, health, banking, entertainment, research and so forth. [12] In automotive industry, AI approaches in the smarter vehicles could help make transportation safer and more efficient: Cars would drive closer to each other, making better use of the 80 percent to 90 percent of empty space on roads, and also form speedy convoys on freeways. They would react faster than humans to avoid accidents, potentially saving thousands of lives. Vehicles would become a shared resource, a service that people would use when needed. You'd just tap on your smart phone, and an autonomous car would show up where you are, ready to drive you anywhere. You'd just sit and relax or do work. This is one way we see in the future this technology can actually make transportation better, make it more efficient.

V. REFERENCES

- [1] D.A. Boehm-Davis, A. Marcus, et al, The next revolution: vehicle user-interfaces and the global rider/driver experience, CHI EA '03 CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems, Pages 708-709.
- [2] W. Schafer, H. Wehrheim, The Challenges of Building Advanced Mechatronic Systems, FOSE '07 2007 Future of Software Engineering, Pages 72-84.
- [3] A. Reuschenbach, M. Wang, et al, iDriver - Human Machine Interface for Autonomous Cars, ITNG '11 Proceedings of the 2011 Eighth International Conference on Information Technology: New Generations, Pages 435-440.
- [4] V. Kapse, B. Jharia, et al, A Design of Fuzzy Controller for Autonomous Navigation of Unmanned Vehicle, International Journal of Artificial Intelligence and Expert Systems, Pages 65-74.
- [5] Novák, V., Perfilieva, I. and Mockor, J. (1999) Mathematical principles of fuzzy logic Dodrecht: Kluwer Academic. ISBN 0-7923-8595-0.
- [6] M. Lahijanian, M. Kloetzer, et al, Automatic deployment of autonomous cars in a robotic urban-like environment (rule), ICRA'09 Proceedings of the 2009 IEEE international conference on Robotics and Automation, Pages 2684-2689.
- [7] A. Barsi, C Heipke, Detecting road junctions by artificial neural networks, Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, 2003. 2nd GRSS/ISPRS Joint Workshop on, Page(s): 129 - 132.
- [8] Lindeberg, Tony (2001), "Edge detection", in Hazewinkel, Michiel, Encyclopedia of Mathematics, Springer, ISBN 978-1-55608-010-4.
- [9] Beni, G., Wang, J. Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems, Proceed. NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems, Tuscany, Italy, June 26-30 (1989).
- [10] D. Sheetal, Venayagamoorthy, et al. Unmanned vehicle navigation using swarm intelligence, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2004.
- [11] J. Makoff, Google Cars Drive Themselves, in Traffic, 2010, Retrieve on June 22, 2012, http://www.nytimes.com/2010/10/10/science/10google.html?_r=2&pagewanted=all.
- [12] E. Guizzo, How Google's Self-Driving Car Works, 2011, Retrieve on June 22, 2012,

<http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/artificial-intelligence/how-google-self-driving-car-works/>

Strategi Penyusunan *Knowledge Management* Pada Perusahaan BUMN PT. XYZ Persero

¹⁾Dwi Atmodjo WP, ²⁾Mardiana Purwaningsih

¹⁾Program Studi Sistem Informasi, ²⁾Program Studi Sistem Komputer

Fakultas Teknologi Informasi, Asian Banking – Finance and Informatic Institute Perbanas, Jakarta

Jalan Perbanas, Karet Kuningan, Setiabudi, Jakarta, Indonesia, 12940

¹⁾Email: dwi4doc@yahoo.com, ²⁾mardiana@perbanasinstitute.ac.id

Abstract - Knowledge will be a competitive advantage to survive, because knowledge has four criteria of resources that support this competitive advantage, which is valuable, rare, difficult to imitate, and hard to replace. And also, knowledge must be able to be exploited by a firm's organizational processes. This is a research that evaluates the implementation of Knowledge Management program in PT. XYZ Persero, before they take the next step. This result shows that PT. XYZ has not succeeded in establishing a culture of sharing knowledge and awareness. It showed by the absence of positive relationship between collaboration and trust with knowledge creation process. PT. XYZ has a tremendous potential in a learning culture and T-Shaped Skills, so PT. XYZ will have employees who are very knowledgeable. This knowledge will be a competitive advantage for personal gain such as the achievement of individual performance. PT. XYZ can be said to be successful, namely the presence of a positive relationship between IT support to the process of knowledge creation

Abstrak - Pengetahuan menjadi keunggulan bersaing dalam suatu perusahaan karena memiliki empat kriteria sumber daya yaitu: berharga, langka, sulit ditiru, dan sulit digantikan, serta dapat dieksploitasi oleh proses organisasi sebuah perusahaan. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi proses implementasi *Knowledge Management* di PT. XYZ Persero, sebelum dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa PT. XYZ belum berhasil membangun budaya dan kesadaran dalam berbagi pengetahuan, yang ditunjukkan dengan tidak adanya hubungan positif antara kolaborasi dan kepercayaan dengan proses kreasi pengetahuan. Walaupun karyawan PT. XYZ memiliki potensi yang luar biasa dalam budaya belajar, tetapi masih digunakan untuk meningkatkan kompetensi secara pribadi. Hasil lain menunjukkan bahwa PT. XYZ berhasil membangun TI yang mendukung proses kreasi pengetahuan.

Kata kunci - pengetahuan, *competitive advantage*, *knowledge development*, berbagi pengetahuan

I. PENDAHULUAN

Mengapa pengetahuan dapat menjadi keunggulan bersaing yang bertahan? Karena pengetahuan menurut Munir (2008) [1] memiliki empat kriteria sumber daya yang mendukung keunggulan bersaing, sebagaimana diutarakan oleh Barney (1991, dalam Munir, 2008) [1]. Keempat kriteria tersebut adalah berharga, langka, sulit ditiru, dan sulit digantikan. Dalam buku terbarunya, *Resource-Based Theory: Creating and Sustaining Competitive Advantage*, Barney dan Clark (2007) [1] telah mengukuhkan bahwa kriteria tersebut tidak hanya sebuah pandangan, tetapi sudah merupakan sebuah teori. Selain itu, Barney dan Clark (2007) [1] juga sudah menambahkan satu kriteria lagi agar sebuah sumber daya dapat mendukung keunggulan bersaing, yaitu sumber daya tersebut harus dapat dieksploitasi oleh proses organisasi sebuah perusahaan (*it must be able to be exploited by a firm's organizational processes*).

Melihat pentingnya KM dalam mendukung sebuah perusahaan untuk menciptakan nilai dan menghasilkan keunggulan bersaing, PT. XYZ, sebagai sebuah perusahaan BUMN yang bertumpu pada potensi insani dalam mencapai visinya menjadi perusahaan kelas dunia yang bertumbuh-kembang, unggul, dan terpercaya sangat menyadari akan pentingnya pengelolaan pengetahuan terbatinkan yang dimiliki oleh setiap karyawannya. Bukti keseriusan PT. XYZ terhadap pentingnya pengelolaan pengetahuan terbatinkan yang dimiliki oleh karyawannya adalah membentuk fungsi KM yang dipimpin oleh seorang Vice President KM, digabungkan dengan Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum serta berada di bawah Kepala Divisi Pengembangan Sistem SDM (KDIV SDM). Manajer senior kebijakan KM dan manajer senior pengelolaan KM merupakan dua jabatan di bawah KDIV SDM yang bertanggung jawab dalam menjalankan KM di PT. XYZ.

Dalam mencapai visi-misi KM, PT. XYZ membagi strateginya menjadi tiga tahapan yaitu: Tahap pertama adalah strategi bertahan (2008-2009); pada tahap ini PT. XYZ akan membangun budaya dan kesadaran serta menyediakan alat bantu dan forum dalam berbagi pengetahuan. Tahap kedua adalah strategi stabil (2010-2011); dalam tahap ini PT. XYZ akan menanamkan KM ke dalam proses bisnis dan menyediakan infrastruktur KM berupa teknologi kolaboratif. Terakhir, tahap ketiga adalah strategi bertumbuh (2012-2016); di tahap ini PT. XYZ akan menjadikan inovasi sebagai pendorong bisnis, baik nasional maupun internasional.

Dalam mengimplementasikan strategi bertumbuhnya, PT. XYZ melaksanakan berbagai aktivitas KM yang juga merupakan *Key Performance Indicators* (KPI) dari setiap unit bisnis PT. XYZ yaitu: 1) membangun *Community of Practice* (CoP); 2) mengadakan forum berbagi pengetahuan; 3) perpindahan pengetahuan *tacit* ke *explicit* melalui *knowledge capturing*; 4) pengorganisasian kepastakaan; dan 5) menjadikan inovasi sebagai pendorong bisnis.

Sebelum melaksanakan strategi stabil 2010-2011, PT. XYZ melakukan evaluasi terlebih dahulu terhadap pelaksanaan strategi bertahan 2008-2009 agar PT. XYZ dapat meningkatkan kinerja dan efektifitas KM sebagaimana dikatakan oleh Yu *et al* (2006, dalam Yu *et al* 2009) [2] bahwa dengan evaluasi KM, manajer KM dapat membuat rencana strategi yang efektif dalam meningkatkan kinerja KM. Berdasarkan konteks kebutuhan PT. XYZ dalam mengevaluasi strategi bertahan 2008-2009, maka model yang digunakan untuk evaluasi tersebut adalah model Lee dan Choi (2003) [3]. Alasan digunakannya model Lee dan Choi karena konsep ini memiliki beberapa kelebihan yaitu penekanan model ini terhadap proses kreasi pengetahuan di mana PT. XYZ dalam strategi bertumbuhnya berusaha untuk membangun budaya dan kesadaran dalam berbagi pengetahuan. Proses berbagi pengetahuan merupakan salah satu model konversi pengetahuan dalam proses kreasi pengetahuan yaitu sosialisasi apabila terjadi diskusi, berbagi pengalaman sukses dan eksternalisasi apabila seseorang menuliskan dalam bentuk artikel atau slide presentasi.

II. HASIL DAN ANALISIS DATA

Jenis kuesioner yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah jenis kuesioner tertutup (*close ended*) menggunakan skala *Likert* empat poin, dengan alasan menghindari *central tendencies*. *Central tendencies* terjadi karena para responden berusaha untuk menyenangkan atau membantu para peneliti, atau merespon berdasarkan apa yang responden anggap diterima secara norma sosial (Lee & Choi, 2003) [3].

Dengan menggunakan skala *Likert* yang tidak memiliki titik tengah atau *midpoint*, diharapkan dapat membantu mengurangi bias tersebut tanpa harus mengubah arah opini tersebut (Garland, 1991 dalam Lee & Choi, 2003) [3]. Skala empat poin *Likert* dalam penelitian ini adalah Sangat Tidak Setuju, Tidak Setuju, Setuju, dan Sangat Setuju.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh karyawan PT. XYZ yang unitnya telah mengimplementasikan inisiatif KM dan berada di wilayah Jakarta dan sekitarnya. Jumlah sampel adalah 193 responden. Dari 193 responden yang mengisi kuesioner, 90 responden (46,6%) berada pada peringkat *specific*, 34 responden (17,6%) berada pada peringkat *basic* dan peringkat *system*. Kemudian 28 responden (14,5%) berada pada peringkat *Optimization*, 7 responden (3,6%) berada pada peringkat *advanced* dan responden yang berada pada peringkat *integration* adalah nihil (0%). Peringkat *integration* dalam penelitian ini tidak terwakili karena jabatan-jabatan yang membutuhkan peringkat *integration* merupakan jabatan-jabatan puncak pada unit-unit dimana dilakukan penelitian ini. Sehingga sulit untuk dilakukan pengambilan data karena padatnya jadwal responden. Dapat dikatakan bahwa sebesar 64,2% responden yang mengisi kuesioner berada pada jenjang jabatan supervisor baik atas maupun dasar, 17,6% merupakan staff, 14,5% adalah deputi manajer (manajemen dasar), dan 3,6% adalah manajer (manajemen menengah).

Data diolah menggunakan metode *multiple regression* dengan *software* SPSS versi 17. *R-Square* untuk prediktor kolaborasi, kepercayaan, belajar, sentralisasi, formalisasi, *T-Shaped Skills* dan dukungan TI terhadap kriteria Proses Kreasi Pengetahuan, Sosialisasi, Eksternalisasi, Kombinasi, dan Internalisasi ditunjukkan pada Tabel 1. *R-Square* untuk kriteria Proses Kreasi Pengetahuan sebesar .705, menunjukkan bahwa ketujuh prediktor secara bersama-sama mempengaruhi proses kreasi pengetahuan sebesar 70,5% dan terdapat 29,5% variansi lain yang mempengaruhi proses kreasi pengetahuan yang tidak dijelaskan dalam penelitian ini. Apabila dilihat dari setiap tahapan proses kreasi pengetahuan, ketujuh prediktor tersebut secara bersama-sama paling mempengaruhi proses internalisasi dibandingkan tahapan lain yaitu sebesar .608 atau sebesar 60,8% dan paling kurang mempengaruhi pada tahap eksternalisasi yaitu sebesar .403 atau 40,3%. Jika ketujuh variabel ini secara bersama-sama terjadi di dalam PT. XYZ, antar karyawan saling membantu dan percaya, karyawan senang belajar, kewenangan terdesentralisasi, perusahaan juga tidak terlalu kaku terhadap peraturan-peraturannya, karyawan tahu pengetahuan apa yang perlu digabungkan dengan pengetahuannya serta didukung oleh TI, maka 60,8%

proses konversi pengetahuan eksplisit ke pengetahuan terbatinkan terjadi di dalam PT. XYZ. Hal ini memungkinkan PT. XYZ untuk menghasilkan pengetahuan operasional dari setiap pengetahuan eksplisit yang dimiliki PT. XYZ.

Hipotesis pertama dalam penelitian ini adalah “terdapat hubungan yang positif antara kolaborasi dengan proses kreasi pengetahuan”. Berdasarkan hasil pengolahan data diketahui bahwa tidak terdapat hubungan yang positif antara kolaborasi dengan proses kreasi pengetahuan yang mengakibatkan **Hipotesis alternatif (Ha) pertama ditolak** dan hipotesis null (H0) diterima. Sehingga dapat dikatakan bahwa perilaku mendukung dan menolong secara aktif di dalam organisasi tidak berhubungan secara positif terhadap kreasi pengetahuan. Hal ini sejalan dengan hasil survei budaya yang menunjukkan hasil bahwa PT. XYZ cenderung memiliki budaya individualis yang berarti para anggota komunitasnya memiliki keterikatan yang longgar antar individu (PT. XYZ, 2006) [6]. Dengan tidak adanya kolaborasi antar karyawan, maka keterbukaan dan pertukaran pengetahuan pun akan makin rendah, sehingga kemungkinan PT. XYZ melakukan kreasi pengetahuan baru pun akan makin kecil, karena pertukaran pengetahuan diantara anggota kelompok yang berbeda merupakan prasyarat dari penciptaan pengetahuan (Lee & Choi, 2003) [3].

Hipotesis alternatif kedua dalam penelitian ini adalah terdapat hubungan yang positif antara kepercayaan dengan proses kreasi pengetahuan. Dari hasil pengolahan data diketahui bahwa tidak terdapat hubungan yang positif antara kepercayaan dan proses kreasi pengetahuan, sehingga **Hipotesis alternatif (Ha) kedua dalam penelitian ini ditolak**, dan H0 ditegaskan. Tidak adanya hubungan yang positif antara kepercayaan dengan proses kreasi pengetahuan serta antara kolaborasi dengan proses kreasi pengetahuan memperkuat kemungkinan rendahnya terjadi proses pertukaran pengetahuan antar karyawan. Hal ini disebabkan karena ketidakpercayaan antar karyawan merupakan salah satu kunci hambatan dalam pertukaran pengetahuan (Szulanski, 1996 dalam Lee & Choi, 2003) [3]. Selain itu menurut Hendlund (1994) serta Jarvenpa dan Staples (2000) dalam Lee dan Choi (2003) [3], ketidakpercayaan mengakibatkan karyawan di dalam tim lintas fungsi menahan informasi. Kondisi ini ditambah dengan rendahnya kolaborasi, dimana kolaborasi menurut Lee dan Choi (2003) [3] dapat meningkatkan keterbukaan dan pertukaran pengetahuan serta menurunkan rasa takut antar karyawan.

Terdapat hubungan yang positif antara belajar dengan proses kreasi pengetahuan merupakan Hipotesis alternatif (Ha) ketiga dalam penelitian ini. Berdasarkan hasil pengolahan data ditemukan bahwa **Hipotesis**

alternatif (Ha) diterima dan H0 ditolak. Hal ini menandakan bahwa terdapat hubungan yang positif antara belajar dengan proses kreasi pengetahuan. Belajar tidak hanya memiliki hubungan yang positif dengan proses kreasi pengetahuan tetapi juga dengan setiap tahapan dari proses kreasi pengetahuan, yaitu sosialisasi, eksternalisasi, kombinasi, dan internalisasi. Hal ini menandakan bahwa karyawan PT. XYZ selalu berusaha untuk mengakuisisi pengetahuan baru dari setiap proses (sosialisasi, eksternalisasi, kombinasi, dan internalisasi) demi karyawan PT. XYZ mendapatkan pengetahuan baru. Ini merupakan potensi yang luar biasa bagi karyawan PT. XYZ karena budaya belajar merupakan salah satu kunci sukses dalam proses kreasi pengetahuan (Lee & Choi, 2003) [3].

Prediktor keempat dalam penelitian ini adalah variabel sentralisasi. Hipotesis alternatif keempat adalah terdapat hubungan yang negatif antara sentralisasi dengan proses kreasi pengetahuan. Hasil pengolahan data diketahui bahwa variabel sentralisasi tidak berhubungan dengan proses kreasi pengetahuan. Sentralisasi juga tidak berhubungan dengan setiap tahapan proses kreasi pengetahuan, yaitu sosialisasi, eksternalisasi, kombinasi, dan internalisasi. Sehingga **H0 keempat dalam penelitian ini diterima**. Berdasarkan hasil penelitian ini, kewenangan untuk mengambil keputusan dan kontrol di dalam organisasi, baik sentralisasi maupun desentralisasi tidak mempengaruhi proses kreasi pengetahuan. Sedangkan menurut hasil Employee Engagement Survey (ESS) 2008 (PT. XYZ, 2008) [4] diketahui bahwa karyawan karyawan PT. XYZ tidak memiliki cukup kebebasan untuk membuat keputusan yang dibutuhkan dalam melaksanakan pekerjaan. Hal ini menandakan bahwa PT. XYZ masih berpola sentralisasi dalam pengambilan keputusannya.

Hipotesis alternatif kelima dalam penelitian ini adalah terdapat hubungan yang negatif antara formalisasi dengan proses kreasi pengetahuan. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan antara formalisasi dengan proses kreasi pengetahuan. Formalisasi juga tidak berhubungan dengan setiap tahapan proses kreasi pengetahuan kecuali proses sosialisasi. Pada proses sosialisasi, terdapat hubungan yang negatif antara formalisasi dengan proses kreasi pengetahuan. Sehingga semakin formal sebuah perusahaan maka proses sosialisasi semakin rendah. Berdasarkan hal tersebut, maka **Hipotesis Null (0) kelima dalam penelitian ini diterima**. Kondisi peraturan yang tidak dijalankan perusahaan sebagaimana mestinya menjelaskan mengapa formalisasi tidak berhubungan dengan proses kreasi pengetahuan. Sedangkan khusus untuk proses tahap sosialisasi, dimana hasil penelitian menunjukkan

bahwa terdapat hubungan yang negatif antara formalisasi dengan proses sosialisasi, Ansori (2009) [5] menjelaskan bahwa kelompok informal memiliki arus informasi yang lebih lancar dibandingkan kelompok formal, karena pada situasi informal, baju, atribut, jenjang jabatan itu hilang, sehingga tiap orang lebih bebas dalam mengemukakan pendapatnya. Hal ini sesuai dengan teori yang dikatakan oleh Damanpour (2001 dalam Lee & Choi, 2003) [3] bahwa tingkat formalisasi yang rendah memungkinkan untuk keterbukaan dan variasi yang dapat mendorong terjadinya proses penciptaan ide dan perilaku baru.

Selanjutnya, hipotesis keenam dalam penelitian ini adalah terdapat hubungan yang positif antara *T-Shaped Skills* dengan proses kreasi pengetahuan. *T-Shaped Skills* adalah tingkatan dari pengertian seseorang mengenai area tugas dirinya dan tugas orang lain (Lee & Choi, 2003) [3]. Berdasarkan hasil pengolahan data diketahui bahwa terdapat hubungan yang positif antara *T-Shaped skills* dengan proses kreasi pengetahuan. Hal ini menandakan **Ha keenam dalam penelitian ini diterima**. Sedangkan hubungan antara *T-Shaped Skills* dengan keempat proses kreasi pengetahuan, hanya pada proses internalisasi, *T-Shaped Skills* memiliki hubungan yang positif. Hal ini sesuai dengan apa yang dikatakan oleh Leonard-Barton (1995, dalam Lee & Choi, 2003) [3] bahwa *T-Shaped skills* sangat berharga dalam kreasi pengetahuan karena mereka dapat mengintegrasikan aset pengetahuan yang bermacam-macam. Fenomena membagi pengetahuan ke karyawan lain dengan harapan karyawan tersebut akan membagi pengetahuan yang belum dimilikinya dan dibutuhkannya menggambarkan bagaimana *T-Shaped Skills* terjadi di karyawan PT. XYZ.

Prediktor terakhir untuk kriteria proses kreasi pengetahuan adalah dukungan Teknologi Informasi (TI). Hipotesis alternatif (Ha) yang dibangun adalah terdapat hubungan yang positif antara dukungan TI dengan proses kreasi pengetahuan. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa memang terdapat hubungan yang positif antara dukungan TI dengan proses kreasi pengetahuan. Selain itu dukungan TI juga berhubungan secara positif terhadap setiap proses kreasi pengetahuan yaitu sosialisasi, eksternalisasi, kombinasi, dan internalisasi. Sehingga **Ha ketujuh dalam penelitian ini diterima**. Hasil ini sesuai dengan apa yang dikatakan oleh Riggins dan Rhee (1999, dalam Lee & Choi, 2003) [3] bahwa TI mendukung seluruh model penciptaan pengetahuan dan tidak terbatas hanya kepada mentransfer pengetahuan eksplisit saja. Lee dan Choi (2003) [3] bahkan mengatakan bahwa teknologi informasi memungkinkan organisasi untuk menciptakan (*create*), membagi (*share*), menyimpan (*store*), dan menggunakan (*use*) pengetahuan. Berdasarkan apa yang

diungkapkan oleh Lee dan Choi (2003) [3] dukungan TI merupakan hal yang positif bagi karyawan PT. XYZ karena dapat membantu karyawan PT. XYZ untuk memanifestasikan pengetahuan terbatinkan menjadi pengetahuan eksplisit dan mendistribusikannya ke seluruh organisasi. Hasil yang ditemukan dalam penelitian ini juga sejalan dengan penemuan Ansori (2009) [5] bahwa TI mempermudah komunikasi dan pencarian informasi dan pengetahuan. Karyawan juga akan mencari informasi dan pengetahuan menggunakan dukungan TI, dalam hal ini adalah internet apabila informasi dan pengetahuan tersebut belum ada di dalam perusahaan.

Berdasarkan hasil penelitian, maka dari ketujuh prediktor, hanya tiga prediktor yang berhubungan secara positif terhadap proses kreasi pengetahuan, yaitu belajar, *T-Shaped Skills* dan dukungan TI. Tabel 2 merangkum hasil pengolahan data yang signifikan berpengaruh terhadap kriteria.

Hipotesis alternatif kedelapan dalam penelitian ini adalah terdapat hubungan yang positif antara proses kreasi pengetahuan dengan kreativitas organisasi. Berdasarkan hasil *multiple regression* diketahui bahwa terdapat hubungan positif antara proses kreasi pengetahuan dengan kreativitas. Selain itu, setiap tahap proses kreasi pengetahuan juga memiliki hubungan yang positif terhadap kreativitas organisasi kecuali tahap internalisasi. Sehingga **Ha kedelapan diterima**. Hasil penelitian ini menguatkan penemuan Vicari & Troilo (2000 dalam Lee & Choi, 2003) [3] yang mengatakan bahwa pengetahuan merupakan faktor yang sangat penting dalam kemampuan organisasi untuk menjadi kreatif. Terdapatnya hubungan yang positif antara proses kreasi pengetahuan dengan kreativitas organisasi, salah satunya dapat disebabkan oleh budaya karyawan PT. XYZ yang berorientasi jangka panjang, dimana karyawan lebih menghargai wawasan yang berorientasi ke masa depan (karyawan PT. XYZ, 2006) [6] yang mengakibatkan karyawan mampu menciptakan produk, jasa, ide, atau prosedur yang bernilai dan berguna bagi karyawan yang bekerja bersama-sama dalam sistem sosial yang kompleks (Amabile *et al*, 1996 dalam Lee & Choi, 2003) [3]. Hal ini terbukti dengan meningkatnya jumlah peserta inovasi dari 1059 peserta pada tahun 2008, pada tahun 2009 meningkat sebanyak 18% menjadi 1.253 peserta. Selain itu, kecenderungan jumlah peserta yang mengikuti inovasi dari tahun 1999 hingga tahun 2009, trennya bersifat naik. Tren naiknya peserta yang mengikuti program inovasi merupakan sinyal positif bagi karyawan PT. XYZ.

Sebagaimana diketahui bahwa sosialisasi, eksternalisasi, dan kombinasi berhubungan secara positif terhadap kreativitas organisasi. Aktivitas-

aktivitas KM yang masuk ke dalam KPI unit karyawan PT. XYZ tahun 2009 termasuk dalam proses sosialisasi, eksternalisasi, dan kombinasi, seperti mengadakan forum berbagi pengetahuan, perpindahan pengetahuan terbatinkan ke pengetahuan eksplisit melalui *knowledge capturing*, pengorganisasian kepastakaan, dan pembangunan *Community of Practice* (COP). Ini merupakan hal yang positif karena setiap unit PT. XYZ didorong untuk melakukan proses kreasi pengetahuan yang akan membawa PT. XYZ menjadi lebih kreatif.

Hipotesis terakhir dalam penelitian ini adalah terdapat hubungan yang positif antara kreativitas organisasi dengan kinerja organisasi. Berdasarkan hasil pengolahan data diketahui bahwa terdapat hubungan yang positif antara kreativitas organisasi dengan kinerja organisasi. Walaupun variansi kinerja organisasi hanya dipengaruhi sebesar 19,8% oleh kreativitas organisasi. Sehingga terdapat 80,2% variansi kinerja organisasi yang tidak dijelaskan oleh variabel kreativitas organisasi. Dengan hasil tersebut, maka **Ha kesembilan dalam penelitian ini diterima**. Hasil ini menguatkan juga hasil penemuan Lee & Choi (2003) [3] yang mengatakan bahwa kreativitas organisasi

mengubah (*transform*) pengetahuan menjadi sesuatu yang bernilai bisnis (*business value*). Dapat dikatakan bahwa proses kreasi pengetahuan mempengaruhi kinerja organisasi melalui kreativitas organisasi. Sehingga PT. XYZ perlu lebih banyak melakukan aktivitas kreasi pengetahuan baik sosialisasi, eksternalisasi, dan kombinasi, karena berdasarkan penelitian ini, ketiga tahapan kreasi pengetahuan tersebut berhubungan positif dengan kreativitas organisasi.

Hasil penelitian yang dilakukan dalam studi ini menggambarkan bahwa strategi bertahan karyawan PT. XYZ 2008–2009 yaitu membangun budaya dan kesadaran dalam berbagi pengetahuan belum berhasil. Hal ini dapat disimpulkan dari tidak adanya hubungan positif antara kolaborasi dan kepercayaan dengan proses kreasi pengetahuan. Kolaborasi dan kepercayaan merupakan faktor yang dapat meningkatkan keterbukaan dan pertukaran pengetahuan. Selain itu, karyawan PT. XYZ memiliki potensi yang luar biasa dalam budaya belajar dan *T-Shaped Skills*. Karyawan karyawan PT. XYZ tahu pengetahuan apa saja yang dimilikinya dan pengetahuan apa yang harus dimilikinya agar dapat meningkatkan kompetensinya.

Tabel 1: R-Square Proses Kreasi Pengetahuan & SECI

Variabel	Proses Kreasi Pengetahuan	Sosialisasi	Eksternalisasi	Kombinasi	Internalisasi
Kolaborasi	$R^2 = 0,705$	$R^2 = 0,528$	$R^2 = 0,403$	$R^2 = 0,553$	$R^2 = 0,608$
Kepercayaan					
Belajar					
Sentralisasi					
Formalisasi					
T-Shaped Skill					
Dukungan TI					

Tabel 2: Rangkuman KM Enabler terhadap Proses Kreasi Pengetahuan

Variabel	Proses kreasi Pengetahuan	Sosialisasi	Eksternalisasi	Kombinasi	Internalisasi
Belajar	Signifikan ***	Signifikan ***	Signifikan ***	Signifikan ***	Signifikan ***
Formalisasi		- Signifikan**			
T-Shaped Skill	Signifikan **				Signifikan ***
Dukungan TI	Signifikan ***	Signifikan ***	Signifikan ***	Signifikan***	Signifikan***
*** p < .01; ** p < .05					

Tabel 3: Proses kreasi pengetahuan, Kreativitas Organisasi, dan Kinerja Organisasi

Variable	Kreativitas Organisasi $R^2 = 0,483$ $F = 43,910^{***}$ (N=193)	Kinerja Organisasi $R^2 = 0,198$ $F = 47,056^{***}$ (N=193)
Proses Kreasi pengetahuan	$\beta = 0,670$ $t = 12,461^{***}$	_____
Sosialisasi	$\beta = 0,199$ $t = 2,673^{***}$	_____
Eksternalisasi	$\beta = 0,323$ $t = 4,317^{***}$	_____
Kombinasi	$\beta = 0,311$ $t = 3,607^{***}$	_____
Internalisasi	$\beta = -0,046$ $t = -0,575$	_____
Kreativitas Organisasi	_____	$\beta = 0,445$ $t = 6,860^{***}$
Note: *** $p < 0.01$		

Dengan didasari kemampuan untuk mengakuisisi pengetahuan, karyawan PT. XYZ tidak akan mengalami kesulitan dalam memenuhi kebutuhan pengetahuannya. PT. XYZ akan memiliki karyawan yang sangat berpengetahuan khususnya pengetahuan yang berkaitan dengan pengetahuan operasional, karena *T-shaped Skills* berhubungan secara positif terhadap proses internalisasi. Akumulasi pengetahuan yang dimiliki karyawan PT. XYZ tidak dibagikan kepada karyawan lain tetapi dijadikan *competitive advantage* untuk mendapatkan kepentingan pribadi seperti pencapaian kinerja individu. Pencapaian kinerja individu ini tercemin dalam perilaku “membagi kerja” dan “butuh pengetahuan lain”.

Apabila kondisi ini terus berlangsung, maka dua hambatan yang akan dialami oleh karyawan PT. XYZ adalah sebagai berikut. karyawan PT. XYZ tidak akan mengetahui pengetahuan apa saja yang dimilikinya saat ini (eksis) karena pengetahuan bersifat *competitive advantage* bagi karyawan. Transparansi pengetahuan yang rendah akan menimbulkan kesulitan bagi karyawan PT. XYZ dalam menentukan pengetahuan apa saja yang perlu diakuisisi karena perusahaan tidak memiliki pengetahuan yang dibutuhkan. Pengetahuan apa saja yang perlu dilestarikan karena karyawan PT. XYZ telah memilikinya dan dibutuhkan di masa depan. Serta pengetahuan apa saja yang perlu dikembangkan karena baik internal maupun eksternal, tidak ada yang memiliki (Probst *et al.*, 2000) [9]. Kesalahan dalam mengidentifikasi pengetahuan dapat memungkinkan karyawan PT. XYZ kehilangan pengetahuan yang dapat berdampak kepada terganggunya proses fungsi-fungsi lain, selain itu pengembangan pengetahuan baru dalam *knowledge development* juga dapat terganggu apabila pengetahuan lama yang dibutuhkan sebagai dasar pengembangan pengetahuan hilang.

Pengetahuan yang dianggap sebagai *competitive advantage*, juga akan mempengaruhi proses distribusi

dan berbagi pengetahuan. Ada kemungkinan organisasi tidak akan mengalami peningkatan kualitas pengetahuan karena tidak adanya distribusi dan berbagi pengetahuan sebagaimana dijelaskan oleh Munir (2008) [1]. Munir (2008) [1] menjelaskan terdapat tiga sumber yang dapat menghambat proses distribusi dan berbagi pengetahuan. Karyawan PT. XYZ mengalami hambatan dari sisi sumber pengetahuan yang tidak melihat adanya keuntungan dalam berbagi pengetahuan serta merasa terancam dengan adanya proses berbagi pengetahuan tersebut. Selain itu iklim organisasi yang kurang bersahabat dimana tidak adanya kolaborasi dan kepercayaan antara karyawan serta masih dianggapnya pengetahuan sebagai *competitive advantage* akan sangat menghambat terjadinya penulisan pengetahuan. Sedangkan dalam menyediakan alat bantu dan forum berbagi pengetahuan, karyawan PT. XYZ dapat dikatakan berhasil dalam menyediakan alat bantu untuk proses berbagi pengetahuan, hal ini terlihat dengan terdapatnya hubungan yang positif antara dukungan TI dengan proses kreasi pengetahuan.

III. REKOMENDASI

Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi bertahan PT. XYZ 2008 -2009 belum berhasil membangun budaya dan kesadaran dalam berbagi pengetahuan. Tanpa adanya budaya dan kesadaran dalam berbagi pengetahuan, maka terdapat kemungkinan strategi selanjutnya (stabil dan bertumbuh) tidak akan terimplementasi dengan optimal karena berbagi pengetahuan merupakan dasar dari kreasi pengetahuan. Rekomendasi untuk PT. XYZ berdasarkan hasil penelitian adalah meneruskan strategi bertahan tersebut sampai 2016 di mana strategi bertumbuhnya selesai, karena diperlukan waktu yang cukup dan berkesinambungan untuk menginternalisasi atau menanamkan nilai saling berbagi di sebuah perusahaan

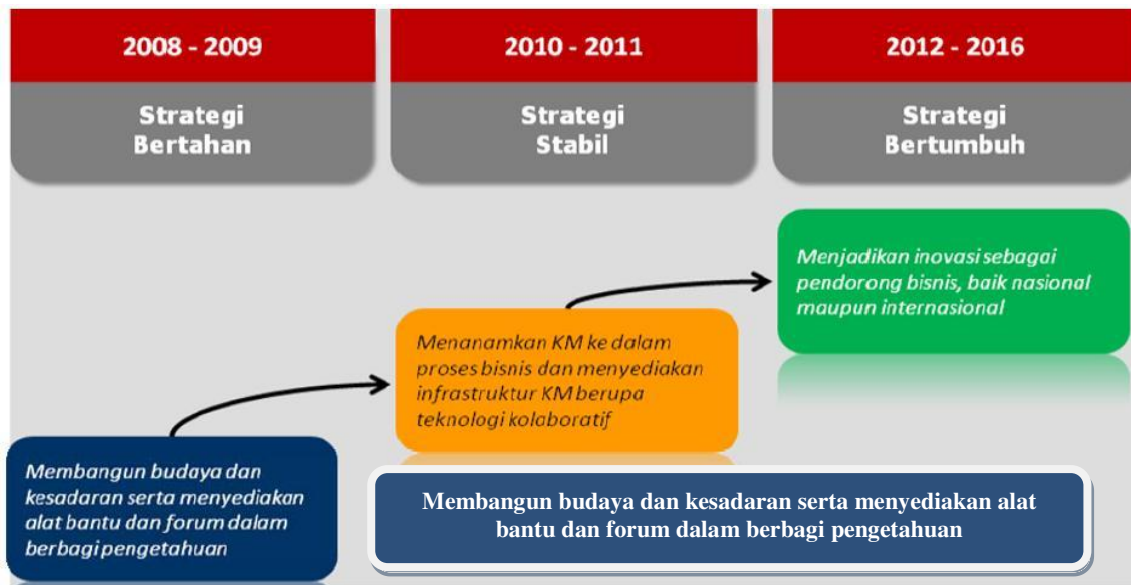
yang individualis (PT. XYZ, 2006) [6]. Saat ini strategi bertahan akan diteruskan dan dilanjutkan ke strategi stabilnya, maka hal ini akan mempengaruhi efektifitas implementasi strategi stabil yang sedang dilaksanakan.

Nonaka dan Takeuchi (1995) [7] menjelaskan tiga cara agar perusahaan dapat melakukan internalisasi kepada karyawannya. Nonaka dan Takeuchi mengatakan bahwa pengalaman-pengalaman yang didokumentasikan akan memfasilitasi proses penyebaran pengetahuan eksplisit kepada orang lain, sehingga membantu orang lain untuk mencoba mengalami pengalaman orang lain (*re-experience*) secara tidak langsung (Nonaka & Takeuchi, 1995 dalam Nonaka & Takeuchi, 2004) [8]. Strategi lain dalam melakukan proses internalisasi dapat juga dengan cara meminta karyawan membaca atau mendengarkan pengalaman-pengalaman sukses. Cerita pengalaman sukses tersebut akan membuat sebagian karyawan merasakan esensi dan kebenaran dari cerita tersebut dan pengalaman ini dapat berubah menjadi model mental terbatinkan (Nonaka & Takeuchi, 1995) [7] Cara lain untuk melakukan internalisasi adalah dengan metode "*learning by doing*". Tekniknya adalah dengan meminta karyawan untuk melakukan pengetahuan eksplisit selama periode tertentu sehingga karyawan dapat "merasakan" pengalaman tersebut secara langsung (*bodily experience*). Pengalaman dalam periode tertentu (*bodily experience*) merupakan hal yang penting dalam proses internalisasi (Nonaka & Takeuchi, 1995) [7]. Apabila proses internalisasi ini terjadi pada banyak orang, maka pengetahuan eksplisit tersebut terdistribusi ke seluruh perusahaan. Bila pengetahuan tersebut berhasil terdistribusi ke seluruh perusahaan dan terjadi

internalisasi di setiap anggota karyawan dalam bentuk model mental bersama, maka pengetahuan terbatinkan tersebut dapat menjadi bagian dari budaya perusahaan (Nonaka & Takeuchi, 1995) [7].

PT. XYZ harus melakukan edukasi terhadap karyawannya mengenai kasus-kasus sukses perusahaan lain yang dapat bertahan hingga saat ini yang karena budaya saling berbagi sehingga karyawan dapat merasakan manfaatnya berbagi pengetahuan. Selain itu PT. XYZ juga dapat melakukan *SHaRing Day* dimana pada hari ini, setiap karyawan harus melakukan minimal 1 kali berbagi terkait dengan pekerjaan kepada rekan kerjanya yang dapat mempermudah pekerjaan. Hal ini dilakukan agar karyawan dapat merasakan manfaat (*bodily experience*) berbagi pengetahuan. Dalam proses pendidikan untuk kenaikan level kompetensi, kasus-kasus nyata dapat dijadikan sebagai bahan ujian sehingga dapat dikumpulkan alternatif solusi terhadap permasalahan yang terjadi di PT. XYZ secara eksplisit.

Salah satu kekurangan dalam penelitian ini adalah masih digunakannya teknik *nonprobability sampling* yaitu dengan menggunakan *convenience sampling* dimana dalam teknik *nonprobability sampling* setiap elemen di dalam populasi tidak memiliki kesempatan yang sama untuk dipilih sebagai sampel yang mengakibatkan hasil penelitian ini tidak dapat digeneralisasikan ke dalam populasi (Sekaran, 2003) [10]. Sehingga pada penelitian selanjutnya, sebaiknya digunakan metode *probability sampling* sehingga hasil dari penelitian ini dapat digeneralisasikan ke dalam populasi.



Gambar 1: Rekomendasi Strategi KM PT. XYZ (Adaptasi dari Tim KM PT. XYZ, 2009)

Selain itu dalam analisis regresi biasa hanya menspesifikasikan pada hubungan kausal antara variabel-variabel teramati yang jarang dapat dilakukan dengan sempurna dan hampir selalu ada kesalahan-kesalahannya. Sedangkan di sisi lain pada model variabel laten *Structural Equation Modeling* (SEM) terjadi di antara variabel-variabel tidak teramati atau variabel laten yang memungkinkan SEM dapat menunjukkan konsep-konsep tidak teramati serta hubungan-hubungan yang ada di dalamnya (Wijanto, 2008) [11]. Kline dan Klammer (2001, dalam Wijanto, 2008) [11] mengemukakan lima alasan untuk menggunakan SEM dibandingkan *multiple regression*. Kelima alasan tersebut yaitu [11]: 1) SEM memeriksa hubungan diantara variabel-variabel sebagai sebuah unit, tidak seperti regresi yang pendekatannya sedikit demi sedikit (*piecemeal*); 2) Asumsi pengukuran yang andal dan sempurna pada regresi tidak dapat dipertahankan, dan pengukuran dengan kesalahan dapat ditangani dengan mudah oleh SEM; 3) *Modification index* yang dihasilkan oleh SEM menyediakan lebih banyak isyarat tentang arah penelitian dan pemodelan yang perlu ditindaklanjuti dibandingkan pada regresi; 4) Interaksi juga dapat ditangani dalam SEM; dan 5) Kemampuan SEM dalam menangani *non recursive paths*. Berdasarkan hal tersebut disarankan pada penelitian selanjutnya digunakan metode SEM agar diketahui hubungan antar variabel-variabel laten dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munir, Ningky. 2008. *Knowledge Management Audit: Pedoman Evaluasi Kesiapan Organisasi Mengelola Pengetahuan*. Jakarta: Penerbit PPM
- [2] Yu, Wen-Der., Chang, Pei-Lun., Yao, Shuen-Ho., Liu, Shen-Jung. 2009. *KVAM: Model for Measuring Knowledge Management Performance of Engineering Community of Practice*. *Construction Management and Economics*. 27. (8). 733 -747
- [3] Lee, H., & Choi, B. 2003. *Knowledge Management Enablers, Processes, and Organizational Performance: An Integrative View and Empirical Examination*. *Journal of Management Information Systems*. 20. (1). 179-228
- [4] PT. XYZ. 2008. *Laporan Employee Engagement Survey 2008*. Jakarta: PT. XYZ (Persero)
- [5] Ansori, A.S. 2009. *Perancangan Communities of Practice: Studi kasus PT. XYZ (Persero)*. Tesis: Institut Teknologi Bandung
- [6] PT. XYZ. 2006. *Survei Tata Nilai, Pedoman Perilaku, Dimensi Budaya, dan Gaya Kepemimpinan PT PT. XYZ (Persero)*. Jakarta: PT. XYZ (Persero)
- [7] Takeuchi, H., & Nonaka, I. 1995. *Hitotsubashi on Knowledge Management*. Singapore: John Wiley & Sons.
- [8] Takeuchi, H., & Nonaka, I. 2004. *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York: Oxford University Press.
- [9] Probst, G. J. B., Raub, S., & Romhardt, K. 2000. *Managing Knowledge: Building Blocks for Success*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- [10] Sekaran, Uma. 2003. *Research Methods For Business: A Skill-Building Approach* 4th Ed. New Jersey:

John Wiley & Sons, Inc.

[11] Wijanto, S.H.2008. *Structural Equation Modeling dengan Lisrel 8.8: Konsep dan Tutorial*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Prototipe Model Prediksi Peluang Kejadian Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Tipe Mamdani dan Sugeno

Iis Widya Harmoko¹, Nazori AZ²

Program Studi Magister Ilmu Komputer Universitas Budi Luhur

¹denmoko@gmail.com, ²nazori@budiluhur.ac.id

Abstrak – Kajian prediksi cuaca merupakan tantangan yang selalu menarik untuk diteliti. Walaupun telah ada beberapa metode prediksi cuaca, namun hasilnya belum memberikan akurasi yang baik. Penggunaan fuzzy logic ini telah dibuktikan oleh para ilmuwan untuk dapat diterapkan dengan ekspresi yang tidak pasti, tidak jelas dan kualitatif dari sebuah sistem. Metode ini menghasilkan prosentase kesalahan yang lebih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk membangun algoritma prediksi peluang kejadian hujan menggunakan fuzzy logic tipe mamdani dan sugeno, serta membandingkan hasil model untuk mengetahui ketepatan hasil prediksi. Data input adalah parameter-parameter dalam skala meteorologi yang mempengaruhi proses terjadinya hujan. Parameter diklasifikasikan dalam beberapa kategori untuk memudahkan dalam membuat aturan (rule IF-THEN). Model dibangun dan hasilnya diuji pada musim hujan, musim kemarau dan musim pancaroba dengan data observasi. Hasil verifikasi menyatakan bahwa tipe mamdani lebih handal sebagai model prediksi cuaca dengan prosentase akurasi 77%, 80% dan 84%. Sementara tipe sugeno memperoleh prosentase akurasi 32%, 63% dan 42%.

Kata kunci – *Fuzzy Logic, Prediksi Cuaca, Mamdani, Sugeno, Skala Meteorologi*

Abstract – Study of weather prediction is a challenge that is always interesting to study. Although there was several methods of weather prediction, but the results have not provided good accuracy. The use of fuzzy logic has been proven by scientists to be applied to the expression of uncertainty, it is not clear and qualitative from a system. This method produces lower error percentage. This study aims to develop opportunities rainfall prediction algorithm using fuzzy logic type Mamdani and Sugeno, and compare the model results to determine the accuracy of the prediction results. The data are input parameters in the scale meteorological processes that influence the occurrence of rain. Parameters are classified into several categories to make it easier to make the rules (IF-THEN rules). The model was built and the results were tested in the wet season, dry season and transition season with observational data. Results of verification states that Mamdani type is more reliable as a weather prediction models with the accuracy percentage of 77%, 80% and 84%. While the percentage of accuracy obtained Sugeno type 32%, 63% and 42%.

Keyword : *Fuzzy Logic, Weather Prediction, Mamdani, Sugeno, Meteorology Scale*

I. PENDAHULUAN

Metode dalam prediksi cuaca merupakan tantangan yang senantiasa menarik untuk dikaji. Meskipun telah ada beberapa metode prediksi cuaca, namun keluaran yang dihasilkan belum mampu memberikan ketepatan yang tinggi dan bisa digunakan di setiap wilayah [1]. Artinya hasil yang diperoleh tidak stabil dan berubah-ubah.

Dalam memprediksi kondisi cuaca, bagian faktor anteseden dan konsekuen yang menunjukkan ketidakjelasan dan ambiguitas sedang dikembangkan dengan logika dan algoritma yang valid. Penggunaan fuzzy logic ini telah dibuktikan oleh para ilmuwan untuk dapat diterapkan dengan ekspresi yang tidak pasti, tidak jelas dan kualitatif dari sebuah sistem. Prediksi cuaca adalah salah satu tanggung jawab operasional yang paling penting dan menuntut untuk dilakukan oleh layanan meteorologi di seluruh dunia. Ini adalah prosedur rumit yang mencakup berbagai bidang teknologi khusus. Teknik pemodelan prediksi cuaca antara lain *multiple regression* dan *fuzzy inference system* (FIS). Model FIS menghasilkan prosentase kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan regresi. Dari salah satu perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode fuzzy dapat memberikan hasil yang sama seperti pada model yang digunakan sebelumnya. Namun metode ini memiliki keuntungan dalam analisis untuk memahami dan berinteraksi dengan model yang menggunakan aturan fuzzy [2].

Dengan menggunakan model prediksi cuaca secara tepat, akan memiliki skenario dalam penentuan hasil yang diharapkan [3]. Sehingga apabila terjadi ketidakakuratan hasil diprediksi akan segera dievaluasi untuk mencari parameter-parameter yang sesuai. Banyak model prediksi cuaca telah dikembangkan dalam dunia meteorologi di seluruh dunia, baik model dinamis maupun model statistik [4]. Tapi model tersebut tidak tepat merepresentasikan parameter-parameter di khatulistiwa yang sangat

dinamis seperti Indonesia [5]. Akibatnya model prediksi memiliki banyak sekali kelemahan dan kurang menggambarkan kondisi sebenarnya dari atmosfer Indonesia.

Identifikasi Masalah dalam penelitian ini, metode fuzzy mempunyai potensi menjadi model prediksi cuaca dengan tingkat akurasi yang tinggi dan kesalahan yang rendah. Serta melihat sejauh mana keakuratan hasil prediksi fuzzy logic dalam memprediksi peluang kejadian hujan, sehingga model ini dapat di gunakan sebagai acuan dalam melakukan prediksi dan dapat diterapkan dan dikembangkan untuk wilayah-wilayah lain.

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah mengetahui bagaimana perbandingan hasil penerapan fuzzy logic dengan metode mamdani dan sugeno dengan hasil observasi terhadap tingkat akurasi kejadian hujan.

Tujuan penelitian yang akan dilakukan antara lain membangun algoritma prediksi peluang kejadian hujan menggunakan model fuzzy logic tipe Mamdani dan Sugeno, serta membandingkan hasil fuzzy logic mamdani dan sugeno untuk mengetahui ketepatan hasil prediksi.

II. KERANGKA PEMIKIRAN

Prediksi cuaca merupakan rangkuman informasi kondisi cuaca harian hingga mingguan, sedangkan prediksi iklim umumnya merupakan unsur – unsur iklim yang umumnya untuk wilayah Indonesia adalah prediksi hujan bulanan atau prediksi hujan yang berlangsung dalam satu musim. Dengan demikian jenis prediksi cuaca dan iklim dibedakan dalam kurun waktu dan jenis unsur yang diprakirakan, dimana prediksi cuaca lebih banyak menyebutkan hampir semua unsur cuaca dan prediksi iklim umumnya berkisar pada kuantitas curah hujan dan awal musim. Prediksi cuaca dan iklim merupakan bagian dari sistem informasi yang digunakan untuk melihat kondisi alam untuk waktu mendatang (harian hingga mingguan disebut prediksi cuaca, bulanan/musiman/tahunan disebut prediksi bulanan/musiman/tahunan) yang merupakan hasil analisis dan pengolahan data baik dari data yang lalu yang umumnya disebut data iklim maupun data yang terakhir. Suatu sistem prediksi cuaca dan iklim menjadi suatu rentetan hasil pengamatan cuaca yang terus – menerus, selanjutnya pengumpulan data untuk di olah dengan menggunakan persamaan matematika dan hasil olahan terakhir berupa angka yang menunjukkan unsur cuaca atau iklim tertentu seperti hujan, angin, suhu, kelembapan, dsb [6].

Wilayah tropis yang terletak diantara *Tropics of Cancer* dan *Capricorn* (antara 23.5° LU hingga 23.5° LS), dikenal sebagai wilayah dengan kondisi atmosfer

yang relatif homogen. Walaupun homogen, tetapi terdapat beberapa perbedaan dalam beberapa hal, misalnya daerah paling basah maupun daerah paling kering. Hal tersebut terjadi karena ada faktor-faktor yang mempengaruhi cuaca, sehingga dalam melihat pola cuaca di Indonesia harus memperhatikan skala meteorologi yang terjadi [7].

Skala meteorologi yang mempengaruhi cuaca [8] adalah : Skala global seperti fenomena *el-nino/la-nina* dan *dipole mode*, Skala regional seperti *Sea Surface Temperature* (SST) dan fenomena *Madden Julian Oscillation* (MJO), serta Skala lokal seperti labilitas udara (LI) dan kelembaban udara (RH).

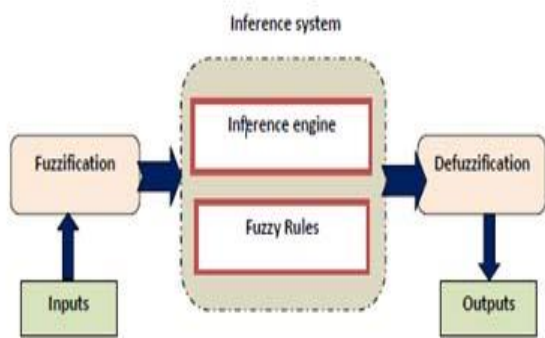
Unsur cuaca yang sering diprediksikan adalah hujan, hujan sendiri merupakan satu bentuk presipitasi yang berwujud cairan [9]. Presipitasi merupakan curahan atau jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda-beda. Pada umumnya di daerah tropis berbentuk air, di daerah beriklim sedang berbentuk salju. Presipitasi ini adalah peristiwa klimatik yang bersifat alamiah, yakni perubahan bentuk dari uap air di atmosfer menjadi curah hujan sebagai akibat dari proses kondensasi. Tidak semua air hujan sampai ke permukaan bumi karena sebagian menguap ketika jatuh melalui udara kering. Hujan jenis ini disebut sebagai virga. Hujan memainkan peranan penting dalam siklus hidrologi. Lembaban dari laut menguap, berubah menjadi awan, terkumpul menjadi awan mendung, lalu turun kembali ke bumi, dan akhirnya kembali ke laut melalui sungai dan anak sungai untuk mengulangi daur ulang itu semula [5].

Teori himpunan fuzzy logic (FL) dikembangkan oleh Prof. Lofti Zadeh pada tahun 1965. Zadeh berpendapat bahwa logika benar dan salah dalam logika konvensional tidak dapat mengatasi masalah gradasi yang berada pada dunia nyata. Untuk mengatasi masalah gradasi yang tidak terhingga tersebut, Zadeh mengembangkan sebuah himpunan fuzzy. Tidak seperti boolean logic, FL mempunyai nilai yang continue. Samar dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran [10]. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama.

Tujuan umum dari membuat FL adalah untuk memperkenalkan sebuah definisi pemecahan masalah untuk memproses sekumpulan data yang tidak tajam dan untuk mengevaluasi nilai menengah. Kemampuan memutuskan tentang input tidak tepat dan menerima mereka dalam sebuah sistem yang memberikan kemampuan yang bagus dalam kontrol sistem dalam lingkungan yang nyata. FL dapat diimplementasikan dalam perangkat lunak dan perangkat keras. Dari input tidak bersih, tidak jelas atau hilang, hasil akhir sistem dapat membuat keputusan. Pada aplikasinya, sistem FL menyediakan sistem kontrol berdasarkan minir

keputusan manusia dalam membuat keputusan. Meskipun konsep berbasis aturan sederhana IF-THEN telah diterapkan, bukan pemodelan matematis, sistem fuzzy perlu parameter numerik untuk mengevaluasi tingkat kesalahan [11].

Umumnya, sistem FL terdiri dari komponen fuzzification, inference system dan defuzzification. Hubungan di antara mereka yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 [12].



Gambar 1. Komponen fuzzy logic inference system (FIS)

Beberapa metode FIS yang sering digunakan adalah tipe Mamdani dan Sugeno. Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan : Pembentukan himpunan fuzzy; Aplikasi fungsi implikasi (aturan); Komposisi aturan; dan Penegasan (*deffuzy*).

Penalaran dengan metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan konstanta atau persamaan linier. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985.

Sebelum melakukan penelitian, penulis membaca beberapa literatur yang berkaitan dengan pembuatan model prediksi cuaca dengan menggunakan fuzzy logic. Adapun beberapa literatur yang diperoleh adalah :

Tabel 2. Tabel Tinjauan Studi Penelitian

Penulis	Metode Prediksi	Kinerja
Fallah-Ghahary et.al [13]	FL Mamdani	Menjanjikan dan Efisien RMSE = 52 mm
Sari &	FL Sugeno	Keakuratan

Sukirman [6]		prediksi hujan 61.73%,
Hasan et.al [2]	Fuzzy Set	Penurunan TP, Peningkatan WS dan peningkatan RH memiliki korelasi positif terhadap RF Error 12.35%
Hakim et.al [14]	FL Sugeno	Tingkat akurasi pada pengujian kecepatan arus 71% dan ketinggian gelombang 80% dengan nilai error yang sangat kecil
Mayilvaganan & Naidu [15]	FL Mamdani & ANN	Model memberikan hasil yang bagus. Nilai R dan RMSE dari ANN sedikit lebih memuaskan dibanding FL
Salfarina [16]	Fuzzy Case-Based Reasoning	Tingkat akurasi 87%
Ebadi et.al [17]	Fuzzy Decision Three (FDT)	Model menghasilkan nilai R=0.898

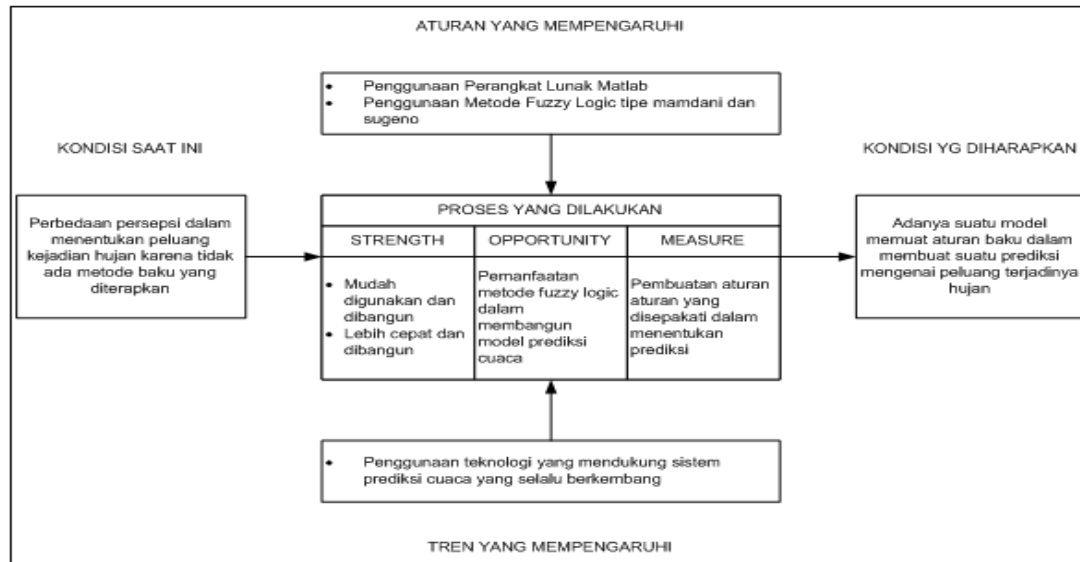
Dari beberapa tinjauan studi, penelitian ini memutuskan untuk menggunakan 5 parameter cuaca sebagai input dengan memperhatikan skala lokal, skala regional dan skala global.

Stasiun Meteorologi Selaparang Mataram (Stamet Mataram) selaku instansi dibawah Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mempunyai wewenang dalam memberikan pelayanan informasi cuaca wilayah kota Mataram pada khususnya dan propinsi NTB pada umumnya. Informasi cuaca yang diberikan antara lain berupa prediksi cuaca harian dan mingguan yang selalu diupdate setiap hari.

Seorang prakirawan dalam menentukan prediksi peluang hujan telah dibekali pendidikan dalam melakukan prediksi cuaca. Hasil verifikasi yang diperoleh pada bulan penelitian sesuai dengan batasan masalah, prakiraan cuaca pada bulan Maret

mempunyai prosentase akurasi sebesar 74%, bulan April 67% dan bulan Mei sebesar 68%.

Pola pikir pemecahan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Pola pikir pemecahan masalah

Kondisi saat ini walaupun telah mendapatkan pendidikan dalam prediksi cuaca, masih terdapat perbedaan persepsi dalam menentukan prediksi kejadian hujan. Hasil prediksi selalu tidak sama bagi para prakirawan, sehingga perlu dibuat aturan baku dalam penentuan prediksi.

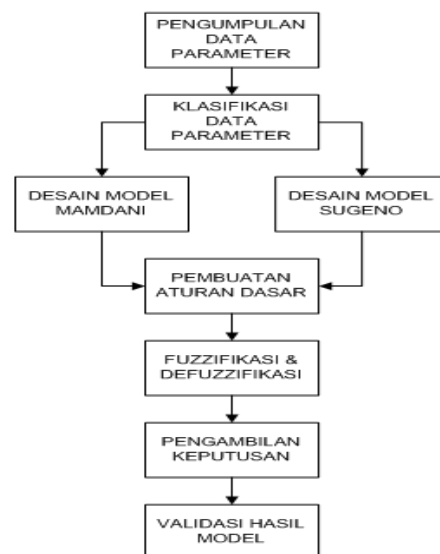
Dengan berbagai perkembangan teknologi yang berhubungan tentang prediksi cuaca dengan software dan metode yang bermacam-macam, langkah yang diambil adalah dengan membuat model yang mudah dengan metode fuzzy logic dan sesuai dengan aturan yang baku.

Dari berbagai pemikiran tersebut diharapkan mempunyai model prediksi cuaca yang sederhana serta memuat aturan dan kaidah yang berlaku dalam membuat prediksi peluang kejadian hujan, sehingga hipotesa yang dikemukakan adalah diduga adanya alternatif dalam menaikkan prosentasi akurasi prakiraan cuaca menggunakan metode fuzzy logic tipe mamdani dan sugeno.

III. DESAIN PENELITIAN

Fuzzy Logic dikenal sebagai bagian dari sistem pakar fuzzy yang memungkinkan klasifikasi lebih yang fleksibel pada data set anggota yang dimiliki. Fuzzy digunakan dalam penelitian ini karena memiliki kemampuan dalam menangani penentuan prediksi kejadian hujan berdasarkan data input. Dari

keterangan mengenai fuzzy logic, metode penelitian yang dipakai adalah dengan metode penelitian eksperimental. Karena akan dipakai parameter inputan untuk menyelidiki kemungkinan saling hubungan sebab akibat dengan cara mengenalkan kepada satu atau lebih kelompok eksperimental satu atau lebih kondisi perlakuan dan memperlakukan hasilnya dengan satu atau lebih kelompok yang tidak dikenai kondisi perlakuan.



Gambar 3. Metode Penelitian

Data input merupakan parameter-parameter yang termasuk dalam skala-skala meteorologi yang digunakan. Parameter fenomena el-nino / la-nina digunakan dalam skala global dengan data SOI sebagai salah satu inputan. Dalam skala regional digunakan inputan berupa parameter SST dan MJO, sedangkan skala lokal dipilih parameter LI dan RH sebagai input.

Parameter-parameter tersebut diproses dengan fuzzy logic menggunakan metode mamdani dan sugeno. Untuk memudahkan proses penelitian, metode mamdani dilakukan terlebih dahulu kemudian metode tersebut diubah menjadi metode sugeno.

Dalam prosesnya, aturan dasar (*rule base*) dibuat berdasarkan studi literatur dan pengalaman penulis dalam memprakirakan cuaca. Hasil akhir dari kedua metode dibandingkan dengan hasil observasi untuk melihat kehandalan dari kedua metode yang digunakan.

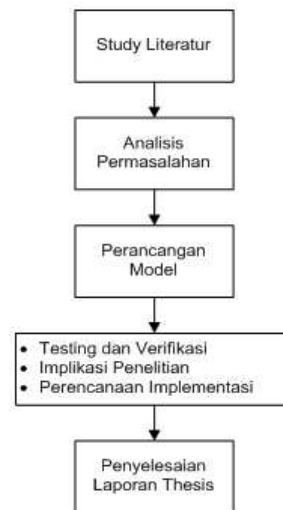
Metode dilakukan adalah dengan metode pemilihan sampel secara acak. Karena setiap parameter yang dipilih peluang yang sama untuk dipilih menjadi sampel. Pemilihan sampel secara acak yang dilakukan adalah berdasarkan musim-musim yang terjadi di Indonesia. Ada 3 kategori musim yang dipilih, yaitu disaat Indonesia khususnya wilayah Mataram dan sekitarnya mengalami musim kemarau, musim hujan dan musim pancaroba.

Dalam penulisan karya ilmiah, pengumpulan data merupakan salah satu hal yang harus dilakukan guna mencapai tujuan penulisan. Metode yang dilakukan dalam penelitian kali ini termasuk dalam metode observasi yaitu dengan mengunduh dari situs penyedia informasi data parameter pada daerah kota Mataram yang digunakan, yaitu :

1. Data SOI
Diunduh dari <http://www.longpaddock.qld.gov.au>, berupa data harian [18].
2. Data SST
Diunduh dari <http://iri.columbia.edu/climate/forecast/sst/>, berupa data 3 bulanan [19].
3. Data MJO
Diunduh dari <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>, berupa data harian [20].
4. Data LI
Diunduh dari http://www.kma.go.kr/ema/ema03/ra2_eng_index.html, berupa data forecast 24 jam ke depan [21].
5. Data RH
Diunduh dari <http://reg.bom.gov.au>, berupa data forecast 24 jam ke depan [22].

Dalam penelitian kualitatif, data diperoleh dari berbagai sumber dengan menggunakan teknik pengumpulan data yang bervariasi dan dilakukan secara kontinyu. Data yang diperoleh umumnya adalah data kualitatif, sehingga teknik analisis data yang digunakan belum mempunyai pola yang jelas. Analisis data kualitatif bersifat induktif, artinya analisis berdasarkan data yang diperoleh kemudian dikembangkan sesuai dengan pola tertentu untuk menjadi sebuah hipotesis. Teknik analisis data penelitian kualitatif dilakukan dalam tiga tahap berikut, yaitu : Analisis data sebelum penelitian, Analisis selama penelitian dan Analisis setelah penelitian.

Langkah penelitian yang dilakukan digambarkan dalam bentuk flowchart.



Gambar 4. Langkah Penelitian

Study literatur adalah mempelajari tulisan-tulisan yang berkaitan dengan prediksi cuaca menggunakan metode AI khususnya fuzzy logic, dan bagaimana membangun model tersebut.

Penentuan parameter input terlebih dahulu dilakukan analisis permasalahan, bagaimana sebuah prediksi hujan dibuat dengan melihat parameter-parameter cuaca yang mempengaruhinya.

Perancangan model yang sederhana dan mudah bagi pengguna sangat dibutuhkan, walaupun seorang prakirawan tidak mempunyai dasar pengetahuan tentang software matlab tetapi diharapkan bisa dengan mudah menggunakan model prediksi yang dirancang.

Sebelum model bisa digunakan perlu melewati tahap pengujian (testing) dan verifikasi. Dari tahap tersebut diharapkan memperoleh implikasi tentang model yang dibuat berdasarkan hasil dan analisisnya.

Tahap akhir adalah penentuan kebijakan-kebijakan ketika model bisa digunakan dalam prediksi cuaca.

IV. ANALISIS, INTERPRETASI DAN IMPLIKASI PENELITIAN

V.

Kota Mataram memasuki musim kemarau pada dasarian ke-12 atau April III dan memasuki musim hujan pada dasarian ke-31 atau November I. Sedangkan musim pancaroba terjadi pada bulan April dan Oktober. Berdasarkan keadaan musim tersebut, kebutuhan data input dari berbagai parameter yang digunakan dikelompokkan seperti pada tabel dibawah.

Tabel 2. Data musim yang digunakan sebagai input

Musim	Bulan	Jumlah Data
Musim Hujan	Maret	31
Musim Pancaroba	April	30
Musim Kemarau	Mei	31

Setelah data-data yang dibutuhkan berdasarkan parameter yang dibutuhkan menurut bulan-bulan yang telah ditentukan dimasukkan dalam program prakiraan cuaca, hasilnya dilanjutkan dalam tahap pengujian (verifikasi) selanjutnya.

Dalam praktek membuat sebuah prakiraan cuaca, seorang prakirawan memperhatikan parameter-parameter tersebut dengan membuat seperti sebuah logika-logika *if-then*. Untuk memudahkan analogi dari proses tersebut bisa dilihat pada pernyataan berikut :

Jika SOI kuat, dan SST hangat, dan MJO lemah, dan LI sedang dan RH tinggi, maka PREDIKSI Hujan Ringan - Sedang.

Pernyataan aturan diatas merupakan salah satu dari sekian banyak aturan yang dibuat dalam penelitian ini. Dimana ada 5 parameter input dan setiap parameter mempunyai 3 kategori.

Tabel 3. Parameter dan Kategori data input

Parameter	Kategori	Kriteria
SOI	Lemah	< -10
	Sedang	-10 s.d 10
	Kuat	> 10
SST	Dingin	< 26
	Sedang	26 s.d 28
	Hangat	> 28
MJO	Lemah	Fase weak, 1, 2, 6, 7, 8

LI	Sedang	Fase 3 & 5
	Kuat	Fase 4
	Labil	< -4
RH	Rendah	< 60 %
	Sedang	60 % s.d 80 %
	Tinggi	> 80 %

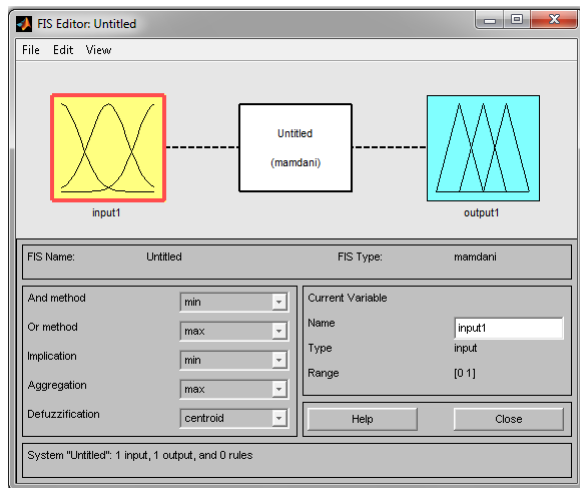
Untuk menentukan jumlah kombinasi aturan dengan input 5 parameter dan 3 kategori menggunakan formula n^i , dimana nilai $n = 3$ dan $i = 5$, sehingga $3^5 = 243$ kombinasi.

Pengujian data dilakukan dengan bantuan software MATLAB 7.0.4 (R14) suatu *software* pemrograman perhitungan dan analisis yang banyak digunakan dalam semua area penerapan matematika baik bidang pendidikan maupun penelitian pada universitas dan industri. Dengan matlab, maka perhitungan matematis yang rumit dapat diimplementasikan dalam program dengan lebih mudah.

Salah satu aspek yang sangat berguna dari MATLAB ialah dengan adanya fasilitas toolbox fuzzy logic yang berguna dalam membuat sistem berbasis logika fuzzy yang memuat aturan-aturan berdasarkan keinginan pengguna.

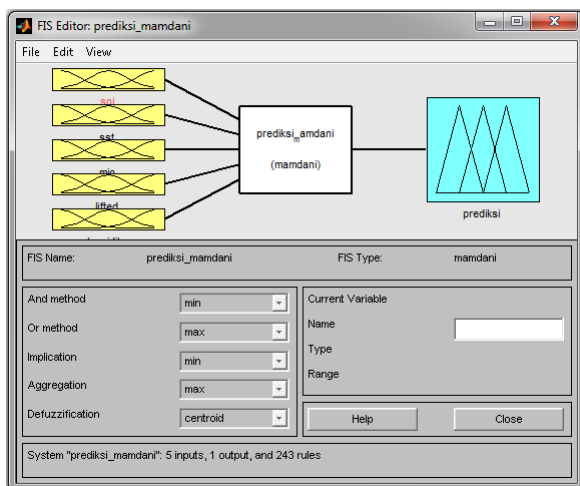
Memulai toolbox fuzzy logic pada matlab dengan mengetikkan *fuzzy* pada *command window*. Selanjutnya akan muncul tampilan jendela FIS Editor dengan tipe mamdani. Untuk memulai FIS dengan mamdani bisa langsung memulainya dengan menambahkan dan mengatur input dan outputnya, sedangkan untuk memulai FIS dengan sugeno dimulai dengan membuat new FIS sugeno.

Dalam penelitian ini, tipe mamdani dibuat terlebih dahulu dan selanjutnya FIS-file mamdani dirubah menjadi tipe sugeno dengan memanfaatkan fungsi perintah *mam2sug* lalu disimpan dalam FIS-file sugeno.



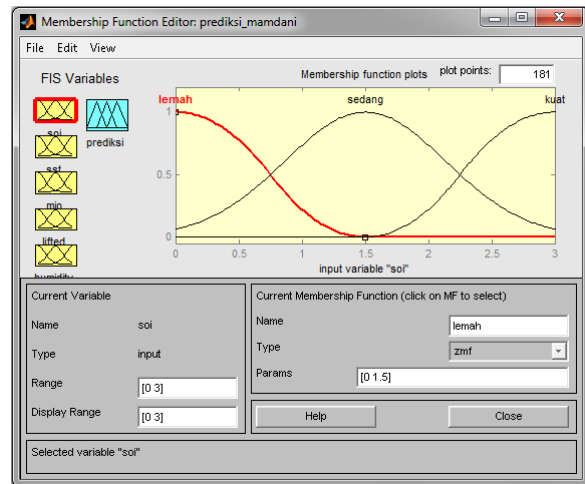
Gambar 5. FIS Editor

Secara default, toolbox fuzzy menampilkan FIS Editor tipe mamdani. Hal ini dikarenakan pembuatan mudah dalam penggunaan. Langkah selanjutnya adalah menambahkan jumlah input parameter yang diinginkan, yaitu SOI, SST, MJO, L-Index dan RH.



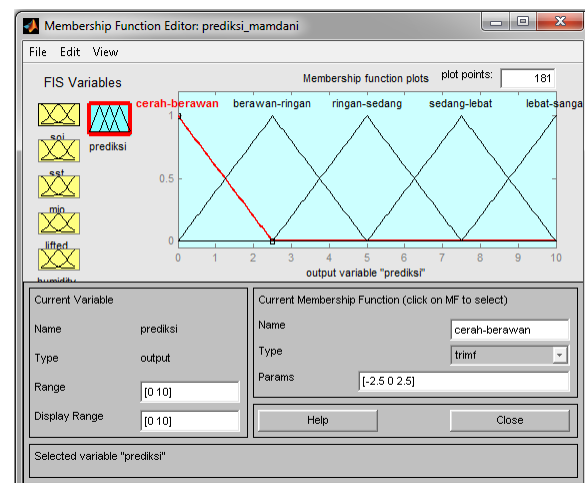
Gambar 6. FIS Editor tipe Mamdani

Setiap parameter input mempunyai tiga kategori, masing-masing menjadi sebuah membership function (MF) yang mempunyai tipe berbeda. Untuk kategori I menggunakan tipe *zmf*, kategori II menggunakan tipe *gaussmf* dan kategori III menggunakan tipe *smf*. Range yang digunakan 0-3.



Gambar 7. Membership Function input

Variabel output berupa prediksi mempunyai lima kategori MF, yaitu cerah - berawan, berawan - ringan, ringan - sedang (hujan ringan - sedang), sedang - lebat (hujan sedang - lebat) dan lebat - sangat (hujan lebat - sangat). Kelima kategori tersebut menggunakan tipe *trimf* dengan range 0-10.



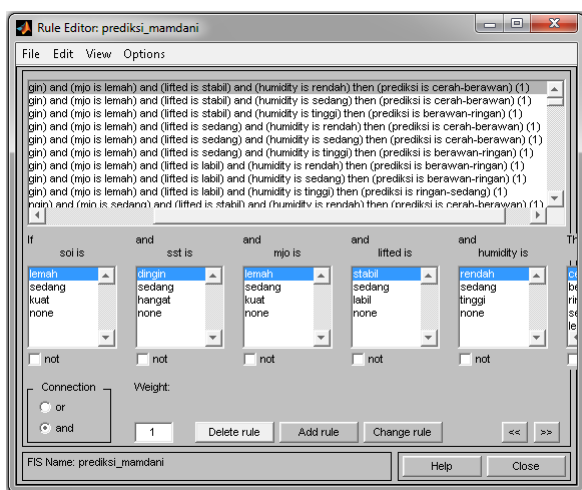
Gambar 8. MF output (prediksi) tipe Mamdani

Penggunaan lima variabel input dengan masing-masing variable mempunyai tiga MF, maka dibuat rule sebanyak 243 buah dengan algoritma sebagai berikut :

001. If (soi is lemah) and (sst is dingin) and (mjo is lemah) and (lifted is stabil) and (humidity is rendah) then (prediksi is cerah - berawan)
002. If (soi is lemah) and (sst is dingin) and (mjo is lemah) and (lifted is stabil) and (humidity is sedang) then (prediksi is cerah - berawan)

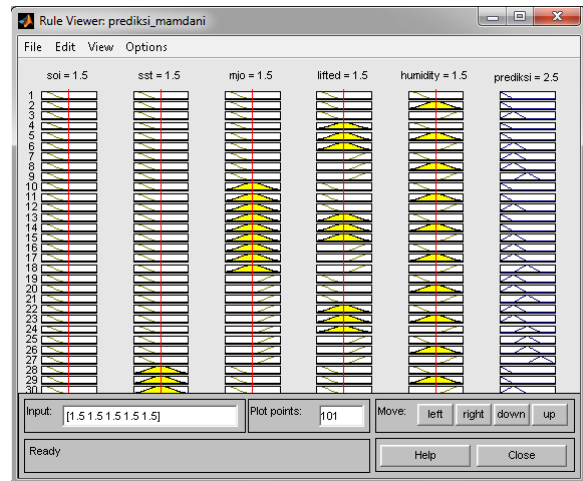
003. If (soi is lemah) and (sst is dingin) and (mjo is lemah) and (lifted is stabil) and (humidity is tinggi) then (prediksi is berawan - ringan)
- ...
241. If (soi is kuat) and (sst is hangat) and (mjo is kuat) and (lifted is labil) and (humidity is rendah) then (prediksi is sedang - lebat)
242. If (soi is kuat) and (sst is hangat) and (mjo is kuat) and (lifted is labil) and (humidity is sedang) then (prediksi is lebat - sangat)
243. If (soi is kuat) and (sst is hangat) and (mjo is kuat) and (lifted is labil) and (humidity is tinggi) then (prediksi is lebat - sangat)

Secara lengkap, seluruh algoritma dibuat dalam Rule Editor dengan menggunakan operand *and* dalam menentukan nilai prediksi.



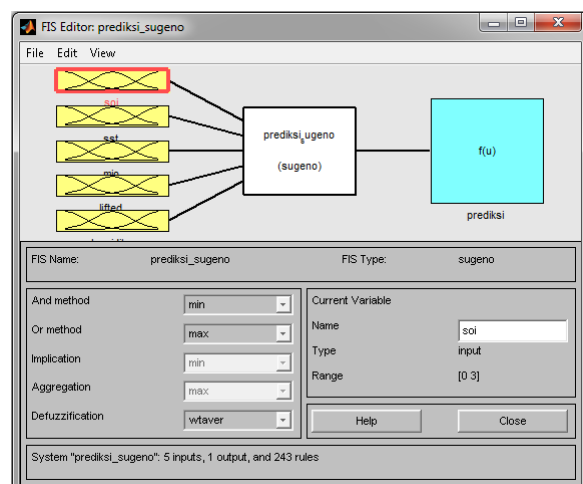
Gambar 9. Rule Editor

Algoritma yang dibuat dalam rule editor bisa di visualisasikan dengan menggunakan Rule Viewer, dimana dengan mengubah nilai-nilai variabel input akan memperoleh nilai variabel output.



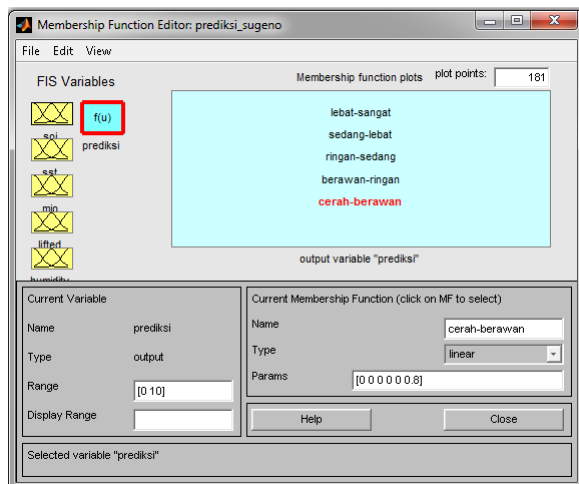
Gambar 10. Rule Viewer tipe Mamdani

Hasil konversi menggunakan fungsi *mam2sug* menghasilkan FIS tipe sugeno yang mempunyai tampilan pada FIS Editor hampir mirip dengan tipe mamdani. Perbedaannya adalah dari variabel output dan tidak aktifnya pemilihan jenis fungsi untuk *implication* dan *aggregation*.



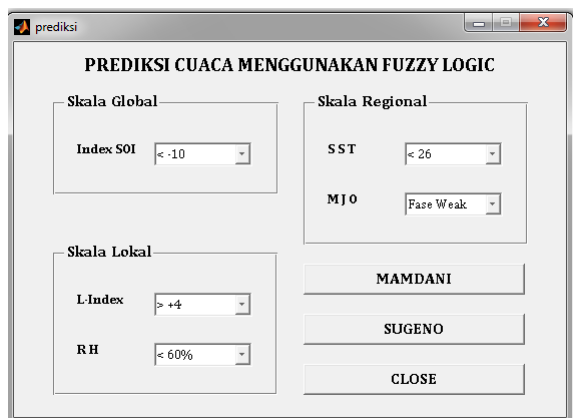
Gambar 11. FIS Editor tipe Sugeno

Meskipun variabel input dari kedua tipe sama, membership function pada output sugeno bisa linier dan konstan. Pada penelitian ini dipilih output dengan nilai linier.



Gambar 12. MF output (prediksi) tipe Sugeno

Tahap selanjutnya adalah mengintegrasikan kedua FIS-file mamdani dan sugeno ke dalam sebuah graphic user interface untuk memudahkan bagi pengguna. Matlab menyediakan fasilitas dalam membuat Graphic User Interface (GUI). Tujuan dari pembuatan GUI adalah untuk memudahkan pengguna dalam melakukan prakiraan cuaca dengan menentukan parameter input yang diinginkan. Dengan menggunakan Aplikasi GUI umumnya lebih mudah dioperasikan karena orang yang menjalankannya tidak perlu mengetahui perintah yang ada dan bagaimana kerjanya.



Gambar 13. Prototipe Model Prediksi Cuaca Fuzzy Logic

Hasil dari nilai logika berdasarkan IF-THEN rule untuk menentukan jenis prediksi setelah dimasukkan ke dalam algoritma push button akan ditampilkan dalam message box.



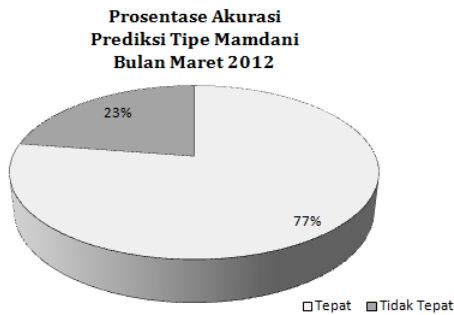
Gambar 14. Output Model Prediksi

Tampilan keluaran dari prototipe yang dibuat seperti gambar diatas terlihat adanya perbedaan dari hasil evaluasi FIS untuk fuzzy logic dengan tipe mamdani dan sugeno, walaupun mempunyai input dengan parameter dan kategori yang sama.

Verifikasi adalah proses penentuan keakuratan implementasi dari model. Bagian paling penting dalam pengembangan model adalah verifikasi, dan model bisa diterima dan digunakan dalam mendukung pembuatan keputusan. Salah satu cara dalam verifikasi model prediksi cuaca adalah dengan melihat prosentase akurasi ketika dibandingkan dengan observasinya. Data observasi yang digunakan adalah data pengamatan cuaca yang dilakukan oleh Stasiun Meteorologi Selaparang Mataram pada bulan Maret, April dan Mei 2012. Pengamatan yang dilakukan dengan mencatat kejadian cuaca yang sedang berlangsung seperti cerah-berawan, berawan-ringan, hujan ringan-sedang, hujan sedang-lebat dan hujan lebat-sangat.

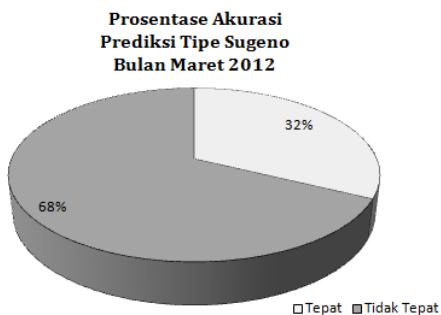
Kesamaan output model pada penelitian dengan pengamatan cuaca yang dilakukan sangat memudahkan dalam melakukan verifikasi. Prediksi yang tepat sesuai dengan observasi baik tipe mamdani maupun sugeno dilambangkan dengan notasi "1", sedangkan apabila tidak tepat dilambangkan dengan "0".

Bulan Maret merupakan akhir dari musim hujan di kota Mataram, model prediksi tipe mamdani mempunyai nilai akurasi ketepatan sebesar 77%, sedangkan prosentase ketidak tepatan sebesar 23%.



Gambar 15. Prosentase Akurasi tipe Mamdani pada musim hujan

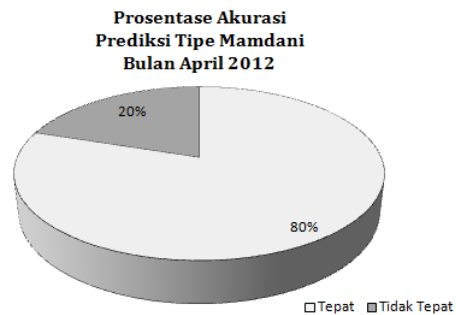
Nilai akurasi yang sangat baik dikarenakan hasil prediksi mendekati hasil observasi. Misalnya observasi menyatakan hujan ringan, sementara prediksi menghasilkan hujan ringan-sedang. Sementara model tipe sugeno mempunyai nilai prosentase akurasi ketepatan lebih kecil, yaitu 32% dan ketidaktepatan sebesar 68%.



Gambar 16. Prosentase Akurasi tipe Sugeno pada musim hujan

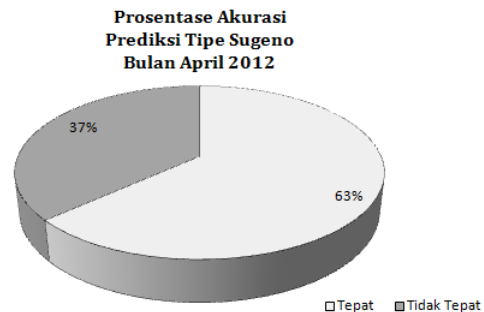
Prosentase akurasi yang sangat dari mamdani sesuai dengan harapan, kecuali sugeno yang sangat jauh dari harapan karena mempunyai prosentase lebih kecil dari 50%. Pada musim hujan, model tipe mamdani sangat handal dalam melakukan prediksi cuaca.

Musim peralihan (pancaroba) terjadi pada bulan April di kota Mataram. Pada musim ini biasanya cukup sukar melakukan prediksi, dimana masih terdapat kejadian hujan pada saat mulai musim kemarau, tetapi nilainya belum bisa dikatakan sebagai musim hujan. Hasil prediksi model tipe mamdani mempunyai prosentasi akurasi ketepatan sebesar 80%, lebih kecil dibanding prosentase ketidaktepatannya, yaitu sebesar 20%.



Gambar 17. Prosentase Akurasi tipe Mamdani pada musim pancaroba

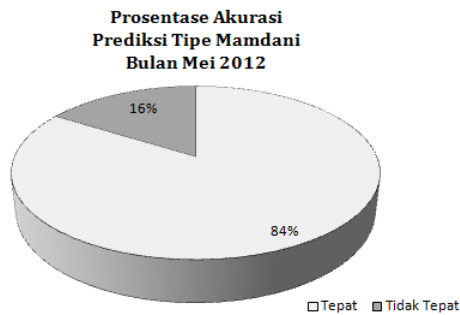
Sementara model tipe sugeno menghasilkan prosentase akurasi ketepatan cukup besar, yaitu 63% dan prosentase ketidaktepatan sebesar 37%.



Gambar 4. 1. Prosentase Akurasi tipe Sugeno pada musim pancaroba

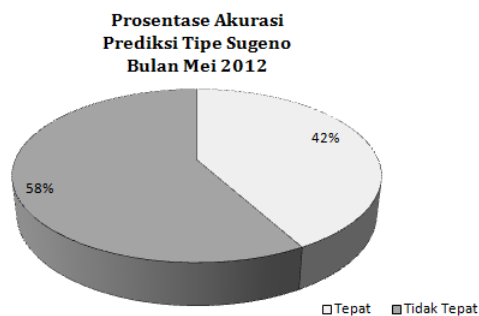
Prosentase akurasi dari model prediksi tipe mamdani cukup besar jika dibandingkan dengan tipe sugeno. Hal ini bisa dikatakan bahwa akurasi tipe mamdani sangat handal ketika digunakan sebagai model prediksi cuaca pada musim pancaroba apabila dibandingkan dengan tipe sugeno.

Awal musim kemarau pada kota Mataram dimulai pada bulan Mei, dimana jumlah curah hujan pada batas nilai sebagai musim kemarau. Musim kemarau merupakan musim yang mudah dalam melakukan prediksi, karena dilihat dari tren yang terjadi menunjukkan kondisi cuaca yang cerah-berawan hingga hujan ringan. Walaupun mempunyai tren yang hampir selalu sama, model prediksi tipe mamdani mempunyai prosentase akurasi ketepatan prediksi sebesar 84%. Suatu prosentase yang cukup besar dan akurasi sangat baik bila dibandingkan dengan prediksi pada musim-musim sebelumnya. Sementara untuk prosentase ketidaktepatan sebesar 16%.



Gambar 4. 2. Prosentase Akurasi tipe mamdani pada musim kemarau

Prosentase akurasi dari model prediksi tipe sugeno mempunyai prosentase akurasi 42% dan ketidak tepatan sebesar 58%.



Gambar 4. 3. Prosentase Akurasi tipe Sugeno pada musim kemarau

Pada musim kemarau, model prediksi tipe mamdani cukup besar dan sangat baik untuk akurasinya jika dibandingkan dengan tipe sugeno. Hal ini bisa dikatakan bahwa tipe mamdani handal ketika digunakan sebagai model prediksi cuaca pada musim kemarau.

V. PENUTUP

Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan adalah :

A. Membangun model prediksi cuaca menggunakan fuzzy logic dengan tipe mamdani dan sugeno cukup mudah untuk dilakukan. Dengan memanfaatkan function *mam2sug* pada matlab, FIS mamdani yang telah dibuat terlebih dahulu dikonversi menjadi FIS sugeno. Penggabungan kedua FIS kedalam sebuah GUI cukup dengan dibuat algoritma seperti halnya membuat perintah

pada *command window* matlab melalui *function_callback* pada sebuah *push button*.

B. Model fuzzy logic tipe mamdani sangat handal dibanding tipe sugeno untuk digunakan sebagai model prakiraan pada semua musim hujan, musim pancaroba dan musim kemarau, dengan tingkat prosentase ketepatan sebesar 77%, 80% dan 84%. Untuk tipe sugeno menghasilkan tingkat prosentase ketepatan sebesar 32%, 63% dan 42%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Septiadi, Aplikasi Soft Computing Pada Prediksi Curah Hujan Di Kalimantan. Jurnal Meteorologi dan Geofisika , 9(1) : 65-77, 2008.
- [2] M. Hasan, T. Tsegaye, X. Shi, G. Schaefer, and G. Taylor, Model for Predicting Rainfall by Fuzzy Set Theory using USDA Scan Data. Agricultural Water Management , 95(2008) : 1350-1360, 2008.
- [3] R. E. Morss, J. K. Lazo and J. L. Demuth, Examining the Use of Weather Forecasts in Decision Scenarios: Results from a US Survey with Implications for Uncertainty Communication. Meteorological Applications , 17: 149-162, 2010.
- [4] Kadarsah, Aplikasi ROC untuk Uji Keandalan Model HYBMG. Meteorologi & Geofisika , 32-42, 2010.
- [5] Y. Megalina, Prediksi Cuaca Ekstrem dengan Model Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Program Matlab. Medan: Universitas Sumatera Utara, 2010.
- [6] N. Sari and E. Sukirman, Prediksi Cuaca Berbasis Logika Fuzzy untuk Rekomendasi Penerbangan di Bandar Udara Raja Haji Fisabilillah. Jakarta: Universitas Guna Darma, 2012.
- [7] A. Zakir, W. Sulistya dan M. K. Khotimah, Perspektif Operasional Cuaca Tropis. Jakarta: Puslitbang BMKG, 2009.
- [8] R. Tresnawati, T. A. Nuraini dan W. Hanggoro, Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Metode Kalman Filter dengan Prediktor SST Nino 3.4 Diprediksi. Jurnal Meteorologi dan Geofisika , 11(2) : 106-115, 2010.
- [9] R. Muharsyah, Prakiraan Curah Hujan Tahun 2008 Menggunakan Teknik Neural Network Dengan Prediktor Sea Surface Temperature (SST) Di Stasiun Mopah Merauke. Jurnal Meteorologi dan Geofisika , 10(1) : 10-21, 2009.
- [10] A. Naba, Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab. Yogyakarta: Andi, 2009.

- [11] L. Yazdi, Cap and Fill Level Inspection for Plastic Bottle using Vision System. Bangi: Universitas Kebangsaan Malaysia, 2012.
- [12] S. Shamshirband, S. Kalantari and Z. Bakhshandeh, Designing a smart multi-agent system based on fuzzy logic to improve the gas consumption pattern. *Scientific Research and Essays* , 5(6) : 592-605, 2010.
- [13] G. A. Fallah-Ghalhary, M. Mousavi-Baygi and M. H. Nokhandan, Annual Rainfall Forecasting by Using Mamdani Fuzzy Inference System. *Research Journal of Environmental Sciences* , 3: 400-413, 2009.
- [14] J. Hakim, A. Aisjah dan S. Arifin, Perancangan Prediktor Cuaca Maritim Dengan Metode Logika Fuzzy Untuk Meningkatkan Jangkauan Ramalan : Studi Kasus Pelayaran Surabaya–Banjarasin. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2009.
- [15] M. K. Mayilvaganan and K. Naidu, ANN and Fuzzy Logic Models for The Prediction of Groundwater Level of a Watershed. *International Journal on Computer Science and Engineering* , 3(6) : 2523-2530, 2011.
- [16] H. Salfarina, Fuzzy Case-Based Reasoning for Weather Prediction. Universitas Teknologi Malaysia, 2008.
- [17] M. Ebadi, M. A. Ahmadi, K. F. Hikoei and Z. Salari, Evolving Genetic Algorithm, Fuzzy Logic and Kalman Filter for Prediction of Asphaltene Precipitation due to Natural Depletion. *International Journal of Computer Applications* , 35(1) : 12-16, 2011.
- [18] G. A. Tularam, Relationship between El Nino Southern Oscillation Index and Rainfall (Queensland, Australia). *International Journal of Sustainable Development and Planning* , 5(4) :378-391, 2010.
- [19] B. W. Otok and Suhartono, Development of Rainfall Forecasting Model in Indonesia by using ASTAR, Transfer Function, and ARIMA Methods. *European Journal of Scientific Research* , 38(3) : 386-395, 2009.
- [20] P. A. Omeny, L. Ogallo, R. Okoola, H. Hendon and M. Wheeler, East African Rainfall Variability Associated with the Madden-Julian Oscillation. *Journal of Kenya Meteorological Society* , 2(2) : 105–114, 2008.
- [21] S. Chattopadhyay and M. Chattopadhyay, A Soft Computing Technique in Rainfall Forecasting. *International Conference on IT* (pp. 523-526). HIT, 2007.
- [22] E. Aldrian and Y. S. Djamil, Application Of Multivariate Anfis For Daily Rainfall Prediction: Influences Of Training Data Size. *Makara Sains* , 12(1) : 7-14, 2008.

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

1. Maksud dan Tujuan :
Jurnal TICOM diterbitkan oleh Asosiasi Perguruan Tinggi Informatika dan Ilmu Komputer Wilayah 3 untuk media penyebaran hasil penelitian yang dilakukan para peneliti di lingkungan Akademis maupun praktisi.
2. Jenis Naskah
Naskah yang diterima oleh redaksi dapat berupa hasil penelitian, kajian pada kasus tertentu, yang belum dan tidak akan dipublikasikan dalam media cetak lain.
3. Bahasa : Tulisan yang dimuat dalam jurnal ini menggunakan bahasa Indonesia yang baku dan baik.
4. Naskah diberikan dalam bentuk file elektronik dengan format document dan dikirimkan ke email :
jurnalticom@yahoo.co.id. File attachment harus berisikan nama pengirim.
5. Sistematika penulisan disusun sebagai berikut :
 - a. Bagian Awal : judul, nama penulis dan instansinya, abstrak serta kata kunci.
 - b. Bagian Utama : isi naskah
 - c. Bagian Akhir : ucapan terima kasih bila naskah diambil dari hasil penelitian yang dibiayai oleh institusi atau kerjasama dengan pihak lain, apendiks (jika ada); daftar pustaka; daftar gambar dan tabel.
6. Judul tulisan sesingkat mungkin tapi jelas, menunjukkan dengan tepat masalah yang hendak dikemukakan, tidak memberi peluang penafsiran yang beraneka ragam, ditulis seluruhnya dengan Font : Times New Roman, size 20 dan center text, setiap kata diawali dengan huruf besar kecuali untuk kata minor, seperti kata-kata pendek seperti, "sebuah", "dan", "di", "oleh", "untuk", "dari", "pada", "atau", dan sejenisnya.
7. Nama penulis ditulis di bawah judul tanpa gelar diawali huruf kapital, bold, center text dan tidak diawali dengan kata "oleh", apabila penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap. (font : Times New Roman, size 11). Instansi ditulis dengan Times New Roman, size 10, Italic.
8. Abstrak memuat semua inti permasalahan dalam format dua kolom, cara pemecahannya, dan hasil yang diperoleh, maksimum sekitar 200 kata (font : Times New Roman, size 9 bold).
9. Panjang naskah 10 sampai 15 halaman dalam format dua kolom dengan ukuran kertas A4. Naskah ditulis dalam jarak 1 (satu) spasi, dengan dua spasi di antara paragraf dan ½ (setengah) cm masuk (indent) di awal paragraf. Diizinkan ½ (setengah) spasi tambahan di atas garis yang berisi suatu superskrip dan di bawah garis subskrip. Jenis huruf yang digunakan adalah Times New Roman (font size 10).
10. Batas pengetikan : tepi atas 1,9 centimeter, tepi bawah 4,3 centimeter, sisi kiri 2,5 centimeter dan sisi kanan 2 centimeter.
11. Seluruh teks dan gambar berada di dalam batas kolom. Gambar yang memerlukan tempat melebihi lebar batas kolom dapat diletakkan menyilang pada kolom-kolom tersebut atau dapat dibuat dalam satu kolom.
12. Untuk penulisan keterangan pada gambar, ditulis gambar 1 lalu keterangan gambarnya.
13. Bila sumber gambar diambil dari buku atau sumber lain, maka di bawah keterangan gambar ditulis nama penulis dan tahun penerbitan.
14. Acuan ke daftar pustaka (referensi) harus ditandai di dalam teks dengan nomor di dalam kurung persegi (contoh: [1]). Referensi dinomori berdasarkan urutan rujukannya pada makalah. Format penulisan dalam daftar pustaka adalah sebagai berikut:
 - **Makalah** : penulis, judul, jurnal (huruf miring), isi dan nomor keluaran, tahun, dan halaman. Contoh:
[1] T.C. Hsia, Simple Robust Schemes for Space Control of Robot Manipulators, *Int'l J. of Robotics and Automation*, 9(4), 1994, 167-174.
 - **Buku** : penulis, judul (huruf miring), lokasi penerbit, penerbit, tahun.
Contoh:
[2] M. Kayston and W.R. Fried, *Avionic Navigation Systems*, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1969

Contoh Paper Jurnal TICOM untuk Kertas Ukuran A4

Penulis Pertama, Penulis Kedua², Penulis Ketiga³

^{1,3} Jurusan Teknik Informatika Univ. Pancasila
Jln. Lenteng Agung, Jakarta INDONESIA

² Institusi non TI UP
Alamat termasuk nama negara

Abstrak— Dokumen ini merupakan format panduan bagi penulis untuk menuliskan makalah yang siap dipublikasikan dalam *jurnal*. Dokumen ini disadur dari *IEEE template*. Para penulis harus mengikuti petunjuk yang diberikan dalam panduan ini. Anda dapat menggunakan dokumen ini baik sebagai petunjuk penulisan dan sebagai template di mana Anda dapat mengetik teks Anda sendiri.

Kata Kunci— Letakkan kata kunci Anda di sini, kata kunci dipisahkan dengan koma.

I. PENDAHULUAN

Dokumen ini adalah template. Sebuah salinan elektronik yang dapat di-download dari situs web Aptikom wilayah 3. Untuk pertanyaan di atas kertas panduan, silakan hubungi redaksi jurnal seperti yang ditunjukkan pada situs web. Informasi tentang makalah penyerahan tersedia dari situs web Aptikom wilayah 3.

II. FORMAT HALAMAN

Cara paling mudah untuk memenuhi persyaratan format penulisan adalah dengan menggunakan dokumen ini sebagai template. Kemudian ketikkan teks anda ke dalamnya

A. Format Penulisan

Ukuran kertas harus sesuai dengan ukuran halaman A4, yaitu 210mm (8,27 ") lebar dan 297mm (11,69") lama. Batas margin ditetapkan sebagai berikut:

- Atas = 19mm (0.75")
- Bawah = 43mm (1.69")
- Kiri = Kanan = 14.32mm (0.56")

Artikel penulisan harus dalam format dua kolom dengan ruang 4.22mm (0,17 ") antara kolom.

III. STYLE HALAMAN

Paragraph harus teratur. Semua paragraf harus rata, yaitu sama-sama rata kiri dan dan rata kanan.

A. Huruf-huruf Dokumen

Seluruh dokumen harus dalam Times New Roman atau Times font. Type 3 font tidak boleh digunakan. Jenis font lain dapat digunakan jika diperlukan untuk tujuan khusus. Fitur ukuran font terlihat pada Tabel 1.

B. Judul dan Penulis

Judul harus dalam Regular 24 pt font. Nama pengarang harus dalam Regular 11 pt font. Afiliasi penulis harus dalam Italic 10 pt. Alamat email harus di 9 pt font Courier Regular.

TABEL I
UKURAN FONT UNTUK MAKALAH

Font Size	Appearance (in Time New Roman or Times)		
	Regular	Bold	Italic
8	table caption (in Small Caps), figure caption, reference item		reference item (partial)
9	author email address (in Courier), cell in a table	abstract body	abstract heading (also in Bold)
10	level-1 heading (in Small Caps), paragraph		level-2 heading, level-3 heading, author affiliation
11	nama pengarang		
24	Judul		

Judul dan pengarang harus dalam format kolom tunggal dan harus terpusat. Setiap awal kata dalam judul harus huruf besar kecuali untuk kata-kata pendek seperti, "sebuah", "dan", "di", "oleh", "untuk", "dari", , "pada", "atau", dan sejenisnya. Penulisan penulis tidak boleh menunjukkan nama jabatan a. (misalnya Dosen Pembimbing), apapun gelar akademik (misalnya Dr) atau keanggotaan dari setiap organisasi profesional (misalnya Senior Member IEEE).

Agar tidak membingungkan, nama keluarga ditulis di bagian terakhir dari masing-masing nama pengarang (misalnya Yohanes AK Smith). Setiap afiliasi harus termasuk, setidaknya, nama perusahaan dan nama negara tempat penulis didasarkan (misalnya kausal Productions Pty Ltd, Australia). Alamat email ini wajib bagi penulis yang bersangkutan.

C. Bagian Heading

Sebaiknya tidak lebih dari 3 tingkat untuk *heading*. Semua tulisan harus dalam font 10pt. Setiap kata dalam suatu tulisan harus huruf kecil kecuali untuk kata-kata pendek seperti yang tercantum dalam Bagian III-B.

1) *Heading Level-1*: Heading level 1 harus dalam *Small Caps*, terletak di tengah-tengah dan menggunakan penomoran angka Romawi huruf besar. Sebagai contoh, lihat judul "III. Style Halaman "dari dokumen ini. Judul dengan heading 1

yang tidak boleh dihitung adalah "Ucapan Terima Kasih" dan "Referensi"..

2) *Heading Level-2*: Heading level-2 harus miring, merapat ke kiri dan nomor menggunakan abjad huruf besar. Sebagai contoh, lihat judul "C. Bagian Heading "di atas.

3) *Heading Level-3*: Heading level-3 harus menjorok, miring dan dinomori dengan angka Arab diikuti dengan tanda kurung kanan. Heading level 3 harus diakhiri dengan titik dua. Tulisan bersambung mengikuti judul heading dengan baris yang sama. Sebagai contoh, ayat ini diawali dengan heading level 3.

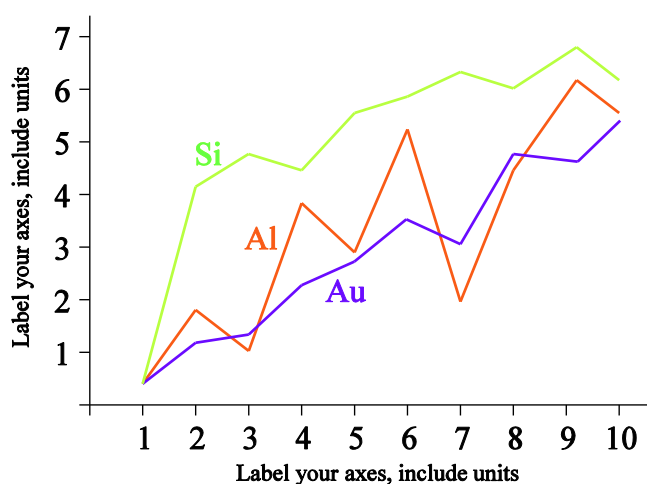
D. Gambar dan Tabel

Figures and tables must be centered in the column. Large figures and tables may span across both columns. Any table or figure that takes up more than 1 column width must be positioned either at the top or at the bottom of the page.

Graphics may be full color. All colors will be retained on the CDROM. Graphics must not use stipple fill patterns because they may not be reproduced properly. Please use only *SOLID FILL* colors which contrast well both on screen and on a black-and-white hardcopy, as shown in Fig. 1

Gambar dan tabel harus terletak di tengah (*centered*). Besar gambar dan tabel bisa span di kedua kolom. Setiap tabel atau gambar yang mencakup lebih dari 1 kolom lebar harus diposisikan baik di bagian atas atau di bagian bawah halaman.

Gambar grafik dimungkinkan berwarna. Semua warna akan dipertahankan pada CDROM. Grafik jangan menggunakan pola titik-titik karena ada kemungkinan tidak dapat dicetak sesuai aslinya. Gunakan *SOLID FILL* dan warna yang kontras untuk tampilan di layar komputer, dan gunakan warna hitam-putih untuk hardcopy, seperti ditunjukkan pada Gambar. 1.



Gbr. 1 Contoh grafik garis menggunakan warna yang kontras di layar komputer, dan menghasilkan grafik hitam-putih untuk versi cetak

Gbr. 2 menunjukkan contoh sebuah gambar dengan resolusi rendah yang kurang sesuai ketentuan, sedangkan Gambar. 3 menunjukkan contoh dari sebuah gambar dengan resolusi

yang memadai. Periksa bahwa resolusi gambar cukup untuk mengungkapkan rincian penting pada gambar.

Please check all figures in your paper both on screen and on a black-and-white hardcopy. When you check your paper on a black-and-white hardcopy, please ensure that Harap periksa semua gambar baik di layar maupun hasil pada versi cetak. Ketika memeriksa gambar versi cetak, pastikan bahwa::

- warna mempunyai kontras yang cukup,
- gambar cukup jelas,
- semua label pada gambar dapat dibaca.

E. Keterangan Gambar

Figures must be numbered using Arabic numerals. Figure captions must be in 8 pt Regular font. Captions of a single line (e.g. Fig. 2) must be centered whereas multi-line captions must be justified (e.g. Fig. 1). Captions with figure numbers must be placed after their associated figures, as shown in Fig. 1. Gambar diberi nomor dengan menggunakan angka Arab. Keterangan gambar dalam 8 pt Regular font. Keterangan gambar dalam satu baris (misalnya Gbr. 2) diletakkan di tengah (*centered*), sedangkan keterangan multi-baris harus dirata kiri (misalnya Gbr. 1). Keterangan gambar dengan nomor gambar harus ditempatkan sesuai dengan poin-poin terkait, seperti ditunjukkan pada Gbr. 1.

F. Keterangan Tabel

Tables must be numbered using uppercase Roman numerals. Table captions must be centred and in 8 pt Regular font with Small Caps. Every word in a table caption must be capitalized except for short minor words as listed in Section III-B. Captions with table numbers must be placed before their associated tables, as shown in Table 1.

Tabel diberi nomor menggunakan angka Romawi huruf besar. Keterangan tabel ditengah dan font 8 pt Regular dengan Small Caps. Setiap kata dalam judul tabel menggunakan huruf kecil kecuali untuk kata-kata pendek seperti yang tercantum pada Bagian III-B. Keterangan angka tabel ditempatkan sebelum tabel terkait, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

G. Nomor Halaman, Headers dan Footers

Nomor halaman, headers dan footers tidak dipakai.

H. Links dan Bookmark

Semua hypertext link dan bagian bookmark akan dihapus. Jika paper perlu merujuk ke Internet alamat email atau URL di artikel, maka alamat atau URL lengkap harus ditulis dengan font biasa.



Gbr. 1 Contoh gambar dengan resolusi kurang



Gbr. 2 Contoh gambar dengan resolusi cukup

I. Referensi

The heading of the References section must not be numbered. All reference items must be in 8 pt font. Please use Regular and Italic styles to distinguish different fields as shown in the References section. Number the reference items consecutively in square brackets (e.g. [1]).

When referring to a reference item, please simply use the reference number, as in [2]. Do not use "Ref. [3]" or "Reference [3]" except at the beginning of a sentence, e.g. "Reference [3] shows ...". Multiple references are each numbered with separate brackets (e.g. [2], [3], [4]–[6]).

Examples of reference items of different categories shown in the References section include

Judul pada bagian Referensi tidak boleh bernomor. Semua item referensi dalam 8 pt font. Silakan gunakan Italic Regular dan gaya untuk membedakan berbagai bidang seperti ditunjukkan pada bagian Referensi. Jumlah item referensi berturut-turut dalam tanda kurung siku (misalnya [1]). Ketika mengacu pada item referensi, silakan menggunakan nomor referensi saja, seperti dalam [2]. Jangan menggunakan "Ref. [3] "atau" Referensi [3] "kecuali pada awal kalimat,

misalnya "Referensi [3] menunjukkan bahwa ...". Beberapa referensi masing-masing nomor dengan kurung terpisah (misalnya [2], [3], [4] - [6]). Beberapa contoh item referensi dengan kategori yang berbeda ditampilkan dalam bagian Referensi meliputi:

- contoh untuk buku pada [1]
- contoh sebuah buku dalam seri dalam [2]
- Contoh artikel jurnal di [3]
- contoh paper seminar di [4]
- Contoh paten dalam [5]
- contoh website di [6]
- contoh dari suatu halaman web di [7]
- contoh manual databook dalam [8]
- contoh datasheet di [9]
- contoh tesis master di [10]
- contoh laporan teknis [11]
- contoh standar dalam [12]

IV. PENUTUP

Template ini adalah versi pertama. Sebagian besar petunjuk format di dokumen ini disadur dari template untuk artikel IEEE.

UCAPAN TERIMA KASIH

Judul untuk ucapan terima kasih dan referensi tidak diberi nomor. Terima kasih disampaikan kepada teman-teman yang telah meluangkan waktu untuk membuat template ini.

REFERENSI

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569–571, Nov. 1999.
- [4] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [5] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [6] (2002) The IEEE website. [Online]. Available: <http://www.ieee.org/>
- [7] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [8] *FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.
- [9] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [10] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [11] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.
- [12] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997.

ISSN 2302-3252



**ASOSIASI PERGURUAN TINGGI INFORMATIKA & ILMU
KOMPUTER
(APTIKOM) WILAYAH 3**