

INKOM


Jurnal Informatika, Sistem Kendali dan Komputer

Volume 9, No 1, 2015

Daftar Isi:

Penerapan Logika Fuzzy dan Pulse Width Modulation untuk Sistem Kendali Kecepatan Robot Line Follower Ahyar Supani, Azwardi	1-10
Prototipe Frekuensi Meter Rentang Ukur (10~2000) Hz Terkalibrasi ke Standar Primer Frekuensi Purwowibowo, Ahmad Prakosa	11-20
Sistem Akuisisi Data Online Proses Sintering dengan Atmosfir Hidrogen untuk Prediksi Parameter Keselamatan Adhi mahendra, Dede Sutarya	21-28
Ekstraksi Objek pada Citra Radar FM-CW dengan Metode DBSCAN Vicky Zilvan	29-38
Aplikasi Android pada Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu Fadhlullah Ramadhani, Haris Syahbuddin, dan Eleonora Runtuuwu	39-44

1/2015

 Pusat Penelitian Informatika - LIPI					
Jurnal INKOM	Vol. 9	No. 1	Hal. 1-44	Bandung, Mei 2015	p-ISSN 1979-8059 e-ISSN 2302-6146

INKOM

Jurnal Informatika, Sistem Kendali, dan Komputer

p-ISSN 1979-8059, e-ISSN 2302-6146

Volume 9, No 1, Mei 2015

Penanggung Jawab

Kepala Pusat Penelitian Informatika - LIPI

Dewan Redaksi

<i>Ketua</i>	Dr. Didi Rosiyadi	Puslit Informatika LIPI
<i>Anggota</i>	Prof. Dr. Ir. Engkos Koswara N., M.Sc.	Puslit Informatika LIPI
	Dr. Ir. Ashwin Sasongko Sastrosubroto., M.Sc.	Puslit Informatika LIPI
	Drs. Tigor Nauli	Puslit Informatika LIPI
	Dr. Ana Hadiana, M.Eng.	Puslit Informatika LIPI
	Dr. Nasrullah Armi	PPET LIPI

Redaksi Pelaksana

<i>Ketua</i>	Arnida L. Latifah, S.Si., M.Sc.	Puslit Informatika LIPI
<i>Penyunting Ahli</i>	Suyoto, ST., MT.	Puslit Informatika LIPI
	Bambang Sugiarto, ST., MT	Puslit Informatika LIPI
	Raden Sandra Yuwana, MT.	Puslit Informatika LIPI
<i>Desain Grafis</i>	Dicky Rianto Prajitno, MT.	Puslit Informatika LIPI

Mitra Bestari

Prof. I. KG. Darma Putra (Komputer), Dr. Achmad Basuki (Informatika), Dr. Adha Imam Cahyadi (Otomasi), Dr. Bayu Hendradjaya (Informatika), Dr. Erma Suryani (Informatika), Dr. Joni Welman S. (Otomasi), Dr. M. Udin Harun Al Rasyid (Otomasi), Dr. Sugihartono (Komputer), Irwan Purnama, M.Sc.Eng (Otomasi), Leon Andretti A, M.M (Informatika)

Sekretariat

Rini Wijayanti, M.Kom	Puslit Informatika LIPI
Adi Nurhadiyatna, S.Kom., M.Kom	Puslit Informatika LIPI

Alamat Redaksi

Jurnal INKOM

Pusat Penelitian Informatika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Komp. LIPI Gd. 20 Lt. 3 Jln Sangkuriang, Bandung, 40135

Telp: +62 22 2504711, Fax: +62 22 2504712

Email: jurnal@informatika.lipi.go.id, Website: <http://jurnal.informatika.lipi.go.id>

Pertama terbit: Mei 2007

Frekuensi terbit: Dua kali setahun, setiap bulan Mei dan November

Jurnal INKOM adalah jurnal yang mengkaji masalah yang berhubungan dengan Informatika, Sistem Kendali, dan Komputer dengan keberkalaan penerbitan dua kali setahun pada Mei dan November. Tulisan yang dipublikasikan berupa hasil penelitian, pemikiran atau pengembangan untuk kemajuan keilmuan atau terapan. Kelayakan pemuatan dipertimbangkan oleh penilai dengan *double blind review* berdasarkan keaslian (originalitas) dan keabsahan (validitas) ilmiah.

©2015 Hak cipta dilindungi undang-undang

Daftar Isi

Hasil Penelitian	Halaman
<i>Penerapan Logika Fuzzy dan Pulse Width Modulation untuk Sistem Kendali Kecepatan Robot Line Follower</i> Ahyar Supani, Azwardi	1-10
<i>Prototipe Frekuensi Meter Rentang Ukur (10~2000) Hz Terkalibrasi ke Standar Primer Frekuensi</i> Purwowibowo, Ahmad Prakosa	11-20
<i>Sistem Akuisisi Data Online Proses Sintering dengan Atmosfir Hidrogen untuk Prediksi Parameter Keselamatan</i> Adhi mahendra, Dede Sutarya	21-28
<i>Ekstraksi Objek pada Citra Radar FM-CW dengan Metode DBSCAN</i> Vicky Zilvan	29-38
<i>Aplikasi Android pada Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu</i> Fadhlullah Ramadhani, Haris Syahbuddin, dan Eleonora Runtuwu	39-44



Jurnal Informatika, Sistem Kendali, dan Komputer

Volume 9, No 1, 2015

Editorial

Pembaca yang terhormat, Jurnal INKOM volume 9 nomor 1 tahun 2015 berisi 5 karya tulis ilmiah. Dengan rincian 2 makalah merupakan tulisan dalam bidang informatika: Ekstraksi Objek pada Citra Radar FM-CW dengan Metode DBSCAN, Aplikasi Android pada Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu; 1 makalah merupakan tulisan dalam bidang komputer: Sistem Akuisisi Data Online Proses Sintering dengan Atmosfir Hidrogen untuk Prediksi Parameter Keselamatan. Serta dua makalah dalam bidang kendali yaitu Penerapan Logika Fuzzy dan Pulse Width Modulation untuk Sistem Kendali Kecepatan Robot Line Follower dan Prototipe Frekuensi Meter Rentang Ukur (10~2000) Hz Terkalibrasi ke Standar Primer Frekuensi. Semua tulisan ilmiah yang dipublikasikan telah melalui proses seleksi dengan metoda *double blind* oleh dewan redaksi dan mitra bestari.

Rencana ke depan Jurnal INKOM adalah menjadikan Jurnal INKOM memenuhi standar sehingga dapat diindeks pada indeks global. Dalam waktu dekat, setiap naskah yang dipublikasi pada Jurnal INKOM memiliki DOI (*digital object identifier*). Besar harapan kami agar Jurnal INKOM berkembang menjadi Jurnal yang bermutu.

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada dewan pengarah, dewan redaksi, editor pelaksana, sekretariat dan para penulis yang telah melancarkan proses penerbitan Jurnal INKOM nomor ini. Mudah-mudahan Jurnal INKOM volume 9 nomor 1, 2015 ini memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Indonesia.

Ketua Dewan Editor

Kata kunci yang dicantumkan adalah istilah bebas. Lembar abstrak ini boleh disalin tanpa izin dan biaya

DDC 621.38

Ahyar Supani, Azwardi (Teknik Komputer, Politeknik Negeri Sriwijaya)

Penerapan Logika Fuzzy dan Pulse Width Modulation untuk Sistem Kendali Kecepatan Robot Line Follower

INKOM, 9(1) 2015: 1-10

Satu kendala robot line follower (LF) yaitu kendali kecepatan putaran saat belok mengikuti garis belok tajam, belok sedang, belok sedikit, dan tidak ada garis. Kendala tersebut adalah robot LF selalu menggerakkan satu roda saja kiri atau kanan dengan kecepatan maksimum. Kendala ini diatasi dengan menerapkan logika fuzzy untuk mengkomputasi nilai on/off motor saat belokan garis tajam, belokan sedang, dan sedikit. Selanjutnya penerapan Pulse Width Modulation untuk mengatur sinyal lamanya waktu on/off motor. Pengujian dengan sudut 90^0 dan 45^0 menghasilkan satu roda kecepatan maksimum satu roda lagi mengalami dua kecepatan 14,5 % dan 43,1 % dari maksimum. Pengujian sudut 10^0 satu roda kecepatan maksimum dan satu roda 43,1% dari maksimum.

(Penulis)

Kata kunci : fuzzy, pulse width modulation, kecepatan roda robot

DDC 621.38

Purwowibowo, Jalu Ahmad Prakosa (Pusat Penelitian Metrologi, LIPI)

Prototipe Frekuensi Meter Rentang Ukur (10~2000) Hz Terkalibrasi ke Standar Primer Frekuensi

INKOM, 9(1) 2015: 11-20

Pengukuran besaran frekuensi sangat penting peranannya dalam bidang sistem pengukuran sinyal terutama untuk akuisisi data sinyal pulsa pada pengukur aliran jenis turbin. Untuk memenuhi kebutuhan pengukuran yang akurat dan menjadi mandiri secara teknologi diperlukan produk frekuensi meter lokal yang terkalibrasi. Tujuan penelitian ini adalah membuat prototipe frekuensi meter sampai rentang ukur 2000 Hz yang terkalibrasi sehingga terjamin nilai kebenaran pengukurannya secara internasional. Digunakan mikrokontroler board Arduino Uno dengan kemampuan pencacah 16 bit untuk menghitung frekuensi. Hasil pengukuran ditampilkan secara real time komunikasi serial serta pada Liquid Crystal Display (LCD). Telah dilakukan kalibrasi prototipe frekuensi meter tersebut menggunakan standar DS340 yang telah tertelusur ke satuan SI melalui standar primer frekuensi cesium Puslit Metrologi LIPI. Dari hasil kalibrasi dan pengukuran pada rentang ukur (10~2000) Hz didapat bahwa prototipe frekuensi meter ini memiliki kemungkinan error terbesar sebanyak 0,7 Hz. Telah berhasil dibangun ketertelusuran pengukuran prototipe frekuensi meter tersebut dengan resolusi 0,1 Hz dan akurasi 0,03% relatif skala penuh.

(Penulis)

Kata kunci: frekuensi meter, mikrokontroler, kalibrasi, ketertelusuran, standar cesium

Kata kunci yang dicantumkan adalah istilah bebas. Lembar abstrak ini boleh disalin tanpa izin dan biaya

DDC 621.39

Adhi Mahendra (Fakultas Teknik Universitas Pancasila), Dede Sutarya (Badan Tenaga Nuklir Nasional)

Sistem Akuisisi Data Online Proses Sintering dengan Atmosfir Hidrogen untuk Prediksi Parameter Keselamatan

INKOM, 9(1) 2015: 21-28

Meningkatnya penggunaan dan penerapan hidrogen sebagai sumber energi terbarukan atau aplikasi pada proses industri, telah meningkatkan tekanan untuk memastikan penanganan keselamatan serta pemantauannya. Masalah keselamatan yang berkaitan dengan gas hidrogen lebih jauh dihambat oleh mahalnya instrumentasi yang diperlukan untuk mengukur persentase batas ledakan, laju aliran dan tekanan yang dihasilkan. Solusi inovatif untuk mengatasi isu-isu keselamatan hidrogen dan sensor fisik yang mahal adalah dengan menggunakan sensor virtual berdasarkan jaringan syaraf tiruan yang belajar dari data untuk memprediksi parameter yang berkaitan dengan keselamatan hidrogen. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dataset yang menggambarkan seluruh perilaku proses sintering dengan atmosfer hidrogen. Dalam penelitian ini dikembangkan sebuah sistem akuisisi data untuk proses sintering serta mengujinya pada proses sintering sebenarnya untuk mendapatkan data yang diperlukan. Hasil percobaan pada sistem akuisisi data secara *online* untuk mengukur variabel proses menunjukkan kinerja sistem yang baik. Data yang diperoleh dapat menggambarkan perilaku keseluruhan hidrogen dalam proses sintering. Dengan demikian data ini dapat digunakan sebagai dataset untuk pemodelan jaringan saraf tiruan dalam memprediksi parameter keselamatan hidrogen dalam studi berikutnya.

(Penulis)

Kata kunci: sistem akuisisi data, variabel proses, keselamatan hidrogen, tungku sintering

DDC 621.32

Vicky Zilvan (UPT LPSN, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)

Ekstraksi Objek pada Citra Radar FM-CW dengan Metode DBSCAN

INKOM, 9(1) 2015: 29-38

Makalah ini membahas rancang bangun dan implementasi ekstraksi objek pada radar FM-CW untuk mengatasi permasalahan kualitas citra yang ditangkap oleh radar. Teknik clustering density based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN) digunakan untuk mengekstraksi objek dari data input. Hasil dari penelitian ini adalah rancang bangun ekstraksi objek dengan nilai minPts sebesar 4 dan nilai eps sebesar 4 sebagai parameter input untuk DBSCAN. Hasil dari rancang bangun ekstraksi objek adalah titik-titik data hasil ekstraksi objek yang lebih sederhana yang mampu mengatasi permasalahan kualitas citra yang ditangkap oleh radar. Selain itu, titik-titik data yang dihasilkan juga memiliki kualitas data yang lebih baik karena teknik clustering DBSCAN memiliki kemampuan untuk memisahkan noise dari data input.

(Penulis)

Kata kunci: pengolahan citra, radar FM-CW, ekstraksi objek, DBSCAN

Kata kunci yang dicantumkan adalah istilah bebas. Lembar abstrak ini boleh disalin tanpa izin dan biaya

DDC 621.39

Fadhhlullah Ramadhani, Haris Syahbuddin, dan Eleonora Runtuwu (Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrolog)

Aplikasi Android pada Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu

INKOM, 9(1) 2015: 39-44

Kemajuan teknologi informasi dewasa ini sangat pesat. Mulai dengan penggunaan telepon selular yang hanya digunakan untuk mengirimkan pesan singkat atau berkomunikasi biasa sampai dengan telepon pintar (*smart phone*). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian dalam usaha penyebaran informasi pertanian, berusaha menggunakan teknologi informasi tersebut semaksimal mungkin. Salah satu contoh adalah penyebaran informasi kalender tanam terpadu, yang bukan hanya berbasis *website* saja, tetapi juga berbasis SMS dan *Android*. Makalah ini bertujuan untuk memaparkan pengembangan aplikasi yang dapat digunakan untuk diseminasi informasi tanam terpadu menggunakan aplikasi *mobile* berbasis *Android*. Materi yang digunakan dalam penyusunan aplikasi ini tentunya terkait dengan kalender tanam, yaitu standing crop yang diekstrak dari citra satelit MODIS, data hasil monitoring CCTV, estimasi waktu dan luas tanam, status tingkat kerawanan banjir dan kekeringan tingkat kabupaten, status organisme pengganggu tanaman, rekomendasi varietas dan prakiraan kebutuhan benih, rekomendasi dan kebutuhan pupuk, dan mekanisasi pertanian. Metode yang digunakan secara umum adalah pendekatan pengembangan sistem berbasis *Android*. Hasil akhir dari penelitian ini adalah tersedianya dan terpakainya aplikasi *Android* pada sistem informasi katam terpadu. Pada intinya pengguna dapat menggunakan *smartphone* untuk mendapatkan informasi terkini mengenai kalender tanam pertanian secara cepat. Cepatnya mendapatkan informasi pertanian diharapkan membantu petani dan masyarakat pertanian melakukan budidaya pertanian secara lebih akurat agar terhindar dari kegagalan.

(Penulis)

Kata kunci: *Android*, kalender tanam terpadu, sistem informasi

The descriptor given are free terms. This abstract sheet may be reproduced without permission or charge.

DDC 621.38

Ahyar Supani, Azwardi (Computer Engineering, State Polytechnic of Sriwijaya)

Applying Fuzzy Logic and Pulse Width Modulation for Speed Control System of Line Follower Robot

INKOM, 9(1) 2015: 1-10

One obstacle faced by line follower robot (LF) is a driven-motor speed control when it turns to right/left following a sharp turn, a medium turn, a less turn and no line. The obstacle is robot LF that always drive a left or right wheel with maximum speed. This obstacle is overcome by applying a fuzzy logic computing values of on/off motor while turning. And then applying the PWM is to set time of on/off motor. The experiment with angles of 90^0 and 45^0 resulted a maximum wheel speed of robot and the other got two speeds; 14,5 % and 43,1 % of maximum. The experiment with angle of 10^0 resulted a maximum robot wheel speed and the other is 43,1 % of maximum.

(Author)

Keywords :fuzzy, pulse width modulation, robot wheel speed

DDC 621.38

Purwowibowo, Jalu Ahmad Prakosa (Research Center for Metrology, Indonesian Institute of Sciences)

Prototype of Meter Frequency Range (10~2000) Hz Calibrated to Primary Standard Frequency

INKOM, 9(1) 2015: 11-20

The frequency measurement has very important role in the field of signal measurement system mainly for acquisition data of pulse signal on the turbine flow meter. To meet the accurate measurement and become independent technology, a local products of calibrated frequency meter is needed. The purpose of this research is to create a prototype of calibrated frequency meter until range of 2000 Hz to guarantee the truth measurement internationally. Microcontroller of Arduino Uno board with 16-bit counter ability is used to calculate the frequency. The measurement result is displayed in real time by serial communication and on the Liquid Crystal Display. That prototype of frequency meter has been calibrated using standard of DS340 that is traceable to SI units through primary standard of frequency using cesium at Research Center for Metrology LIPI. The results of calibration and measurement on the measuring range of (10~2000) Hz obtained that the prototype of frequency meter has the maximum possible error of 0.7 Hz. The measurement traceability of prototype of frequency meter with the resolution of 0.1 Hz and the relative accuracy of 0.03% full scale has been successfully built .

(Author)

Keywords: frequency meter, microcontroller, calibration, traceability, cesium standard

The descriptor given are free terms. This abstract sheet may be reproduced without permission or charge.

DDC 621.39

Adhi Mahendra (Faculty of Engineering, Pancasila University), Dede Sutarya (National Nuclear Energy Agency)

Acquisition Online Data System Sintering Process with Atmosfer Hidrogen for Safety Parameter Prediction

INKOM, 9(1) 2015: 21-28

Increasing the use and application of hydrogen as a renewable energy source or application in industrial processes, has increased a pressure to ensure the safety handling and that monitoring. The safety issues related to hydrogen gas are further exasperated by expensive instrumentation required to measure the percentage of explosive limits, flow rates and generated pressure. An innovative solution to address the safety issues of hydrogen and costly physical sensor is to use virtual sensors based on neural network which learn from the data to predict the parameters related to the safety of hydrogen. This study aimed to obtain the dataset that describe the entire behavior of the sintering process with a hydrogen atmosphere. This research developed a data acquisition system for the sintering process and testing using real sintering process to obtain the necessary data. The results of experiments on the data acquisition system for on-line data acquisition to measure process variables showed a good performance. The obtained data can be described from the overall behavior of hydrogen in the sintering process. Thus these data can be used as a dataset for modeling neural networks in predicting the safety parameters of hydrogen in future studies.

(Author)

Keywords: data acquisition system, process variable, hydrogen safety, sintering furnace

DDC 621.32

Vicky Zilvan UPT LPSN Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI),

Object Extraction on FM-CW Radar Image Using DBSCAN Method

INKOM, 9(1) 2015: 29-38

This paper proposed design and implementation object extraction on FM-CW radar to solve radar image quality problem. Density based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN) technique is used to extract objects from input data. The result of this research is a design of object extraction by setting mintPts to 4 and eps to 4 as input parameters for DBSCAN. Output of this design is simple data points as a result of object extraction which can resolve radar image quality problem. Furthermore, data points of object extraction result have good quality data because DBSCAN clustering technique has ability to separate noise data of input data.

(Author)

Keywords: image processing, FM-CW radar, object extraction, DBSCAN

The descriptor given are free terms. This abstract sheet may be reproduced without permission or charge.

DDC 621.39

Fadhulllah Ramadhani, Haris Syahbuddin, dan Eleonora Runtunuwu (Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrolog)

Android Applications on Integrated Cropping Calendar Information Systems

INKOM, 9(1) 2015: 39-44

Advance in information technology has grown very rapidly. It started with the use of mobile phones that are only used to send short messages or regular communication through smart phones. Indonesian Agency for Agricultural Research and Development, in their efforts of agricultural information dissemination, is trying to use the information technology as much as possible. One example is the deployment of integrated cropping calendar information, which is not only based on the web-site, but also based on SMS and Android. This paper aims to describe the development of application that can be used to disseminate information using the integrated katam Android based mobile applications. The material used in the preparation of this application is certainly related to the planting calendar, namely the standing crop which is extracted from MODIS satellite imagery, CCTV monitoring records, the estimated time and acreage, the status of the vulnerability of flood and drought on district level, the status of plant pests, recommendation varieties and forecasting needs of seed, fertilizer recommendation and needs, and the mechanization of agriculture. The method used in general use Android-based systems development approach. The end result of this research is the availability and disuse Android applications in diverse cropping calendar information systems. In essence, the user can use a smartphone to get the latest information on agricultural crop calendars quickly. The rapid agricultural information is expected to help farmers and farming communities doing agricultural cultivation more accurately in order to avoid failure.

(Author)

Keywords: Android, integrated cropping calendar, information systems.

Penerapan Logika *Fuzzy* dan *Pulse Width Modulation* untuk Sistem Kendali Kecepatan Robot *Line Follower*

Applying Fuzzy Logic and Pulse Width Modulation for Speed Control System of Line Follower Robot

Ahyar Supani, Azwardi
Teknik Komputer Politeknik Negeri Sriwijaya,
Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang Sumatera Selatan
Email: ahyarsupani@polsri.ac.id

Abstract

One obstacle faced by line follower robot (LF) is a driven-motor speed control when it turns to right/left following a sharp turn, a medium turn, a less turn and no line. The obstacle is robot LF that always drive a left or right wheel with maximum speed. This obstacle is overcome by applying a fuzzy logic computing values of on/off motor while turning. And then applying the PWM is to set time of on/off motor. The experiment with angles of 90° and 45° resulted a maximum wheel speed of robot and the other got two speeds; 14,5 % and 43,1 % of the maximum. The experiment with angle of 10° resulted a maximum robot wheel speed and the other is 43,1 % of maximum.

Keywords : *fuzzy, pulse width modulation, robot wheel speed*

Abstrak

Satu kendala robot *line follower* (LF) yaitu kendali kecepatan putaran saat belok mengikuti garis belok tajam, belok sedang, belok sedikit, dan tidak ada garis. Kendala tersebut adalah robot LF selalu menggerakkan satu roda saja kiri atau kanan dengan kecepatan maksimum. Kendala ini diatasi dengan menerapkan logika *fuzzy* untuk mengkomputasi nilai *on/off* motor saat belokan garis tajam, belokan sedang, dan sedikit. Selanjutnya penerapan *Pulse Width Modulation* untuk mengatur sinyal lamanya waktu *on/off* motor. Pengujian dengan sudut 90° dan 45° menghasilkan satu roda kecepatan maksimum, satu roda lagi mengalami dua kecepatan 14,5 % dan 43,1 % dari maksimum. Pengujian sudut 10° satu roda kecepatan maksimum dan satu roda 43,1% dari maksimum.

Kata kunci : *fuzzy, pulse width modulation, kecepatan roda robot*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi robot dewasa ini banyak membantu pekerjaan manusia seperti yang dipakai di industri sebagai lengan robot (*robot arm*), namun ada juga robot yang dikembangkan dalam kontes robot misalnya robot seni, robot sepakbola, robot penghindar tabrakan sekaligus pencari dan pemadam api. Dalam perkembangannya, robot semakin kian banyak diteliti di perguruan tinggi untuk meningkatkan kepintaran (*smart*) robot [1], penelitian memformulasikan lintasan robot berdasarkan metode formal *Logic Temporal Linier* (LTL) oleh Irvan Lewenusu, Wisnu Ananta Kusuma [2] dan penelitian Widiyanto [3] LTL

diterapkan untuk menyusun spesifikasi *mobile robot* berdasarkan kebutuhan rancangan kendali navigasi Kontes Robot Cerdas Indonesia 2006 lintasannya dalam ruangan, navigasinya berdasarkan jarak dan kompas, ada juga penelitian menerapkan logika *fuzzy* untuk rancangan kontroler untuk robot bergerak yang dibangun oleh Shukla dan Tiwari [4] yang dikembangkan adalah hubungan matematika dan geometri antara koordinat 3 dimensi dan 2 dimensi, untuk peningkatan kepintaran robot bergerak dilakukan oleh Supani [5] dengan navigasi gerak robot berdasarkan jarak penghalang dengan robot tersebut. Pengembangan kendali pintar robot lengan juga telah dikembangkan oleh Bachir Ouamri dan Zubir Ahmed [6] yang menyajikan kendali lengan robot Puma 600 menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) yang berbasis *Controller* Torsi Terkomputerisasi. Penerapan *controller fuzzy* pada

Received: 30 Januari 2015; Revised: 14 Februari 2015;
Accepted: 15 April 2015 ; Published online: 10 Juli 2015
©2015 INKOM 2015/15-NO405

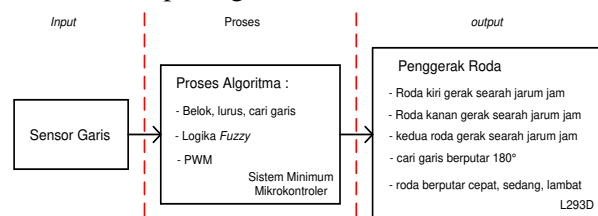
motor DC mesin pembuat gerabah di Desa Nguri Kecamatan Lambeyan Kabupaten Magetan untuk mengatur putaran 100 rpm – 250 rpm motor oleh Resmana et al, [7], dan juga pengaturan motor induksi lebih cepat dan halus [8] dan pengembangan lanjut oleh Andriansyah [9] perancangan robot bergerak berbasis perilaku mahluk hidup menggunakan *Particle Swarm Fuzzy Controller*.

Pada tulisan ini, pengembangan robot LF terus ditingkatkan kepintarannya, karena kelemahan robot LF selama ini adalah tidak ada kendali kecepatan gerak kedua motor ketika belok dan hanya satu roda saja yang bergerak baik belok tajam, sedang, sedikit. Pada tulisan ini telah menerapkan logika *fuzzy* untuk komputasi masukan dari lintasan yang menghasilkan nilai kontrol *on/off* motor, dimana masukan dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu “belok kanan tajam”, “belok kanan sedang”, “belok kanan sedikit”, “lurus”, “belok kiri tajam”, “belok kiri sedang”, “ belok kiri sedikit”, “cari garis”. Kemudian *Pulse Width Modulation* (PWM) mengatur lamanya suplai tegangan motor roda robot LF saat belok dan lurus. Luaran selanjutnya mengamati gerak putar roda robot saat belok. Dalam tulisan ini, mikrokontroller yang telah digunakan adalah AT89S52 sebagai mesin robot LF dan *compiler* C [10]. Sedangkan sensor garis masukan yang digunakan adalah *Infra_Red Led* dan *photo dioda*, untuk pengatur penggerak robot LF menggunakan L293D yang dihubungkan ke motor.

2. Sistem robot LF

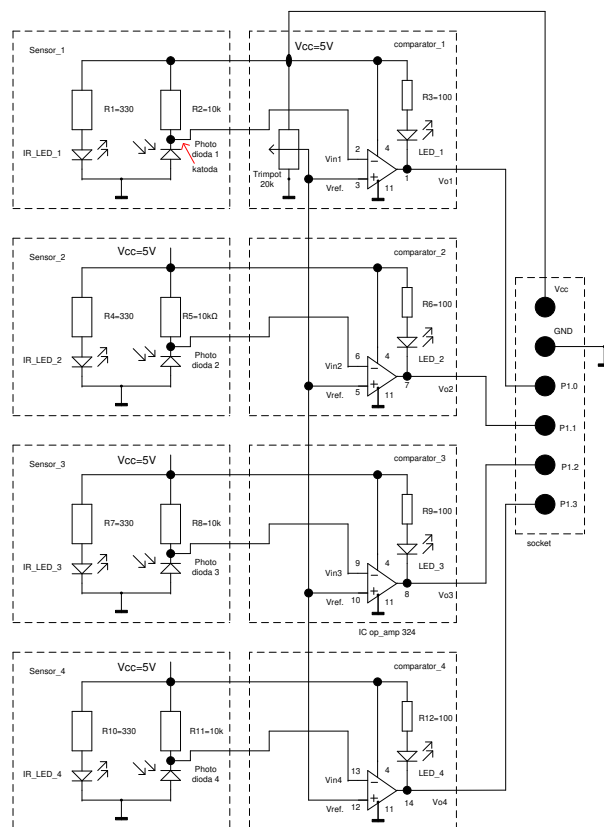
Rancangan diagram blok robot LF telah digambarkan pada Gambar 1, robot LF terdiri atas tiga bagian yaitu masukan (*input*), proses dan keluaran (*output*).

Masukan berupa sensor garis yang menggunakan *infrared* dan *photo diode* yang terdiri atas 4 pasang sensor.



Gambar 1. Diagram blok robot LF

Empat masukan sensor digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Empat pasang sensor masukan

Pada Gambar 2 rangkaian sensor dan komparator terdiri atas empat sensor dan empat komparator. Sensor memiliki komponen *IR_LED* (*infra red*) dan *photo dioda*, dimana fungsi *IR_LED* memancarkan sinar yang memiliki sinyal dan *photo dioda* berfungsi menerima sinar. Prinsip kedua komponen ini diterapkan pada robot pengikut garis (*line follower*), robot akan mengikuti garis yang diberi warna hitam. Warna hitam ini akan menyerap cahaya, bila garis berbelok maka salah satu sensor tidak mengenai garis mengakibatkan sensor tersebut menerima cahaya pada *photo dioda* dan diteruskan ke masukan sistem robot *line follower*. Sistem robot *line follower* ditanamkan pada mikrokontroller (*embedded system*) yang akan mengatur putaran gerak motor kiri dan kanan.

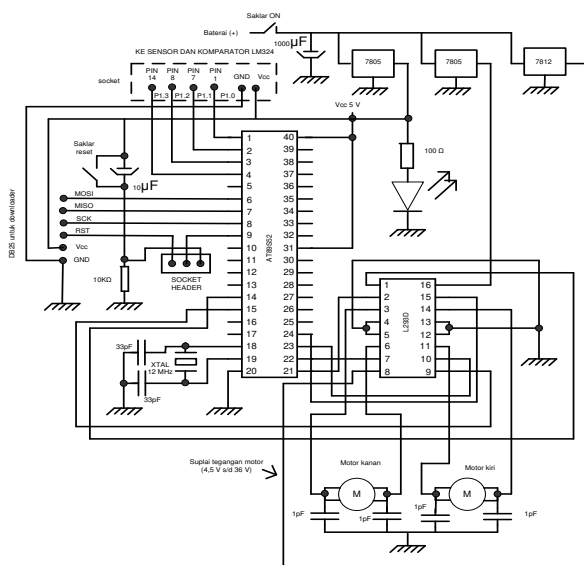
Rangkaian sensor, jika dihalangi maka *photo dioda* tidak mendapatkan cahaya sehingga titik katoda *photo dioda* bertegangan 5 V atau logika 1 pada Gambar 2 sebaliknya tegangan 0 V jika tidak dihalangi. Logika 1 ini diteruskan pada masukan komparator inverting dan dibandingkan dengan tegangan referensi *Vref* yang tak membalik.

Masukan komparator terhubung langsung dengan katoda *photo dioda*, perubahan logika tinggi dan rendah pada katoda *photo dioda* dibandingkan oleh komparator dengan tegangan referensi trimpot *Vref*. Adapun persamaan

perbandingan sebagai berikut. Kita ambil contoh sensor 1 dan komparator 1 pada Gambar 2.

- Kondisi V_{in1} logika 1 (tinggi), maka $V_{in1} > V_{ref}$, maka V_{o1} berlogika 1 (tinggi)
- Kondisi V_{in1} logika 0 (rendah), maka $V_{in1} < V_{ref}$, maka V_{o1} berlogika 0 (rendah)
- Kondisi $V_{in1} = V_{ref}$, maka V_{o1} berlogika 0 (rendah)

Bagian proses adalah untuk memproses algoritma gerak robot LF dengan menerapkan logika *Fuzzy* dan PWM. Logika *fuzzy* dan PWM ditanamkan di mikrokontroler yang berupa perintah program. Bagian proses ini adalah perangkat keras yang berupa sistem minimum mikrokontroler dimana mikrokontroler yang digunakan adalah AT89S52, maka sistem minimumnya adalah AT89S52 seperti Gambar 3.



Gambar 3. Sistem minimum AT89S52, driver-motor

IC AT89S52 pada Gambar 3 mempunyai empat buah *port* yang dapat digunakan sebagai masukan dan keluaran. Sebelum menggunakan IC Mikrokontroler AT89S52 ini langkah yang harus dipersiapkan adalah membuat rangkaian sistem minimum AT89S52 yang terdiri atas mikrokontroler dan osilator, osilator dirangkai dengan menggunakan kristal (XTAL) 12 MHz dan dua kapasitor yang masing-masing 30pF. Sistem minimum ini berguna untuk menanamkan kepintaran robot dalam algoritma *Fuzzy* dan PWM yang diilustrasikan dalam program (*source code*). Pada Gambar 3 sistem minimumnya adalah hilangkan IC *driver* L293D dan motor DC, rangkaian reset boleh ada atau tidak. Setelah mendapatkan sebuah rangkaian sistem minimum yang lengkap, sistem minimum AT89S52 ini akan dioperasikan sebagai *input* sekaligus sebagai *output* pada keseluruhan rangkaian mikrokontroler AT89S52. Pin 31 ($\bar{E}A/V_{pp}$) dihubungkan ke V_{cc}

untuk menggunakan memori internal sebaliknya jika dihubungkan ke *ground* (GND) maka mikrokontroler menggunakan memori eksternal dari alamat 0000h sampai dengan FFFFh.

Driver yang dipakai pada robot LF ini pada Gambar 3 yang bergabung dengan sistem minimum menggunakan tipe IC L293D, yang memiliki 16 pin, sebenarnya *driver-motor* ada dua tipe IC yaitu L293D dengan 16 pin dan L293DD dengan 20 *pin*. Untuk menyederhanakan pemakaian sebagaimana dua *bridge* yang masing-masing pasangan *channel* dilengkapi sebuah *input enable*. Sebuah *input supply* terpisah yang disediakan untuk logik, yang memperbolehkan operasi pada tegangan rendah dan termasuk dioda *clamp* internal. Perangkat ini cocok untuk pemakaian aplikasi pensaklaran pada frekuensi 5 k Hz.

Tabel 1 adalah tabel kebenaran L293D yang merupakan panduan untuk menggerakkan motor.

Tabel 1. Tabel kebenaran *drive-motor* L293D

Enable 1=pin 1, enable 2= pin9

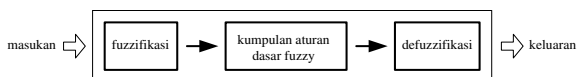
in1	in2	in3	in4	aksi motor	
				kanan	kiri
1	0	0	1	cw	cw
0	0	0	1	off	cw
1	0	0	0	cw	off
0	0	0	0	off	off
0	1	1	0	ucw	ucw
1	0	1	0	cw	ucw
0	1	0	1	ucw	cw

keterangan: cw:clockwise, ucw:unclockwise, off: motor tidak bergerak

3. Algoritma logika *fuzzy* untuk robot LF

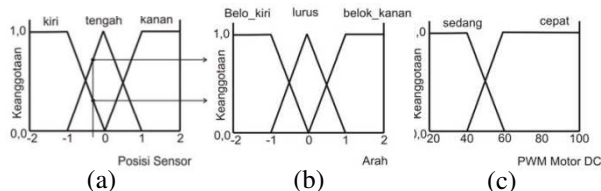
Lofti Zadeh mengembangkan *logika fuzzy* pada tahun 1964, dasar pemikirannya adalah tidak ada keadaan yang hanya selalu bernilai “benar” dan “salah” atau “on” dan “off”, tetapi ada gradasi nilai diantara dua nilai ekstrim tersebut. Dengan memperhatikan kenyataan ini, kita memerlukan penggeseran skala variabel yang dapat diukur sebagai bagian dari “on” dan sebagian dari “off” atau sebagian besar “benar” dan sebagian “salah”. Teori himpunan klasik berdasarkan pada logika ekstrem yang menetapkan objek sebagai anggota atau bukan anggota himpunan. Sebaliknya, pada logika *fuzzy*, suatu objek dapat menjadi anggota pada banyak himpunan dengan derajat keanggotaan berbeda-beda pada masing-masing himpunan. Derajat keanggotaan pada suatu himpunan didasarkan pada skala 0 sampai dengan 1 dan menetapkan 1 sebagai keanggotaan lengkap dan 0 sebagai tidak ada keanggotaan.

Pelopop aplikasi logika *fuzzy* dalam bidang kontrol, yang merupakan aplikasi pertama dan utama dari logika *fuzzy* adalah Prof. Ebrahim Mamdani dkk dari *Queen Mary College* London. Penerapan kontrol logika *fuzzy* secara nyata di industri banyak dipelopop para ahli dari Jepang, misalnya Prof. Sugeno dari *Tokyo Institute of Technology*. Aplikasi logika *fuzzy* hampir tak terbatas, misalnya untuk kontrol proses, proses produksi, robotika, manajemen skala besar, teknik sipil, kimia, transportasi, kedokteran maupun ekonomi. Pengaturan (*control*) sistem non linier yang mengandung sejumlah informasi padat memerlukan pengintegrasian sistem secara cepat dan dapat diterapkan dengan menggunakan logika *fuzzy*. Suatu keluaran dihitung berdasarkan nilai keanggotaan yang diberikan oleh masukan sesudah dikonfigurasi dalam kumpulan aturan *fuzzy*. Sebelum menjadi keluaran sistem, sistem memerlukan tiga transformasi untuk masukan sistem Gambar 4.



Gambar 4. Sistem himpunan *fuzzy*

Fuzzifikasi adalah proses dekomposisi suatu masukan dan atau keluaran sistem kedalam satu atau lebih himpunan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan yang dapat digunakan berbentuk macam-macam jenis kurva, tetapi bentuk segitiga pada Gambar 5 berikut adalah bentuk paling umum yang digunakan untuk sistem pengaturan.



Gambar 5. Himpunan *fuzzy*

Gambar 5 diatas menunjukkan suatu sistem himpunan *fuzzy* untuk system navigasi *mobile robot*, dengan satu masukan (a) dan dua keluaran (b) dan (c).

Fuzzifikasi adalah proses pembuatan besaran *fuzzy* dari besaran *crisp* yang dapat dilakukan secara sederhana, yakni dengan menandai banyaknya besaran yang dianggap *crisp* dan tertentu. Sebenarnya, tidak semua besaran tertentu, tetapi ada besaran yang tidak tentu. Jika ketidakpastian muncul karena ketidakpresisian, kerancuan, atau ketidaksengajaan, maka kemungkinan besarnya adalah *fuzzy* dan dapat dinyatakan oleh fungsi keanggotaan.

Setelah masukan dan keluaran didekomposisikan ke dalam himpunan *fuzzy*, kita memerlukan basis aturan yang mengatur tingkah laku sistem tiap kombinasi masukan. Masing-masing aturan terdiri atas satu kondisi dan satu tindakan. Kondisi diinterpretasikan dari masukan himpunan *fuzzy* dan tindakan ditentukan oleh keluaran himpunan *fuzzy*. Suatu himpunan aturan yang mempresentasikan semua kombinasi masukan bisa di-*set up* dalam suatu matriks yang disebut *Fuzzy Associative Memory* (FAM) atau system *fuzzy* berbasis aturan.

Aturan suatu sistem logika *fuzzy* sesungguhnya disusun sebagai suatu aturan yang mewakili pengetahuan sistem tersebut. Agar dapat menyatakan pengetahuan, pengaturan berbasis *fuzzy logic* menggunakan variabel linguistik dalam menuliskan aturan yang diperlukan. Pada kecerdasan buatan, ada berbagai cara untuk mempresentasikan pengetahuan. Bentuk dari *Switch-case* merupakan pernyataan yang dirancang khusus untuk menangani pengambilan keputusan yang melibatkan sejumlah atau banyak alternatif penyelesaian. Pernyataan *switch-case* ini memiliki kegunaan sama seperti *if-else* bertingkat, meskipun *Switch* didesain untuk mengganti *If-Else*, akan tetapi *Switch* memiliki batasan:

1. Data yang diperiksa haruslah bertipe *Integer (int)* atau Karakter (*char*).
2. *Range* data yang diperiksa bernilai 0 s/d 255.

Bentuk penulisan perintah ini sebagai berikut :

```
Switch (value)
{
case constanta 1// akan dicocokkan
dengan isi value: statement 1;
//pernyataan yang akan di kerjakan
jika value cocok dengan salah satu
data dari constanta break; //perintah
untuk mengakhiri statement...etc
default : statement x;// bersifat
optional. dieksekusi jika value tidak
cocok dengan salah satu constanta
yang tersedia}
```

Secara umum, ada tiga bentuk umum untuk setiap variabel linguistik, yaitu :

- a. Pernyataan penunjukan (*assignment statement*)
 - x = kiri warna = biru
 - x adalah tidak besar dan tidak kecil
- b. Pernyataan kondisional (*conditional statement*)
 - Keluaran Suhu = panas
 - Putaran motor = cepat
- c. Pernyataan bukan kondisional (*Unconditional statement*)

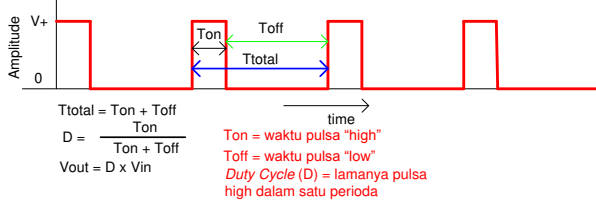
JIKA sensor kiri MAKA belok kiri DAN putaran motor sedang, *IF x is large THEN y is small ELSE y is not small*

Pada pengaturan suatu sistem, keluaran pengendali haruslah suatu nilai diskrit. Kita memerlukan defuzzifikasi untuk mengubah hasil *fuzzy* kedalam nilai keluaran yang tepat. Nilai keluaran dihitung dengan menjumlahkan hasil perkalian keanggotaan himpunan masukkan untuk tiap masukkan dengan nilai keluaran. Hasil perkalian dibagi dengan jumlah dari perkalian keanggotaan himpunan masukkan untuk tiap masukkan.

Defuzzifikasi adalah perubahan dari suatu besaran *fuzzy* ke suatu besaran numerik, sedangkan fuzzifikasi adalah perubahan dari suatu besaran numerik ke suatu besaran *fuzzy*. Keluaran proses *fuzzy* dapat berupa satuan logika dari dua atau lebih fungsi keanggotaan *fuzzy* dan didefinisikan dalam himpunan semesta keluaran.

4. Algoritma pulse width modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum [11] adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda seperti Gambar 6, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, *audio effect* dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya. Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa pengendalian kecepatan motor DC, Pengendalian Motor Servo, Pengaturan nyala terang LED.



Gambar 6. Sinyal PWM, V_{out} PWM

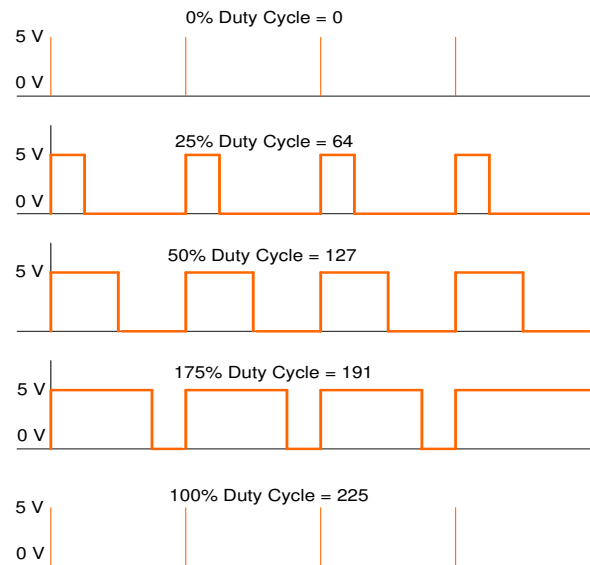
Pada metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Misalkan PWM digital 8 bit berarti PWM tersebut memiliki resolusi $2^8 = 256$, maksudnya nilai keluaran PWM ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut seperti Gambar 7.

Dengan cara mengatur lebar pulsa "on" dan "off" dalam satu perioda gelombang melalui pemberian besar sinyal referensi *output* dari suatu

PWM akan didapat *duty cycle* yang diinginkan. *Duty cycle* dari PWM dapat dinyatakan persamaan 1 sebagai berikut.

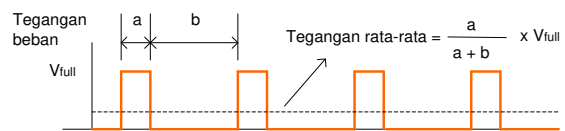
$$duty cycle = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \times 100\% \quad (1)$$

Duty cycle 100% berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu 12V, maka motor akan mendapat tegangan 12V, pada *duty cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada, begitu seterusnya.



Gambar 7. *Duty cycle* dan nilai PWM

Perhitungan pengontrolan tegangan *output motor* dengan metode PWM cukup sederhana. Dengan menghitung *duty cycle* yang diberikan, akan didapat tegangan *output* yang dihasilkan. Sesuai dengan persamaan 2 yang telah dijelaskan pada Gambar 8.



Gambar 8. Sinyal PWM pengontrolan motor

Keterangan: tegangan rata-rata = rata-rata tegangan pada motor, a = lamanya sinyal "on", b = lamanya sinyal "off", V_{full} = tegangan sumber motor.

Tegangan rata-rata merupakan tegangan *output* pada motor yang dikontrol oleh sinyal PWM, a adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal "on". b adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal "off". V_{full} adalah tegangan maksimum pada motor. Dengan menggunakan rumus diatas, maka akan

didapatkan tegangan *output* sesuai dengan sinyal kontrol PWM yang dibangkitkan.

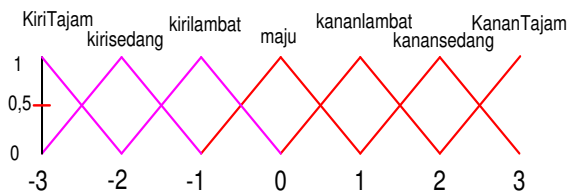
5. Metodologi implementasi robot LF

Tahapan-tahapan pembuatan robot LF dengan menerapkan algoritma *fuzzy* dan PWM yaitu pembuatan perangkat keras yang mengikuti Gambar 2 dan Gambar 3. Selanjutnya tahapan perangkat lunak dimana logika *fuzzy* dan PWM yang dimasukkan dalam program robot LF.

Penentuan aturan dan anggota masukan robot LF dengan *fuzzy* dilakukan dengan simulasi program Matlab. Hasil yang didapat seperti Gambar 9 aturan berdasarkan *fuzzy* dan Gambar 10 masukan anggota *fuzzy*.

1. if (Sensor is KiriTajam) then (PwmKiri is SangatLambat)(PwmKanan is Cepat)(1)
2. If (Sensor is KiriSedang) then (PwmKiri is Lambat)(PwmKanan is cepat)(1)
3. If (Sensor is KiriLambat) then (PwmKiri is sedang)(PwmKanan is cepat)(1)
4. If (Sensor is maju) then (PwmKiri is cepat)(PwmKanan is cepat)(1)
5. If (Sensor is KananLambat) then (PwmKiri is cepat)(PwmKanan is sedang)(1)
6. If (Sensor is KananSedang) then (PwmKiri is cepat)(PwmKanan is Lambat)(1)
7. If (Sensor is KananTajam) then (PwmKiri is cepat)(PwmKanan is SangatLambat)(1)

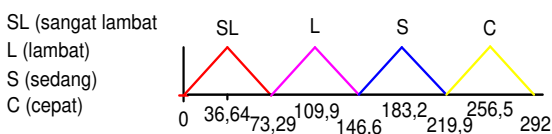
Gambar 9. Aturan berdasarkan *fuzzy*



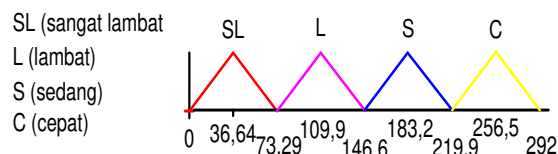
Gambar 10. Masukan anggota *fuzzy*

Keluaran Pwm_kanan, Pwm_kiri dan nilai PWM berturut-turut Gambar 11, Gambar 12 dan Gambar 13.

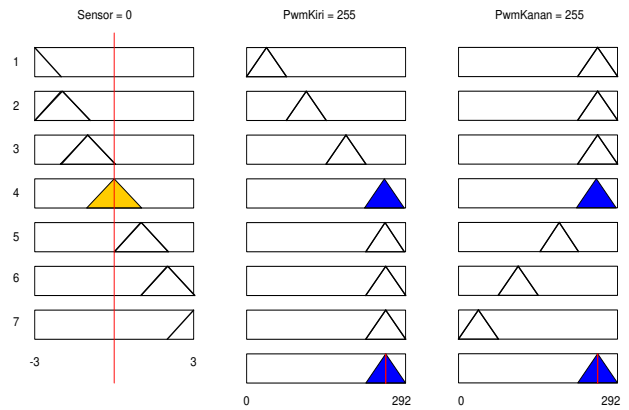
Proses defuzifikasi dengan metode centroid yang didapatkan Gambar 13 untuk menghasilkan nilai PWM.



Gambar 11. Nilai Pwm_kanan



Gambar 12. Nilai Pwm_kiri



Gambar 13. Hasil nilai PWM

Tabel 2 adalah hasil pengujian proses defuzifikasi, dimana *range* sensor [-3 3] dan *range* Pwm_kiri dan Pwm_kanan [0 292].

Tabel 2. Defuzifikasi nilai Pwm

No.	Input variabel sensor	Defuzifikasi nilai Pwm		Keterangan belok
		Pwm_kiri	Pwm_kanan	
1	-3	36,7	255	Kiri tajam
2	-2	110	255	Kiri sedang
3	-1	183	255	Kiri sedikit
4	0	255	255	lurus
5	1	255	183	Kanan sedikit
6	2	255	110	Kanan sedang
7	3	255	36,7	Kanan tajam

Source code yang telah dituliskan sintaknya adalah sebagai berikut.

```

• Pembacaan masukan dengan aturan fuzzy
switch(sensor)
{
case 0b11111000: kanan_tajam();break;
//belok kanan tajam
case 0b11111100: kanan_tajam();break;
case 0b11111110: kanan_sedang();
break; //belok kanan
setengah tajam
case 0b11111101: kanan_sedikit();
break; // belok
kanan lebih sedikit
case 0b11111001: maju();break;
case 0b11110111: kiri_tajam();break;
case 0b11110001: kiri_tajam();break;
case 0b11110011: kiri_sedang();break;
case 0b11111011: kiri_sedikit();
break;
case 0b11110000: kiri_tajam();break;
//jika tidak ada
garis, maka belok 180
derajat
case 0b11111111: P2=0x00;break;
}

• Kendali motor kanan dan kiri
void RPWM(unsigned char
cent_per,unsigned char reg_duty)
//kendali motor kanan
{

```



```

count++;
if(count<reg_duty)
{
    en2=1;
}
else
    en2=0;
if(count==cent_per)
count=0;
}

```

```

void LPWM(unsigned char
cent_per,unsigned char reg_duty)
//kendali motor kiri
{
    count++;
    if(count<reg_duty)
    {
        en1=1;
    }
    else
        en1=0;
    if(count==cent_per)
        count=0;
}

```

• Keluaran dengan nilai PWM

```

void maju()
{
    kiri1=1;
    kiri2=0;
    kanan1=0;
    kanan2=1;
    RPWM(0,255); //nilai PWM motor kanan
    LPWM(0,255); //nilai PWM motor kiri
    delay(50);
}

```

```

void kiri_tajam()
{
    kiri1=0;
    kiri2=1;
    kanan1=0;
    kanan2=1;
    RPWM(0,255); //nilai PWM motor kanan
    LPWM(218,37); //nilai PWM motor kiri
}

```

```

void kiri_sedang()
{
    kiri1=0;
    kiri2=1;
    kanan1=0;
    kanan2=1;
    RPWM(0,255); //nilai PWM motor kanan
    LPWM(145,110); //nilai PWM motor kiri
}
void kiri_lambat()
{
    kiri1=0;
    kiri2=1;
    kanan1=0;
    kanan2=1;
    RPWM(0,255); //nilai PWM motor kanan
}

```

```

LPWM(72,183); //nilai PWM motor kiri
}

```

```

void kanan_tajam()
{
    kiri1=1;
    kiri2=0;
    kanan1=1;
    kanan2=0;
    RPWM(218,37); //nilai PWM motor kanan
    LPWM(0,255); //nilai PWM motor kiri
}

```

```

void kanan_sedang()
{
    kiri1=1;
    kiri2=0;
    kanan1=1;
    kanan2=0;
    RPWM(145,110); //nilai PWM motor kanan
    LPWM(0,255); //nilai PWM motor kiri
}

```

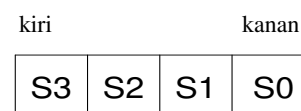
```

void kanan_lambat()
{
    kiri1=1;
    kiri2=0;
    kanan1=1;
    kanan2=0;
    RPWM(72,183); //nilai PWM motor kanan
    LPWM(0,255); //nilai PWM motor kiri
}

```

6. Hasil dan pembahasan

Pengamatan gerak robot LF yang diuji dengan posisi sensor S0, S1, S2 dan S3 Gambar 14.



Gambar 14. Posisi sensor

Tabel 3 menunjukkan hasil gerak robot yang telah diuji baik di lintasan garis maupun simulasi pada program proteus.

Tabel 3. Hasil pengamatan gerak motor

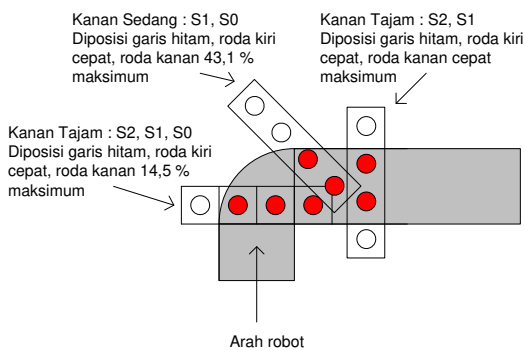
Belokan	Gerak motor		Kondisi masukan			
	kiri	kanan	S3	S2	S1	S0
Kanan tajam	cepat	lambat	1	0	0	0
Kanan sedang	cepat	sedang	1	1	0	0
Kanan sedikit	cepat	Agak cepat	1	1	0	1
Kanan lurus	cepat	cepat	1	0	0	1
Kiri sedikit	Agak cepat	cepat	1	0	1	1
Kiri sedang	sedang	cepat	0	0	1	1
Kiri tajam	lambat	cepat	0	1	1	1

Adapun nilai pwm yang didapat dari hasil simulasi *fuzzy* di matlab pada Tabel 4.

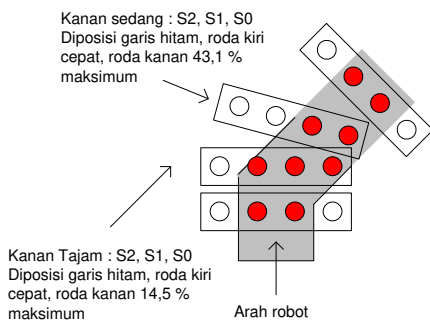
Tabel 4. Nilai PWM simulasi *fuzzy* di matlab

Belokan	Nilai PWM	
	LPWM	RPWM
Kanan tajam	(0, 255)	(218, 37)
Kanan sedang	(0, 255)	(145, 110)
Kanan sedikit	(0, 255)	(72, 183)
lurus	(0, 255)	(0, 255)
Kiri sedikit	(72, 183)	(0, 255)
Kiri sedang	(145, 110)	(0, 255)
Kiri tajam	(218, 37)	(0, 255)

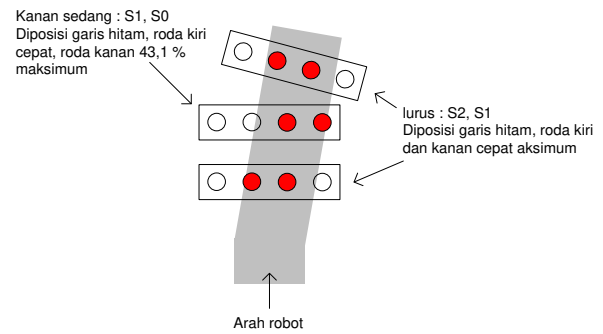
Simulasi lintasan garis belok kanan Gambar 15, Gambar 16 dan Gambar 17 dengan bulatan merah sensor diatas garis.



Gambar 15. Lintasan belok tajam



Gambar 16. Lintasan belok sedang



Gambar 17. Lintasan belok sedikit

Robot LF yang telah diuji seperti tertera pada Tabel 2 hasil yang diamati langsung baik melalui lintasan garis maupun simulasi proteus di komputer menunjukkan perubahan gerak baik motor kiri maupun motor kanan.

Perubahan gerak pada Tabel 2, belokan kanan tajam dibaca sensor $S_0=0, S_1=0, S_2=0, S_3=1$ artinya robot LF belok kanan antara sudut $60^\circ - 90^\circ$ yang menyebabkan motor kiri robot LF bergerak cepat (maksimum) dan motor kanan robot LF bergerak lambat dengan nilai LPWM(0,255) dan RPWM(218,37) seperti Tabel 4. Belokan kanan sedang dengan $S_0=0, S_0=1, S_1=1, S_1=1$ antara sudut $30^\circ - 60^\circ$ menyebabkan motor kiri robot LF bergerak cepat dan motor kanan robot LF bergerak sedang dengan nilai LPWM(0,255) dan RPWM(145,110). Belokan kanan sedikit dengan $S_0=1, S_1=0, S_2=1, S_3=1$ antara sudut $0^\circ - 30^\circ$ menyebabkan motor kiri robot LF bergerak cepat dan motor kanan robot LF bergerak agak cepat, sebaliknya sama dengan belok kiri, gerak motor kiri yang berubah-ubah dan motor kanan kontan cepat serta nilai LPWM yang berubah dan RPWM tetap konstan.

Nilai RPWM dan LPWM Tabel 3 adalah untuk mengatur suplai tegangan motor dimana pengaturan kendali motor berdasarkan lamanya logik "1" yang terhubung pada *enable driver motor* L293D, jika *enable* berlogik "1" maka suplai tegangan tersalurkan pada motor (*on*), jika logik "0" maka suplai tegangan motor tidak tersalurkan (*off*). LPWM(0,255) artinya logik "1" terus menerus (100%) terhubung ke *enable motor* kiri dengan prioda takhingga sehingga motor kiri bergerak cepat maksimum karena suplai tegangan ke motor tidak terputus, sedangkan RPWM(218,37) maka logik "1" berbanding nilai $(37/255) \times 100\% = 14,5\%$, sisanya berlogik "0" 85,5%, jadi motor kanan selama 14,5 % logik "1" mendapat suplai tegangan sisanya selama 85 % berlogik "0" motor kanan tidak mendapat suplai tegangan dalam satu prioda sehingga rata-rata

tegangan suplai motor sebesar 14,4 % dari tegangan penuh sehingga motor bergerak lambat menyebabkan arah robot LF belok kanan tajam. Nilai LPWM(0,255) dan RPWM(145,110) menghasilkan motor kiri bergerak cepat maksimum tetapi motor kanan bergerak sedang, lamanya logik “1” motor kanan sebesar $(110/255) \times 100 \% = 43,1 \%$ jadi rata-rata tegangan suplai motor kanan 43,1 % dari tegangan penuh sehingga motor bergerak sedang menyebabkan arah robot LF belok kanan sedang. Nilai LPWM(0,255) dan RPWM(72,183) menghasilkan motor kiri gerak cepat maksimum dan motor kanan bergerak agak cepat karena rata-rata tegangan suplai motor sebesar $(183/255) \times 100 \% = 71,8\%$. Sebaliknya sama jika robot LF belok kiri.

Simulasi uji Gambar 15 dengan sudut belok 90^0 ke kanan, jejak pertama kali ada 3 sensor di posisi atas lintasan (S2, S1, S0), kemudian jejak kedua ada 2 sensor di posisi atas lintasan (S1, S0), selanjutnya lurus. Pengujian Gambar 16 dengan sudut belok 45^0 jejak pertama ada tiga sensor (S2, S1, S0) diatas lintasan kemudian jejak kedua ada dua sensor (S1, S0) di atas lintasan selanjutnya lurus. Pengujian Gambar 17 dengan sudut 10^0 ada jejak dua sensor (S1, S0) di atas lintasan kemudian lurus.

7. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu sudut belok 90^0 salah satu roda kecepatan maksimum satu roda yang lain mengalami dua kecepatan 14,5% dan 43,1 % dari maksimum. Sudut belok 45^0 satu roda kecepatan maksimum dan satu roda lainnya mengalami dua kecepatan 14,5 % dan 43,1 %. Pengujian sudut belok 10^0 satu roda kecepatan maksimum dan roda satu lainnya 43,1 %.

Ucapan terimakasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Pusat Penelitian Pengabdian Kepada Masyarakat dan Laboratorium Jurusan Teknik Komputer Politeknik Negeri Sriwijaya dukungan dana dan laboratoirum penelitian melalui Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) 2014.

Daftar Pustaka

- [1] Pitowarno E., Robotika : *Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, Andi Offset, Yogyakarta, 2006.
- [2] Irvan Lewenusa, Wisnu Ananta Kusuma, “*Autonomous Mobile Robot Menggunakan Metode*

- Formal Logika Temporal Linier”. *Seminar Nasional Informatika 2008 (semnasIF 2008)* ISSN: 1979-2328, UPN ”Veteran” Yogyakarta, hal.:145-152, 2008.
- [3] Widodo Romy Budhi, *Embedded System menggunakan Mikrokontroler dan Pemrograman C*, Andi Offset, Yogyakarta, 2009.
- [4] Shukla, S., Tiwari Mukesh, “Fuzzy Logic of Speed and Steering Control system for Three Dimensional Line Following of An Autonomus Vehicle”, *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, Vol. 7, No. 3, hal:101-108, 2010.
- [5] Supani, A., 2011, “Pelacakan Jarak Untuk Navigasi Gerak Robot”, *Prosiding KNTIA 2011*, ISSN:2088-9658, Fasilkom Universitas Sriwijaya, 21-22 hal. A50-A53, Oktober 2011.
- [6] Bachir O., Zoubir, A., “Adaptive Neuro-fuzzy Inference System Based Control of Puma 600 Robot Manipulator”, *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, Vol.2, No.1, ISSN: 2088-8708, pp. 90~97, 2012.
- [7] Resmana, et. al., “Implementasi *Fuzzy Logic* Pada *Microcontoller* Untuk Kendali Putaran Motor DC”, *Proceedings Industrial Electronic Seminar 1999 (IES’99)*, Graha Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 1999.
- [8] Era Purwanto, M. Ashary, Subagio, Mauridhi Herry P., “Pengembangan *Inverter Fuzzy Logic Control* untuk Pengendalian Motor Induksi Sebagai Penggerak Mobil Listrik dengan Metoda Vector Kontrol”, *Jurnal Makara Teknologi*, vol. 12, no. 1, pp. 1-6, April 2008.
- [9] Adriansyah A., “Perancangan Pengendali Robot Bergerak Berbasis Perilaku Menggunakan *Particle Swarm Fuzzy Controller*”, *Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi*, vol. 3, No. 1, pp. 1-9, 2010.
- [10] Widiyanto, D., Supriyo, P.T, Kusuma, W. A., “Formalisasi Navigasi Mobile robot”. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa Industri*. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Indonesia, 2008.
- [11] Fadhlun Nuran Ghani, 2012, *Pulse Width Modulation*. http://robotic_electric.blogspot.com diakses tanggal 10 November 2014.

Prototipe Frekuensi Meter Rentang Ukur (10~2000) Hz Terkalibrasi ke Standar Primer Frekuensi

Prototype of Meter Frequency Range (10~2000) Hz Calibrated to Primary Standard Frequency

Purwowibowo, Jalu Ahmad Prakosa
Pusat Penelitian Metrologi LIPI
Kompleks Puspiptek Serpong, Tangerang, Banten 15314
Email: purwowibowo@kim.lipi.go.id, jaluahmad@gmail.com

Abstract

The frequency measurement has very important role in the field of signal measurement system mainly for acquisition data of pulse signal on the turbine flow meter. To meet the accurate measurement and become independent technology, a local product of calibrated frequency meter is needed. The purpose of this research is to create a prototype of calibrated frequency meter until range of 2000 Hz to guarantee the truth measurement internationally. Microcontroller of Arduino Uno board with 16-bit counter ability is used to calculate the frequency. The measurement result is displayed in real time by serial communication and on the Liquid Crystal Display. That prototype of frequency meter has been calibrated using standard of DS340 that is traceable to SI units through primary standard of frequency using cesium at Research Center for Metrology LIPI. The results of calibration and measurement on the measuring range of (10 ~ 2000) Hz obtained that the prototype of frequency meter has the maximum possible error of 0.7 Hz. The measurement traceability of prototype of frequency meter with the resolution of 0.1 Hz and the relative accuracy of 0.03% full scale has been successfully built.

Keywords: *Frequency meter, microcontroller, calibration, traceability, cesium standard*

Abstrak

Pengukuran besaran frekuensi sangat penting peranannya dalam bidang sistem pengukuran sinyal terutama untuk akuisisi data sinyal pulsa pada pengukur aliran jenis turbin. Untuk memenuhi kebutuhan pengukuran yang akurat dan menjadi mandiri secara teknologi diperlukan produk frekuensi meter lokal yang terkalibrasi. Tujuan penelitian ini adalah membuat prototipe frekuensi meter sampai rentang ukur 2000 Hz yang terkalibrasi sehingga terjamin nilai kebenaran pengukurannya secara internasional. Digunakan mikrokontroler *board* Arduino Uno dengan kemampuan pemecah 16 bit untuk menghitung frekuensi. Hasil pengukuran ditampilkan secara *real time* komunikasi serial serta pada *Liquid Crystal Display* (LCD). Telah dilakukan kalibrasi prototipe frekuensi meter tersebut menggunakan standar DS340 yang telah tertelusur ke satuan SI melalui standar primer frekuensi cesium Puslit Metrologi LIPI. Dari hasil kalibrasi dan pengukuran pada rentang ukur (10 ~2000) Hz didapat bahwa prototipe frekuensi meter ini memiliki kemungkinan *error* terbesar sebanyak 0,7 Hz. Telah berhasil dibangun ketertelusuran pengukuran prototipe frekuensi meter tersebut dengan resolusi 0,1 Hz dan akurasi 0,03% relatif skala penuh.

Kata kunci: *Frekuensi meter, mikrokontroler, kalibrasi, ketertelusuran, standar cesium.*

1. Pendahuluan

Pengukuran besaran frekuensi sangat penting peranannya dalam aplikasi pengukuran sinyal. Berbagai teknologi dan aplikasi bergantung pada ketepatan pengukuran waktu dan frekuensi termasuk pasar keuangan, jaringan telepon kabel dan nirkabel, stasiun radio broadband, jaringan listrik, navigasi sistem radio, dan aplikasi-GPS [1]

terutama pengukuran gerakan rotasi, tachometer maupun akuisisi data sinyal pulsa pada pengukur aliran jenis turbin [2]. Pengukuran frekuensi yang akurat dan presisi dibutuhkan untuk menjamin kebenaran hasil pengukurannya.

Untuk menjamin keakuratan dan kepresisian pengukuran besaran perlu dikalibrasi dengan standar yang tertelusur ke satuan SI. Standar primer frekuensi merupakan standar tertinggi yang diturunkan langsung dari besaran pokoknya yaitu cacah berulang per satuan waktu. Satuan internasional waktu sekon didefinisikan sebagai durasi dari 9 192 631 770 periode radiasi pada

transisi antara dua level *hyperfine* pada *ground state* dari atom caesium-133 [3].

Di Indonesia produk frekuensi meter masih didominasi oleh produk luar negeri sedangkan kebutuhan frekuensi meter cukup besar di Indonesia sehingga diperlukan usaha penguasaan teknologi frekuensi meter secara mandiri. Teknologi mikrokontroler *board* Arduino Uno yang memiliki fasilitas osilator 16 MHz dan pencacah 16 bit dapat dimanfaatkan untuk membuat prototipe frekuensi meter [4]. Laboratorium waktu dan frekuensi Pusat Penelitian (Puslit) Metrologi LIPI memiliki fasilitas standar primer frekuensi cesium tipe HP-5071A untuk menguji dan mengkalibrasi prototipe frekuensi meter tersebut. Rentang frekuensi yang dirancang sampai 2000 Hz agar menyesuaikan kebutuhan data akuisisi untuk sinyal pulsa pada pengukur aliran jenis turbin. Pada pengukur aliran jenis turbin yang banyak digunakan pada industri penerbangan dan energi memiliki diameter dibawah 2,5 inci dan menggunakan laju aliran fluida sampai 1400 liter/menit sehingga mengeluarkan sinyal pulsa sampai frekuensi 2000 Hz [2]. Tujuan penelitian ini adalah membuat prototipe frekuensi meter sampai rentang ukur 2000 Hz yang terkalibrasi sehingga terjamin nilai kebenaran pengukurannya secara internasional. Tulisan ini melaporkan hasil penelitian tentang rancang bangun prototipe frekuensi meter yang terkalibrasi standar primer waktu dan frekuensi cesium.

2. Tinjauan Pustaka

Pada bab ini menjelaskan definisi besaran frekuensi yang akan diukur, mikrokontroler yang memiliki fasilitas *counter – timer* yang dapat dimanfaatkan sebagai pengukur frekuensi serta kalibrasi frekuensi meter dan standar yang digunakan.

2.1 Frekuensi

Frekuensi adalah suatu peristiwa berulang. Jika T adalah waktu dari peristiwa berulang n , maka frekuensi $f = n / T$. Oleh karena itu frekuensi merupakan besaran turunan dari besaran waktu. Satuan waktu yaitu sekon merupakan suatu bagian $1/86\,400$ dari rata-rata 1 hari siklus matahari. Definisi yang tepat dari rata-rata 1 hari siklus matahari akibat rotasi bumi masih merupakan pertanyaan tersisa bagi astronom. Namun dalam pengukuran sesungguhnya masih menunjukkan penyimpangan dalam rotasi bumi sehingga membuat definisi tersebut kurang memuaskan. Dalam rangka untuk menentukan satuan waktu

yang lebih tepat, Konferensi Umum mengenai Berat dan Ukuran - *Conférence Générale des Poids et Mesures* (CGPM) ke-11 (1960, Resolusi 9, CR, 86) mengadopsi definisi yang diberikan oleh *International Astronomical Union* tahun 1900 yaitu standar atom waktu berdasarkan pada transisi antara dua tingkat energi atom atau molekul bisa diwujudkan dan direproduksi lebih akurat sebagai definisi satuan waktu yang lebih baik. Ilmu pengetahuan dan teknologi memerlukan definisi satuan waktu yang lebih tepat, CGPM ke-13 (1967-1968, Resolusi 1; CR, 103 dan *Metrologia* 1968, 4, 43) menggantikan definisi Sekon sebagai berikut:

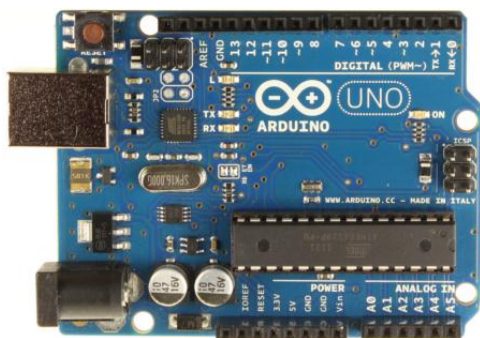
“Sekon didefinisikan sebagai durasi dari 9 192 631 770 periode radiasi pada transisi antara dua level *hyperfine* pada *ground state* dari atom cesium-133”[3].

Hal tersebut menunjukkan bahwa *hyperfine* membelah dalam keadaan dasar dari atom cesium-133 tepatnya 9 192 631 770 hertz, ν (HFS Cs) = 9 192 631 770 Hz. Pada pertemuan tahun 1997, Komite Internasional untuk berat dan ukuran-*Comité international des poids et mesures* (CIPM) menegaskan bahwa definisi ini mengacu pada keadaan atom cesium saat istirahat pada suhu 0 Kelvin. Catatan ini dimaksudkan untuk mempertegas bahwa definisi sekon pada SI didasarkan pada atom cesium yang terganggu oleh radiasi benda hitam yaitu dalam lingkungan dengan suhu termodinamika pada 0 Kelvin. Besaran temperatur mempengaruhi pengukuran waktu. Frekuensi pada semua standar primer frekuensi harus dikoreksi terhadap pergeseran akibat radiasi sekitar, seperti dinyatakan pada pertemuan Komite Konsultatif untuk waktu dan frekuensi pada tahun 1999 [3]. Dalam Sistem Satuan Internasional (SI) periode dinyatakan dalam satuan sekon (s), maka frekuensi harus dinyatakan dalam seperdetik dengan satuan hertz (Hz). Frekuensi sinyal listrik sering diukur dalam satuan kilohertz (kHz) atau megahertz (MHz). Untuk aplikasi akuisisi data sinyal pulsa pada pengukur aliran jenis turbin digunakan frekuensi sampai rentang ukur 2000 Hz atau 2 kHz.

2.2 Mikrokontroler

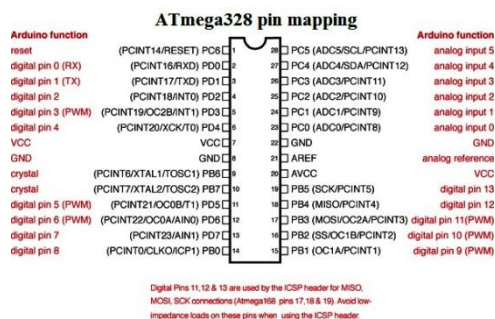
Mikrokontroler banyak dimanfaatkan sebagai instrumen pada frekuensi meter digital. Teknologi pemrograman mikrokontroler berbasis *open source* Arduino sangat populer dewasa ini yang juga sangat membantu kegiatan penelitian karena menghindarkan dari masalah lisensi dan pembiayaan. Pada penelitian ini dipilih papan Arduino Uno berkaitan optimalisasi kebutuhan spesifikasi mikrokontroler dan besar harganya.

Arduino Uno merupakan salah satu jenis *board* berbasis mikrokontroler yang dapat diprogram menggunakan Arduino, yaitu *software open source uploader* mikrokontroler yang tengah populer dewasa ini. "Uno" berarti satu di Italia dan diberi nama untuk menandai peluncuran Arduino1.0. *Board* ini terdiri dari mikrokontroler ATmega168 atau ATmega328 yang memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 input analog sebagai *Analog to Digital Converter* (ADC) 10 bit, 16 MHz osilator kristal, 2 buah timer/counter 8 bit dan sebuah timer/counter 16 bit, koneksi USB, jack listrik, *header* ICSP, dan tombol reset dimana ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, mudah dihubungkan ke komputer karena menggunakan kabel USB atau power dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk menjalankannya[4]. Berikut ini Gambar 1 tampilan Arduino Uno :



Gambar 1. Arduino Uno

Perancangan rangkaian kendali ini menggunakan Arduino Uno dengan mikrokontroler ATmega328 dimana konfigurasi dan pemetaan pinnya yang ditampilkan pada Gambar 2 di bawah ini,[5]:

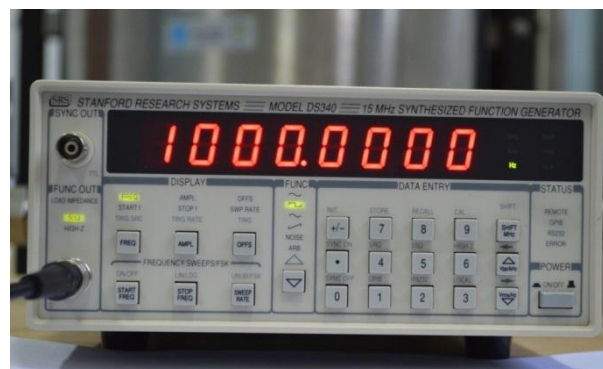


Gambar 2. Konfigurasi dan pemetaan pin mikrokontroler ATmega328[4]

Fasilitas pencacah 16 bit atau 65536 ruang cacahan pada *timer/counter* 1 (pin 5 digital) dan *clock* 16 MHz dapat dimanfaatkan untuk membuat frekuensi meter.

2.3 Kalibrasi dan Standar Frekuensi Meter

Frekuensi rata-rata dalam interval waktu tertentu dapat diukur sangat tepat. Interval waktu adalah salah satu dari empat standar dasar pengukuran (yang lain adalah panjang, massa, dan suhu). Dari keempat standar dasar, interval waktu (frekuensi) merupakan standar yang memiliki resolusi dan ketidakpastian yang paling kecil. Di beberapa bidang metrologi, satu bagian per juta (1×10^{-6}) dianggap cukup representatif. Tapi dalam metrologi frekuensi, pengukuran dari satu bagian per miliar (1×10^{-9}) bahkan satu bagian per triliun (1×10^{-12}) merupakan hal yang biasa [6]. Perangkat yang menghasilkan frekuensi sebagai nilai rujukan dapat disebut juga standar frekuensi. Dalam perangkat ini harus dikalibrasi sehingga tetap dalam toleransi yang dipersyaratkan oleh pengguna aplikasi [7]. Dalam menganalisa kelayakan akurasi modul frekuensi meter turbin flowmeter dapat digunakan standar frekuensi DS340 yang telah tertelusur ke standar primer frekuensi cesium tipe HP-5071A.



Gambar 3. Standar frekuensi DS340 di Laboratorium waktu dan frekuensi Puslit Metrologi LIPI

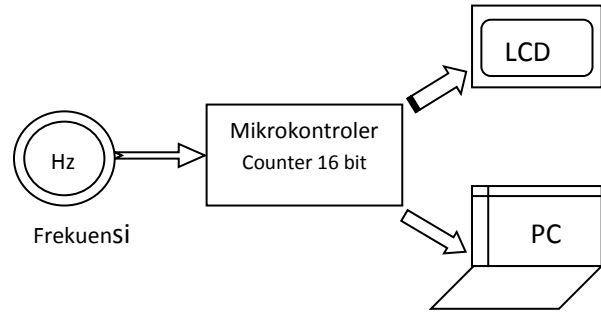
DS340 memiliki fitur yang lengkap dengan generator sampai frekuensi 15 MHz yang menggunakan arsitektur *Direct Digital Synthesis inovatif* (DDS) sehingga ideal untuk berbagai macam test dan aplikasi pengukuran frekuensi. Alat ini dapat menghasilkan banyak bentuk gelombang standar seperti sinus, kotak, lereng, segitiga dan *noise* dengan resolusi frekuensi yang sangat baik yaitu sampai 1 μ Hz. Standar DS340 memiliki 10 MHz gaussian *white-noise generator*. Alat ini juga menghasilkan bentuk gelombang



Gambar 4. Standar primer frekuensi HP-5071A di Puslit Metrologi LIPI

arbitrary dengan kecepatan *update* yang cepat yaitu $40 \text{ Msamples} / \text{s}$. Komunikasi data DS340 dapat menggunakan *interface* serial RS-232 maupun paralel GPIB [8].

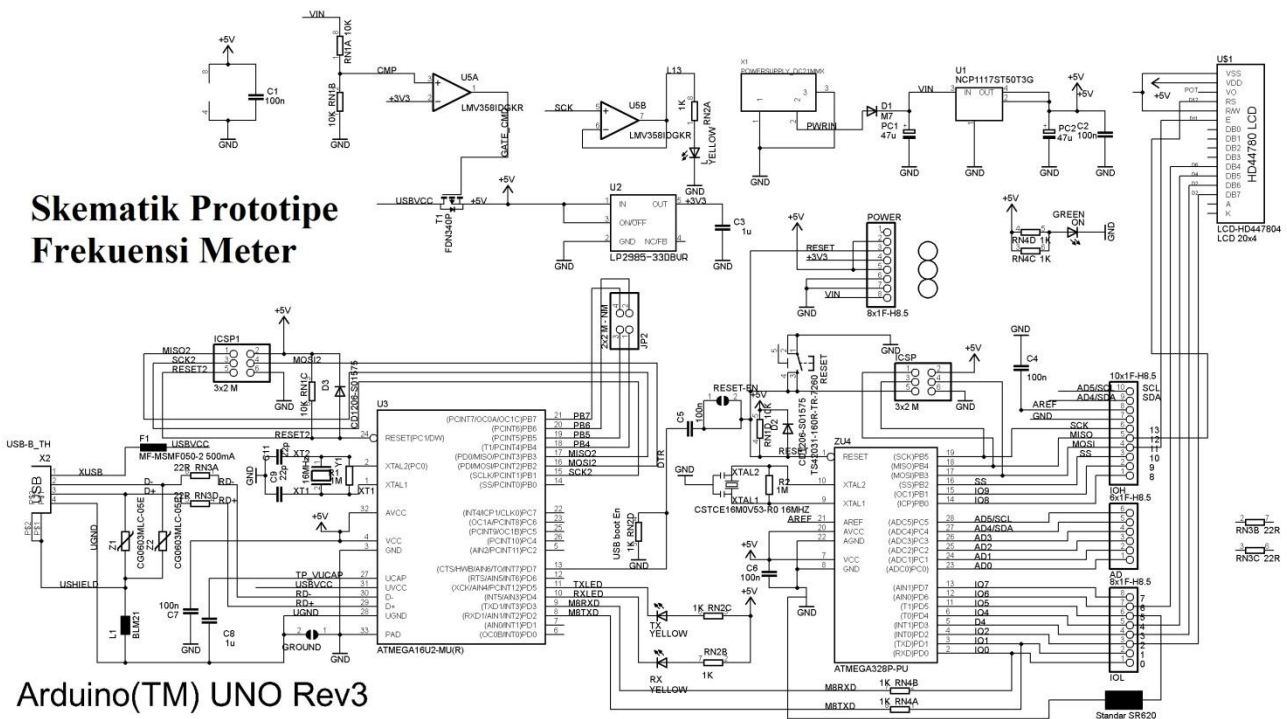
Standar primer frekuensi HP5071A memiliki akurasi dan stabilitas yang dibutuhkan untuk laboratorium kalibrasi maupun aplikasi di lapangan. *Beam Tube* pada standar cesium ini memiliki akurasi $\pm 1. 10^{-12} \text{ Hz}$ dan kestabilan lingkungan $< 1. 10^{-13} \text{ Hz}$ untuk perubahan frekuensi karena kondisi lingkungan. Jaminan ketepatan waktu karena laboratorium kalibrasi nasional masing-masing negara contohnya di



Gambar 5. Blok diagram rangkaian frekuensi meter

Indonesia oleh laboratorium waktu dan frekuensi Puslit Metrologi LIPI dapat memverifikasi stabilitas dan akurasi pengukuran waktu standar cesium pada *Coordinated Universal Time (UTC)*, yang disediakan oleh *Biro International des Poids et Mesures (BIPM)* di Paris sebagai rujukan internasional. Akurasi dan keandalan standar ini sangat menentukan kualitas layanan ketepatan waktu pada laboratorium yang menggunakannya sehingga dapat memberikan layanan kalibrasi yang terpercaya kepada pelanggannya [9]. Standar jam atom cesium HP-5071A di Puslit Metrologi LIPI ini menjadi acuan standar nasional pengukuran frekuensi di Indonesia.

Skematik Prototype Frekuensi Meter



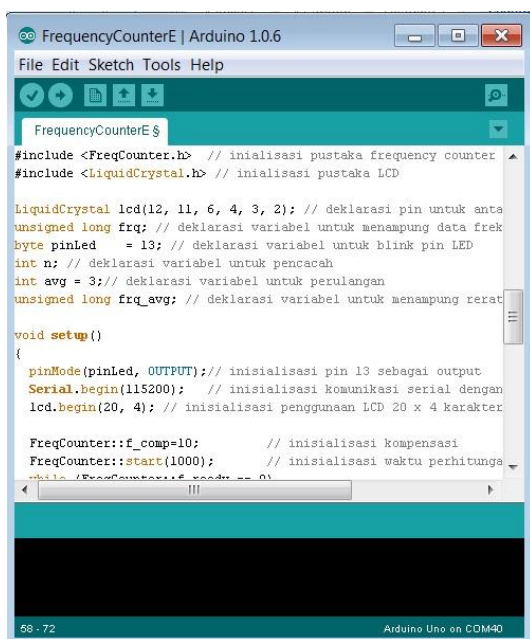
Gambar 6. Rangkaian elektronika prototype frekuensi meter

3. Perancangan dan Pembuatan Rangkaian Prototipe Frekuensi Meter

Mikrokontroler ATmega328 memiliki fasilitas counter resolusi tinggi sampai 65536 (16 bit) pada pin 5 digital Arduino Uno. Counter tersebut digunakan sebagai penghitung jumlah sinyal pulsa. Untuk mendapatkan data frekuensi dibutuhkan *time base* dari osilator sebesar 16 MHz, melalui pengaturan register mikrokontroler pada pemrograman diperoleh *time base* sebesar 1 sek. Kemudian mikrokontroler berkomunikasi ke *Personal Computer* (PC) secara serial melalui kabel USB. PC dapat menampilkan sekaligus mencatat data pada memorinya. Dalam rancangan ini, untuk mempermudah pemantauan maka data ditampilkan pula pada indikator LCD 20 x 4 karakter.

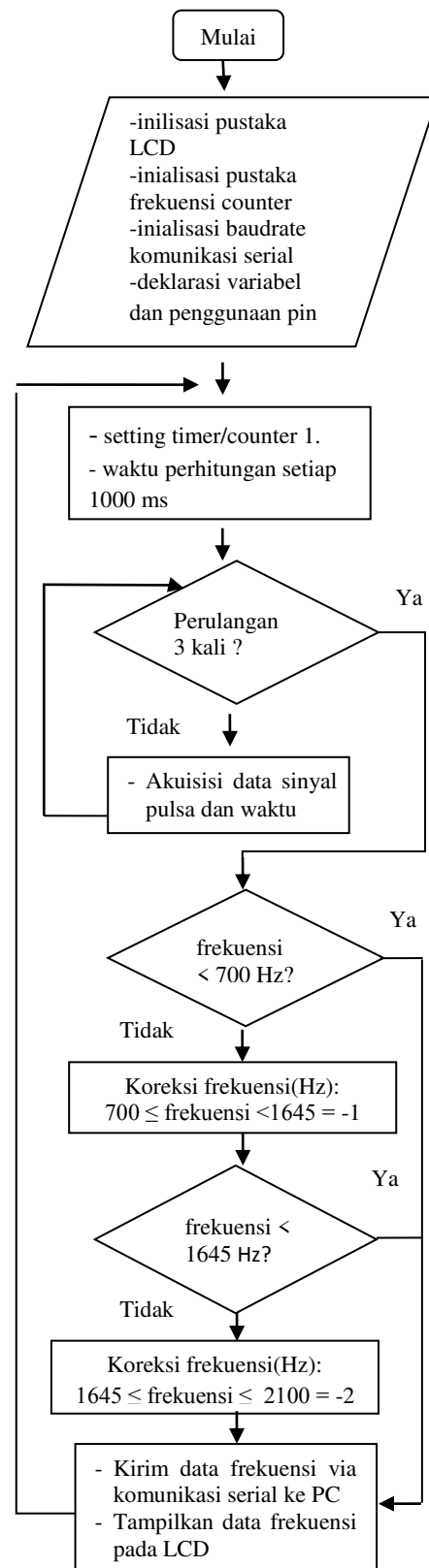
Dari blok diagram Gambar 5 tersebut dapat direalisasikan dalam bentuk rangkaian elektronika yang terlihat pada Gambar 6. Sebelum membuat program mikrokontroler, dibuat dahulu diagram alir rangkaian prototipe frekuensi meter untuk menggambarkan alur kerja sistem dan algoritma pemrograman mikrokontroler yang akan dibuat yang ditampilkan pada Gambar 7.

Dari blok digram tersebut kemudian diimplementasikan dalam pemrograman mikrokontroler menggunakan software *open source* Arduino yang dapat didownload pada alamat <http://www.arduino.cc/en/Main/software>. Pada software Aduino digunakan bahasa C untuk membuat program mikrokontroler. Software Aduino merupakan *editor* sekaligus *uploader* mikrokontroler. Setelah menuliskan program



Gambar 8. Software Arduino

dapat langsung di-*compile* dan di-*upload* ke mikrokontroler melalui kabel USB.



Gambar 7. Diagram Alir frekuensi meter

Listing program hasil realisasi diagram alir prototipe frekuensi meter dapat dilihat di bawah ini :

```

/* inialisasi pustaka frequency
counter */
#include <FreqCounter.h>
/* inialisasi pustaka LCD */
#include <LiquidCrystal.h>
/* deklarasi pin untuk antarmuka
dengan LCD */
LiquidCrystal lcd(12, 11, 6, 4, 3,
2);
/* deklarasi variabel untuk menampung
data frekuensi */
unsigned long frq;
/* deklarasi variabel untuk blink pin
LED */
byte pinLed = 13;
/* deklarasi variabel untuk pencacah
*/
int n;
/* deklarasi variabel untuk
perulangan */
int avg = 3;
/* deklarasi variabel untuk menampung
rerata data frekuensi */
float frq_avg;
void setup() {
/* inialisasi pin 13 sebagai output
*/
pinMode(pinLed, OUTPUT);
/* Membuka port serial dengan
inisialisasi baudrate 115200 bps */
Serial.begin(115200);
/* inialisasi penggunaan LCD 20 x 4
karakter */
lcd.begin(20, 4);
/* inialisasi nilai kompensasi */
FreqCounter::f_comp=10;
/* inialisasi waktu perhitungan
1000 ms */
FreqCounter::start(1000);
/* Cek kesiapan pengambilan data */
while (FreqCounter::f_ready == 0)
/* Baca data frekuensi */
frq=FreqCounter::f_freq;
}
void loop(){
/* inialisasi variabel rerata data
frekuensi dengan nilai 0 */
frq_avg=0;
/* Pengulangan sebanyak 3 kali */
for(n=0; n<=avg; n++) {
/* inialisasi nilai kompensasi */
FreqCounter::f_comp=10;
/* inialisasi waktu perhitungan
1000 ms */
FreqCounter::start(1000);
/* Cek kesiapan pengambilan data */
while (FreqCounter::f_ready == 0)
/* Baca data frekuensi */
frq=FreqCounter::f_freq;
/* penjumlahan data-data frekuensi */

```

```

if(n>0) {frq_avg += frq;}
}
/* frekuensi < 700 Hz tidak
dikoreksi*/
if(frq < 700) frq_avg/=avg;
/* untuk 700 ≤ frekuensi <1645 nilai
dikoreksi -1 Hz */
if((frq>=700) && (frq<1645)) frq_avg
=(frq_avg/=avg)-1;
/* untuk 1645 ≤ frekuensi ≤2100 nilai
dikoreksi -2 Hz */
if((frq>=1550) && (frq<=2100))
frq_avg =(frq_avg/=avg)-2;
/* kirim serial "Frekuensi(Hz):" */
Serial.print("Frekuensi(Hz): ");
/* kirim serial data frekuensi */
Serial.println(frq_avg,1);
/* Tampilkan data frekuensi ke LCD */
lcd.setCursor(1, 1);
lcd.print("Frekuensi(Hz):");
lcd.setCursor(1, 2);
lcd.print("                ");
lcd.setCursor(1, 2);
lcd.print(frq_avg,1);
/* tunggu selama 100 ms */
delay(100);
/* blink Led sebagai indikator
keberhasilan pengambilan data */
digitalWrite(pinLed,!digitalRead(pinL
ed));
}

```

Gambar 9. Listing program

3.1 Metode Pengukuran

Tempat pengukuran dilakukan di laboratorium aliran Puslit Metrologi LIPI pada tanggal 23-26 Februari 2015 pada kondisi ruangan dengan temperatur $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif (RH) $(55 \pm 5)\%$. Untuk mengkalibrasi prototipe ini digunakan metoda pengukuran frekuensi secara langsung (Direct Frequency Measurement) yaitu nilai frekuensi standar DS340 langsung dibandingkan dengan pembacaan Unit Under Test (UUT) prototipe frekuensi meter dengan acuan JCGM 100:2008 [7, 10, 11]. Kalibrasi dilakukan pada rentang ukur (10~2000) Hz. Jumlah sampel pengambilan data berjumlah 40 buah. Akuisisi data secara serial menggunakan software program aplikasi java untuk mempermudah pencatatan dan pengolahan data.

Berikut ini model matematis yang digunakan dalam mengkalibrasi prototipe frekuensi meter tersebut :

$$f_{error} = f_{uut} - f_{std} \quad (1)$$

Keterangan :

F_{error} = Koreksi pembacaan frekuensi, Hz
 f_{std} = Pembacaan frekuensi pada standar

f_{uut} = DS340, Hz
 = Pembacaan frekuensi pada unit under test prototipe frekuensi meter, Hz



Gambar 10. Program aplikasi java

Sumber-sumber ketidakpastian yang diperhitungkan berasal dari ketertelusuran standar DS340 serta resolusi dan *repeatability* dari standar dan prototipe frekuensi meter sedangkan sumber ketidakpastian lainnya diabaikan dalam perhitungan. Untuk evaluasi ketidakpastian pengukuran data tipe A dan B dihitung dengan perumusan berikut ini [11,12]:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

$$u_i = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{\sqrt{n}} \quad (\text{Tipe A}) \quad (3)$$

$$v_i = n-1 \quad (\text{Tipe A}) \quad (4)$$

$$u_i = \frac{a_i}{D} = \frac{1}{2} \cdot \frac{res}{\sqrt{3}} \quad (\text{Tipe B}) \quad (5)$$

$$v_i = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{100}{R} \right)^2 \quad (\text{Tipe B}) \quad (6)$$

$$c_i = \frac{\partial F(x)}{\partial x} \quad (7)$$

$$u_c = \sqrt{\sum c_i^2 \cdot u_i^2} \quad (8)$$

$$v_{\text{eff}} = \frac{u_c^4}{\sum \frac{c_i^4 \cdot u_i^4}{v_i}} \quad (9)$$

$$U_{\text{ex}} = k \cdot u_c \quad (10)$$

$$\mathcal{E} = |f_{\text{error}}| + U_{\text{ex}} \quad (11)$$

dimana:

u_i = Ketidakpastian baku data ke-i pengukuran

u_c = Ketidakpastian gabungan pengukuran
 s = Nilai simpangan baku atau standar deviasi

x_i = Nilai data ke-i

\bar{x} = Nilai rata-rata

n = Jumlah data

a = Rentang paruh

res = Resolusi alat ukur

D = Distribusi/ sebaran

R = Tingkat keraguan

c_i = Koefisien sensitivitas data ke-i

$F(x)$ = Model matematis

v_i = Derajat kebebasan data ke-i pengukuran

v_{eff} = Derajat kebebasan efektif pengukuran

k = Faktor cakupan sesuai faktor-t student

U_{ex} = Ketidakpastian terentang

\mathcal{E} = Kemungkinan *error* terbesar

4. Hasil dan Analisa Data

Kalibrasi prototipe frekuensi meter dilakukan pada rentang ukur 10 ~ 2000 Hz dengan 37 jumlah titik ukur. Perencanaan selang titik ukur / *span* tiap 100 Hz dan titik ukur lainnya yang ingin diketahui sesuai kebutuhan pemakaian pada pengukur turbin sehingga keseluruhan titik ukur berjumlah 37 titik. Pengulangan pengambilan data sebanyak 40 kali untuk tiap masing-masing titik ukur agar memperbanyak derajat kebebasan dan lebih dapat mendekati nilai sebenarnya sesuai sebaran statistik *student-t* [11].

Pada pemrograman mikrokontroler dilakukan uji coba penyaringan dan perata-rataan dalam proses pengambilan data. Berikut ini hasil pengukuran awal uji coba penyaringan dan perata-rataan pengambilan data frekuensi pada manipulasi pemrograman mikrokontroler dengan jumlah pengulangan (n) kali yang ditampilkan pada Tabel 1.

Dari hasil pengukuran penyaringan dan perata-rataan pengambilan data pada pemrograman mikrokontroler pada Tabel 1, jumlah pengulangan(n) sebanyak 3 kali pengambilan data memiliki nilai optimal terbaik yaitu rerata *error* dan jumlah pengulangan paling kecil. *Response time* akan sebanding dengan jumlah pengulangan tersebut. Oleh karena itu pada diagram alir pada Gambar 7 dan listing program pada Gambar 9, dilakukan tambahan algoritma perhitungan rerata dari 3 kali pengulangan dan proses pencocokan koreksi pada frekuensi di atas 700 Hz agar hasilnya lebih akurat mendekati nilai kalibrator.

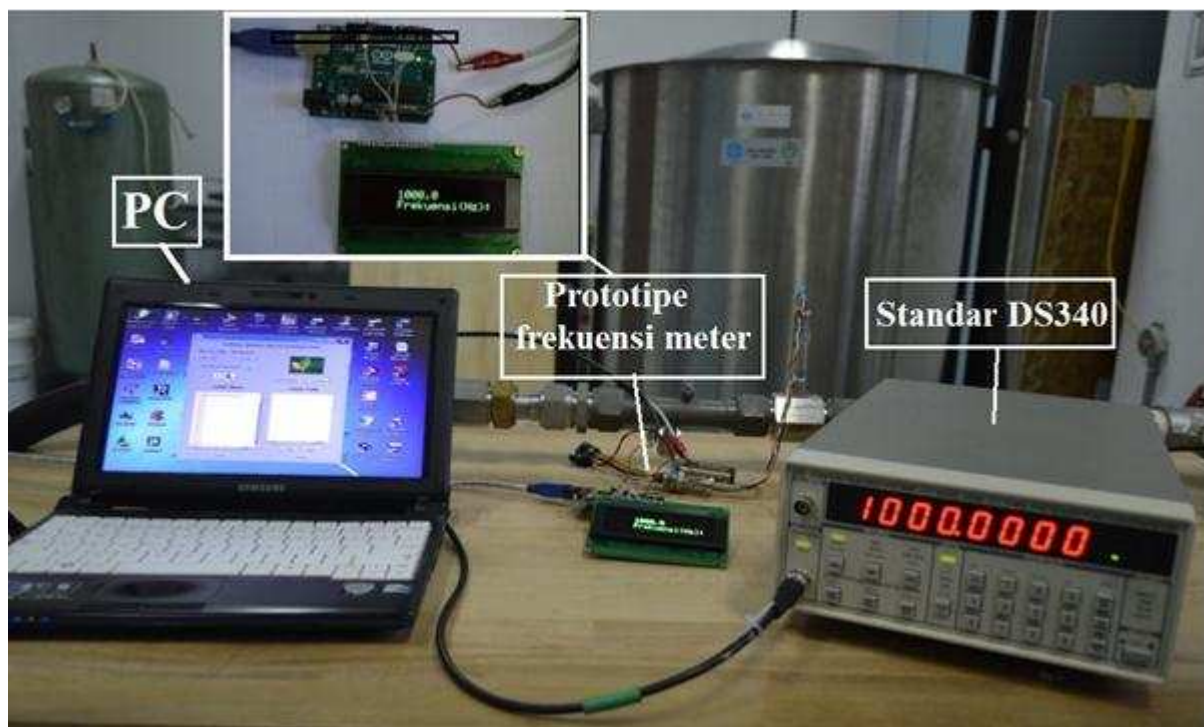
Tabel 1. Hasil pengukuran penyaringan dan perataan pengambilan data pada pemrograman mikrokontroler

Frekuensi standar (Hz)	n=1 <i>Error</i> (Hz)	n=3 <i>Error</i> (Hz)	n=5 <i>Error</i> (Hz)
7020	1	1	1
800	1	1	1
900	1	1	1
1000	1	1	1
1100	1	1	1
1200	1	1	1
1300	2	1	1
1400	2	1	1
1500	2	1	1
1550	2	1	1
1600	2	1	1
1700	2	2	2
1800	2	2	2
1900	2	2	2
2000	3	2	2
Rerata	1,7	1,2	1,2

Berikut ini hasil kalibrasi prototipe frekuensi meter dengan kalibrator standar DS340 setelah proses pencocokan koreksi dengan jumlah pengulangan pengambilan data sebanyak 40 kali untuk setiap titik ukur yang ditampilkan pada tabel 2 dan Gambar 11.

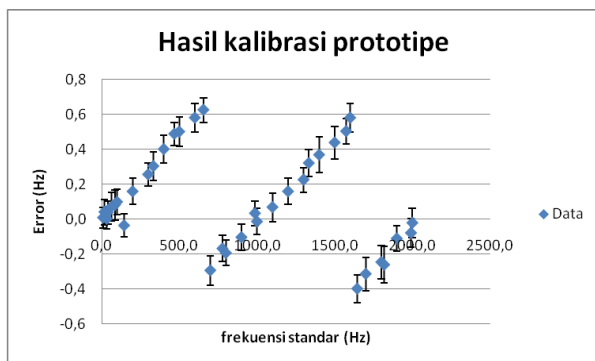
Tabel 2. Hasil kalibrasi prototipe frekuensi meter

f_{std} (Hz)	f_{uit} (Hz)	f_{error} (Hz)	U_{ex} (Hz)	ϵ (Hz)
10,0	10,0	0,0	0,060	0,07
18,6	18,6	0,0	0,073	0,11
33,3	33,3	0,0	0,058	0,06
40,0	40,0	0,0	0,066	0,10
63,5	63,6	0,1	0,083	0,15
86,4	86,5	0,1	0,085	0,17
100,0	100,1	0,1	0,073	0,17
145,0	145,0	0,0	0,066	0,10
200,0	200,2	0,2	0,075	0,23
300,0	300,3	0,3	0,067	0,32
333,1	333,4	0,3	0,083	0,39
400,0	400,4	0,4	0,080	0,48
468,2	468,7	0,5	0,066	0,55
500,0	500,5	0,5	0,086	0,59
600,0	600,6	0,6	0,082	0,66
655,6	656,2	0,6	0,071	0,70
700,0	699,7	-0,3	0,086	0,38
777,8	777,6	-0,2	0,075	0,25
800,0	799,8	-0,2	0,073	0,27
900,0	899,9	-0,1	0,073	0,18
986,9	986,9	0,0	0,070	0,10
1000,0	1000,0	0,0	0,074	0,09
1100,0	1100,1	0,1	0,082	0,15
1200,0	1200,2	0,2	0,075	0,23
1300,0	1300,2	0,2	0,071	0,30



Gambar 11. Kalibrasi Prototipe frekuensi meter dengan standar DS340

1333,3	1333,6	0,3	0,077	0,40
1400,0	1400,4	0,4	0,10	0,47
1500,0	1500,4	0,4	0,093	0,53
1573,7	1574,2	0,5	0,073	0,58
1600,0	1600,6	0,6	0,082	0,66
1645,0	1644,6	-0,4	0,080	0,48
1700,0	1699,7	-0,3	0,096	0,41
1800,0	1799,8	-0,2	0,094	0,34
1818,3	1818,0	-0,3	0,11	0,37
1900,0	1899,9	-0,1	0,074	0,19
1991,5	1991,4	-0,1	0,082	0,16
2000,0	2000,0	0,0	0,084	0,11

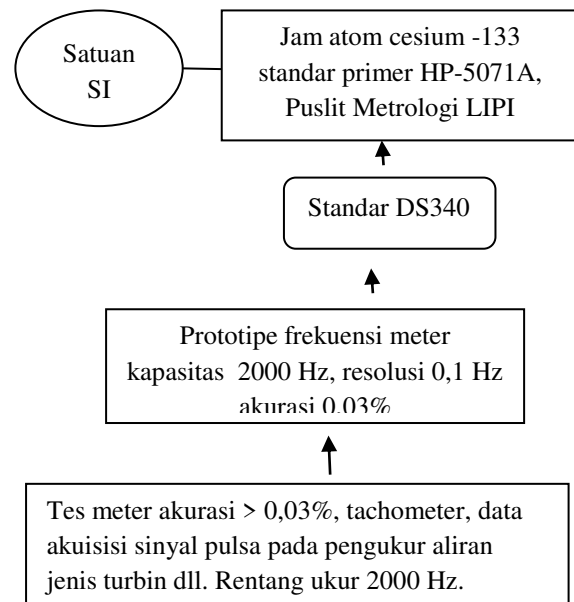


Gambar 12. Hasil kalibrasi prototipe frekuensi meter dengan standar DS340

Terlihat pada Tabel 2 dan Gambar 12, titik ukur 33,3 Hz memiliki *error*, ketidakpastian dan kemungkinan *error* terbesar dengan nilai paling kecil yaitu *error* sebesar $(0,00 \pm 0,058)$ Hz dengan kemungkinan *error* terbesar 0,06 Hz. Sedangkan *error* terbesar terdapat pada titik ukur 1600,0 Hz yaitu sebesar 0,6 Hz dan ketidakpastian terbesar terdapat pada titik ukur 1818,3 Hz yaitu sebesar 0,11 Hz. Nilai kemungkinan *error* terbesar terdapat pada titik ukur 655,6 Hz yaitu sebanyak 0,7 Hz sehingga prototipe ini memiliki akurasi relatif untuk skala penuh kapasitas 2000 Hz sebesar 0,03%.

Error dan ketidakpastian tersebut kemungkinan besar diakibatkan dari akurasi dari *clock* 16 MHz dan counter mikrokontroler yang digunakan. Ketidak benar-benar sinkron dan perbedaan perubahan waktu antara *clock* mikrokontroler dengan *clock* pada atom cesium-133 standar primer HP-5071A membuat kesalahan tersebut. Keterbatasan resolusi mikrokontroler dalam membaca sinyal pulsa juga dapat mengakibatkan kesalahan tersebut. Hal itu tergambar pada grafik Gambar 12. Namun akurasi prototipe frekuensi meter tersebut dengan nilai 0,03% sudah sangat baik untuk memenuhi

kebutuhan data akuisisi untuk sinyal pulsa pada pengukur aliran jenis turbin yang memerlukan akurasi 0,05%, [2]. Berikut ini diagram ketertelusuran pengukuran prototipe frekuensi meter yang terbangun ke satuan SI demi menjamin kebenarannya secara internasional.



Gambar 13. Diagram ketertelusuran pengukuran prototipe frekuensi meter

5. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran awal pada rentang ukur 10~2000 Hz, diketahui terdapat *error* yang signifikan pada titik ukur 700 Hz ke atas. Jumlah pengulangan(n) sebanyak 3 kali pengambilan data memiliki nilai optimal terbaik yaitu rerata *error* dan jumlah pengulangan paling kecil dibanding pengulangan sebanyak 1 dan 5 kali. Dapat dilakukan proses pencocokan koreksi pada frekuensi di atas 700 Hz pada algoritma pemrograman Arduino agar hasilnya lebih akurat mendekati nilai standar.

Dari hasil pengukuran setelah proses pencocokan koreksi pada rentang ukur 10~2000 Hz didapatkan bahwa titik ukur 33,3 Hz memiliki *error*, ketidakpastian dan kemungkinan *error* terbesar dengan nilai paling kecil yaitu *error* sebesar $(0,00 \pm 0,058)$ Hz dengan kemungkinan *error* terbesar 0,06 Hz. Sedangkan *error* terbesar terdapat pada titik ukur 1600,0 Hz yaitu sebesar 0,6 Hz dan ketidakpastian terbesar terdapat pada titik ukur 1818,3 Hz yaitu sebesar 0,11 Hz. Nilai kemungkinan *error* terbesar terdapat pada titik ukur 655,6 Hz yaitu sebanyak 0,7 Hz. kesalahan tersebut kemungkinan besar diakibatkan dari keterbatasan akurasi dari *clock* 16 MHz dan

counter pada mikrokontroler dibandingkan *clock* pada atom cesium-133 standar primer HP-5071A. Telah berhasil dibangun ketertelusuran pengukuran prototipe frekuensi meter kapasitas 2000 Hz dan resolusi 0,1 Hz tersebut dengan akurasi 0,03% relatif skala penuh yang telah sangat baik dapat memenuhi kebutuhan data akuisisi untuk sinyal pulsa pada pengukur aliran jenis turbin.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Martin Nawrath dari *Lab3 Laboratory for Experimental Computer Science at the Academy of Media Arts Cologne* yang telah berbagi pustaka frequency counter untuk pemrograman open source Arduino.

Terima kasih pula kepada manajemen Puslit Metrologi LIPI yang telah menyediakan fasilitas standar primer frekuensi cesium HP-5071A sehingga kegiatan penelitian ini dapat berlangsung.

Daftar Pustaka

- [1] Balbuena, Daniel Hernández., Oleg Sergiyenko, Vera Tyrsa, Larysa Burtseva, Moisés Rivas López. 2008. "Signal frequency measurement by rational approximations". *Journal of Measurement*, vol 42, hal.136–144, 2009.
- [2] Flow Technology Incorporated. *FT SERIES TURBINE FLOWMETERS Installation, Operation and Maintenance Manual*. Arizona: FTI, 2006.
- [3] Bureau International des Poids et Mesures. *The International System of Units (SI) 8th edition*. Paris : Organisation Intergouvernementale de la Convention du Mètre, 2006.
- [4] Arduino, *Arduino Uno*, (<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>, diakses 20 Februari 2015)
- [5] Atmel Corporation. *8-bit AVR Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash ATmega48PA ATmega88PA ATmega168PA ATmega328P Rev. 8161D–AVR–10/09*. USA : Atmel. 2009.
- [6] Michael A. Lombardi. *NIST Frequency Measurement and analysis System: Operator's Manual*. USA:NIST. 2001.
- [7] Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Persyaratan umum kompetensi laboratorium pengujian dan laboratorium kalibrasi SNI ISO/IEC 17025:2008*. Jakarta:BSN.
- [8] Stanford Research Systems. *Synthesized Function Generators DS340 — 15 MHz function and arbitrary waveform generator*. California: SRS. 2006.
- [9] Agilent Tehnologies. *Agilent 5071A Primary Frequency Standard Unsurpassed Stability in the Lab or Field*. USA : Agilent. 2000.
- [10] Ratnaningsih dan Boynawan A.M. "Kalibrasi Frekuensi Menggunakan Metoda Pengukuran Langsung (*Direct Measurement*)". Pertemuan dan Presentasi Ilmiah (PPI) KIM Tahun 2011. Tangerang: Pusat Penelitian Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi LIPI. 2011.
- [11] JCGM, "Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement". . *JCGM 100:2008*, Paris: BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP dan OIML.
- [12] Siraya, T.N. "Comparison Of Uncertainty Estimates: Allan Variance And Sample Variance". *Journal Measurement Science Review*, vol. 1, no. 1, 2001.

Sistem Akuisisi Data Online Proses Sintering dengan Atmosfir Hidrogen untuk Prediksi Parameter Keselamatan

Acquisition Online Data System Sintering Process with Atmosfer Hidrogen for Safety Parameter Prediction

Adhi Mahendra¹, Dede Sutarya²

¹Fakultas Teknik Universitas Pancasila, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta

²Badan Tenaga Nuklir Nasional, Serpong, Banten

Email:johanes70am@yahoo.com

Abstract

Increasing the use and application of hydrogen as a renewable energy source or application in industrial processes, has increased a pressure to ensure the safety handling and that monitoring. The safety issues related to hydrogen gas are further exasperated by expensive instrumentation required to measure the percentage of explosive limits, flow rates and generated pressure. An innovative solution to address the safety issues of hydrogen and costly physical sensor is to use virtual sensors based on neural network which learn from the data to predict the parameters related to the safety of hydrogen. This study aimed to obtain the dataset that describe the entire behavior of the sintering process with a hydrogen atmosphere. This research developed a data acquisition system for the sintering process and testing using real sintering process to obtain the necessary data. The results of experiments on the data acquisition system for online data acquisition to measure process variables showed a good performance. The obtained data can be described from the overall behavior of hydrogen in the sintering process. Thus these data can be used as a dataset for modeling neural networks in predicting the safety parameters of hydrogen in future studies.

Keywords: data acquisition system, process variable, hydrogen safety, sintering furnace

Abstrak

Meningkatnya penggunaan dan penerapan hidrogen sebagai sumber energi terbarukan atau aplikasi pada proses industri, telah meningkatkan tekanan untuk memastikan penanganan keselamatan serta pemantauannya. Masalah keselamatan yang berkaitan dengan gas hidrogen lebih jauh dihambat oleh mahalnya instrumentasi yang diperlukan untuk mengukur persentase batas ledakan, laju aliran dan tekanan yang dihasilkan. Solusi inovatif untuk mengatasi isu-isu keselamatan hidrogen dan sensor fisik yang mahal adalah dengan menggunakan sensor virtual berdasarkan jaringan syaraf tiruan yang belajar dari data untuk memprediksi parameter yang berkaitan dengan keselamatan hidrogen. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dataset yang menggambarkan seluruh perilaku proses sintering dengan atmosfer hidrogen. Dalam penelitian ini dikembangkan sebuah sistem akuisisi data untuk proses sintering serta mengujinya pada proses sintering sebenarnya untuk mendapatkan data yang diperlukan. Hasil percobaan pada sistem akuisisi data secara *online* untuk mengukur variabel proses menunjukkan kinerja sistem yang baik. Data yang diperoleh dapat menggambarkan perilaku keseluruhan hidrogen dalam proses *sintering*. Dengan demikian data ini dapat digunakan sebagai dataset untuk pemodelan jaringan saraf tiruan dalam memprediksi parameter keselamatan hidrogen dalam studi berikutnya.

Kata kunci: sistem akuisisi data, variabel proses, keselamatan hidrogen, tungku *sintering*

1. Pendahuluan

Riset tentang hidrogen sebagai sumber energi masa depan terus meningkat, terutama dalam hubungannya dengan sumber energi terbarukan. Sebagai media penyimpanan energi, hidrogen memenuhi beberapa persyaratan secara

bersamaan, terbukti merupakan pembawa energi paling ramah lingkungan karena "gas buang" yang dilepaskan ketika menggunakan hidrogen hanya uap air. Selain daripada itu, hidrogen memiliki karakteristik khusus yang membuat media tersebut ideal untuk pembangkit listrik dari sumber energi terbarukan yang benar-benar bebas emisi dari awal sampai akhir. Tidak seperti bahan bakar fosil seperti minyak mentah atau gas alam, hidrogen tidak akan pernah habis, karena hidrogen adalah unsur yang paling umum

Received: 1 Maret 2015; Revised: 30 Maret 2015; Accepted: 4 Mei 2015 ; Published online: 10 Juli 2015
©2015 INKOM 2015/15-NO413

ditemukan di alam. [1]. Selain itu, hidrogen dapat disimpan dan digunakan baik untuk menghasilkan listrik langsung atau sebagai bahan bakar, yang membuatnya sangat tepat untuk aplikasi stasioner maupun bergerak. Namun, harus diingat bahwa itu hanya media untuk penyimpanan dan bukan sumber energi dengan sendirinya, karena harus diperoleh dari air atau hidrokarbon melalui proses pemisahan.

Selain itu, aplikasi hidrogen dalam sektor energi, terutama untuk kendaraan dan penggunaan rumah tangga merupakan prospek yang menjanjikan yang menuju pada peningkatan penggunaan teknologi hidrogen. Hidrogen yang digunakan dalam sel bahan bakar atau sebagai bahan bakar pada motor bakar (internal combustion engine) akan mendorong semakin berkurangnya polusi. [2]. Perkembangan yang cepat teknologi aplikasi hidrogen dalam waktu dekat untuk digunakan sebagai pembawa energi dan bahan bakar, hanya memungkinkan jika risiko terjadinya kecelakaan pada sisi produksi, selama penyimpanan, transportasi, atau pengguna akhir dapat dikendalikan untuk menghindari peningkatan risiko kepada publik. Oleh karena itu sensor keselamatan hidrogen merupakan hal yang sangat penting untuk menjamin implementasi yang aman dari sistem hidrogen. Namun mahalannya sensor fisik atau membangun sistem eksperimen untuk aplikasi hidrogen tertentu masih menjadi hambatan. [3] [4].

Solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah keselamatan hidrogen dan mahalannya membangun sistem sensor fisik atau membangun fasilitas eksperimen tertentu adalah dengan menggunakan sensor virtual berbasis jaringan saraf tiruan untuk memprediksi parameter-parameter yang berkaitan dengan keselamatan hidrogen. Dengan melakukan prediksi parameter keselamatan maka kecelakaan dapat diantisipasi lebih awal sehingga kerusakan parah ataupun korban jiwa yang mungkin terjadi sebagai akibat kecelakaan tersebut dapat dihindari. [5]

Untuk memperoleh hasil prediksi yang valid diperlukan data yang cukup yang menggambarkan seluruh perilaku parameter yang berpengaruh terhadap keselamatan hidrogen. Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem akuisisi data yang memadai yang mengukur semua parameter yang dibutuhkan.

Paper ini bertujuan untuk mendisain sebuah sistem akuisisi data yang sesuai untuk mengukur parameter yang dibutuhkan dalam prediksi keselamatan hidrogen. [6]

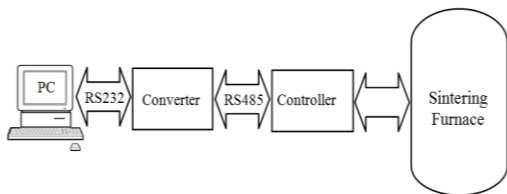
2. Metode Penelitian Dan Material

Salah satu kecenderungan dalam pengembangan teknologi pengukuran adalah pengembangan sistem pengukuran. Pada sistem pengukuran, perangkat keras (sensor dan transduser) serta perangkat lunak untuk pengolahan data, disusun sedemikian rupa untuk dapat, mengirimkan, memproses dan menampilkan serta menyimpan data hasil pengukuran. Sistem pengukuran ini dilengkapi dengan PC atau chip mikroprosesor yang bertugas untuk mengendalikan arus informasi di sistem, untuk memproses data pengukuran, dan kadang-kadang untuk menyimpannya. Komputer atau chip mikroprosesor adalah kontroler sistem, yaitu perangkat pengelolaan sistem. Pengukuran sistem dengan komputer (PC), yang dikenal sebagai "sistem pengukuran berbasis komputer", adalah sangat penting, mengingat semakin meluasnya penggunaan PC di bidang pengukuran industri dan penelitian laboratorium.

Sistem pengukuran yang dirancang untuk mengukur kuantitas fisik berbagai obyek pada sistem pengukuran berbasis komputer terdiri dari komponen fungsional berikut:

- **Sensor dan Transducer.** Sensor ini mengubah parameter listrik sebagai fungsi dari nilai kuantitas yang diukur (misalnya, perubahan hambatan dalam fungsi temperatur), sedangkan Transduser mengubah parameter listrik dari sensor menjadi tegangan langsung atau arus searah (misalnya, tegangan listrik pada output).
- **Pengkondisian sinyal** atau sirkuit standarisasi level sinyal dari pengukuran transduser ke kisaran tegangan input dari konverter analog-ke-digital.
- **Konverter Analog-ke-digital (ADC)** atau alat ukur digital yang mengandung konverter, tugas ADC adalah untuk mengkonversi analog menjadi sinyal digital.
- **Perangkat untuk tampilan visual,** perangkat ini akan menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk tampilan digital, layar instrumen digital (misalnya, osiloskop digital), atau monitor komputer.
- **Sebuah komputer** dengan perangkat lunak dan memori yang memadai.
- **Aktuator** atau generator sinyal uji.

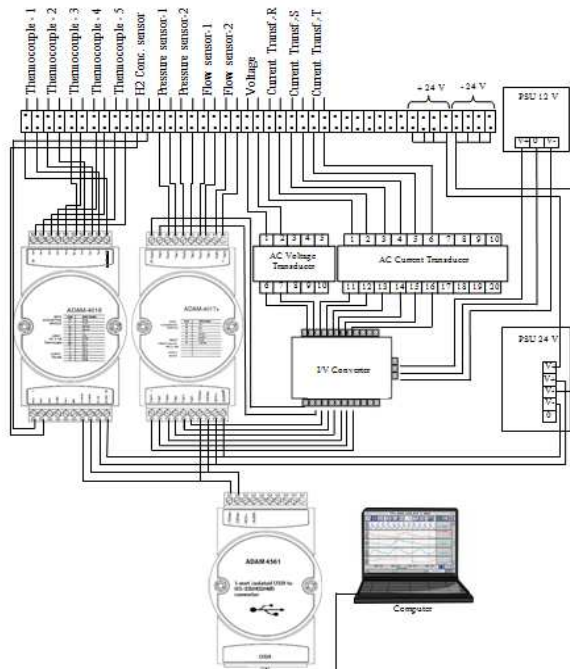
Rancangan sistem data akuisisi menggunakan PC diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem akuisi data furnace

3. Hasil Disain Daq Dan Proses

Untuk mendapatkan data masukan ke sensor virtual seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2, maka pada tungku sinter perlu di tambahkan sensor-sensor untuk mengukur parameter proses yang kemudian di akuisisi oleh sebuah modul DAQ. Data yang diperoleh kemudian diolah menjadi database untuk model sensor virtual. Selanjutnya database tersebut akan digunakan sebagai bahan untuk memahami atau memodelkan perilaku sistem (learning) dalam memprediksi parameter keselamatan proses sintering.



Gambar 2 Disain sistem skuisi data

3.1 Sensor dan Transduser

Sensor dan transduser yang digunakan untuk mengukur parameter proses sintering yang yang digunakan pada sistem akuisisi data adalah sebagai berikut.

a. Sensor Temperature

Sensor temperatur yang digunakan pada sistem data akuisi yang di rancang pada tungku sinter menggunakan Termokopel. Termokopel dibuat dari dua logam berbeda yang terhubung pada ujungnya dengan las, solder, atau dipilin. Pada titik sambungan

yang terbuat dari dua logam berbeda atau paduan logam, akan timbul beda potensial.

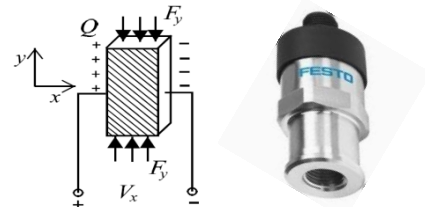
Thermocouple yang digunakan sebagai sensor temperature pada tungku sinter diperlihatkan pada Tabel 1.

b. Sensor Aliran Gas

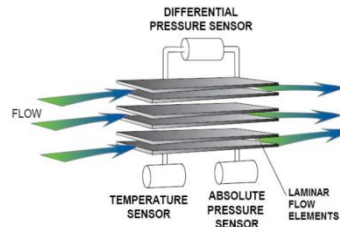
Sensor aliran gas (flow) yang digunakan adalah jenis laminar flow meter. Laju aliran ditentukan dengan mengukur penurunan tekanan pada batasan internal yang unik, dikenal sebagai Elemen Laminar Flow (LFE). Pembatasan ini dirancang sedemikian rupa sehingga molekul gas dipaksa bergerak di jalur paralel sepanjang seluruh panjang bagian untuk seluruh rentang operasi perangkat. Tidak seperti perangkat pengukuran aliran dengan tekanan, hubungan antara penurunan tekanan dan aliran linear pada flowmeter laminar. Gambar 4 dan 5 memperlihatkan prinsip kerja sensor laminar dan sensor yang digunakan.

Tabel 1: Thermocouple sebagai Sensor Temperature yang Digunakan

Type	Metal (+)	Metal (-)	kT ($\mu V/^{\circ}C$)	Range ($^{\circ}C$)	Tolerance ΔT ($^{\circ}C$)	Properties
K	Chromel Ni-Cr	Nickel	0.5	-270 to +1,370	Class 1: $\pm 3.0^{\circ}C$ Class 2: $\pm 5.6^{\circ}C$	Good linearity
W3	W-Re3 97% W+3 %R	W-Re25: 75%W+ 25%Re	18	0 to +2,320	No class 1 class 2: $\square 10^{\circ}C$	High operation temperature



Gambar 3. Prinsip Kerja Pressure Transmitter Piezoelektrik FESTO



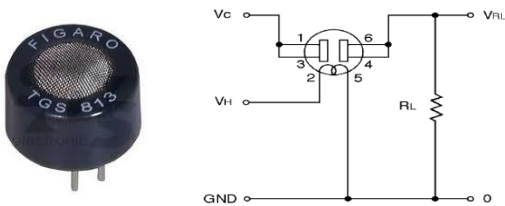
Gambar 4. Prinsip Kerja Flow Sensor Laminar



Gambar 5. Flow Sensor yang Digunakan

c. Sensor Konsentrasi Gas H₂

Elemen sensor gas Figaro adalah semikonduktor timah dioksida (SnO₂) yang memiliki konduktivitas rendah di udara bersih. Keberadaan gas akan terdeteksi, dimana kenaikan konduktivitas sensor tergantung pada konsentrasi gas di udara. Sebuah rangkaian listrik sederhana digunakan untuk dapat mengkonversi perubahan konduktivitas ke sinyal output yang sesuai dengan konsentrasi gas. Sensor Figaro TGS 813 diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sensor Konsentrasi Gas H₂ di Udara Figaro TGS813

d. Sensor & Transduser Arus Heater

Sensor arus AC yang dipergunakan pada sistem akuisisi data adalah sensor efek hall yang dapat mengukur medan magnet disekitar kawat berarus. Sensor arus dengan prinsip efek hall dapat mengukur arus dengan sangat tepat. Di samping itu sensor medan magnet ini dapat dimanfaatkan dalam banyak keperluan, karena medan magnet dapat direspon dalam range frekuensi yang cukup besar.

Trafo arus mengukur arus 0 – 1050 A dengan keluaran arus 0 – 5 A, selanjutnya keluaran dari trafo arus digunakan oleh transducer arus yang memberikan keluaran standar untuk instrumentasi 4 – 20 mA, seperti yang di perlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Sensor dan Transduser untuk Arus Heater

3.2 Modul Input Analog dan Konverter Komunikasi ADAM Series

ADAM series merupakan sebuah modul antarmuka yang didalamnya terkandung sebuah mikroprosesor. ADAM Series dapat dikontrol

secara *remote* melalui sebuah perintah dengan menggunakan format ASCII dan ditransmisikan melalui protokol RS-485. ADAM series mencakup pengkondisian sinyal, isolasi, A/D atau D/A converter, pembandingan data dan fungsi komunikasi digital.

ADAM 4000 series didesain untuk keperluan industri yang menggunakan catu daya 24 Vdc dan dapat menerima daya dari supply sekitar +10 sampai +30 Vdc. Modul ADAM yang di gunakan pada sistem akuisisi data proses sintering adalah ADAM-4017+, ADAM-4018 dan ADAM-4561. Ketiga modul ADAM yang digunakan akan dijelaskan secara singkat pada bagian berikutnya.

- a. Modul Input Analog ADAM-4017 dan 4018. ADAM-4017/4018 adalah modul input analog 16-bit, 8-kanal input yang menyediakan rentang masukan yang dapat diprogram pada semua kanal. Modul ini merupakan solusi hemat untuk pengukuran industri dan aplikasi monitoring. Modul ini juga menyediakan pengkondisian sinyal, konversi A/D, dan fungsi komunikasi digital RS-485



Gambar 8. Modul ADAM-4017+ dan ADAM-4018

ADAM-4017/4018 menggunakan mikroprosesor 16-bit yang mengendalikan konverter A/D untuk mengubah tegangan atau arus dari sensor menjadi data digital. Data digital tersebut kemudian diterjemahkan ke dalam unit teknik. Bila diminta oleh komputer host, modul mengirimkan data ke host melalui antarmuka RS-485 standar. Spesifikasi ringkas kedua modul adalah sebagai berikut:

- RS-485 (2-kabel) ke host
- Kecepatan: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 bps
- Jarak maksimum komunikasi: 4000 feet (1.2 km)
- Pemasangan dan pelepasan modul secara online.
- Daya +10 ~ +30 VDC
- Perlindungan terhadap tegangan balik

- Temperature operasi -10 ~ 70° C (14 ~ 158° F)
- Kelembaban 5 ~ 95%, tanpa-kondensasi.

b. ADAM-4561 Konverter RS-422/485 ke USB Advantech ADAM-4561 memungkinkan pengguna PC untuk menghubungkan perangkat serial menggunakan antarmuka USB. Dengan ADAM-4561, pengguna langsung mendapatkan satu tambahan port RS-232/422/485 kecepatan tinggi. Selain itu, karena catu daya berasal dari port USB, maka tidak diperlukan adaptor daya tambahan. Spesifikasi ADAM-4561:

- Antarmuka jaringan: USB
- Serial: 3-kabel RS-232, RS-422, RS-485
- Kecepatan transmisi: 75 bps hingga 115.2 Kbps
- Proteksi isolasi: 3,000 V
- Driver : Windows 98/ME/2000/XP
- Jarak maksimum: 15 ft (4.6 m)
- Pemasangan: DIN-rail, panel mounting.
- Temperatur operasi: 0 to 70° C
- Kelembaban: 20% to 95% (tanpa-kondensasi)



Gambar 9. Modul ADAM 4561 RS-422/485 USB Converter

Sensor dan transduser, modul data akuisi yang di gunakan dan batasan parameter masing-masing sensor pada sistem untuk mengakuisisi data pada proses sintering di perlihatkan pada Tabel 2.

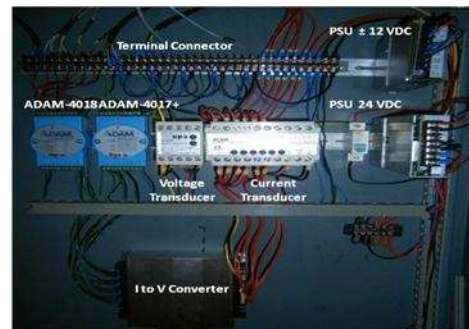
No	INPUT PARAMETER	SENSOR	KET.	DAQ MODUL		SUPPLY
				TIPE	CHANNEL	
1	Temperatur (Tc1)	Thermocouple (W3Re25)	Temp.Tungku Sinter	mv Adam 4018	Ch 00	-
2	Temperatur (Tc2)	Thermocouple (Tipe-K)	Temp. gas H2 In	K Adam 4018	Ch 01	-
3	Temperatur (Tc3)	Thermocouple (Tipe-K)	Temp. gas H2 Out.	K Adam 4018	Ch 02	-
4	Temperatur (Tc4)	Thermocouple (Tipe-K)	Temp. air pendingin In	K Adam 4018	Ch 03	-
5	Temperatur (Tc5)	Thermocouple (Tipe-K)	Temp. air pendingin Out	K Adam 4018	Ch 04	-
6	Tegangan (v)	Tegangan Autotrafo In: 0 - 48V Out: 4 - 20 mA	Tegangan heater Tungku	Adam 4017	Ch 00	220 VAC

7	Arus (I1)	AC 3 fasa (R) In: 0 - 1050 A Out: 4 - 20 mA	Arus Heater R tungku	Adam 4017	Ch 01	220 VAC
8	Arus (I2)	AC 3 fasa (S) In: 0 - 1050 A Out: 4 - 20 mA	Arus Heater S tungku	Adam 4017	Ch 02	220 VAC
9	Arus (I3)	AC 3 fasa (T) In: 0 - 1050 A Out: 4 - 20 mA	Arus Heater T tungku	Adam 4017	Ch 03	220 VAC
10	Tekanan (P1)	Tekanan gas (FESTO) In: 0-2 bar (G) Out: 0,1-10 V	Tekanan masuk gas H2	Adam 4017	Ch 04	14-30 VDC
11	Tekanan (P2)	Tekanan gas (FESTO) In: 0-2 bar (G) Out: 0,1-10 V	Tekanan keluar gas H2	Adam 4017	Ch 05	14-30 VDC
12	Flow H2 (Q1)	Flow meter (SIERRA) In: 0-50 SLPM Out: 0 - 5 V	Flow input gas H2	Adam 4017	Ch 06	14-30 VDC
13	Flow H2 (Q2)	Flow meter (FLOWSTREAM) In: 0-50 SLPM Out: 0 - 5 V	Flow output gas H2	Adam 4017	Ch 07	14-30 VDC
14	% H2 di Chamber	LEL In: 0 - 75 % Out : 0 -10 V	Kadar/ prosentase Gas H2	Adam 4018	Ch 06	14-30 VDC

3.3 Instalasi Sistem Akuisi Data

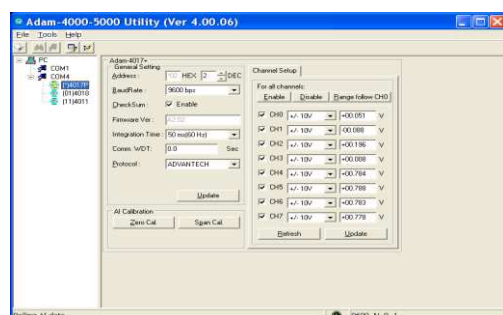
Instalasi sistem akuisi data dimulai dengan melakukan pembuatan wiring diagram dari sistem akuisi data yang diperlihatkan pada Gambar 8

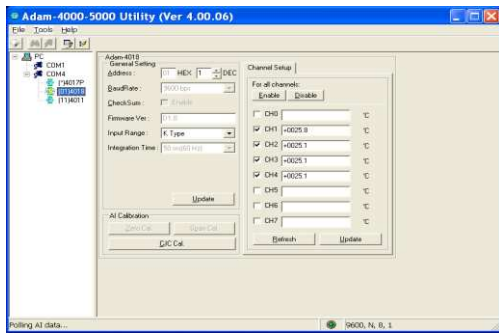
Penempatan sistem akuisi data pada panel kendali sinter memanfaatkan ruang yang telah disediakan oleh pabrikan untuk pengembangan. Ruang panel dan sistem akuisi data setelah selesai di instalasi diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Instalasi Sistem Akuisi Data pada Panel kendali

Tahapan berikutnya setelah selesai instalasi system, dilakukan pengujian komunikasi antara PC host kontrol dengan modul akuisi data. Pengujian dilakukan dengan menggunakan utilitas yang di sediakan Advantech. Pengujian sekaligus seting tiap kanal input di perlihatkan pada Gambar 10.

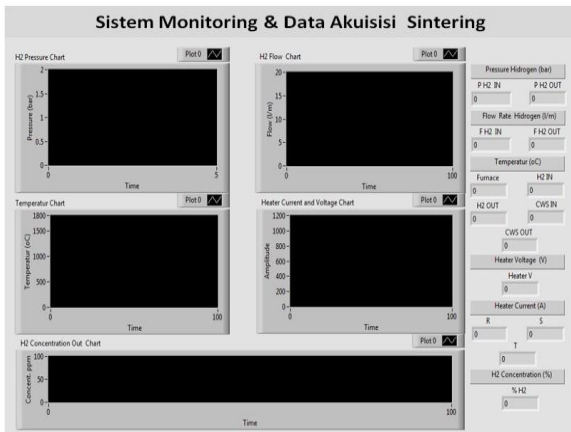




Gambar 11. Pengujian dan seting modul ADAM

3.4 LabVIEW Kontrol Panel untuk Akuisisi Data

LabVIEW adalah bahasa pemrograman grafis yang menggunakan ikon untuk merepresentasikan suatu instruksi. Jika bahasa pemrograman *text based* mengsekusi instruksi sesuai dengan urutan yang ditulis, LabVIEW menggunakan metode *dataflow programming* dimana alur data melalui ikon akan menentukan urutan eksekusi dari setiap instruksi seperti yang ditunjukkan pada gambar 12.



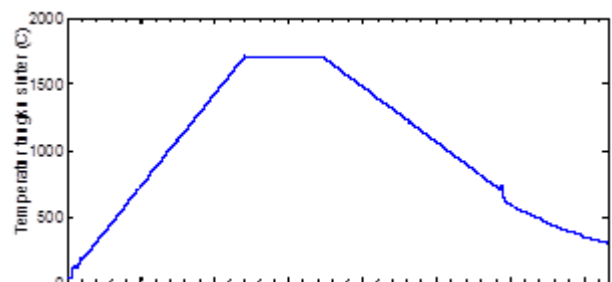
Gambar 12. Panel kontrol LabVIEW untuk Akuisisi Data Proses Sintering

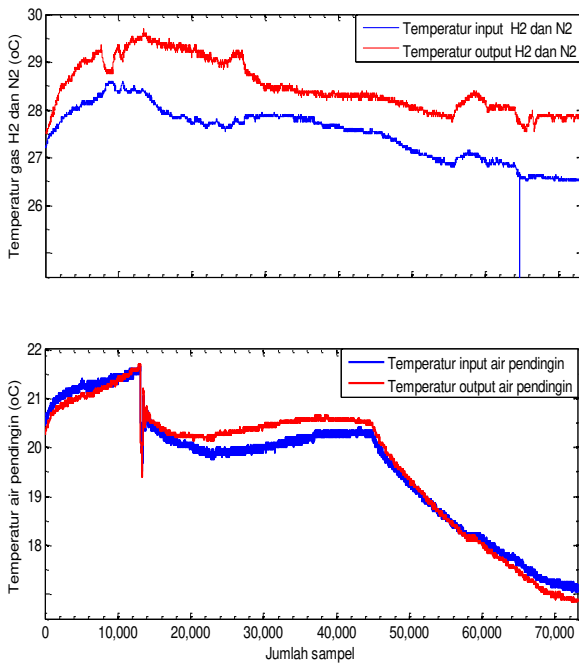
4. Data Hasil Eksperimen Proses

Akuisisi data variabel proses sintering dilakukan dengan parameter proses sebagai berikut; laju kenaikan temperatur proses 250°C/jam, temperature puncak sintering 1700°C, proses pendinginan berlangsung secara konvensional, dan gas atmosfer yang digunakan adalah nitrogen pada temperatur 0 – 600°C selanjutnya gas atmosfer proses digantikan oleh gas hidrogen hingga proses pendinginan mencapai temperatur 600°C setelah itu gas atmosfer kembali digantikan oleh gas nitrogen hingga tahapan proses sintering selesai dilakukan [5].

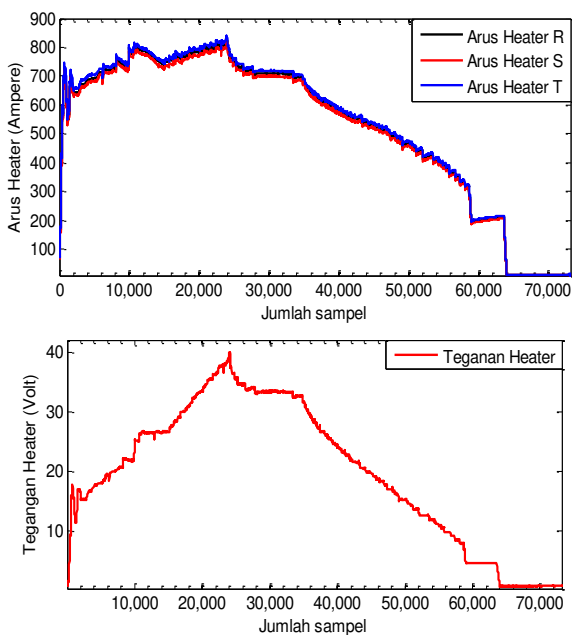
Akuisisi data dilakukan secara online selama satu siklus proses sintering. Seting waktu sampling yang digunakan adalah satu detik sehingga jumlah sampel data yang diperoleh sebanyak 73.324 data. Gambar 11 memperlihatkan data temperatur ruang dalam tungku sinter, temperatur input dan output gas nitrogen dan hidrogen serta temperatur input dan output air pendingin. Seperti yang diperlihatkan Gambar 11 fluktuasi yang terjadi pada data temperature gas nitrogen dan hidrogen serta temperature air pendingin diakibatkan oleh transisi proses pada saat penggantian gas atmosfer proses dalam ruang bakar tungku sinter pada temperatur diatas 580°C, fluktuasi terjadi hingga ruang bakar dalam tungku terisi secara homogen oleh gas hidrogen atau sebaliknya pada proses penurunan temperatur

Gambar 13, memperlihatkan parameter arus dan tegangan pemanas (heater) selama proses sintering berlangsung. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada tahapan awal proses sintering terjadi fluktuasi arus dan tegangan heater, hal ini disebabkan sifat lembam dari tungku dimana pada saat awal proses pemanasan ruang tungku yang cukup besar (sekitar 2 m³) masih dalam keadaan dingin, walaupun demikian setelah seluruh ruang tungku mengalami pemanasan yang homogen maka arus dan tegangan heater kembali stabil sesuai dengan laju penansasan yang telah di seting. Dari data temperature hasil akuisisi yang diperoleh terlihat bahwa masih diperlukan pengendalian temperatur yang lebih baik pada awal proses sehingga fluktuasi yang terjadi dapat diminimalisir, hal ini menjadi tantangan tahapan berikutnya dalam pengendalian dan monitoring proses sintering.



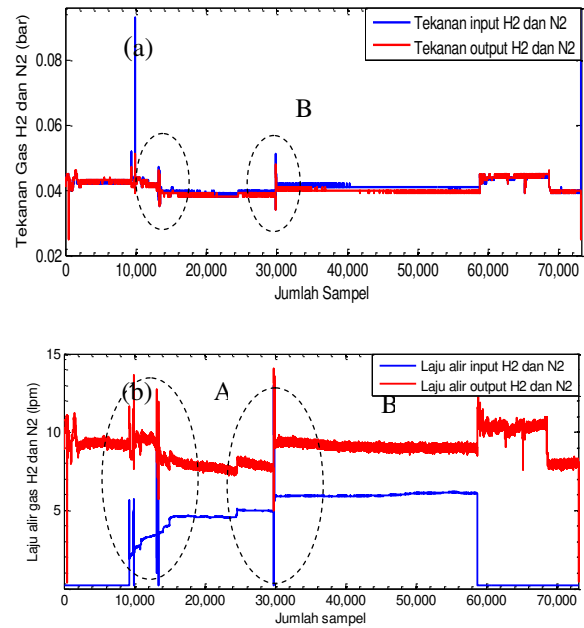


Gambar 13. Temperatur (a) Ruang Dalam Tungku Sinter, (b) I/O Gas Hidrogen dan Nitrogen, (c) I/O Air Pendingin



Gambar 14. (a) Arus Pemanas (heater, R-S-T), (b) Tegangan Pemanas

Seperti yang diperlihatkan Gambar 14, diatas bahwa terjadinya fluktuasi pada data tekanan dan laju alir gas nitrogen dan hidrogen yang diakibatkan oleh adanya transisi proses dari satu tahapan ke tahapan berikutnya dalam proses sintering serta reaksi fisika dan kimia yang menyertai transisi tersebut.



Gambar 15. (a) Tekanan I/O Nitrogen dan Hidrogen, (b) Laju Alir I/O Nitrogen dan Hidrogen

Bagian A pada Gambar 15, menggambarkan transisi penggunaan gas atmosfer proses dari nitrogen ke hidrogen pada temperatur diatas 580°C , fluktuasi ini terjadi hingga seluruh ruang bakar tungku terisi homogen oleh gas hidrogen sedangkan bagian B merupakan transisi dari tahapan pemanasan ke tahapan penahanan (soaking time) pada temperatur puncak 1700°C selama sekitar 3 jam. Setelah transisi-transisi tersebut tekanan dan laju alir gas atmosfer proses kembali relatif stabil, walaupun demikian harus tetap diperhatikan agar fluktuasi yang terjadi tetap masih dalam rentang batas aman sehingga keselamatan proses sintering masih tetap terjaga.

5. Kesimpulan Dan Saran

Sistem data akuisisi (DAQ) untuk pengukuran variabel proses sintering telah dikembangkan dengan menggunakan modul data akuisisi standar industri yang tersedia di pasaran. Eksperimen untuk akuisisi terhadap semua variabel proses dilakukan secara online ketika sintering berlangsung telah dilakukan.

Dari hasil eksperimen akuisisi data secara online terhadap proses sintering dalam mengukur sebelas variabel proses sinter, sistem akuisisi data yang dikembangkan memperlihatkan kinerja yang cukup baik, tidak terjadi kegagalan atau terhentinya akuisisi data yang di sebabkan oleh kerusakan sistem. Dari data runtun waktu sebelas variabel proses sintering yang diperoleh, sudah cukup memadai dan menggambarkan perilaku gas

hidrogen dalam proses sintering. Data yang diperoleh akan digunakan sebagai bahan dalam memahami karakteristik proses sintering dengan membangun model berbasis jaringan saraf tiruan untuk memprediksi parameter keselamatan hidrogen pada penelitian berikutnya.

Data mentah hasil akuisisi masih memerlukan pemrosesan awal sebelum siap digunakan, untuk menganalisis adanya gangguan atau noise pada data sinyal hasil akuisisi. Oleh karena itu langkah selanjutnya adalah memproses data mentah dengan teknik pemrosesan sinyal digital ataupun teknik lain misalnya data mining.

Daftar Pustaka

- [1] M. Fischer. "Safety aspects of hydrogen combustion in hydrogen energy systems," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 11, no. 9, pp. 593–601, 1986.
- [2] H. Eichert and M. Fischer. "Combustion-related safety aspects of hydrogen in energy applications," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 11, no. 2, pp. 117–124, 1986.
- [3] I. Macintyre, a Tchouvelev, D. Hay, J. Wong, J. Grant, and P. Benard. "Canadian hydrogen safety program," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 32, no. 13, pp. 2134-2143, September 2007.
- [4] J. Luisaprea. Jul. "New standard on safety for hydrogen systems in spanish Keys for understanding and use," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 33, no. 13, pp. 3526-3530, 2008.
- [5] P. Lisboa. "Industrial use of safety-related artificial neural networks". 2001.
- [6] P. Kadlec, B. Gabrys, and S. Strandt. "Data-driven Soft Sensors in the process industry," *Computers and Chemical Engineering*, vol. 33, no. 4, pp. 795-814. Apr. 2009.
- [7] S. Jassar, Z. Liao, and L. Zhao. "A recurrent neuro-fuzzy system and its application in inferential sensing," *Applied Soft Computing*, vol. 11, no. 3, pp. 2935-2945. Apr. 2011.
- [8] M. Oliveira and R. Schirru. "Applying particle swarm optimization algorithm for tuning a neuro-fuzzy inference system for sensor monitoring," *Progress in Nuclear Energy*, vol. 51, no. 1, pp. 177-183. January 2009.
- [9] S. A Kalogirou. "Artificial intelligence for the modeling and control of combustion processes: a review," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 29, no. 6, pp. 515-566, Jan. 2003.
- [10] J. Chandok, I. Kar, and S. Tuli. "Estimation of furnace exit gas temperature (FEGT) using optimized radial basis and back-propagation neural networks," *Energy Conversion and Management*, vol. 49, no. 8, pp. 1989-1998. Aug. 2008.
- [11] T. Hong-wei, C. Jian-yuan, and W. Shi-dong. "The Effective Application of BP Neural Networks Prediction Model for Gas Content in Binchang Mining," in *Computational Intelligence and Software Engineering*, CiSE 2009, no. 1, pp. 1–4.

Ekstraksi Objek pada Citra Radar FM-CW dengan Metode DBSCAN

Object Extraction on FM-CW Radar Image Using DBSCAN Method

Vicky Zilvan

UPT LPSN – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jl. Ranggamalela No. 11 Bandung, Indonesia

Email:vicky.zilvan@lipi.go.id

Abstract

This paper proposed design and implementation object extraction on FM-CW radar to solve radar image quality problem. Density based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN) technique is used to extract objects from input data. The result of this research is a design of object extraction by setting $minPts$ to 4 and eps to 4 as input parameters for DBSCAN. Output of this design is simple data points as a result of object extraction which can resolve radar image quality problem. Furthermore, data points of object extraction result have good quality data because DBSCAN clustering technique has ability to separate noise data of input data.

Keywords: image processing, FM-CW radar, object extraction, DBSCAN

Abstrak

Makalah ini membahas rancang bangun dan implementasi ekstraksi objek pada radar FM-CW untuk mengatasi permasalahan kualitas citra yang ditangkap oleh radar. Teknik *clustering density based spatial clustering of applications with noise* (DBSCAN) digunakan untuk mengekstraksi objek dari data input. Hasil dari penelitian ini adalah rancang bangun ekstraksi objek dengan nilai $minPts$ sebesar 4 dan nilai eps sebesar 4 sebagai parameter input untuk DBSCAN. Hasil dari rancang bangun ekstraksi objek adalah titik-titik data hasil ekstraksi objek yang lebih sederhana yang mampu mengatasi permasalahan kualitas citra yang ditangkap oleh radar. Selain itu, titik-titik data yang dihasilkan juga memiliki kualitas data yang lebih baik karena teknik *clustering* DBSCAN memiliki kemampuan untuk memisahkan *noise* dari data input.

Kata kunci: pengolahan citra, radar FM-CW, ekstraksi objek, DBSCAN

1. Pendahuluan

Image processing atau pengolahan citra merupakan bagian fundamental dalam suatu sistem radar modern disamping teknologi hardware yang digunakan. Bagian *image procesing* ini merupakan modul yang berfungsi untuk mengola sinyal-sinyal analog yang diterima oleh radar menjadi sinyal-sinyal digital yang ditampilkan melalui modul PPI (*Plan position indicator*) Display.

Kendala yang dihadapi oleh pengguna radar dalam menganalisis dengan cara melihat modul PPI Display adalah kesulitan dalam melihat dan membedakan target dari data yang ditampilkan di PPI Display. Hal ini disebabkan pada PPI Display ditampilkan keseluruhan data yang ditangkap oleh

radar, baik berupa data objek target, data objek lingkungan sekitar target, maupun data *noise* seperti gelombang air laut. Selain itu, dengan data mentah yang ditampilkan pada PPI Display menyulitkan proses analisis selanjutnya seperti untuk keperluan *object tracking*.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu metode yang mampu mengekstraksi objek target dari data mentah pada PPI Display sehingga dapat membantu dan mempermudah pengguna radar dalam menganalisis data yang ditangkap oleh radar.

Ekstraksi objek dalam suatu sistem radar berfungsi untuk memusatkan sekumpulan titik data dari suatu objek yang sama menjadi satu bagian. Objek-objek yang telah diekstraksi dari sekumpulan data, akan lebih mudah untuk diamati oleh pengguna radar. Selain itu, hasil dari ekstraksi objek juga sangat membantu dalam tahap proses selanjutnya seperti *object tracking*.

Received: 20 Mei 2015; Revised: 19 Juni 2015; Accepted: 26 Juni 2015 ; Published online: 10 Juli 2015
©2015 INKOM 2015/15-NO419

Salah satu teknik untuk melakukan pemusatan data dari sekumpulan data adalah *clustering*. Telah banyak metode *clustering* yang telah dikembangkan dan dipakai dalam berbagai bidang penelitian. Beberapa metode *clustering* yang ada diantaranya adalah K-means [1], PAM [2], CLARANS [3], DBSCAN [4], CURE [5], and ROCK [6]. Diantara metode-metode tersebut, DBSCAN merupakan salah satu metode yang secara luas telah banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan karena kesederhanaan serta kemampuan untuk mendeteksi *cluster* dengan ukuran dan bentuk yang berbeda. DBSCAN telah diaplikasikan di berbagai bidang ilmu pengetahuan seperti teknik sipil (pengelompokan jaringan infrastruktur sipil spasial [7]), kimia [8], spektroskopi (pengelompokan spektrum massa partikel tunggal [9] dan aerosol waktu-of-flight mass spektrometri [10]), ilmu sosial (pengelompokan serangga berdasarkan feromon kimia Data ([11],[12])), dan diagnosa medis berdasarkan gambar medis (untuk mendeteksi pola atrofi otak [13] dan untuk mendeteksi lesi kulit ([14],[15])). DBSCAN juga dapat diterapkan dalam bidang penginderaan jauh untuk melakukan segmentasi gambar tiga dimensi (gambar multi spektral) [16].

Dengan kesederhanaan pengaplikasian dari DBSCAN dan juga telah banyak digunakan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan, maka pada tulisan ini metode *clustering* DBSCAN dipilih sebagai metode yang digunakan untuk memperoleh ekstraksi objek dari data pantul radar sebagai bagian dari pengolahan citra radar yang diharapkan dapat membantu pengguna radar dalam menganalisis data yang ditangkap oleh radar.

Pada tulisan ini, ekstraksi objek diimplementasikan pada radar pengawas pantai jenis FM-CW hasil penelitian Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).

2. Tinjauan Pustaka

2.1. DBSCAN: *Density Based Spatial Clustering of Application with Noise*

DBSCAN merupakan algoritma yang didesain oleh Ester et.al pada tahun 1996 dapat mengidentifikasi kelompok-kelompok dalam kumpulan data spasial yang besar dengan melihat kepadatan lokal dari elemen-elemen database, dengan hanya menggunakan satu parameter input. DBSCAN juga dapat menentukan apakah informasi diklasifikasikan sebagai *noise* atau outlier. Disamping itu, proses kerja DBSCAN cepat dan

sangat baik untuk berbagai macam ukuran database - hampir linear [17].

Dengan menggunakan distribusi kepadatan dari titik-titik dalam database, DBSCAN dapat mengkategorikan titik-titik tersebut ke dalam kelompok-kelompok terpisah yang menandakan kelas-kelas yang berbeda.

Proses komputasi DBSCAN berdasarkan enam definisi dan dua lemma sebagai berikut [17].

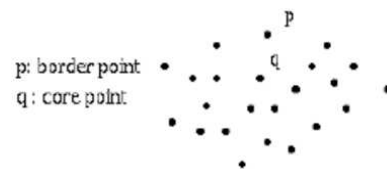
Definisi 1: (*Eps-neighborhood* dari suatu titik)

$$N_{Eps}(p) = \{q \in D | \text{dist}(p,q) < Eps\}$$

Untuk suatu titik yang masuk kedalam suatu *cluster*, titik tersebut setidaknya mempunyai satu titik lain yang letaknya lebih dekat ke titik tersebut dibandingkan dengan nilai *Eps*.

Definisi 2: (*directly density-reachable*)

Terdapat dua macam poin yang masuk dalam suatu *cluster*, yaitu titik yang terletak di pinggir *cluster* (*border points*) dan titik-titik yang terletak di pusat *cluster* (*core points*), sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1[4].



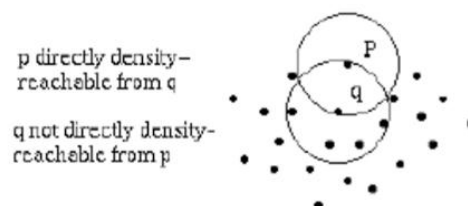
Gambar 1. *Border dan Core point*

Eps-neighborhood dari suatu *border point* cenderung memiliki titik yang lebih sedikit dibandingkan dengan *Eps-neighborhood* dari suatu *core point* [4]. *Border point* akan masih menjadi bagian dari suatu *cluster* apabila *border point* memiliki *Eps-neighborhood* dari suatu *core point* *q* sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2 [4].

$$p \in N_{Eps}(q)$$

Agar titik *q* menjadi *core point*, titik tersebut perlu memiliki suatu jumlah minimum dari titik dalam *Epsneighborhood*-nya.

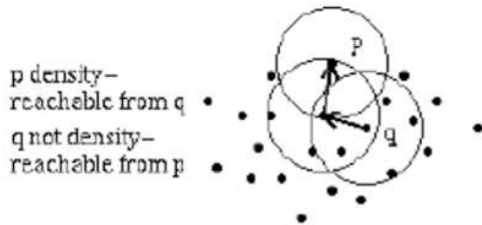
$$|N_{Eps}(q)| \geq \text{MinPts (kondisi core point)}$$



Gambar 2. Titik *p* merupakan *directly density-reachable* dari titik *q* tetapi tidak sebaliknya

Definisi 3: (density-reachable)

Suatu titik p merupakan *density-reachable* dari suatu titik q berdasarkan Eps dan $MinPts$ jika terdapat suatu rantai titik-titik p_1, \dots, p_n , $p_1=q$, $p_n=p$ dimana p_{i+1} merupakan *directly density-reachable* dari p_i [4]. Pada Gambar 3 [4] ditunjukkan ilustrasi dari suatu *density-reachable*.

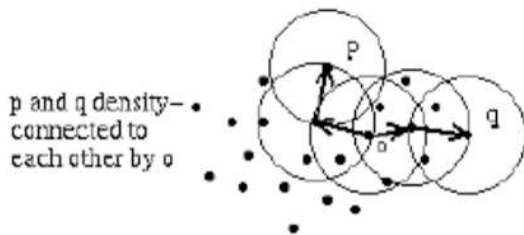


Gambar 3. Titik p merupakan *density-reachable* dari titik q tetapi tidak sebaliknya

Definisi 4: (density-connected)

Terdapat kasus ketika dua *border point* akan masuk ke dalam suatu *cluster* yang sama tetapi di mana dua *border point* tersebut tidak membagi suatu *core point* spesifik. Dalam situasi ini titik-titik tersebut tidak akan menjadi *density-reachable* satu sama lainnya. Namun harus ada *core point* q yang mana menjadi *density-reachable* dari kedua *border point* tersebut. Pada Gambar 4 [4] ditunjukkan bagaimana *density connectivity* bekerja.

Suatu titik p merupakan *density-connected* ke titik q berdasarkan Eps dan $MinPts$ jika terdapat suatu titik o dimana keduanya p dan q merupakan *density-reachable* dari o berdasarkan Eps dan $MinPts$.



Gambar 4. *Density connectivity*

Definisi 5: (cluster)

Jika suatu titik p merupakan bagian dari suatu *cluster* C dan titik q merupakan *density-reachable* dari titik p berdasarkan jarak tertentu dan jumlah minimum titik-titik dalam jarak tersebut, maka q juga merupakan bagian dari *cluster* C .

$\forall p, q$: Jika $p \in C$ and q is *density-reachable* dari p berdasarkan Eps and $MinPts$, maka $q \in C$.

Dua titik dimiliki oleh *cluster* yang sama C , dimana p merupakan *density-connected* ke q berdasarkan jarak tertentu dan jumlah minimum titik-titik dalam jarak tersebut.

$\forall p, q \in C$: p merupakan *density-connected* ke q berdasarkan Eps dan $MinPts$.

Definisi 6: (noise)

Noise adalah sekumpulan titik-titik, dalam basis data, yang tidak masuk dalam *cluster*.

Lemma 1:

Suatu *cluster* dapat dibentuk dari salah satu *core point* dan akan selalu memiliki bentuk yang sama.

Lemma 2:

Jika p menjadi suatu *core point* dalam suatu *cluster* C dengan jarak minimum (Eps) dan suatu jumlah minimum titik dalam jarak tersebut ($MinPts$). Jika sekumpulan O merupakan *density-reachable* dari p berdasarkan Eps dan $MinPts$ yang sama, maka C sama dengan sekumpulan O .

Algoritma DBSCAN adalah sebagai berikut [4]:

```
DBSCAN (SetOfPoints, Eps, MinPts)
// SetOfPoints is UNCLASSIFIED
ClusterId := nextId(NOISE);
FOR i FROM 1 TO SetOfPoints.size DO
  Point := SetOfPoints.get(i);
  IF Point.ClId = UNCLASSIFIED THEN
    IF ExpandCluster(SetOfPoints,
                     Point, ClusterId, Eps,
                     MinPts) THEN
      ClusterId :=
        nextId(ClusterId)
    END IF
  END IF
END FOR
END; // DBSCAN

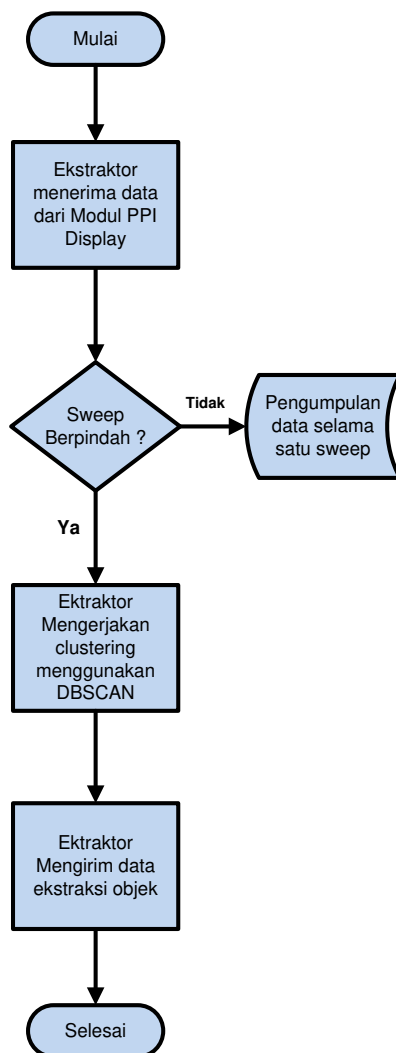
ExpandCluster(SetOfPoints, Point,
              ClId, Eps, MinPts) : Boolean;
seeds:=SetOfPoints.regionQuery(Point
, Eps);
IF seeds.size<MinPts THEN // no core
  point
  SetOfPoint.changeClId(Point,
  NOISE);
RETURN False;
ELSE // all points in seeds are
//density-reachable from
//Point
  SetOfPoints.changeClIds(seeds, ClId
);
  seeds.delete(Point);
  WHILE seeds <> Empty DO
    currentP := seeds.first();
    result :=
      SetOfPoints.regionQuery(curre
ntP, Eps);
    IF result.size >= MinPts THEN
      FOR i FROM 1 TO result.size
        DO
          resultP := result.get(i);
```

```

IF resultP.ClId IN
  {UNCLASSIFIED, NOISE}
THEN
  IF resultP.ClId =
    UNCLASSIFIED THEN
    seeds.append(resultP);
  END IF;
  SetOfPoints.changeClId(r
    esultP,ClId);
END IF; // UNCLASSIFIED or
  NOISE
END FOR;
END IF; // result.size >=
  MinPts
seeds.delete(currentP) ;
END WHILE; // seeds <> Empty
RETURN True;
END IF
END; // ExpandCluster

```

3. Perancangan

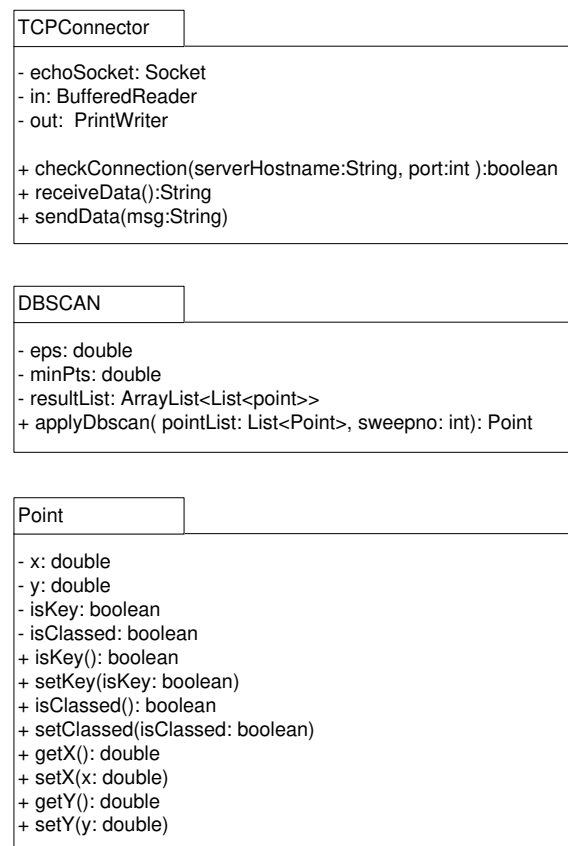


Gambar 5. Flowchart modul ekstraktor

Perancangan pengolahan citra untuk ekstraksi objek (yang selanjutnya disebut modul ekstraktor) secara garis besar digambarkan pada aliran proses digambarkan dengan *flowchart* pada Gambar 5.

Modul ekstraktor ini dirancang dengan teknik berorientasi objek (*object oriented*) dalam bahasa pemrograman Java.

Selain perancangan aliran proses yang digambarkan sebelumnya, pada Gambar 3 ditunjukkan relasi-relasi antar class yang terdapat dalam modul ekstraktor. Relasi-relasi antar class ini digambarkan dalam UML Class diagram karena model yang dikembangkan ini diimplementasikan dalam program berorientasi objek. Penggambaran dalam *class diagram* ini memungkinkan kita untuk menunjukkan isi statis, dan hubungan antara kelas. Selain itu, dalam *class diagram* dapat juga menunjukkan variabel anggota, dan fungsi anggota kelas. Selain itu, dapat menunjukkan apakah suatu kelas mewarisi dari yang lain, atau merupakan referensi dari kelas yang lain. Singkatnya, class diagram dapat menggambarkan semua dependensi *source code* antara kelas [18]. *Class diagram* dalam modul ekstraktor ini digambarkan pada Gambar 6.



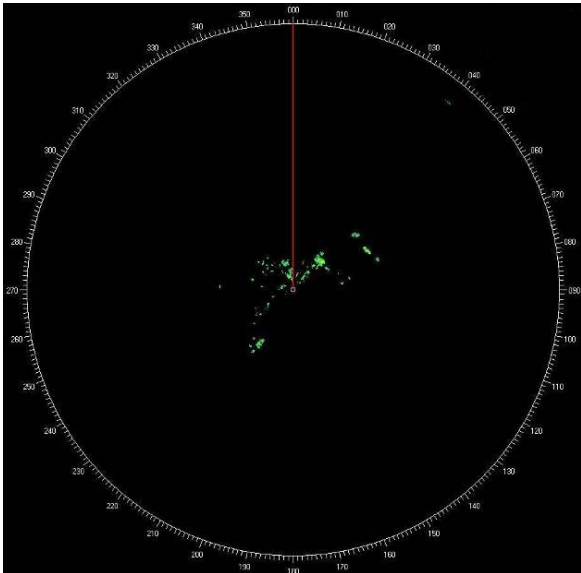
Gambar 6. Class diagram modul ekstraktor

4. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, modul ekstraktor diimplementasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman Java, dengan JRE versi 1.7.0_80 pada Netbeans IDE 8.0.1. Komputer yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi Processor Inter(R) Pentium(R) Dual

CPU E2160 @1.8 GHz 1.79 GHz, RAM 2.99 GB, dan menggunakan sistem operasi Windows 7.

Data yang digunakan pada penelitian berasal dari data radar selama satu putaran penuh pada range 1.5 nm. Pada Gambar 4 berikut, ditunjukkan data pantulan yang ditangkap oleh radar yang ditampilkan dalam modul PPI Display.



Gambar 7. Data pantul radar selama satu putaran pada modul PPI Display

Data awal sebagai data input pada penelitian ini didapat dari modul PPI Display (Gambar 7). Data dari modul display dikirim melalui koneksi socket ke modul ekstraktor yang diproses oleh *Class TCPConnector* dengan menggunakan fungsi *recvData()* sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 3. Format data yang dikirim dari modul PPI Display adalah sebagai berikut:

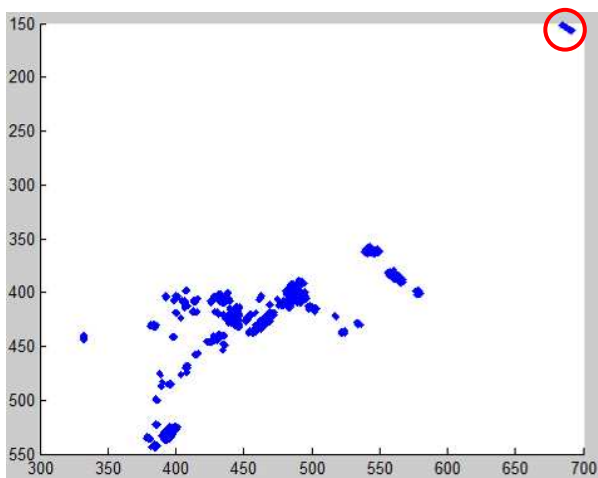
<no sweep>;<koordinat latitude>;<koordinat longitude>

Dimana *<no sweep>* adalah putaran radar ke-n, *<koordinat latitude>* adalah nilai koordinat latitude dari titik pantulan yang ditangkap radar, dan *<koordinat longitude >* adalah nilai koordinat longitude dari titik pantulan yang ditangkap radar.

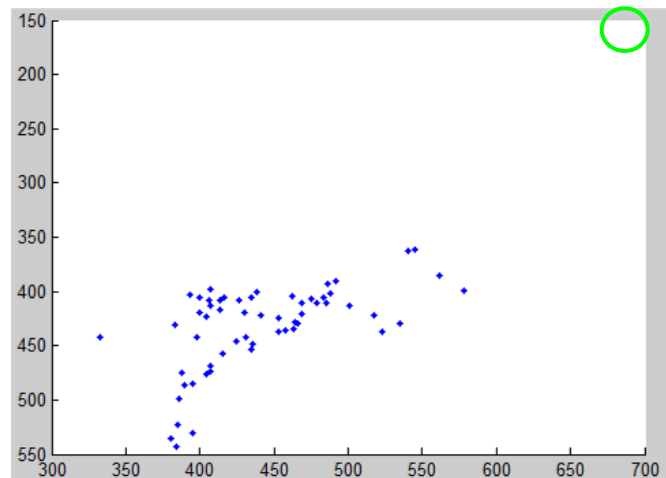
Dari hasil satu putaran radar yang telah disimpan, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 4, didapat data pantulan yang tertangkap radar sebanyak 2627 titik data. Selanjutnya, sebanyak 2627 titik data tersebut diproses oleh *Class point* dan *Class DBSCAN* untuk dilakukan proses *clustering* data dengan menggunakan parameter *minPts* dan parameter *eps*.

Untuk parameter *minPts*, dalam penelitian Martin Ester et.al (1996) diketahui bahwa untuk perubahan parameter *minPts* > 4 tidak berbeda signifikan dengan *minPts*=4 dan untuk data dua dimensi menggunakan parameter *minPts* sebesar 4 [4]. Oleh karena itu, karena pada penelitian ini data yang diolah merupakan data dua dimensi, sehingga parameter *minPts* yang digunakan sebesar 4. Selanjutnya, untuk menentukan nilai parameter *eps* yang sesuai dengan karakteristik radar, pada Gambar 8, 9, 10, 11 dan 12 ditunjukkan hasil ekstraksi objek dari berbagai nilai *eps*.

Pada Gambar 8(b) dengan nilai *eps*=1, hasil ekstraksi objek yang dihasilkan belum optimal apabila dibandingkan dengan data sebelum dilakukan proses ekstraksi objek pada Gambar 8(a). Hal ini disebabkan karena hasil ekstraksi objek dengan nilai *eps*=1 terdapat data objek target (Gambar 8(a) yang ditandai dengan lingkaran merah) yang dianggap sebagai *noise*, sehingga data tersebut tidak diekstraksi sebagai objek target (Gambar 8(b) yang ditandai dengan lingkaran hijau).

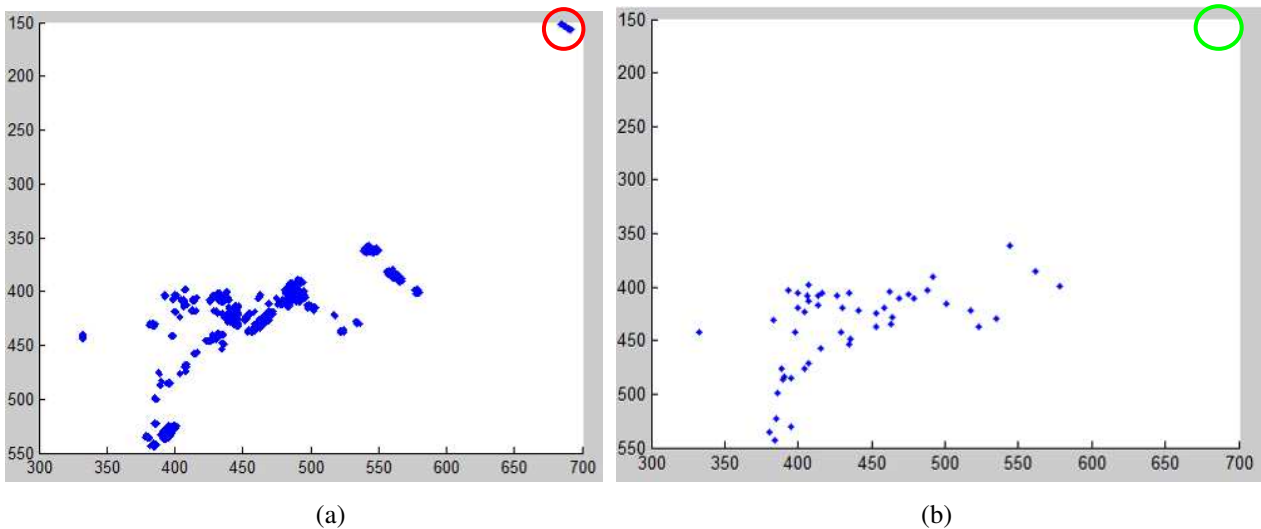


(a)



(b)

Gambar 8. Perbandingan data sebelum dilakukan ekstraksi objek(a) dengan hasil ekstraksi objek dengan nilai parameter *eps*=1(b)

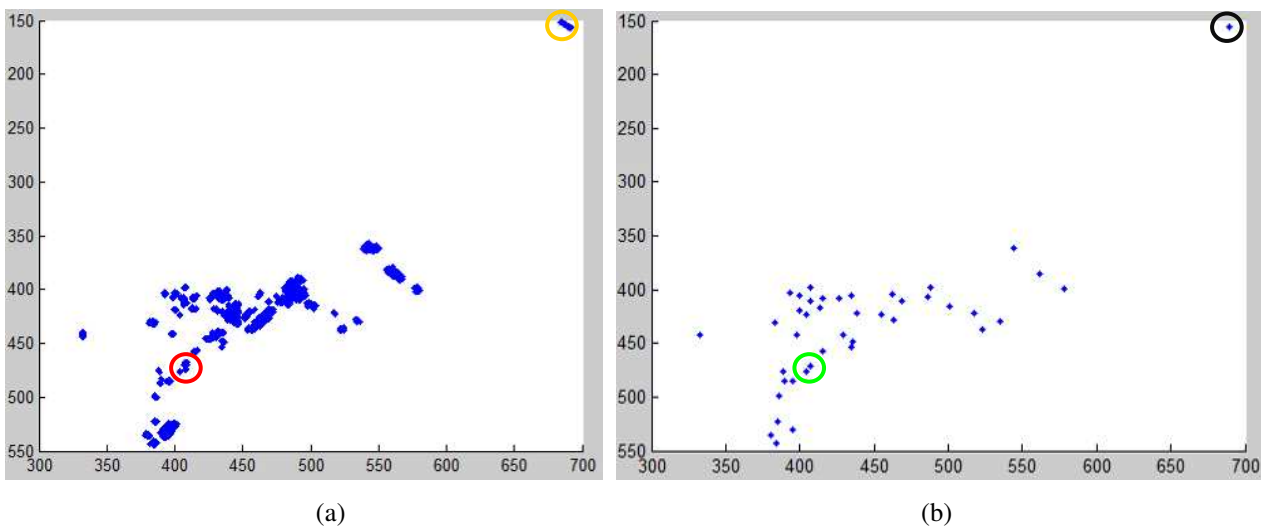


Gambar 9. Perbandingan data sebelum dilakukan ekstraksi objek(a) dengan hasil ekstraksi objek dengan nilai parameter $eps=2$ (b)

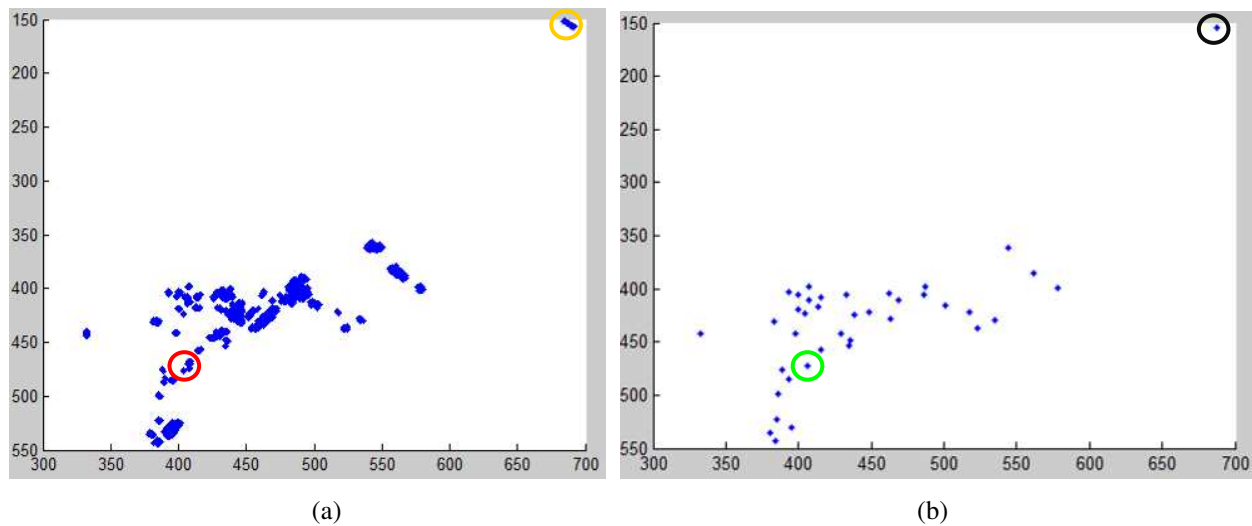
Pada Gambar 9(b) dengan nilai $eps=2$, hasil ekstraksi objek yang dihasilkan juga belum optimal. Hal ini terlihat pada hasil ekstraksi objek dengan nilai $eps=2$ masih terdapat data objek target yang dianggap sebagai *noise*, sehingga data tersebut hilang. Salah satu data hasil ekstraksi objek yang dianggap sebagai *noise* ditunjukkan pada Gambar 9(a) yang ditandai dengan lingkaran merah.

Berbeda dengan nilai $eps=1$ maupun $eps=2$, dengan nilai $eps=3$ data objek target yang

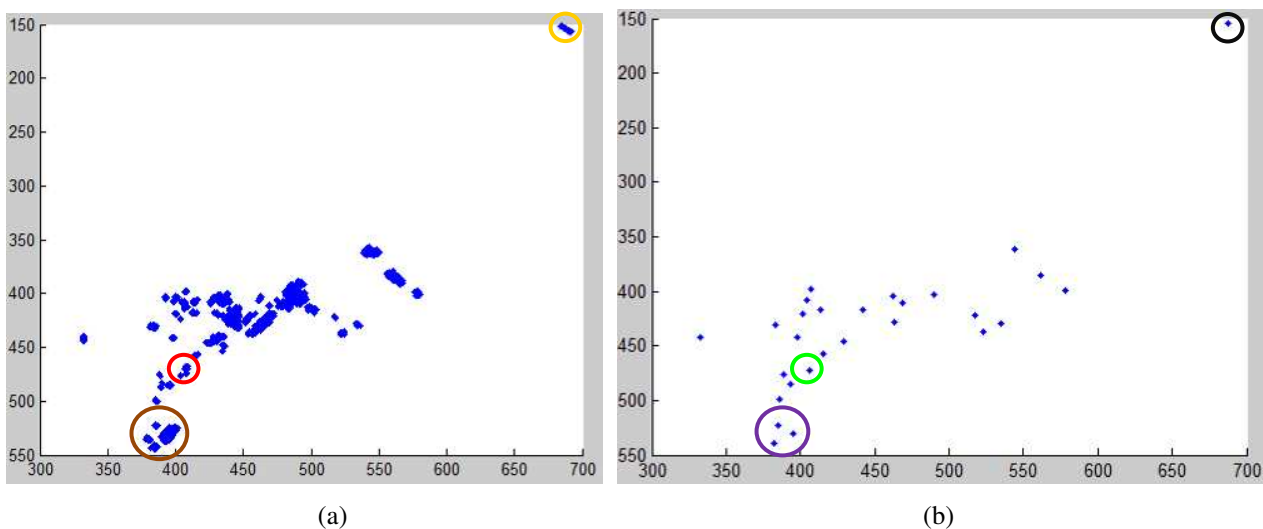
kategorikan sebagai *noise* untuk nilai $eps=1$ maupun $eps=2$ (Gambar 10(a) yang ditandai dengan lingkaran kuning), dapat diekstraksi menjadi objek target untuk nilai $eps=3$ (Gambar 10(b) yang ditandai dengan lingkaran hitam). Akan tetapi untuk nilai $eps=3$ terdapat hasil ekstraksi objek yang menghasilkan 2 titik data objek target (Gambar 10(b) yang ditandai dengan lingkaran hijau) yang diekstraksi dari 1 data objek target (Gambar 10(a) yang ditandai dengan lingkaran merah), sehingga nilai $eps=3$ juga belum optimal.



Gambar 10. Perbandingan data sebelum dilakukan ekstraksi objek(a) dengan hasil ekstraksi objek dengan nilai parameter $eps=3$ (b)



Gambar 11. Perbandingan data sebelum dilakukan ekstraksi objek(a) dengan hasil ekstraksi objek dengan nilai parameter $eps=4$ (b)



Gambar 12. Perbandingan data sebelum dilakukan ekstraksi objek(a) dengan hasil ekstraksi objek dengan nilai parameter $eps=5$ (b)

Selanjutnya dengan nilai $eps=4$, data objek target yang kategorikan sebagai *noise* untuk nilai $eps=1$ maupun $eps=2$ (Gambar 11(a) yang ditandai dengan lingkaran kuning), dapat diekstraksi menjadi objek target untuk nilai $eps=4$ (Gambar 11(b) yang ditandai dengan lingkaran hitam). Begitu juga untuk data yang diekstraksi dengan jumlah yang berbeda sebagaimana yang terjadi untuk nilai $eps=3$ (Gambar 11(a) yang ditandai dengan lingkaran merah), untuk nilai $eps=4$ mampu diekstraksi dengan jumlah yang sesuai (Gambar 11(a) yang ditandai dengan lingkaran hijau).

Untuk nilai $eps=5$, hasil ekstraksi objek yang dihasilkan kembali tidak optimal karena terdapat hasil ekstraksi objek yang menghasilkan perbedaan titik data objek target (Gambar 12(b) yang ditandai dengan lingkaran coklat) apabila dibandingkan dengan data objek target sebelum

diekstraksi (Gambar 12(a) yang ditandai dengan lingkaran ungu).

Dari hasil yang didapat dari nilai-nilai eps yang telah diujicobakan, diketahui bahwa untuk nilai $eps=4$ tidak menghasilkan objek target yang dikategorikan sebagai *noise*. Selain itu, untuk nilai $eps=4$ juga tidak menghasilkan perbedaan jumlah objek target hasil ekstraksi objek dibandingkan dengan jumlah target sebelum ekstraksi. Oleh karena itu, nilai $eps=4$ merupakan nilai yang optimal untuk karakteristik radar.

Dengan menggunakan parameter $eps=4$ dan $minPts=4$, pada Tabel 1 ditampilkan waktu proses yang dibutuhkan untuk memproses *clustering* dan pada Tabel 2 ditampilkan jumlah data dari setiap *cluster* yang terbentuk dari hasil *clustering*.

Tabel 1. Waktu proses komputasi modul ekstraktor

Ulangan ke	Jumlah data	Jumlah <i>cluster</i> yang terbentuk	Waktu Komputasi
1	2627	39	9 s
2	2627	39	9 s
3	2627	39	9 s

Tabel 2. Hasil *Clustering* data

No. <i>Cluster</i>	Jumlah data
1	600
2	18
3	10
4	313
5	356
6	264
7	12
8	63
9	47
10	78
11	5
12	25
13	12
14	15
15	123
16	24
17	15
18	12
19	8
20	23
21	39
22	8
23	5
24	16
25	29
26	227
27	10
28	12
29	25
30	4
31	15
32	30
33	30
34	12
35	19
36	17
37	8
38	416
39	199
Jumlah	3144

Dari hasil proses *clustering* yang ditunjukkan pada Tabel 2, terlihat jumlah titik data masing-masing *cluster* berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh pemusatan titik-titik dari pantulan objek. Semakin banyak titik pantulan yang berdekatan, maka akan semakin juga jumlah banyak juga jumlah anggota *cluster* dari *cluster* yang terbentuk yang mencakup titik tersebut.

Dari hasil proses dengan parameter $minPts = 4$ dan $eps = 4$, setiap titik data pantul tidak ada yang tidak memenuhi kedua parameter tersebut.

Sehingga dari proses tersebut tidak didapat titik data pantul yang diidentifikasi sebagai *noise*.

Selain itu, dari hasil proses juga terlihat terdapat perbedaan jumlah data sebelum proses *clustering* dengan jumlah data setelah *clustering* sebagai mana yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan jumlah data sebelum proses dan setelah proses ekstraksi objek

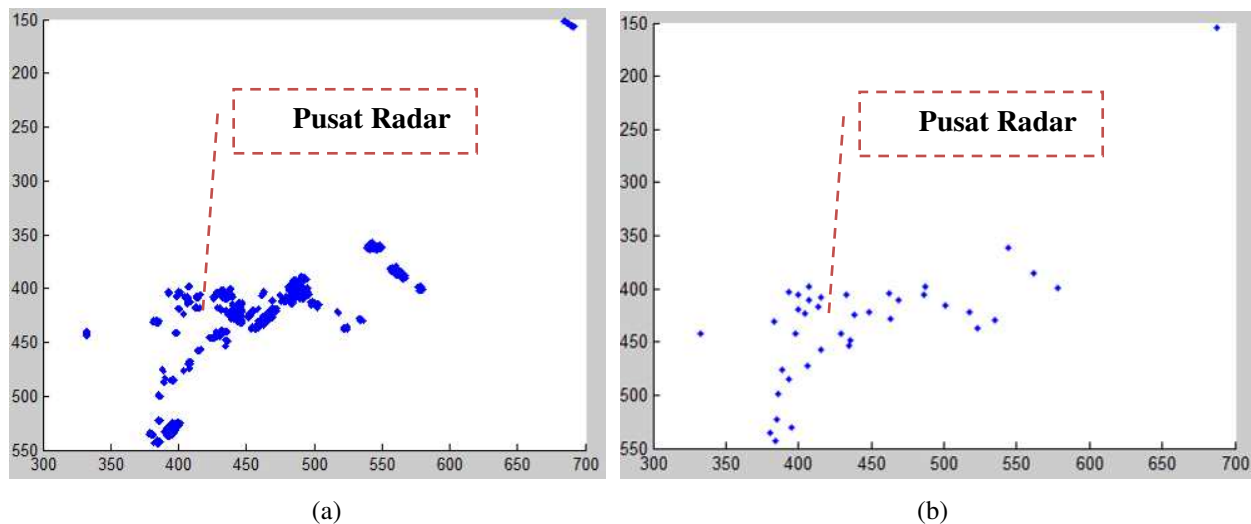
Jumlah data sebelum <i>clustering</i>	Jumlah data setelah <i>clustering</i>	Selisih
2627	3144	517

Pada Tabel 3 terlihat terdapat penambahan jumlah data setelah dilakukan proses *clustering* dengan selisih sebanyak 517 titik data. Hal ini disebabkan beberapa titik data yang sama masuk dalam beberapa *cluster*, sehingga keseluruhan jumlah data dari seluruh *cluster* mengalami peningkatan dibandingkan dengan jumlah titik data sebelum dilakukan proses *clustering*. Beberapa titik data yang sama masuk dalam beberapa *cluster* disebabkan karena titik-titik data tersebut terletak pada beberapa *cluster* yang berjarak sangat dekat, sehingga titik-titik tersebut menjadi *border point* dari di masing-masing *cluster* yang memilikinya [4]. Meskipun terdapat titik-titik data yang sama yang terdapat dalam lebih dari satu *cluster*, hal ini tidak mempengaruhi hasil akhir dari proses *clustering* karena hasil akhir diambil dari titik tengah dari masing-masing *cluster*.

Setelah dilakukan perhitungan untuk mencari titik tengah pada masing-masing *cluster*, pada Gambar 5(b) ditunjukkan titik tengah dari *cluster* yang didapat. Titik tengah dari setiap *cluster* inilah yang merupakan hasil ekstraksi objek dari titik-titik pantul yang ditangkap oleh radar.

Dari perbandingan data sebelum dilakukan proses ekstraksi objek pada Gambar 5(a) dan data hasil ekstraksi objek pada Gambar 5(b) terlihat bahwa data hasil ekstraksi objek lebih sederhana, dengan hanya diwakili oleh satu titik dari setiap objek (sejumlah 39 titik objek) dari data input (sejumlah 2627 titik) yang diproses.

Bagian terakhir dari perancangan pengolahan citra ini adalah proses pengiriman hasil akhir ke bagian-bagian yang lain yang memerlukan data hasil ekstraksi objek sebagai data input untuk proses selanjutnya.



Gambar 5. Data pantul radar sebelum dilakukan proses ekstraksi objek(a) dan Data hasil ekstraksi objek oleh modul ekstraktor(b)

5. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil dirancangan dan diimplementasikan pengolahan citra radar menggunakan DBSCAN untuk ekstraksi objek-objek dari data hasil refleksi objek yang ditangkap radar FM-CW.

Dari hasil ekstraksi objek didapat data yang lebih sederhana, serta data yang memiliki kualitas yang lebih baik karena kemampuan DBSCAN untuk memisahkan *noise* data dari data input secara otomatis.

Ucapan Terima Kasih

Saya ucapkan terima kasih kepada Nova Hadi Lestriandoko dan Octa Heriana yang telah membantu dalam penelitian ini, Bapak Mashury Wahab selaku ketua Tim Radar PPET-LIPI, dan seluruh rekan-rekan Tim Radar LIPI. Tak lupa juga saya ucapkan terima kasih kepada satuan kerja PPET-LIPI & satuan kerja UPT LPSN-LIPI yang telah membantu dalam memfasilitasi terlaksananya tulisan ini.

Daftar Pustaka

- [1] A.K. Jain and R. C. Dubes, *Algorithms for Clustering Data*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1988.
- [2] L. Kaufman and P.J. Rousseeuw, *Finding Groups in Data: an Introduction to Cluster Analysis*. John Wiley & Sons, New Jersey, 1990.
- [3] R. Ng and J. Han., "Efficient and Effective Clustering Method for Spatial Data Mining". In *Proceedings of the 20th VLDB Conference*, Chile, pp. 144–155, 1994.
- [4] M. Ester, H.-P. Kriegel, J. Sander, and X. Xu., "A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters In Large Spatial Databases with Noise". In

Proceedings of the Second Int'l Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Portland, OR, pp. 226–231, 1996.

- [5] Sudipto Guha, Rajeev Rastogi, and Kyuseok Shim., "CURE: An Efficient Clustering Algorithm for Large Databases". In *Proc. of 1998 ACM-IGMOD Int. Conf. on Management of Data*, Seattle, 1998, pp. 73–84.
- [6] Sudipto Guha, Rajeev Rastogi, and Kyuseok Shim., "ROCK: A Robust Clustering Algorithm for Categorical Attributes". In *Proc. of the 15th Int'l Conf. on Data Eng.*, Sydney, pp. 512-521, 1999.
- [7] D.P. de Oliveira, J.H. Garrett Jr., L. Soibelman, *A Density-Based Spatial Clustering Approach for Defining Local Indicators of Drinking Water Distribution Pipe Breakage*, "Advanced Engineering Informatics", Elsevier, pp. 380–389, 2011.
- [8] M. Daszykowski, B. Walczak, D.L. Massart, *Looking for Natural Patterns in Data: Part 1. Density-Based Approach*, "Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems", Elsevier, pp. 83–92, 2001.
- [9] L. Zhou, P.K. Hopke, P. Venkatachari, *Cluster Analysis of Single Particle Mass Spectra Measured at Flushing, NY*, "Analytica Chimica Acta", Elsevier, pp. 47–56, 2006.
- [10] W. Zhao, P.K. Hopke, K.A. Prather, *Comparison of Two Cluster Analysis Methods Using Single Particle Mass Spectra*, "Atmospheric Environment", Elsevier, pp. 881–892, 2008.
- [11] S. Liu, Z.T. Dou, F. Li, Y.L. Huang, "A New Ant Colony Clustering Algorithm Based on DBSCAN". In *Proceedings of the 3rd International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Shanghai, pp. 1491–1496, 2004.
- [12] A. Ghosh, A. Halder, M. Kothari, S. Ghosh, *Aggregation Pheromone Density Based Data Clustering*, "Information Sciences", Elsevier, pp. 2816–2831.
- [13] C. Plant, S.J. Teipel, A. Oswald, C. Böhm, T. Meindl, J. Mourao-Miranda, A.W. Bokde, H.

Hampel, M. Ewers, *Automated Detection of Brain Atrophy Patterns Based on MRI for The Prediction of Alzheimer's Disease*, "NeuroImage", pp. 162–174, 2010.

- [14] M.E. Celebi, Y.A. Aslandogan, P.R. Bergstresser, "Mining Biomedical Images with Density-Based Clustering". In *International Conference on Information Technology: Coding and Computing*, Proceedings, IEEE, pp. 163–168, 2005.
- [15] M. Mete, S. Kockara, K. Aydin, *Fast Density-Based Lesion Detection in Dermoscopy Images*, "Computerized Medical Imaging and Graphics", Elsevier, pp. 128–136, 2011.
- [16] J. Gong, C.H. Caldas, *Data Processing for Real-Time Construction Site Spatial Modeling*, "Automation in Construction", Elsevier, pp. 526–535, 2008.
- [17] Backlund, H., Hedblom, A., Neijman, N.. (2011). *DBSCAN – A Density-Based Spatial Clustering of Application with Noise*. Linköpings Universitet – ITN, 2011, [http://staffwww.itn.liu.se/~aidvi/courses/06/dm/Seminars2011/DBSCAN\(4\).pdf](http://staffwww.itn.liu.se/~aidvi/courses/06/dm/Seminars2011/DBSCAN(4).pdf) (diakses tanggal 20 Mei 2015)
- [18] Martin, Robert Cecil, *UML for Java Programmers*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 2003.

Aplikasi Android pada Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu

Android Applications on Integrated Cropping Calendar Information Systems

Fadhlullah Ramadhani, Haris Syahbuddin, dan Eleonora Runtuwu
Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrolog, Jl Tentara Pelajar 1a Bogor 16114
Email:runtuwu2001@yahoo.com

Abstract

Advance in information technology has grown very rapidly. It started with the use of mobile phones that are only used to send short messages or regular communication through smart phones. Indonesian Agency for Agricultural Research and Development, in their efforts of agricultural information dissemination, is trying to use the information technology as much as possible. One example is the deployment of integrated cropping calendar information, which is not only based on the web-site, but also based on SMS and Android. This paper aims to describe the development of application that can be used to disseminate information using the integrated katam Android based on mobile applications. The material used in the preparation of this application is certainly related to the planting calendar, namely the standing crop which is extracted from MODIS satellite imagery, CCTV monitoring records, the estimated time and acreage, the status of the vulnerability of flood and drought on district level, the status of plant pests, recommendation varieties and forecasting needs of seed, fertilizer recommendation and needs, and the mechanization of agriculture. The method used in general use Android-based systems development approach. The end result of this research is the availability and disuse Android applications in diverse cropping calendar information systems. In essence, the user can use a smartphone to get the latest information on agricultural crop calendars quickly. The rapid agricultural information is expected to help farmers and farming communities doing agricultural cultivation more accurately in order to avoid failure.

Keywords: *Android, integrated cropping calendar, information systems.*

Abstrak

Kemajuan teknologi informasi dewasa ini sangat pesat. Mulai dengan penggunaan telepon selular yang hanya digunakan untuk mengirimkan pesan singkat atau berkomunikasi biasa sampai dengan telepon pintar (*smart phone*). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian dalam usaha penyebaran informasi pertanian, berusaha menggunakan teknologi informasi tersebut semaksimal mungkin. Salah satu contoh adalah penyebaran informasi kalender tanam terpadu, yang bukan hanya berbasis *website* saja, tetapi juga berbasis SMS dan Android. Makalah ini bertujuan untuk memaparkan pengembangan aplikasi yang dapat digunakan untuk diseminasi informasi tanam terpadu menggunakan aplikasi *mobile* berbasis *Android*. Materi yang digunakan dalam penyusunan aplikasi ini tentunya terkait dengan kalender tanam, yaitu *standing crop* yang diekstrak dari citra satelit MODIS, data hasil monitoring CCTV, estimasi waktu dan luas tanam, status tingkat kerawanan banjir dan kekeringan tingkat kabupaten, status organisme pengganggu tanaman, rekomendasi varietas dan prakiraan kebutuhan benih, rekomendasi dan kebutuhan pupuk, dan mekanisasi pertanian. Metode yang digunakan secara umum adalah pendekatan pengembangan sistem berbasis *Android*. Hasil akhir dari penelitian ini adalah tersedianya dan terpakainya aplikasi *Android* pada sistem informasi katam terpadu. Pada intinya pengguna dapat menggunakan *smartphone* untuk mendapatkan informasi terkini mengenai kalender tanam pertanian secara cepat. Cepatnya mendapatkan informasi pertanian diharapkan membantu petani dan masyarakat pertanian melakukan budidaya pertanian secara lebih akurat agar terhindar dari kegagalan.

Kata kunci: *Android, kalender tanam terpadu, sistem informasi.*

1. Pendahuluan

Perkembangan penggunaan *smart phone* sangat pesat yang banyak diaplikasikan pada bidang pendidikan, kesehatan, pemerintahan dan perbankan. Peningkatan kepentingan dan aplikasi dari teknologi komunikasi dan informasi di

bidang pertanian telah melahirkan *e-pertanian* [1]. Fokus utama *e-pertanian* adalah peningkatan pertanian melalui variasi teknologi dengan tujuan agar proses pertanian dan pengambilan keputusan lebih efisien.

Studi [2] menyajikan sebuah aplikasi untuk tablet Android yang berinteraksi dengan sistem kontrol maju berbasis *Linux, Apache, MySQL, PHP, Perl* atau *Python* (LAMP) untuk mengumpulkan dan memantau lahan perkebunan di Spanyol yang lebih efektif dan hemat uang.

Sedangkan studi [3] mengembangkan *FarmManager* yang merupakan aplikasi ponsel pintar *Android* dan terkait dengan basis data manajemen pertanian. Informasi yang dapat dicari petani adalah budidaya pertanian, peralatan, tenaga kerja, dan laporan budidaya Eropa, dan semuanya dapat dilakukan dengan sentuhan tombol layar ponsel pintar. Penggunaan perangkat lunak saat ini tersedia secara bebas dan ada lebih dari seribu petani menggunakannya di Yunani.

Sesma *et.al.* mengaplikasikan Android untuk menginstal sistem irigasi termasuk diameter pipa yang digunakan dalam instalasi irigasi [4]. Sistem otomatisasi dihubungkan dengan PC dalam bentuk *software* yang dikembangkan berdasar aplikasi *mobile Android* agar pengguna dapat dengan segera mengevaluasi respon seperti untuk melihat perubahan kebutuhan air seperti kultivasi, dan kebutuhan air [5].

Mesas *et. al.* mengaplikasikan *smart phone* untuk bidang pertanian yang dikaitkan dengan pemerintahan [6]. Tujuannya adalah agar pengembangan dan implementasi dari aplikasi *mobile* untuk membuat pekerjaan lebih mudah. Alat yang digunakan adalah *smartphone* seperti GPS, kamera, Geofoto, dan komputer.

Teknologi elektronik canggih membuat ponsel cocok untuk estimasi jeruk hasil dengan teknik pengolahan citra [7]. Artikel ini mengusulkan sebuah metode baru untuk memperkirakan hasil jeruk dua minggu menjelang musim panen untuk pohon individual melalui pengolahan citra menggunakan ponsel *Android* (AMP). Prosedur ini pada dasarnya buah penghitungan *software* algoritma yang dikembangkan di Jawa yang menggunakan AMP panel sentuh monitor memperkirakan jeruk hasil. Foto Target diambil dalam kondisi alam oleh AMP. Pengolahan citra digunakan untuk memilih warna, segmen gambar, menghasilkan gambar *binarisation*, menghilangkan noise, dan memperkirakan jumlah buah. Kinerja perangkat lunak algoritma buah-penghitungan divalidasi dengan 40 sampel pohon jeruk dan metode mencapai presisi dan pengakuan rasio yang baik dari 90%. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat digunakan untuk memperkirakan hasil buah dari pohon yang masing-masing yang merupakan informasi berharga untuk meramalkan hasil, jadwal panen rencana dan menghasilkan peta resep untuk praktek pengelolaan yang spesifik secara individu pohon dalam kebun itu. Dibantu oleh pendekatan yang diusulkan, seseorang dapat memperkirakan hasil jeruk tanpa peralatan mahal.

2. Sistem informasi kalender tanam terpadu

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) mengembangkan Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu (SI Katam Terpadu). Agar penyebaran informasi lebih cepat dan efisien ke seluruh Indonesia, maka informasi ini dikemas dalam bentuk perangkat lunak yang berbasis *website* [8,9]. Pengembangan sistem kalender tanam terpadu yang bersifat interaktif diharapkan dapat mempermudah pengambil kebijakan dalam merekomendasikan awal waktu tanam serta kebutuhan benih/varietas dan pupuk pada setiap awal musim tanam. SI Katam Terpadu Indonesia dapat diakses melalui alamat web litbang.deptan.go.id [10,11]. Balitbangtan memperbaharui informasi ini dua kali setahun pada setiap awal musim tanam musim kemarau untuk seluruh kecamatan di Indonesia yaitu bulan Maret dan September setiap tahunnya.

Detail informasi yang dihasilkan dari SI Katam Terpadu ini adalah:

a. *Standing crop*

Standing Crop menyediakan informasi luas tanam padi sawah per fase pertumbuhan (vegetatif 1, vegetatif 2, generatif 1, generatif 2) tiap kecamatan seluruh Indonesia berdasarkan citra MODIS. *Overlay* fase pertumbuhan tanaman dengan prediksi curah hujan dapat menggambarkan tingkat kekeringan agronomis. Dengan demikian kebutuhan pupuk, air, pestisida dan alsin per fase tumbuh dapat diketahui, sehingga dapat membantu perencanaan pertanian pada level kecamatan dengan cepat dan akurat.

b. Monitoring CCTV

Untuk meverifikasi dan mevalidasi SI Katam Terpadu, telah dilakukan pemasangan 55 monitoring online katam CCTV di 7 provinsi (Lampung, Banten, Jabar, Jateng, DIY, Jatim, dan Bali). Manfaat utama dari pengembangan program ini adalah sebagai salah satu verifikasi SI Katam Terpadu, seperti waktu dan pola tanam, dari gambar di depan jelas terlihat variasi kondisi penggunaan lahan sawah oleh petani. Manfaat kedua sebagai pemantauan terhadap kejadian

bencana iklim di lahan pertanian, baik banjir, kekeringan, maupun serangan OPT. Sebagai contoh, banjir yang terjadi Januari 2014 di kecamatan Compreng, kabupaten Subang yang melanda lahan sawah kita. Curah hujan pada tanggal 16 dan 17 Januari yang kurang dari 20 mm/hari tidak menimbulkan banjir. Tetapi pada tanggal 18 Januari curah hujan sangat tinggi yaitu 150 mm, wilayah sawah pertanian tergenang air selama dua hari yang berlanjut s.d. tanggal 19. Air mulai surut, pada tanggal 20 Januari ketika tidak ada hujan turun.

c. Estimasi waktu dan luas tanam

Estimasi waktu tanam untuk musim tanam ke depan merupakan informasi yang sangat dibutuhkan oleh petani. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan instansi resmi yang mengeluarkan estimasi prakiraan musim ke depan. Balitbang Pertanian menerjemahkan hasil prediksi tersebut ke waktu tanam tanaman bagi petani. Karena itu, penentuan estimasi waktu tanam merupakan keterkaitan antara data prediksi yang diperoleh dari BMKG dengan data kalender tanam yang dipublikasi oleh Badan Litbang Pertanian.

d. Status tingkat kerawanan banjir dan kekeringan tingkat kabupaten

Status tingkat kerawanan banjir dan kekeringan ditentukan dengan menggunakan indeks banjir (IDB), dan indeks kekeringan (IDK) per kabupaten. Apabila akumulatif IDB dan IDK selama setahun nilainya $> 75\%$ dikelompokkan sangat berat, $50-75\%$ dikelompokkan berat, $25-50\%$ dikelompokkan sedang, dan $< 25\%$ dikelompokkan ringan. Ke depan, diharapkan sistem memuat rekomendasi teknologi untuk mengantisipasi kondisi banjir maupun kekeringan.

e. Status Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)

Status wilayah setiap kabupaten yang terkena OPT dianalisis secara terpisah untuk 6 jenis OPT, yaitu wereng batang coklat, tikus sawah, penggerek batang padi, tungro, blast, dan kresek atau hawar daun bakteri (HDB). Dengan menggunakan indeks klasifikasi daerah serangan (KDS), hasil analisis status serangan OPT dikelompokkan menjadi 4 pilihan, yaitu aman, sedang, rawan dan sangat rawan.

f. Penentuan rekomendasi varietas dan prakiraan kebutuhan benih

Varietas yang direkomendasikan didasarkan pada informasi tingkat kerentanan suatu kabupaten

terhadap bencana dan juga potensi varietas yang mungkin dikembangkan. Pada perkembangannya, SI Katam Terpadu ini mampu memberikan rekomendasi varietas untuk tanaman jagung dan kedelai berdasarkan tingkat kerentanan kabupaten yang bersangkutan. Informasi varietas ini diperoleh dari Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Padi (BB Padi) untuk padi, Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi) untuk kedelai dan Balai Penelitian Tanaman Serealia (Balitsereal).

g. Rekomendasi dan kebutuhan pupuk

Rekomendasi jenis pupuk setiap kecamatan pada intinya ditampilkan berdasarkan hasil estimasi komoditas apa yang ditanam, apakah padi, jagung dan atau kedelai. Keterkaitan dengan data lain adalah pada saat menampilkan data kebutuhan pupuk, merupakan hasil pengalihan dosis per hektar dengan estimasi luas tanam musim ke depan.

h. Mekanisasi pertanian

Informasi mekanisasi pertanian terkait dengan kesiapan sarana pertanian, yaitu traktor dan *thresher*, baik kebutuhan, kekurangan dan usaha pemenuhan alat tersebut.

3. Metodologi

Pengembangan aplikasi ini terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut:

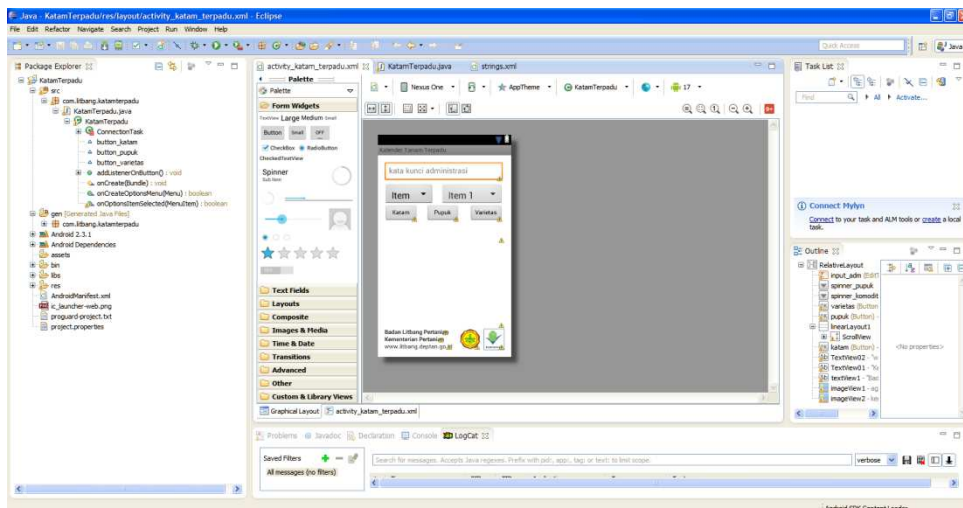
3.1 Desain antarmuka aplikasi berbasis *Android*

Aplikasi yang akan dibangun akan berbasis internet, sehingga data dan informasi yang diinginkan oleh pengguna akan mendapatkan yang terbaru tanpa harus memperbarui aplikasi yang ada. Informasi yang akan dimunculkan sesuai dengan format sms yang telah dibuat untuk mempermudah pembangunan aplikasi ini karena pembuatan aplikasi ini merupakan yang pertama dilakukan Badan Litbang Pertanian. Tampilan harus memuat logo kementerian pertanian dan logo inovasi pertanian. Selain itu juga, aplikasi harus mempunyai *fitur* tambahan seperti menyalin hasil informasi ke aplikasi lain menggunakan fasilitas *copy-paste*. Pengguna menggunakan *textbox* untuk mengisi administrasinya bukan *listbox* untuk mempermudah pemakaian karena terdapat 1 nasional, 33 provinsi, 497 kabupaten, dan 6769 kecamatan yang dapat diambil informasi kalender tanam terpadu.

3.2 Pembuatan aplikasi berbasis *Android* menggunakan *Eclipse*

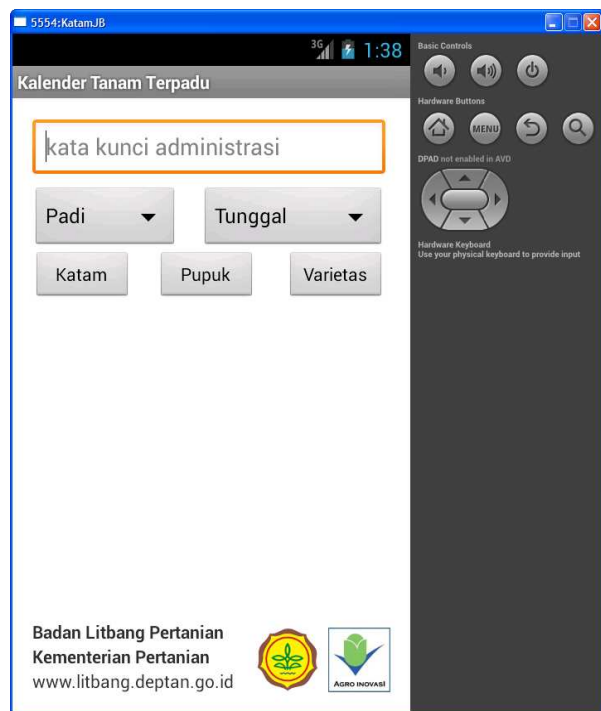
Untuk mempermudah pembuatan aplikasi ini, maka digunakanlah *Eclipse* (Gambar 1), sebuah perangkat lunak *Integrated Development Enviroment* (IDE) yang *open-source* berbasis *Java*. Untuk aplikasi ini dirancang untuk dapat berjalan untuk *Android* versi 2.3.6 sampai dengan 4.2.1. Adapun file yang dibutuhkan adalah

activity_katam_terpadu.xml untuk mengatur antarmuka pengguna, *KatamTerpadu.java* untuk mengatur algoritma aplikasi, *strings.xml* untuk menyimpan parameter, *katam_terpadu.xml* untuk mengatur menu di aplikasi, dan *AndroidManifest.xml* untuk menyimpan pengaturan aplikasi.



Gambar 1. Tampilan aplikasi Eclipse untuk membuat aplikasi berbasis *Android*

3.3 Uji coba aplikasi menggunakan simulator dari *Android Development Tools* (ADT) dan perbaikan.



Gambar 2. Tampilan simulator ADT *Android* versi 4.2.2

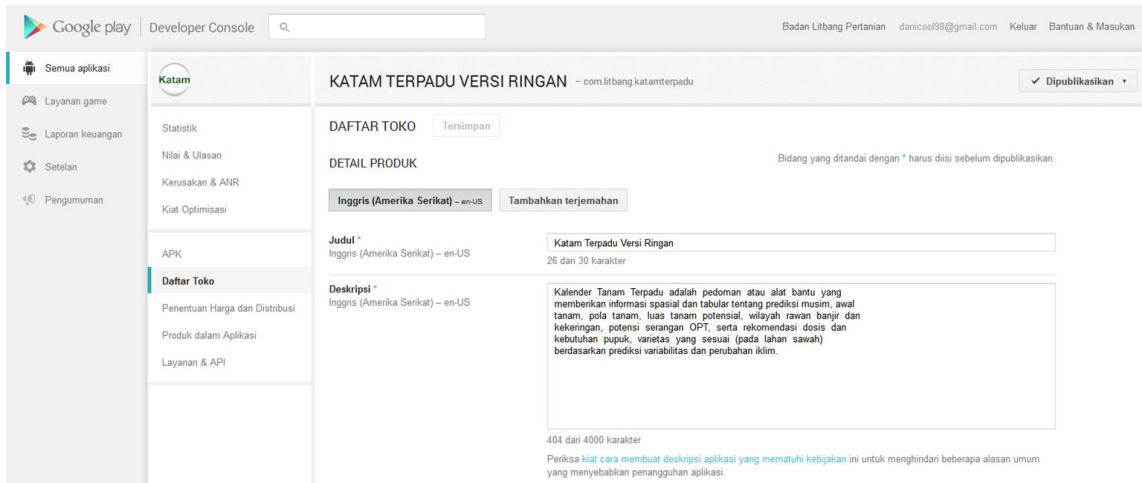
Aplikasi berbasis *Android* yang hanya jalan di telepon pintar dapat dijalankan menggunakan simulator yang terhubung dengan *Eclipse*. Adapun versi yang dipakai adalah *Android* 2.3.6 dan *Android* 4.2.2 (Gambar 2).

3.4 Upload aplikasi ke *Google Play Store*

Untuk pengguna mendapatkan aplikasi ini, *Google* menyediakan *Google Play Store for Developer* (Gambar 3), sehingga pengembang dapat mengunggah aplikasi yang telah dibuat untuk disimpan di *tool* aplikasi ini. Aplikasi yang telah dibuat bersifat gratis dan bebas iklan sehingga siapa saja dapat mengunduh aplikasi ini tanpa harus membeli atau mendapatkan iklan yang bisa dapat mengganggu.

4. Hasil dan pembahasan

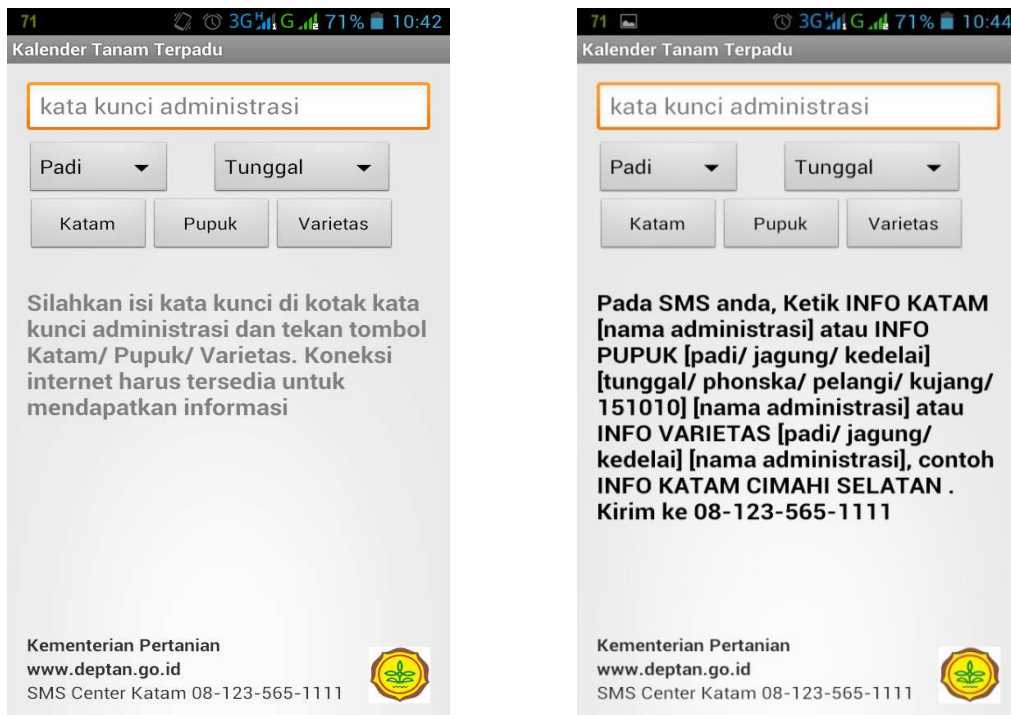
Judul dari aplikasi ini adalah “*Katam Terpadu Versi Ringan*” (Gambar 4 dan Gambar 5), versi ringan berarti data dan informasi yang didapatkan harus terhubung dengan internet dan server *katam terpadu*. Cara ini sangat efisien dan efektif tapi membutuhkan koneksi internet secara otomatis. Adapun fitur yang ada adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Tampilan Google Play Developer



Gambar 4. Tampilan penggunaan aplikasi katam versi ringan di sistem operasi Android versi 4



Gambar 5. Tampilan aplikasi katam terpadu untuk Android versi 5

- a. Dapat mencari secara “pintar” kata kunci administrasi mulai dari tingkat nasional sampai dengan kecamatan.
- b. Dapat mencari informasi kalender tanam, pupuk, varietas.
- c. Hasil informasi yang didapatkan dapat dikopi dan dimasukkan ke aplikasi lain yang diinginkan seperti *Memo*, *Messaging*, dan lain-lain.

Aplikasi ini menggunakan *Google Play* sebagai tempat penyimpanan aplikasi secara resmi untuk sistem operasi *Android*, sehingga pengguna harus menginstal dari aplikasi *Google Play* untuk dapat digunakan di perangkat pengguna.

5. Kesimpulan

Sistem aplikasi katam terpadu yang telah berkembang pesat dari dua subsistem (aplikasi web dan *desktop*) menjadi sistem yang lebih komprehensif menjadi tujuh subsistem, yang terdiri dari aplikasi web katam terpadu, aplikasi *desktop* katam terpadu, aplikasi SMS *center*, aplikasi *Android* versi ringan, aplikasi entri data melalui *Google Drive*, aplikasi *desktop* pemantauan katam, dan aplikasi web pemantauan katam.

Kemudahan pengguna untuk mengakses data katam terpadu dari tingkat pusat sampai dengan petani melalui beberapa jalur komunikasi diharapkan dapat menurunkan kegagalan petani akibat perubahan iklim.

Daftar pustaka

- [1] M. Arroqui, C. Mateos, C. Machado, A. Zunino. “RESTful Web Services improve the efficiency of data transfer of a whole-farm simulator accessed by Android smartphones”. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 87, Pages 14-18, September 2012.
- [2] F.G. Montoya, J. Gómez, A. Cama, A. Zapata-Sierra, F. Martínez, J. Luis De La Cruz, and F. Manzano-Aguilero. “A Monitoring System for Intensive Agriculture Based on Mesh Networks and the Android System”, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 99, Pages 14-20, November 2013.
- [3] Th. Lantz, G. Koykoyris, and M. Salampasis. “FarmManager: An Android Application for the Management of Small Farms”. *Procedia Technology*, vol. 8, Pages 587-592, 2013.
- [4] J. Sesma, J.M. Molina-Martínez, F. Cavas-Martínez, D.G. Fernández- Pacheco. “A mobile application to calculate optimum drip irrigation lateral”. *Agricultural Water Management*, vol. 151, Pages 13-18, 31 March 2015.
- [5] B. Delgado, M. Paredes, M. Martínez. “Software application for calculating solar radiation and equivalent evaporation in mobile devices”. *Agricultural Water Management*, vol. 151, Pages 30-36, 31 March 2015.
- [6] F. J. Mesas-Carrascosa, I. L. Castillejo-González, M. Sánchez de la Orden, A. Ferrer. “Real-time mobile phone application to support land policy”. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 85, Pages 109-111, July 2012.
- [7] A. Gong, J. Yu, Y. He, and Z. Qiu. “Citrus Yield Estimation Based on Images Processed by an Android Mobile Phone”. *Biosystems Engineering*, vol. 115, Issue 2, Pages 162-170, June 2013.
- [8] Ramadhani F., E. Runtuuwu, H. Syahbuddin. “Pengembangan Sistem Teknologi Informasi Kalender Tanam Terpadu Berbasis Web”. *Jurnal Informatika Pertanian*, vol. 22, no 2, pages 103-112, 2012.
- [9] Runtuuwu E., H. Syahbuddin, F. Ramadhani. “Kalender tanam sebagai instrumen adaptasi perubahan iklim”. Dalam Kajian strategi kebijakan sektor pertanian menghadapi perubahan iklim. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta, pages 271-297. 2013a
- [10] Runtuuwu E., H. Syahbuddin, F. Ramadhani, A. Pramudia, D. Setyorini, K. Sari, Y. Apriyana, E. Susanti, Haryono. “Inovasi Kelembagaan Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu Mendukung Adaptasi Perubahan Iklim untuk Ketahanan Pangan Nasional”. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian*, vol. 6, no. 1, pages 44-52, 2013b.
- [11] Runtuuwu E., H. Syahbuddin, F. Ramadhani, A. Pramudia, D. Setyorini, K. Sari, Y. Apriyana, E. Susanti, Haryono, P. Setyanto., I. Las, M. Sarwani. “Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu: Status Terkini dan Tantangan ke depan”. *Jurnal Sumber Daya Lahan*, vol. 6, no. 2, pages 67-78, 2012.

Pedoman Penulisan Naskah

1. Ruang Lingkup

Jurnal INKOM menerima naskah yang berisi hasil penelitian, pengembangan, dan/atau pemikiran di bidang Informatika, Sistem Kendali, dan Komputer. Naskah harus orisinal dan belum pernah dipublikasikan serta tidak sedang dalam proses publikasi di jurnal/media lain. Setiap naskah yang diterima akan dievaluasi substansinya oleh paling sedikit 2 orang pakar mitra bestari (peer reviewer) sebagai juri dalam bidang yang sesuai. Untuk menjunjung fairness proses penilaian dilakukan hanya pada isi naskah dengan menghilangkan identitas penulis (blind review). Penulis/para penulis bertanggung jawab sepenuhnya terhadap akurasi naskah. Penulis utama bertanggung jawab untuk sebelumnya menyelesaikan ijin penulisan yang berkaitan dengan hasil kerja anggota kelompoknya. Naskah yang diterima dianggap sudah menyelesaikan seluruh kewajiban (clearance) dan ijin reproduksi bila memuat hal-hal yang mengandung hak cipta (copyright) pihak lain.

2. Standar Umum Penulisan

- a. Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris.
- b. Judul, Abstrak, dan Kata kunci harus ditulis dalam dua bahasa (Indonesia dan Inggris)
- c. Ditulis menggunakan *word processor* (Microsoft Word, Open Office, atau Latex). Naskah diketik dalam 2 kolom (ukuran kertas A4) dengan huruf Times New Roman ukuran 11, rata kanan-kiri. Panjang naskah sekurang - kurangnya 6 halaman, dan tidak lebih dari 10 halaman, tidak termasuk lampiran.
- d. Naskah diawali dengan judul, nama penulis, instansi, alamat surat, dan alamat email untuk korespondensi.
- e. Materi yang akan dicetak, meliputi teks, gambar ilustrasi, dan grafik harus berada dalam area pencetakan yaitu bidang kertas A4 (297mm x 210mm), dengan margin 2cm di semua sisi kertas. Format yang dianjurkan adalah dalam format \LaTeX karena redaksi hanya mengedit makalah dalam format \LaTeX . Namun, redaksi masih dapat menerima format yang lain seperti *word* atau *odt* sesuai dengan template yang redaksi telah sediakan. Jangan menuliskan atau meletakkan sesuatu diluar bidang cetak tersebut. Seluruh teks ditulis dalam format dua kolom dengan jarak antar kolom 1 cm, kecuali bagian abstrak yang dituliskan dalam format satu kolom. Seluruh teks harus rata kiri-kanan. Template ini menggunakan format yang dianjurkan. Untuk mempermudah penulis dalam memformat makalahnya, format ini dapat digunakan sebagai petunjuk atau format dasar penulisan.
- f. Isi naskah setidaknya-tidaknya berisi/menerangkan tentang pendahuluan, metoda, hasil, diskusi, kesimpulan, daftar pustaka. Ucapan terimakasih bila diperlukan dapat dituliskan setelah bagian kesimpulan. Sistematika penulisan mengacu pada Peraturan Kepala LIPI Nomor 04/E/2012 tentang pedoman karya tulis ilmiah.

3. Cara Penulisan Judul

Judul utama (pada halaman pertama) harus dituliskan dengan jarak margin 2cm dari tepi kertas, rata tengah dan dalam huruf Times 16-point, tebal, dengan huruf kapital pada huruf pertama dari kata benda, kata ganti benda, kata kerja, kata sifat, dan kata keterangan; jangan menggunakan huruf kapital pada kata sandang, kata hubung, terkecuali jika judul dimulai dengan kata-kata tersebut. Sisakan satu 11-point baris kosong sesudah judul.

4. Cara Penulisan Nama dan Afiliasi

Nama penulis dan afiliasi diletakkan ditengah dibawah judul. Nama penulis dituliskan dengan huruf Times 12-point, tidak tebal. Afiliasi dan email penulis dituliskan dibawahnya dengan huruf Times 10-point, miring. Penulis yang lebih dari satu orang dituliskan dengan menggunakan *superscript* angka yang merujuk pada masing-masing afiliasi. Sedangkan email cukup dituliskan korespondensi email saja, misal email dari penulis pertama saja.

5. Cara Penulisan Abstrak dan Kata Kunci

Abstrak dalam bahasa Indonesia ditulis dengan rata kiri-kanan dengan inden 0.5cm, sesudah abstrak dalam bahasa Inggris, dengan satu spasi dan satu kolom. Kata Abstrak sebagai judul ditulis dalam huruf Times 11-point, tebal, rata tengah, dengan huruf pertama dikapitalkan. Teks abstrak ditulis dengan huruf Times 10-point, satu spasi, sampai lebih kurang 150 kata. Sesudah abstrak bahasa Indonesia tuliskan kata kunci dari makalah tersebut dalam daftar kata kunci. Kemudian dilanjutkan dengan teks utama makalah.

6. Cara Penulisan Bab (*Heading*)

1. Judul pertama

Sebagai contoh, 1. Pendahuluan, dituliskan dalam huruf Times 11-point, tebal, huruf pertama kata pertama ditulis dengan huruf kapital. Gunakan tanda titik (.) sesudah nomor judul.

1.1. Judul kedua

Sebagaimana judul pertama, judul kedua dituliskan dengan huruf Times 11-point, tebal. Nomor judul terdiri dari dua angka yang dibatasi dengan tanda titik.

1.1.1. Judul ketiga

Untuk uraian yang lebih panjang dan tidak dapat dituliskan dalam bentuk uraian terurut, digunakan judul ketiga. Judul ketiga menggunakan ukuran huruf yang sama yaitu huruf Times 11-point, tetapi miring. Nomor judul terdiri dari tiga angka yang dibatasi dengan tanda titik. Tidak dianjurkan menggunakan judul hingga tiga tingkatan, sebaiknya hingga Judul kedua saja.

7. Cara Penulisan Text Utama

Ketik teks utama dengan menggunakan huruf Times 11-point, satu spasi. Jangan menggunakan dua spasi. Pastikan teks ditulis dengan rata kiri-kanan. Jangan menambahkan baris kosong di antara paragraf. Istilah dalam bahasa asing (*foreign language*) yang tidak dapat diterjemahkan dalam bahasa utama makalah harus dituliskan dalam huruf miring.

Terdapat dua jenis uraian yaitu: enumerasi dan itemisasi. Untuk enumerasi gunakan digunakan huruf alfabet kecil dengan titik, sebagai contoh:

- a. Uraian yang memiliki aturan pengurutan
- b. Uraian yang terkait dengan uraian lainnya
- c. Uraian yang setiap itemnya akan diacu pada tulisan utama

Sedangkan itemisasi dituliskan dengan *bullet* adalah:

- Uraian yang tidak memiliki aturan pengurutan
- Uraian yang tidak terkait dengan uraian lainnya

8. Cara Penyajian Tabel

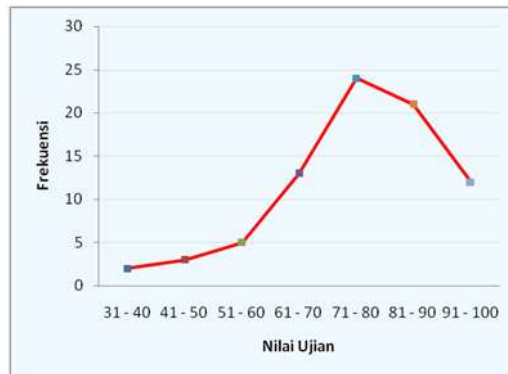
Penyajian tabel harus berada dalam lingkup ukuran A4. Keterangan tabel dituliskan dengan huruf Times 10-point. Keterangan tabel diletakkan sebelum tabel dengan rata kiri. Tabel dibuat tanpa menggunakan garis vertikal. Tabel harus diacu dalam tulisan seperti Tabel 1.

Table 1: Contoh Tabel 1

Header 1	Header 2	Header 4
1	Teks	50%
2	Teks	20%
3	Teks	60%

9. Cara Penyajian Gambar

Penyajian gambar harus berada dalam lingkup ukuran A4. Keterangan gambar dituliskan dengan huruf Times 10-point. Sedangkan pengacuan gambar pada teks menggunakan huruf Times 11-point sesuai dengan teks utama.



Gambar 1: Contoh Gambar

Keterangan gambar diletakkan di bawah, tengah gambar yang dijelaskan. Gambar diletakkan di tengah satu kolom. Jika tidak memungkinkan atau gambar terlalu lebar gambar bisa diletakkan di tengah dalam format dua kolom. Gambar harus diacu dalam tulisan seperti Gambar 1.

10. Cara Penulisan Persamaan (*equation*)

Penulisan formula/persamaan/rumus matematika dapat menggunakan *microsoft equation* apabila penulis menggunakan *Microsoft Word*. Sedangkan apabila penulis menggunakan latex, maka penulis dapat menggunakan penulisan formula standar dalam latex dengan menggunakan paket *amsmath*. Label persamaan ditulis dibagian kanan persamaan menggunakan huruf arabic didalam kurung. Berikut ini adalah contoh penulisan persamaan matematika:

$$G(x, y) = \exp\left(-\frac{x^2 + \gamma^2 y^2}{2\sigma^2}\right) \sin\left(i2\pi \frac{x}{\lambda} + \psi\right) \quad (1)$$

Penulis dapat menggunakan kata "persamaan (1)" apabila akan mengacu pada rumus/formula/persamaan yang memiliki label (1). Label persamaan ditulis berurutan sesuai dengan posisi kemunculan dalam halaman. Berikut ini adalah contoh bagaimana penulis mengacu sebuah persamaan:

"Formula (1) merupakan rumusan Gabor Filter untuk bagian imajiner ..."

11. Cara Penulisan Ucapan Terimakasih

Berikut ini adalah contoh penulisan ucapan terimakasih dalam naskah: Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Pusat Penelitian Informatika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia atas dukungan dana penelitian melalui Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) 2012.

12. Cara Penulisan Kutipan dan Daftar Pustaka

Daftar pustaka memuat daftar bacaan yang diacu dalam tulisan utama. Daftar pustaka ditulis dengan metode penulisan kepastakaan IEEE transaction, dengan huruf Times 10-point. Kutipan dalam teks utama yang mengacu kepada daftar pustaka dituliskan dengan angka dalam kurung siku [1]. Jika acuan lebih dari satu, pengacuan ditulis seperti ini ([2, 3]). Daftar rujukan yang dikutip dituliskan pada bagian akhir naskah dengan judul Daftar Pustaka dan diberikan nomor urut sesuai dengan urutan pengutipan pada naskah. Bagian naskah yang mengacu pada satu atau beberapa literatur lain hendaknya mencantumkan nomor urut referensi pada daftar pustaka. Pengacuan acuan pada naskah dengan menggunakan notasi [nomor acuan] seperti: [1] (artikel pada jurnal), [2] (artikel pada prosiding) dan [3] (buku). Berikut ini adalah contoh daftar pustaka:

Daftar Pustaka

- [1] D. Rosiyadi, S.-J. Horng, P. Fan, X. Wang, M. Khan, and Y. Pan, "Copyright protection for e-government document images," *MultiMedia, IEEE*, vol. 19, no. 3, pp. 62–73, 2012.
- [2] A. F. M. Hani, E. Prakasa, H. Nugroho, A. Affandi, and S. Hussein, "Body surface area measurement and soft clustering for pasi area assessment," in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE*, 2012, pp. 4398–4401.
- [3] D. E. Knuth, *The T_EXbook*. Addison-Wesley, 1984.

13. Template Penulisan Naskah

Template tata penulisan naskah dapat didownload di <http://jurnal.informatika.lipi.go.id/index.php/inkom/about/submissions#authorGuidelines>

Jurnal INKOM

Pusat Penelitian Informatika
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Komp. LIPI Gd. 20 Lt. 3
Sangkuriang, Bandung, 40135
Email: jurnal@informatika.lipi.go.id
Telp: +62 22 2504711
Fax: +62 22 2504712
<http://jurnal.informatika.lipi.go.id>

