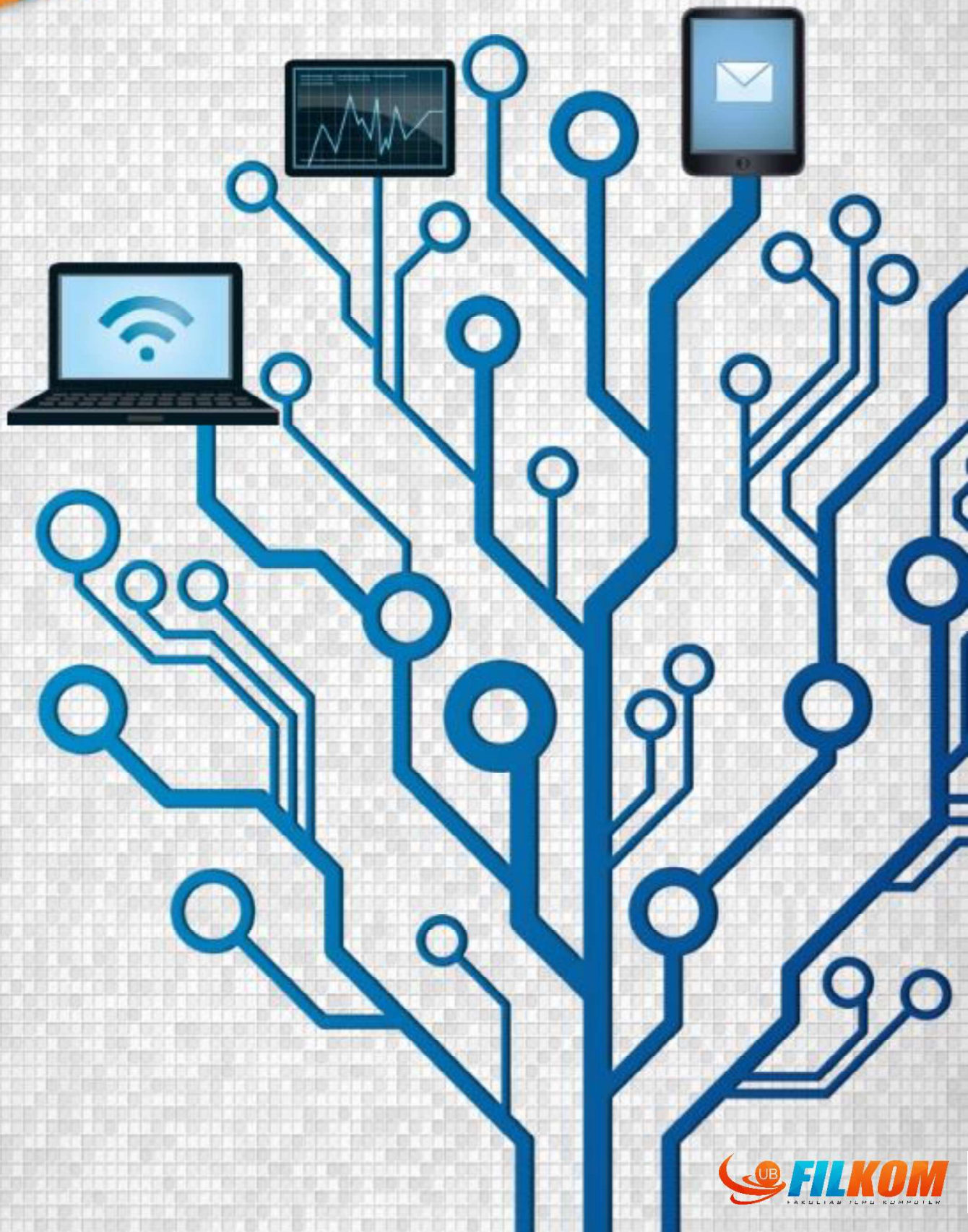


JURNAL

TEKNOLOGI INFORMASI & ILMU KOMPUTER

Volume 3 | Nomor 2 | Juni 2016 | Halaman 83-155



JTIK

JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 3, Nomor 2, Juni 2016

ISSN 2355-7699

JTIK diterbitkan oleh Fakultas Ilmu Komputer (FILKOM), Universitas Brawijaya sejak April 2014. JTIK memuat naskah hasil-hasil penelitian di bidang Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.

Ketua Redaksi

Gembong Edhi Setyawan

Ketua Redaksi Pelaksana

Imam Cholissodin

Redaksi Pelaksana

Candra Dewi

M. Tanzil Furqon

Pelaksana Tata Usaha

Dwi Nur Indah Lestari

Rieftiyan David Felani

Alamat Redaksi dan Tata Usaha

Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer
Fakultas Ilmu Komputer (FILKOM), Universitas Brawijaya
Jl. Veteran No. 8 Malang, 65145
Telp./Fax (0341) 577911
Email: jtiik@ub.ac.id
Website: <http://www.jtiik.ub.ac.id>

Redaksi mengundang penulis untuk mengirimkan naskah yang belum pernah diterbitkan di media manapun. Pedoman penulisan naskah terdapat pada bagian belakang jurnal. Naskah yang masuk akan dievaluasi secara *blind-review* oleh Mitra Bestari dan Redaksi Pelaksana.

J T I I K

JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 3, Nomor 2, Juni 2016

ISSN 2355-7699

Redaksi JTIK mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada para reviewer yang telah bersedia untuk meluangkan waktunya dalam melakukan review pada naskah-naskah yang masuk di JTIK FILKOM UB.

MITRA BESTARI

1. Arif Muntasa (Universitas Trunojoyo Madura)
2. Barlian Henryranu Prasetio (Universitas Brawijaya, Malang)
3. Budi Darma Setiawan (Universitas Brawijaya, Malang)
4. Eka Mistiko Rini (Politeknik Negeri Banyuwangi)
5. Erick Fernando (STIKOM Dinamika Bangsa Jambi)
6. Indri Sudanawati Rozas (UIN Sunan Ampel Surabaya)
7. Heliza Rahmania Hatta (Universitas Mulawarman, Samarinda)
8. Nurfiana (Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya Bandar Lampung)
9. Rahimi Fitri (Politeknik Negeri Banjarmasin)
10. Ratih Ayuninghemi (Politeknik Negeri Jember)
11. Robbi Rahim (Institut Teknologi Medan)
12. Wayan Firdaus Mahmudy (Universitas Brawijaya, Malang)

JTIK

JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

Volume 3, Nomor 2, Juni 2016

ISSN 2355-7699

DAFTAR ISI

Prediksi Distribusi Air PDAM Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Di PDAM Kota Malang. <i>Daneswara Jauhari, Alfian Himawan, Candra Dewi</i>	83-87
Pemodelan dan Analisis Wireless Mesh Network dengan Arsitektur Publish-Subscribe dan Protokol MQTT. <i>Kasyful Amron, Eko Sakti Pramukantoro, Mahendra Data</i>	88-93
Peramalan Butuhan Hidup Minimum Menggunakan Automatic Clustering dan Fuzzy Logical Relationship. <i>Yusuf Priyo Anggodo, Wayan Firdaus Mahmudy</i>	94-102
Optimasi Komposisi Makanan Untuk Atlet Endurance Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization <i>Zikfikri Yulfiandi Rachmad, Dian Eka Ratnawati, Achmad Arwan</i>	103-109
Analisis Perbandingan Sistem Informasi Perjalanan Dinas Berdasarkan Elements Human Computer Interaction (HCI) (Studi Kasus : Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Barat). <i>Ferdian Aditya Pratama, Eko Sedyono</i>	110-114
Rancang Bangun Aplikasi Pengukur Kesehatan Fungsi Paru Manusia Memanfaatkan Microphone Pada Smartphone <i>Wahyu Teja Kusuma, Eko Sakti Pramukantoro, Susanthi Djajalaksana</i>	115-125
Mendeteksi Jenis Burung Berdasarkan Pola Suaranya. <i>Budi Darma Setiawan, Imam Cholissodin, Rekyan Regasari Mardi Putri</i>	126-132
Optimasi Kandungan Gizi Untuk Menu Harian Menggunakan Fuzzy Integer Programming <i>Lailil Muflikhah, Galang Gilang Ramadhan, Marji</i>	133-140
Optimasi Jangkauan Jaringan 4G Menggunakan Algoritma Genetika <i>Garsinia Ely Riani, Wayan Firdaus Mahmudy</i>	141-146
Aplikasi Mobile (Lide) Untuk Diagnosis Tingkat Resiko Penyakit Stroke Menggunakan PTVPSO-SVM <i>Muhammad Syafiq, Achmad Jafar Al Kadafi, Rizka Husnun Zakiyyah, Daneswara Jauhari, Wanda Athira Luqyana, Imam Cholissodin, Lailil Muflikhah</i>	147-155

PREDIKSI DISTRIBUSI AIR PDAM MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION DI PDAM KOTA MALANG

Daneswara Jauhari¹, Alfian Himawan², Candra Dewi³

^{1,2,3}Program Studi Informatika/Ilmu Komputer Universitas Brawijaya

e-mail: daneswarajauhari@gmail.com¹, himawanian00@gmail.com², dewi_candra@ub.ac.id³

(Naskah masuk: 20 Mei 2016, diterima untuk diterbitkan: 20 Juni 2016)

Abstrak

Distribusi air PDAM merupakan nilai volume air yang disalurkan ke pelanggan PDAM. Faktor yang mempengaruhi distribusi air PDAM diantaranya adalah jumlah kehilangan air dan jumlah air yang terjual. Paper ini mengimplementasikan jaringan syaraf tiruan backpropagation untuk memprediksi jumlah dari distribusi air perbulan berdasarkan jumlah kehilangan air dan jumlah air yang terjual. Pada tahap pelatihan dilakukan pengujian untuk mendapatkan iterasi, learning rate, data latih dan data uji, jumlah node pada lapisan tersembunyi, dan minimum error yang optimal. Hasil pelatihan didapatkan iterasi optimal sebanyak 2000, learning rate yang optimal 0.1, data latih dan data uji yang optimal sebanyak 80 untuk data latih dan 11 untuk data uji, jumlah node pada lapisan tersembunyi sebanyak 5, sedangkan minimum error adalah 0.00001. Dari hasil pengujian menggunakan parameter optimal tersebut didapatkan akurasi terbaik sebesar 97,99%.

Kata kunci: prediksi, distribusi air, PDAM, backpropagation, jumlah kehilangan air, jumlah air terjual

Abstract

PDAM water distribution is the value of the volume of water delivered to the customer taps. Factors affecting the distribution of water are amount of water loss and amount of water sold. This paper implements of the use of backpropagation neural network to predict the amount of water distribution per month based on mentioned factors above. The learning phase is done to get the optimum number of iterations, learning rate, training data and test data, hidden node, and minimum error. The testing result shows the optimum number of iteration is 2,000, the optimum value of learning rate is 0.1, the optimum training data and test data as much as 80 for training data and 11 for the test data, the number of hidden node is 5, whereas the minimum error obtained is 0.00001. The results of testing by using these optimum parameter give the best accuracy of 97.99%.

Keywords: prediction, water distribution, PDAM, backpropagation, water loss, water sold

1. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang tidak dapat dilepaskan dari kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan. Kebutuhan air bersih terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, perkembangan pembangunan, dan meningkatnya standar kehidupan. Oleh karena itu, diperlukan konsistensi kualitas layanan perusahaan penyedia dan pengelola air bersih oleh masyarakat.

Berdasarkan Undang-Undang No. 32 tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah, Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) kota Malang mempunyai tugas penting dalam melakukan pengelolaan dan pelayanan air bersih untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Namun demikian perkiraan persediaan air saat ini kurang optimal, dimana kadang jumlah air yang diproduksi lebih besar atau lebih kecil dari permintaan. Hal ini tentunya akan menyebabkan terjadinya pemborosan air oleh PDAM ataupun kekurangan air yang dialami oleh konsumen (Pramonoaji, 2013). Kedua permasalahan ini tidak lepas dari kondisi yang ada yaitu terjadinya kehilangan air dan tambahan kompensasi. Untuk itulah prediksi ketersediaan air dengan

mempertimbangkan faktor-faktor tersebut perlu dilakukan.

Penelitian tentang peramalan kebutuhan air PDAM kota Malang pernah dilakukan oleh Irawan (2015). Dalam penelitian ini digunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation untuk dengan memanfaatkan variabel distribusi air PDAM setiap Kecamatan yang ada di kota Malang sebagai masukan serta data pemakaian air bulan berikutnya sebagai target. Dari hasil pengujian dengan data uji 24 bulan, 1 hidden layer dengan jumlah neuron tetap sebanyak 4 diperoleh akurasi tertinggi sebesar 95,17%.

Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Pramonoaji (2013) memprediksi distribusi air PDAM berdasarkan jumlah penduduk, jumlah pelanggan yang berdasarkan jenis pelanggan, total volume produksi, kontribusi daerah sumber, volume distribusi, air terjual, dan kehilangan air pada PDAM kota Semarang. Penelitian tersebut menggunakan interval bulanan dan JST Backpropagation dengan Fungsi Aktivasi Hyperbolic Tangent. Hasil pengujian didapatkan nilai MSE 0.074416, MAE 0.102487, dan akurasi sebesar 95,56%.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Nikmah (2014) memprediksi kebutuhan air PDAM

berdasarkan jumlah pelanggan menggunakan Al-Alaoui Backpropagation dan didapatkan tingkat akurasi sebesar 92%.

Penelitian yang dilakukan oleh Yohannes (2015) menggunakan JST backpropagation untuk penentuan upah minimum kota berdasarkan tingkat inflasi. Dari penelitian ini didapatkan hasil MSE sebesar 0.072805. Penelitian lain yang dilakukan oleh Vamsidhar (2010) memprediksi curah hujan dengan menggunakan metode JST backpropagation dan didapatkan akurasi sebesar 94,28%. Penelitian yang dilakukan oleh Durairaj (2015) memprediksi penyakit jantung menggunakan algoritma backpropagation Multilayer Perceptron dan didapatkan akurasi sebesar 96,29%.

Berdasarkan pada kelebihan JST Backpropagation seperti telah dijelaskan diatas, pada penelitian ini digunakan metode JST backpropagation untuk memprediksi volume distribusi air PDAM perbulan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada paper ini digunakan fitur volume kehilangan air dan air terjual perbulan dalam proses prediksi. Selain itu, pada paper ini dilakukan pengujian jumlah node optimal pada lapisan tersembunyi sehingga akan didapatkan arsitektur jaringan yang optimal.

2. JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION

Seperti halnya otak manusia, kelebihan dari jaringan syaraf tiruan (JST) adalah kemampuannya untuk belajar dari lingkungan. Adopsi proses pada otak manusia meliputi proses belajar melalui pengamatan dan pengulangan, sampai kondisi yang diinginkan tercapai (Soares, 2016). Dalam hal ini, JST memiliki kemampuan mengolah masukan yang ditangkap melalui hubungan *input-output* yang kompleks (Rene, 2006).

Backpropagation merupakan salah satu dari metode di JST yang memiliki satu atau lebih lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan proses propagasi balik untuk perbaikan *error*. Backpropagation cukup populer karena secara konseptual sederhana dan efisien secara komputasi (LeeCun, 1998).

Metode ini dapat digunakan untuk melatih kemampuan jaringan dalam memberikan respon yang benar terhadap pola masukan dengan pola yang dipakai selama pelatihan (Nikmah, 2014). Lapisan tersembunyi digunakan untuk penyesuaian bobot selama pelatihan (Soares, 2016).

Backpropagation memiliki ciri yang unik yaitu setelah di lakukan propagasi maju akan dilakukan propagasi mundur untuk melakukan perbaikan bobot, kemudian dilakukan perubahan bobot, proses ini dilakukan terus menerus sampai mencapai batas iterasi atau minimum error yang ditentukan.

2.1 Normalisasi Data

Data yang digunakan tentu perlu untuk dinormalisasi sebelum diolah dan didenormalisasi

setelah didapat hasil dari sistem untuk memperoleh nilai yang sebenarnya (Singh, 2014). Data biasanya dinormalisasi pada interval 0-1. Namun karena hasil dari fungsi aktivasi sigmoid hampir tidak pernah mencapai 0 ataupun 1 maka digunakan interval yang lebih kecil yaitu 0.1-0.9. Persamaan normalisasi dan denormalisasi yang digunakan secara berturut-turut didefinisikan pada persamaan 1 dan 2 (Irawan, 2015).

$$x' = \frac{x-min}{max-min} (0,8) + 0,1 \quad (1)$$

$$x'' = \frac{x'-(0,1)}{0,8} (max - min) + min \quad (2)$$

2.2 Langkah-langkah Algoritma Backpropagation

Secara umum, langkah-langkah dari algoritma backpropagation dijelaskan sebagai berikut (Nikmah, 2014):

1. Inialisai semua bobot menggunakan bilangan acak yang kecil.
2. Lakukan langkah 3-9 apabila kondisi yang diinginkan belum terpenuhi.
3. Untuk setiap pasangan data latih yang digunakan, maka lakukan langkah 4-8.

Fase I : Propagasi maju

4. Menghitung hasil pada unit tersembunyi z_j ($j=1,2,\dots,p$).

$$z_{net_j} = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji} \quad (3)$$

Menghitung aktivasi dengan fungsi sigmoid biner:

$$z_j = f(z_{net_j}) = \frac{1}{1+\exp(-z_{net_j})} \quad (4)$$

Keluaran dari fungsi aktivasi tersebut dikirim ke semua unit lapisan tersembunyi.

5. Menghitung hasil pada unit *output* y_k ($k=1,2,\dots,m$)

$$y_{net_k} = w_{k0} + \sum_{j=1}^p z_j w_{kj} \quad (5)$$

$$y_k = f(y_{net_k}) = \frac{1}{1+\exp(-y_{net_k})} \quad (6)$$

Fase II : Propagasi mundur

6. Menghitung nilai faktor δ pada unit *output* berdasarkan nilai kesalahan di setiap unit keluaran y_k

$$\begin{aligned} \delta_k &= (t_k - y_k) f'(y_{net_k}) \\ &= (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \end{aligned} \quad (7)$$

δ_k digunakan untuk mengubah bobot layer bawahnya.

7. Menghitung faktor δ pada unit tersembunyi berdasarkan kesalahan pada unit tersembunyi z_j .

$$\delta_{net_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj} \quad (8)$$

Faktor δ untuk unit tersembunyi :

$$\delta_j = \delta_{net_j} f'(z_{net_j})$$

$$= \delta_{net_j} z_j(1 - z_j) \tag{9}$$

Untuk menghitung suku perubahan bobot

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i \tag{10}$$

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j \tag{11}$$

Fase III : Perubahan Bobot

8. Perubahan bobot yang menuju unit keluaran:

$$w_{kj}(baru) = w_{kj}(lama) + \Delta w_{kj} \tag{12}$$

Perubahan bobot bias yang menuju unit keluaran:

$$v_{ji}(baru) = v_{ji}(lama) + \Delta v_{ji} \tag{13}$$

9. Menghitung nilai kesalahan dengan MSE

$$MSE = \left(\frac{\sum(target - y)^2}{jumlah_record} \right) \tag{14}$$

10. Uji kondisi berhenti, yaitu jika sudah mencapai batas kesalahan yang diharapkan atau batas iterasi maksimal.

2.1 Perhitungan Akurasi

Perhitungan akurasi pada langkah propagasi maju menggunakan data uji. Perhitungan menggunakan nilai MAPE yang ditunjukkan pada persamaan 15.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{target_i - y_i}{target_i} \times 100\% \tag{15}$$

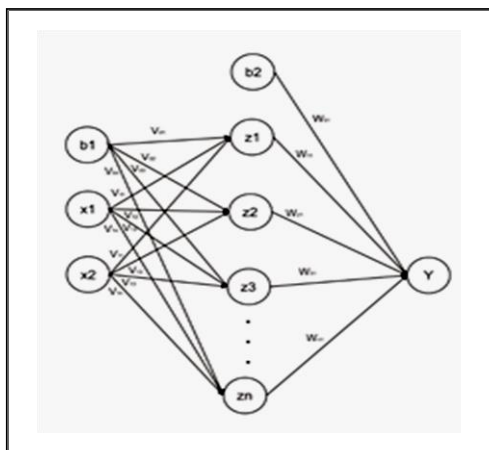
Sedangkan untuk menghitung akurasi menggunakan persamaan 16.

$$Akurasi = 100\% - MAPE \tag{16}$$

3. METODE

Arsitektur dari Jaringan Syaraf Tiruan yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 1.

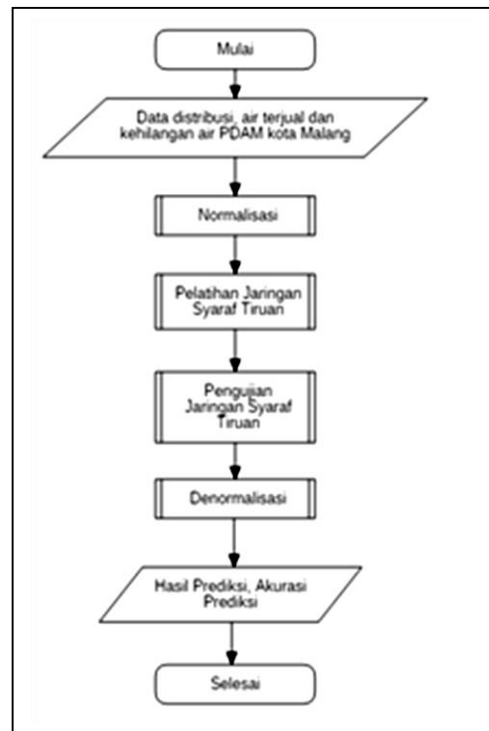
Gambar 1. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan



Arsitektur JST yang digunakan dalam paper terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran. Pada lapisan masukan terdapat dua node, pada lapisan tersembunyi

akan diuji jumlah terbaik antara 2 sampai 6, sedangkan pada lapisan keluaran terdapat satu node yaitu nilai distribusi air bulan berikutnya. Fungsi aktifasi yang digunakan adalah sigmoid biner.

Proses dari prediksi distribusi air PDAM melalui beberapa tahapan. Pertama melakukan normalisasi pada data masukan, kemudian melakukan pelatihan jaringan syaraf tiruan untuk mendapatkan bobot yang optimal dengan menggunakan data latih, selanjutnya masuk ke proses pengujian untuk mendapatkan prediksi volume distribusi air beserta akurasinya. Proses tersebut ditunjukkan pada pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart proses prediksi distribusi air PDAM

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam proses prediksi distribusi air didapatkan dari PDAM kota Malang. Data berupa jumlah distribusi air (m^3), kehilangan air (m^3) dan air terjual antara bulan Januari 2006 sampai dengan bulan Maret 2016. Adapun sebagian data distribusi air PDAM yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Distribusi Air PDAM tahun 2015

Bulan	Distribusi Air	Air Terjual	Kehilangan Air
Januari	3.686.502	2.967.585	718.917
Februari	3.225.340	2.774.837	450.503
Maret	3.579.920	2.807.187	772.733
April	3.747.966	2.870.009	877.957
Mei	3.480.625	3.092.982	387.643
Juni	3.627.268	2.880.861	746.407
Juli	3.572.485	2.775.318	797.167
Agustus	3.619.035	2.907.427	711.608

Bulan	Distribusi Air	Air Terjual	Kehilangan Air
September	3.682.406	2.912.752	769.654
Oktober	3.601.337	3.034.976	566.361
November	3.753.944	3.063.430	690.514
Desember	3.645.660	2.978.352	668.308

Pada paper ini dilakukan lima pengujian yaitu pengujian jumlah iterasi, pengujian learning rate, pengujian jumlah data latih dan data uji, pengujian jumlah unit node pada lapisan tersembunyi, dan pengujian minimum error terhadap tingkat akurasi. Untuk melakukan pengujian awal digunakan learning rate 0.5, jumlah node pada lapisan tersembunyi sebanyak 4, data latih 50 bulan dan data uji 41 bulan setelahnya, minimum error 0,00001.

Tabel 2. Hasil Pengujian Jumlah Iterasi

Jumlah Iterasi	Tingkat Akurasi Percobaan ke-i %					Rata-rata Akurasi %
	1	2	3	4	5	
100	88,87	92,31	92,39	94,15	92,20	92,20
500	94,04	86,23	86,98	91,64	91,70	90,12
1000	94,46	84,97	94,40	92,48	94,81	92,22
1500	88,02	83,75	94,26	90,46	92,29	89,76
2000	92,03	93,83	92,81	94,22	91,89	92,96
2500	93,12	92,77	90,51	90,05	93,71	92,03
3000	91,74	88,60	92,68	89,53	93,01	91,11

Pengujian jumlah iterasi bertujuan untuk mendapatkan jumlah iterasi yang optimal terhadap tingkat akurasi. Jumlah iterasi yang digunakan adalah 100, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, dan 3000.

Hasil dari pengujian iterasi ditunjukkan pada Tabel 2 iterasi optimal ditunjukkan pada saat iterasi 2000 karena didapatkan rata-rata nilai akurasi paling tinggi yaitu 92,96%.

Setelah didapatkan jumlah iterasi yang optimal maka pengujian selanjutnya akan menggunakan jumlah iterasi sebanyak 2000.

Pada pengujian learning rate bertujuan untuk mendapatkan jumlah learning rate yang optimal terhadap tingkat akurasi. Nilai learning rate yang ditetapkan 0.1-0.9 dengan kelipatan 0.1.

Hasil pengujian *learning rate* ditunjukkan pada Tabel 3. Dari hasil pengujian learning rate, nilai optimal ditunjukkan pada saat learning rate 0.1 nilai akurasi paling tinggi yaitu 93,45%.

Tabel 3. Hasil Pengujian Learning Rate

Learning Rate	Tingkat Akurasi Percobaan ke-i %					Rata-rata
	1	2	3	4	5	

	Tingkat Akurasi Percobaan ke-i %					Rata-rata Akurasi %
	1	2	3	4	5	
0,1	94,67	94,09	90,16	93,41	94,93	93,45
0,2	90,49	94,82	89,89	91,22	94,14	92,11
0,3	89,90	92,00	93,64	92,27	84,55	90,47
0,4	87,16	86,85	93,45	91,90	94,03	90,68
0,5	92,03	93,83	92,81	94,22	91,89	92,96
0,6	89,82	94,68	89,06	94,04	86,79	90,88
0,7	87,02	94,74	87,24	86,80	94,84	90,13
0,8	90,55	93,50	89,49	93,64	90,30	91,50
0,9	90,40	84,43	97,10	90,56	88,03	90,10

Setelah didapatkan learning rate yang optimal maka pengujian selanjutnya menggunakan learning rate 0.1.

Pada pengujian data latih dan data uji bertujuan untuk mendapatkan perbandingan data latih dan data uji yang optimal terhadap tingkat akurasi. Kombinasi data yang digunakan adalah data latih 50 dan data uji 41, data latih 60 dan data uji 31, data latih 70 dan data uji 21, data latih 80 dan data uji 11.

Hasil pengujian data latih dan uji ditunjukkan pada Tabel 4. Dari hasil pengujian diketahui bahwa semakin banyak data latih menghasilkan akurasi yang semakin baik. Hal ini dikarenakan variasi data yang semakin beragam sehingga dapat mengenali berbagai ragam data pada saat pengujian. Akurasi tertinggi diperoleh pada saat data latih 80 dan data uji 11 sebesar 97,09%.

Tabel 4. Hasil Pengujian Data Latih dan Data Uji

Data Uji	Data Latih	Tingkat Akurasi Percobaan ke-i %					Rata-rata Akurasi %
		1	2	3	4	5	
50	41	88,70	90,14	93,97	94,60	93,71	92,22
60	31	94,78	95,12	89,59	89,27	94,96	92,74
70	21	98,43	96,02	97,20	91,94	88,80	94,48
80	11	97,21	96,03	97,21	99,17	95,83	97,09

Setelah didapatkan jumlah data latih dan data uji yang optimal maka pengujian selanjutnya menggunakan jumlah data latih 80 dan data uji 11.

Pengujian jumlah node pada lapisan tersembunyi bertujuan untuk mendapatkan jumlah node yang optimal terhadap tingkat akurasi. Jumlah node pada lapisan tersembunyi yang ditetapkan 1, 2, 3, 4, 5, dan 6.

Hasil pengujian jumlah node ditunjukkan pada Tabel 5. Dari hasil pengujian diketahui jumlah node yang optimal adalah 5 dengan rata-rata nilai akurasi sebesar 97,55%.

Tabel 5. Hasil Pengujian jumlah Unit Tersembunyi terhadap tingkat Akurasi

Jumlah Unit	Tingkat Akurasi Percobaan ke-i %					Rata-rata
	1	2	3	4	5	

Tersembunyi	1	2	3	4	5	Akurasi %
2	97,65	94,84	95,09	99,00	98,47	97,01
3	97,77	97,75	96,76	94,99	97,57	96,97
4	97,09	98,90	96,44	96,67	98,26	97,47
5	96,98	96,79	97,29	99,13	97,58	97,55
6	98,74	96,19	97,24	97,54	97,81	97,50

Setelah didapatkan jumlah unit tersembunyi yang optimal maka pengujian selanjutnya menggunakan jumlah unit tersembunyi 5.

Pada pengujian minimum error bertujuan untuk mendapatkan minimum error yang optimal terhadap tingkat akurasi. Minimum error yang ditetapkan 0.1, 0.01, 0.001, dan 0.00001.

Dari hasil Tabel 6 diketahui minimum error optimal adalah 0.00001 dengan akurasi sebesar 97,99%.

Tabel 6. Hasil Pengujian Minimum Error

Minimum Error	Tingkat Akurasi Percobaan ke-i %					Rata-rata Akurasi %
	1	2	3	4	5	
0,1	97,18	97,4	98,43	97,29	98,97	97,85
0,01	97,35	97,38	96,68	98,1	97,72	97,45
0,001	98,15	97,77	96,96	97,36	96,84	97,42
0,0001	98,89	97,36	95,54	98,3	97,18	97,45
0,00001	98,49	99,09	97,23	99,13	95,99	97,99

Dari hasil pelatihan didapatkan nilai parameter untuk mendapatkan akurasi yang optimal adalah learning rate 0.1, data latih 80 dan data uji 11, jumlah node pada lapisan tersembunyi 5, minimum error 0.00001, dan jumlah iterasi 2000. Data hasil pengujian terhadap 11 data uji ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian dengan data uji

No	Distribusi Air PDAM	Hasil Prediksi	Selisih
1	3747966	3757386	9420
2	3480625	3688738	208113
3	3627268	3712058	84790
4	3572485	3628389	55904
5	3619035	3715306	96271
6	3682406	3744966	62560
7	3601337	3738622	137285
8	3753944	3773825	19881
9	3646660	3744459	97799
10	3730306	3765834	35528
11	3714940	3770931	55991

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian diketahui bahwa JST Backpropagation menghasilkan akurasi yang cukup tinggi dalam proses prediksi distribusi air PDAM kota

Malang dengan variabel jumlah kehilangan air dan air terjual. Akurasi tertinggi yang diperoleh adalah 97,99% dengan parameter terbaik adalah. learning rate 0.1, data latih 80 dan data uji 11, jumlah node pada lapisan tersembunyi 5, minimum error 0.00001, dan jumlah iterasi 2000.

6. DAFTAR PUSTAKA

- DURAIRAJ, M., REVATHI, V. 2015. Prediction Of Heart Disease Using Back Propagation MLP Algorithm. *International Journal Of Scientific & Technology Research*, 4, 235-239.
- IRAWAN, A. F. 2015. Implementasi Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation pada Peramalan Kebutuhan Air PDAM Kota Malang. Skripsi, Universitas Brawijaya.
- LECUN, Y. 1998. Efficient BackProp. *Neural Networks: tricks of the trade*. Springer.
- NIKMAH, NANIK ULFATUN. 2014. Prediksi Kebutuhan Air PDAM Berdasarkan Jumlah Pelanggan Menggunakan AI-Alaoui Backpropagation. Skripsi, Universitas Brawijaya.
- PRAMONOAJI, Y. T., SANTOSA, S., & PRAMUNENDAR, R. A. 2013. Prediksi Produksi Air PDAM dengan Jaringan Syaraf Tiruan. *Seminar Nasional Teknologi Informatika & Komunikasi Terapan 2013*, Semarang, 402-408.
- RENE, E., R. 2006. Back-propagation neural network for performance prediction in trickling bed air biofilter. *International Journal of Environment and Pollution*, 28(3/4), 381-401.
- SINGH, S., GILL, J. 2014. Temporal Weather Prediction using Back Propagation based Genetic Algorithm Technique. *I.J. Intelligent Systems and Applications*, 55-61.
- SOARES, F., M., SOUZA, A., M., F. 2016. Neural Network Programming with Java. *Packt Publishing Ltd*, Mumbai.
- VAMSIDHAR, E. 2010. Prediction of Rainfall Using Backpropagation Neural Network Model. *International Journal on Computer Science and Engineering*. 2(4), 1119-1121.
- YOHANNES, E., MAHMUDY, W. F., & RAHMI, A. 2015. Penentuan Upah Minimum Kota Berdasarkan Tingkat Inflasi Menggunakan Backpropagation Neural Network (BPNN). *Jurnal Teknologi Informatika dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 2(1), 34-40.

PEMODELAN DAN ANALISIS *WIRELESS MESH NETWORK* DENGAN ARSITEKTUR *PUBLISH-SUBSCRIBE* DAN PROTOKOL *MQTT*

Kasyful Amron¹, Eko Sakti P.², Mahendra Data³

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang
Email: [kasyful, ekosakti, mahendra.data]@ub.ac.id

(Naskah masuk: 20 Mei 2016, diterima untuk diterbitkan: 20 Juni 2016)

Abstrak

Akses terhadap informasi menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Namun, tidak semua daerah memiliki akses yang layak terhadap informasi terutama daerah terpencil dikarenakan keterbatasan infrastruktur komunikasi. Teknologi *wireless mesh network (WMN)* dapat menjadi salah satu solusi untuk mengatasi masalah keterbatasan infrastruktur tersebut. Untuk meningkatkan performa WMN, maka perlu adanya rancangan mekanisme pengiriman informasi yang efisien. Ide penelitian ini pada dasarnya adalah memberikan solusi pengiriman informasi menggunakan arsitektur *publish subscribe*. Protokol *publish subscribe* yang digunakan adalah protokol *MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)*. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap *Quality of Service* seperti *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* untuk keseluruhan *node*. Pada pengujian QoS arsitektur WMN maupun MTQQ menunjukkan bahwa kualitas layanan dipengaruhi oleh jarak, jumlah *node* yang dilewati dan material yang menghalangi. Seperti yang ditunjukkan pada hasil pengujian antara *node* yang dihalangi tiga tembok beton, *packet loss*nya mencapai 88.8% dan *delay*nya sebesar 2.493,79 ms.

Kata kunci: *wireless, mesh network, publish and subscribe*

Abstract

Has an access to the information becomes a very important requirement for humans. However, not all areas are have adequate access to information, especially in rural areas due to limited communication infrastructures. Wireless mesh network (WMN) technology may be can act as one alternative solution to overcome the problems. To improve the performance of WMN, it is necessary to design efficient information delivery mechanism. The idea of this research is basically giving information delivery solutions using the publish subscribe architecture. Publish-subscribe protocol used here is the MQTT protocol (Message Queuing Telemetry Transport). In this research, the Quality of Service testing such as throughput, delay, jitter, and packet loss for the entire node. On testing and MTQQ WMN QoS architecture shows that quality of service is affected by distance, number of nodes that pass and blocking material. As shown in the test results between nodes that hindered three concrete walls, packet lossnya reached 88.8% and the delay amounted to 2493.79 ms.

Keywords: *wireless, mesh network, publish and subscribe*

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, akses terhadap informasi menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Dengan adanya akses informasi tersebut, manusia dapat saling berinteraksi, bertukar ide dan menambah pengetahuan yang pada gilirannya dapat meningkatkan daya saing bangsa. Sayangnya, tidak semua daerah di Indonesia memiliki akses yang layak terhadap informasi, terutama di daerah terpencil. Sebagai gambaran, pengguna internet di Indonesia masih didominasi oleh warga perkotaan dengan persentase sekitar 83,4 persen (Donny, 2014). Permasalahan tersebut di atas terutama disebabkan oleh kurang meratanya pembangunan infrastruktur telekomunikasi di Indonesia. Kondisi geografis Indonesia yang berbentuk kepulauan dengan banyak gunung menyulitkan instalasi infrastruktur telekomunikasi baik yang menggunakan media kabel

maupun nirkabel dengan base station berukuran besar. Beberapa program sudah dilaksanakan pemerintah untuk meningkatkan pemerataan penetrasi internet antara lain adalah Pusat Layanan Internet Kecamatan (PLIK) dan Mobile PLIK. Hanya saja, layanan tersebut masih kesulitan mengakses daerah terpencil dikarenakan keterbatasan sumber listrik dan kondisi lokal yang sulit. Oleh karena itu, tetap diperlukan instalasi infrastruktur jaringan telekomunikasi pada daerah terpencil yang dengan biaya murah sekaligus sesuai dengan kondisi geografis daerah tersebut.

Alternatif teknologi yang dapat diterapkan adalah *wireless mesh network (WMN)* yaitu sebuah jaringan komunikasi yang terdiri dari perangkat-perangkat radio yang disusun dengan menggunakan topologi mesh. Pada WMN, setiap perangkat dapat berkomunikasi dengan perangkat lainnya dalam satu jangkauan komunikasi secara langsung melalui mode ad-hoc (Axyldiz, 2005). Jejaring perangkat nirkabel

tersebut dapat dimanfaatkan sebagai perantara untuk meneruskan data yang dikirim dari satu ujung ke ujung lainnya.

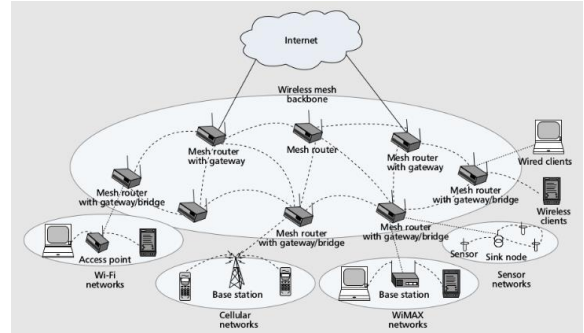
Performa WMN sendiri banyak dipengaruhi oleh desain topologi, konfigurasi perangkat keras dan perangkat lunak serta arsitektur komunikasi yang dipakai. Topologi, konfigurasi perangkat keras dan perangkat lunak berpengaruh ke aspek fisik pembentukan jaringan, sedangkan arsitektur komunikasi berpengaruh terhadap efisiensi penyediaan informasi untuk pengguna yang meliputi aspek pengiriman dan penyimpanan data (Axyldiz, 2005).

Publish/subscribe (pub-sub) merupakan salah satu arsitektur komunikasi dimana informasi yang dikirimkan oleh pengirim atau publisher diklasifikasikan menjadi beberapa kelas untuk kemudian disimpan oleh perantara atau broker (Liu, 2003). Penerima informasi atau subscriber hanya menerima informasi dari broker sesuai dengan kelas yang diminatinya. Dengan kata lain, publisher tidak perlu tahu siapa subscriber dari informasi yang dikirimnya. Lebih jauh lagi, publisher dan subscriber tidak perlu ada pada waktu yang bersamaan saat pengiriman pesan berlangsung. Dengan konsep seperti ini, informasi dapat dikirimkan secara efisien karena subscriber hanya menerima pesan sesuai dengan kelas yang diminatinya. Selain itu, jika jalur komunikasi subscriber terputus untuk sementara waktu, dia tetap dapat memperoleh informasi dari publisher segera setelah jalur komunikasinya tersambung kembali. Salah satu protokol yang menerapkan arsitektur publish subscribe adalah protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). MQTT dipilih karena dalam operasinya dia hanya membutuhkan pertukaran data dalam ukuran relatif kecil. Selain itu, MQTT mempunyai tiga level Quality of Service (QoS) yang menentukan tingkatan kepastian sampai ke subscriber. Ide penelitian ini pada dasarnya adalah memodelkan dan menganalisa pengiriman informasi menggunakan arsitektur publish subscribe pada WMN yang suatu saat dapat diterapkan untuk berbagai kondisi daerah di Indonesia terutama pada daerah terpencil.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Wireless Mesh Network (WMN) merupakan sebuah jaringan komunikasi yang terdiri dari perangkat-perangkat radio yang disusun dengan menggunakan topologi *mesh* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1. Pada WMN, setiap perangkat secara otomatis membentuk jaringan *ad-hoc* dimana mereka dapat saling berkomunikasi langsung tanpa mengharuskan salah satu menjadi pusat komunikasi atau *access point* (Axyldiz, 2005). Terdapat dua jenis perangkat pada WMN: *mesh router* dan *mesh client*. Kumpulan *mesh router* membentuk sebuah jejaring perangkat yang dapat dimanfaatkan sebagai perantara untuk meneruskan data yang dikirim dari satu ujung ke ujung lainnya. Untuk menunjang fungsionalitas

tersebut, beberapa protokol *routing* telah diusulkan antara lain :*multi-radio routing*, *multi-path routing*, *hierarchical routing* dan *geographic routing* (Draves, 2004) (Frey, 2004). Selain itu, *mesh router* juga mempunyai kemampuan sebagai *gateway* yaitu jalan keluar masuknya data dari *mesh client* ke jejaring *mesh router* dan sebaliknya.



Gambar 2.1 Topologi umum WMN

Salah satu tantangan pada jaringan WMN adalah bagaimana merancang dan menerapkan metode pengiriman data antar pengguna secara efisien pada daerah terpencil dengan infrastruktur komunikasi yang terbatas dan tidak selalu tersedia. Dengan kata lain, dibutuhkan suatu mekanisme yang memungkinkan pengirim dan penerima pesan tidak perlu ada pada waktu yang bersamaan saat pengiriman pesan berlangsung (*time decoupling*). Arsitektur komunikasi yang dapat memenuhi kriteria di atas adalah arsitektur komunikasi *publish subscribe* (pub-sub).

Pada pub-sub, informasi yang dikirimkan oleh pengirim atau *publisher* diklasifikasikan menjadi beberapa kelas untuk kemudian disimpan oleh perantara atau *broker* (Liu, 2003). Penerima informasi atau *subscriber* hanya menerima informasi dari *broker* sesuai dengan kelas yang diminatinya. Dengan kata lain, *publisher* tidak perlu tahu siapa *subscriber* dari informasi yang dikirimnya.

Lebih jauh lagi, *publisher* dan *subscriber* tidak perlu ada pada waktu yang bersamaan saat pengiriman pesan berlangsung. Dengan konsep seperti ini, informasi dapat dikirimkan secara efisien karena *subscriber* hanya menerima pesan sesuai dengan kelas yang diminatinya. Selain itu, jika jalur komunikasi *subscriber* terputus untuk sementara waktu, dia tetap dapat memperoleh informasi dari publisher segera setelah jalur komunikasinya tersambung kembali.

Untuk mengimplementasikan arsitektur pub-sub, salah satu protokol yang dapat digunakan adalah protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) (Lampkin, 2012) (Wagle, 2016). MQTT memiliki beberapa karakteristik :

- 1. Publish/subscribe** yaitu protokol bekerja dengan prinsip pengirim (*publisher*) mempublikasikan informasi dan penerima (*subscriber*) berlangganan informasi sesuai topik yang diminati. Pengiriman pesan diperantarai oleh *broker*.

2. **Topics and subscription** yaitu penerima pesan (*subscriber*) hanya menerima informasi yang berkaitan dengan topik yang diminatinya.

3. **Quality of Service (QoS) leveling** yaitu terdapat beberapa tingkatan kepastian pesan sampai ke *subscriber*. Hal ini penting mengingat *publisher* dan *subscriber* tidak harus ada pada waktu yang bersamaan.

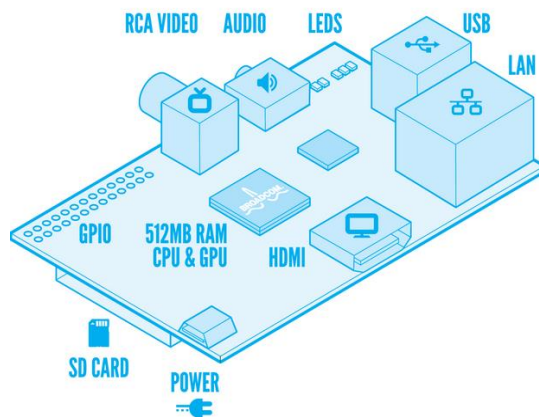
4. **Retained message** yaitu informasi yang dikirim *subscriber* disimpan oleh *broker*. Jika ada *subscriber* baru pada topik tersebut, maka informasi yang disimpan akan dikirimkan ke *subscriber* baru tersebut.

Quality of service dari arsitektur MQTT dapat diukur dengan menggunakan beberapa parameter seperti *throughput*, *jitter* dan *packet loss*. *Throughput* merupakan jumlah rate paket yang sukses terkirim melalui suatu kanal komunikasi pada satuan waktu tertentu (*persecond*). Sehingga semakin tinggi *throughput* menunjukkan sistem atau arsitektur tersebut handal ketika harus menangani load dalam jumlah besar. *Jitter* dalam jaringan computer merupakan variasi *delay* yang terjadi pada jaringan computer yang bisa disebabkan oleh *congestion* pada link. Variasi *delay* dapat menunjukkan kestabilan sistem tersebut. Semakin besar variasi *delay* pada suatu *link* menunjukkan link tidak stabil dalam menangani *load*. Dalam komunikasi *wireless* ketidak stabilan tersebut bisa dipengaruhi beberapa faktor seperti *congestion*, *interferensi*, maupun hambatan yang disebabkan oleh material yang dilewati gelombang elektromagnetik. Sedangkan parameter *packet loss* menunjukkan persentasi data yang *loss* akibat dampak dari *congestion*, *interferensi*, maupun hambatan.

3. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Arsitektur sistem

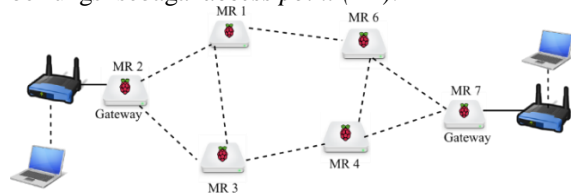
Ide *penelitian* ini diawali dengan kegiatan membuat model atau prototipe dari perangkat yang akan menjadi *wireless mesh router*. Prototipe perangkat tersebut dibangun dari komputer mini yang banyak beredar di pasaran yaitu Raspberri Pi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Raspberri Pi dipilih karena berharga relatif murah, berukuran kecil, mempunyai kemampuan komputasi yang mencukupi dengan tingkat konsumsi daya relatif rendah sehingga cocok dipakai pada daerah terpencil dengan sumber daya listrik terbatas. Prototipe tersebut juga dibekali dengan modul komunikasi wireless dengan protokol IEEE 802.11 b/g/n yang akan beroperasi dalam mode *ad-hoc*.



Gambar 3.1 Arsitektur Raspberri Pi

Perangkat-perangkat *mesh router* tersebut akan dipasang sehingga membentuk jejaring perangkat dengan topologi mesh seperti ditunjukkan pada perangkat berkode MR pada Gambar 3.2. Agar dapat berfungsi sebagai perantara yang meneruskan data dari lokasi A ke lokasi B, prototipe tersebut dibekali dengan implementasi protokol *routing* pada WMN. Terdapat beberapa alternatif protokol *routing* yang dapat diimplementasikan antara lain : *AODV*, *OLSR*, *Batman*, dan *Babel*. Selanjutnya, beberapa *mesh router* tersebut akan diatur sebagai *gateway* sebagai jalan keluar masuknya data dari pengguna ke jaringan WMN dan sebaliknya.

Agar dapat berkomunikasi dengan perangkat komunikasi milik pengguna, *gateway* tersebut akan disambungkan ke sebuah perangkat *wi-fi router* yang berfungsi sebagai *access point* (AP).



Gambar 3.2 Rancangan topologi pada penelitian

Selanjutnya, untuk mengimplementasikan arsitektur komunikasi *publish subscribe* dengan protokol MQTT, pada tiap *gateway* tersebut akan dipasang aplikasi *Mosquitto* yang berfungsi sebagai *broker* data. Pada ide penelitian ini juga akan dibangun dua buah aplikasi masing-masing untuk *publisher* dan *subscriber* yang mempunyai kemampuan untuk bertukar pesan dan berkas dengan metode *publish subscribe*. Aplikasi tersebut dibangun dengan memanfaatkan fungsi pemrograman yang disediakan oleh *Eclipse Paho*..

Mesh Router (MR) pada sistem ini dibangun dengan menambahkan perangkat 802.11 (b/g/n) pada raspberri seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Raspberry Pi Seri B dengan Modul WiFi Edimax

Pada penelitian ini, *router-router* yang sudah dirancang kemudian disusun membentuk sebuah jaringan dengan topologi jenis *mesh* seperti diilustrasikan pada Gambar 3.2. *Router* dirancang untuk bekerja pada mode *Ad-Hoc* yang memungkinkan sebuah *node wifi* dapat berkomunikasi dengan *node wifi* lain tanpa menggunakan perangkat *Access Point* sebagai perantara. Agar dapat saling meneruskan data, pada setiap *router* dipasang protokol *routing OLSR (Optimized Link State Routing)*.

4. PENGUJIAN

Pengujian yang dilakukan menggunakan 6 *node* dan dihubungkan secara *wireless* di tiap-tiap *node* dengan menggunakan *mesh*. Terdapat dua skenario pengujian yang dilakukan yaitu :

1. Pengujian Quality of Service (QoS) Jaringan WMN

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kualitas jaringan WMN yang dibangun. Terdapat 3 parameter pengukuran yang diuji yaitu *throughput*, *jitter*, dan *packet loss*. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data dengan ukuran bervariasi antara lain 13MB, 16 MB, dan 19 MB dari satu *node* pusat yang sudah ditentukan ke *node-node* yang lain.

2. Pengujian Unjuk Kerja Protokol MQTT pada Jaringan WMN

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur unjuk kerja protokol MQTT pada jaringan WMN. Untuk melakukan pengujian ini, pada *node 2* dipasang perangkat lunak *Mosquitto* yang berperan sebagai *broker* untuk meneruskan data dari *publisher* ke *subscriber*. Selain dipasang *broker*, *node 2* juga berperan sebagai *subscriber*. *Subscriber* tersebut akan menerima data yang dikirimkan oleh *publisher* yang diperankan oleh *node* lain. Selanjutnya, pada pengujian ini diukur rata-rata *delay* waktu yang dibutuhkan dari pesan dikirim oleh *publisher* sampai diterima oleh *subscriber*.

4.1 Topologi

Pengujian ini dilakukan di Gedung C, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya. Topologi

jaringan yang dipakai dalam pengujian diilustrasikan pada Gambar 4.1

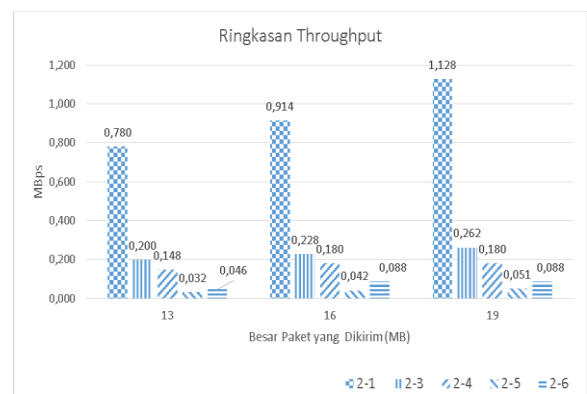


Gambar 4.1 Topologi jaringan dalam pengujian

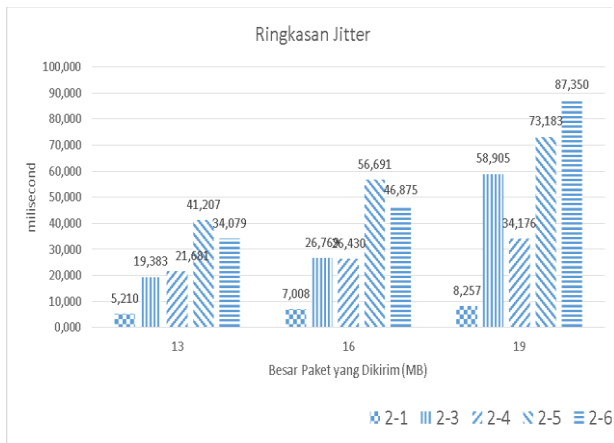
4.2 Hasil Skenario 1

Dari hasil pengujian ditunjukkan bahwa penggunaan arsitektur *mesh* dipengaruhi faktor-faktor seperti jarak antar *node*, media atau hambatan yang dilewati seperti tembok beton, triplek, kaca. Faktor-faktor tersebut menyebabkan perbedaan performansi pada tiap-tiap skenario pengujian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 , 4.3 dan 4.4.

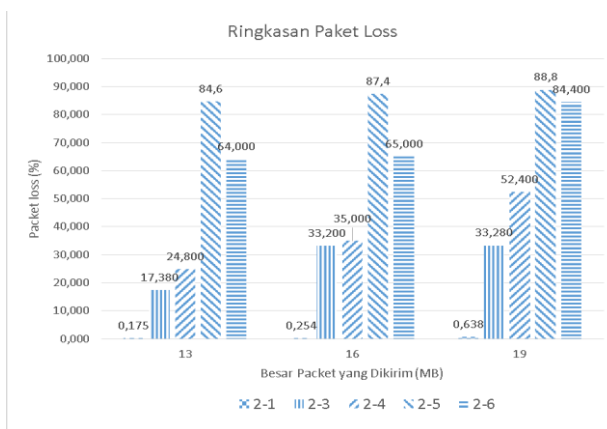
Hasil pengujian sesuai skenario 1 diperoleh data yang dapat mendukung dari konsep umum pada tiap parameternya. Pada umumnya *throughput* akan naik ketika paket yang dikirimkan semakin besar, hal ini dapat dilihat dari tiap skenario uji di atas yang memiliki kecenderungan naik. *Latency* disebabkan karena hambatan dan jarak antar *node*. *Latency* ini merupakan waktu tempuh antara koneksi dari *node* satu ke *node* yang lainnya dan ketika menemukan hambatan dan jarak yang jauh tersebut waktu tempuhnya akan cenderung lama. *Packet loss* akan semakin meningkat pula ketika melewati hambatan tembok beton dan didukung oleh jarak yang semakin jauh. Gambar 4.2 , 4.3 dan 4.4 berikut merupakan ringkasan hasil pengujian..



Gambar 4.2 Throughput Hasil Pengujian



Gambar 4.3 Jitter Hasil Pengujian



Gambar 4.4 Packet Loss Hasil Pengujian

Hasil pengujian Gambar 4.3, 4.3 dan 4.4 menunjukkan bahwa koneksi dari node 2 ke node 1 relatif lebih baik meskipun saat pengiriman paket sebesar 19MB mengalami kenaikan jumlah paket loss. Namun packet loss pada pengiriman tersebut masih dibawah 1 %. Hal ini dikarenakan selain jarak yang dekat antara node tersebut, juga dikarenakan material yang menghalangi berupa triplek (lembaran kayu). Sedangkan pada komunikasi antara node 2 ke 5 menunjukkan bahwa hampir seluruh paket yang dikirim *loss* (88,8% *packet loss*). Hal ini disebabkan banyaknya halangan yaitu 1 tembok triplek dan 3 lapis tembok beton serta jarak yang cukup jauh antara node tersebut.

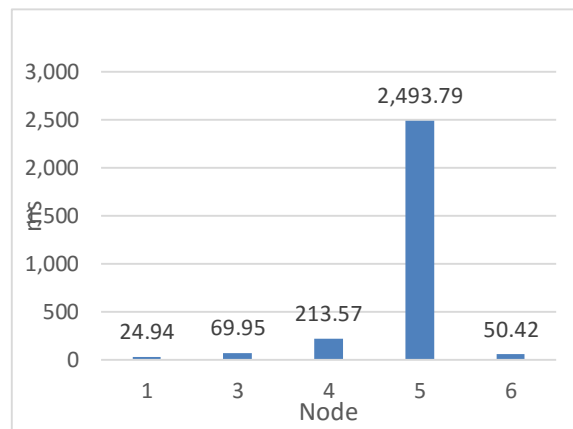
4.3 Hasil Skenario 2

Tabel 4.1 Delay MQTT

Node	Delay (ms)
1	24,94
3	69,95
4	213,57
5	2.493,79
6	50,42

Pada pengujian MQTT juga ditunjukkan bahwa delay yang tertinggi yaitu pada node 5 yang dikarenakan jarak dan rintangan yang menghalangi

gelombang elektromagnet. Hal ini bisa menjadi faktor yang menyebabkan banyaknya packet loss yang terjadi pada saat pengiriman ke node 5.



Gambar 4.5 Grafik Delay MQTT

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan sejauh ini didapatkan beberapa hal berikut :

1. Router WMN dapat dibangun dengan menggunakan mikrokomputer Raspberry Pi sebagai perangkat komputasi dan transceiver wifi sebagai perangkat komunikasi.
2. Agar dapat meneruskan data, setiap router pada jaringan WMN harus bekerja pada mode Ad hoc dan menjalankan protocol routing OLSR.
3. Performa WMN dapat diukur dengan parameter QOS meliputi : delay, packet loss dan throughput.
4. Performa WMN dan MQTT dipengaruhi oleh banyaknya hop atau jumlah router yang harus dilewati untuk mengirimkan sebuah data, jenis halangan antar router dan besar data yang dikirimkan.
5. Penyebab utama kegagalan pengiriman data adalah faktor lingkungan berupa penghalang yang terbuat dari tembok beton. Penghalang ini dapat menyebabkan packet loss hingga 88.8%.

6. SARAN

Saran yang dapat disampaikan untuk pengembangan lebih lanjut adalah perlu dilakukan pengujian dengan scenario waktu pengujian yang berbeda untuk mengetahui pengaruh kondisi lingkungan pada waktu yang berbeda terhadap performa WMN.

7. DAFTAR PUSTAKA

AXYILDIZ, I. F., WANG, XUDONG. 2005. A Survey on Wireless Mesh Networks. IEEE

- Communication Magazines, Vol. 43 Issue 09.
- BELDING, E. M., et al. 2003. Multi-Level Hierarchies for Scalable Ad-Hoc Routing. *ACM/Kluwer Wireless Networks (WINET)*, Vol.9 No. 5, pp.461-478.
- DONNY, B. U. et al. 2014. Catatan Ringkas Tata Kelola dan Praktik Internet Indonesia. *ICT Watch Indonesia*.
- DRAVES, R., PADHYE, J., ZILL, B. 2004. Routing in Multi-Radio, Multi-Hop Wireless Mesh Networks. *ACM Annual International Conference on Mobile Computing and Network (MOBICOM)*, pp. 114-128.
- FREY, H. 2004. Scalable Geographic Routing Algorithms for Wireless Ad-Hoc Networks. *IEEE Network Magazines*, pp.18-22.
- LAMPKIN, V., et al. 2012. *Building Smarter Planet Solutions with MQTT and IBM WebSphere MQ Telemetry*.
- LIU, Y., PLALE, B. 2003. Survey of Publish Subscribe Event Systems. *Computer Science Dept., Indiana University*.
- WAGLE, S., 2016. Semantic Data Extraction over MQTT for IoT Centric Wireless Sensor Networks. *2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA)*. IEEE, hal. 227–232. Tersedia di: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7562727/>.

PERAMALAN BUTUHAN HIDUP MINIMUM MENGGUNAKAN AUTOMATIC CLUSTERING DAN FUZZY LOGICAL RELATIONSHIP

Yusuf Priyo Anggodo¹, Wayan Firdaus Mahmudy²

Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
e-mail: ¹anggodoyusuf1950@gmail.com, ²wayanfm@ub.ac.id

(Naskah masuk: 20 Mei 2016, diterima untuk diterbitkan: 20 Juni 2016)

Abstrak

Kebutuhan hidup minimum (KHM) adalah standar kebutuhan seorang pekerja atau lanjang untuk dapat hidup layak secara fisik untuk kebutuhan satu bulan. Selain itu KHM berpengaruh terhadap upah minimum provinsi dan kota. Oleh karena itu diperlukan suatu peramalan KHM untuk mengetahui nilai KHM di tahun yang akan datang. Peramalan ini bermanfaat untuk perusahaan dalam merencanakan keuangan perusahaan tahun depan. Dalam melakukan peramalan KHM menggunakan metode automatic clustering dan fuzzy logical relationship. Automatic clustering digunakan untuk membentuk sub-interval dari data time series yang ada. Sedangkan fuzzy logical relationship digunakan untuk melakukan peramalan KHM berdasarkan relasi fuzzy yang telah dikelompokkan. Automatic clustering dapat menghasilkan cluster-cluster yang sangat baik sehingga dalam melakukan peramalan dalam fuzzy logical relationship memberikan akurasi yang tinggi. Dalam menghitung kesalahan menggunakan mean square error (MSE), nilai kesalahan semakin berkurang ketika diterapkan automatic clustering dalam fuzzy logical relationship. Hasil peramalan memiliki nilai koefisien korelasi yang hampir mendekati satu.

Kata Kunci: kebutuhan hidup minimum, automatic clustering, dan fuzzy logical relationship.

Abstract

Minimum living needs (KHM) is a standard requirement for a worker or naked physically can live well for the needs of one month. Additionally KHM effect on the wages of provincial and municipal drinking. Therefore we need a forecasting MIC to determine the value of the MIC in the coming year. Forecasting is beneficial for the company in the financial planning company next year. In forecasting the KHM using automatic clustering and fuzzy logical relationship. Automatic clustering is used to form a sub-interval of the existing time series data. While fuzzy logical relationship is used for forecasting KHM based fuzzy relationships that have been grouped. Automatic clustering clusters can produce very good so doing forecasting in fuzzy logical relationship provides high accuracy. In calculating errors using square mean error (MSE), the error decreases when applied to automatic clustering in the fuzzy logical relationship. Forecasting results have a correlation coefficient values close to one.

Keywords: minimum living needs, automatic clustering, dan fuzzy logical relationship.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan hidup minimum atau layak (KHM) sudah diatur dalam peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi yaitu “Kebutuhan hidup layak yang selanjutnya disingkat KHL adalah standar kebutuhan seorang pekerja atau buruh lajang untuk dapat hidup layak secara fisik untuk kebutuhan 1 (satu) bulan”. Selain itu pada pasal 6 sampai 8 juga mengatur bahwa KHM digunakan sebagai parameter untuk menentukan upah minimum provinsi dan kota. Dari informasi hasil peramalan kebutuhan hidup minimum dapat dijadikan sebagai perancangan keuangan perusahaan kedepannya.

Peramalan sudah biasa dilakukan banyak orang untuk mengetahui peristiwa yang akan terjadi pada masa yang akan datang dengan melihat

aktivitas yang telah terjadi sebelumnya (Chen *et al*, 2016). Seperti peramalan suhu, curah hujan, stok barang, gempa bumi, dsb. Peramalan secara tradisional tidak memperhatikan data sebelumnya dan lebih bersifat kualitatif bukan kuantitatif. Pada permasalahan peramalan kebutuhan hidup minimum belum ada penelitian padahal peramalan kebutuhan hidup minimum ini akan bermanfaat untuk perusahaan.

Ada beberapa metode peramalan yang menggunakan pendekatan kuantitatif, salah satunya *fuzzy logic* (Wang *et al*, 2014). Metode *Fuzzy time series* pertama kali diterapkan oleh Song dan Chissom (1993a, 1993b, 1994) untuk menyelesaikan permasalahan peramalan dengan cara melihat data sebelumnya untuk membentuk model *fuzzy time series*. Model Song dan Chissom's (1993a, 1993b, 1994) menggunakan

min-max operasi untuk meramalkan jumlah pendaftar di Universitas Alabama. Selain itu ada model *fuzzy* lain, yaitu model *fuzzy time series* Chen *et al's* yang lebih simpel juga diterapkan untuk meramalkan jumlah pendaftar di Universitas Alabama (Chen dan Tunawijaya, 2010).

Pada tahun sebelumnya, beberapa penelitian yang berfokus pada *fuzzy time series* untuk penyelesaian permasalahan peramalan antara lain (Liu *et al*, 2011; Qiu *et al*, 2011; Aznarte *et al*, 2012; Chen dan Tunawijaya, 2011; Saha dan Bandyopadhyay, 2013; Hung dan Kang, 2014; Wang dan Liu, 2015; Garcia dan Flores, 2016; Qiu *et al*, 2015; Cheng *et al*, 2016).

Fuzzy time series dikembangkan dengan beberapa metode dapat menyelesaikan permasalahan peramalan jumlah mahasiswa Universitas Alabama dengan akurasi yang tinggi dan waktu komputasi lebih efektif (Liu *et al*, 2011). (Qiu *et al*, 2011) melakukan generalisasi model *fuzzy time series* pada permasalahan peramalan pada model Song dan Chissom, model Chen, dan model Lee *at al* sehingga didapatkan hasil yang lebih baik. Peramalan menggunakan *fuzzy time series* dapat menyelesaikan permasalahan keuangan yang kompleks (Aznarte *et al*, 2012). Dari beberapa penelitian tersebut dapat kita simpulkan bahwa *fuzzy time series* dapat menyelesaikan permasalahan peramalan dengan baik.

Penggunaan metode *automatic clustering* dirasa efektif dalam melakukan klasifikasi data sebelumnya, pada metode *fuzzy time series* untuk menyelesaikan permasalahan peramalan (Chen dan Tunawijaya, 2011). Pada penelitian He dan Tan (2012) *automatic clustering* dapat mengklasifikasikan data yang kompleks sehingga algoritma genetika dapat melakukan pencarian data yang lebih baik. Generalisasi metode *automatic clustering* pada permasalahan *multiobjective* dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam beberapa kombinasi metode (Saha dan Bandyopadhyay, 2013). Pada penelitian Hung dan Kang (2014) metode *automatic clustering* dapat melakukan klasifikasi simulasi kontruksi dengan baik. Selain itu pada penelitian Askari *et al* (2015) penggunaan metode klasifikasi *clustering fuzzy time series* pada *fuzzy time series* menghasilkan nilai *error* yang kecil juga dapat mengatasi ketidakpastian beberapa variabel. Sedangkan penggunaan metode klasifikasi menggunakan metode *automatic* dan *axiomatic clustering* (AFS) memberikan hasil yang lebih signifikan dari sebelumnya (Wang dan Liu, 2015). Pada kasus metaheuristik metode *automatic* sangat menolong dalam melakukan klasifikasi data (Garcia dan Flores, 2016). Dari penelitian yang telah dilakukan metode *automatic clustering* cukup efektif dan sangat membantu dalam melakukan klasifikasi data dengan kombinasi berbagai metode untuk penyelesaiannya. Penggunaan *automatic clustering* mendapatkan hasil akurasi lebih

signifikan dibandingkan tanpa menggunakan klasifikasi data.

Metode peramalan *high-order fuzzy logical relationship* (Chen dan Chen, 2011) dapat menyelesaikan permasalahan TAIEEX, sedangkan pada penelitian Chen dan Chen (2015) pada permasalahan yang sama digunakan metode *fuzzy logical relationship* yang dioptimalkan dengan penggunaan *second-order* dan probabilitas *tren-fuzzy* pada *fuzzy logical relationship* (Chen dan Chen, 2015). Penggunaan *high-order*, *second-order* dan *tren-fuzzy* dalam *fuzzy logical relationship* mendapatkan hasil akurasi yang tidak terlalu signifikan. Peramalan juga dilakukan untuk meramalkan jumlah mahasiswa Universitas Alabama menggunakan *automatic clustering* dan *fuzzy logical relationship* yang dilakukan generalisasi mendapatkan *error* yang lebih rendah (Qiu *et al*, 2015). Pada kasus yang sama penelitian Cheng *et al* (2015; 2016) menggunakan *fuzzy logical relationship* yang dikembangkan dengan beberapa metode lain mendapatkan *error* yang lebih rendah dari penelitian yang pernah ada. Dari penelitian-penelitian dapat disimpulkan bahwa *fuzzy logical relationship* dapat menyelesaikan permasalahan peramalan dengan berbagai kombinasi metode atau berdiri sendiri.

Dalam penelitian ini akan dilakukan peramalan menggunakan *automatic clustering* dan *fuzzy logical relationships* untuk meramalkan kebutuhan hidup minimum. Tahap pertama metode *automatic clustering* akan digunakan untuk mengklasifikasikan histori data kebutuhan hidup minimum sesuai dengan pajang intervalnya. Interval terbentuk dari p sub-interval, dimana $p \geq 1$. Pembentukan interval tak statis ini dapat menghasilkan *error* yang lebih kecil (Garcia, 2016; Qiu *et al*, 2015). Peramalan dilakukan dengan metode *fuzzy logical relationship*. Metode ini terbukti efektif dengan dihasilkan akurasi yang lebih baik dari metode lainnya (Qiu *et al*, 2015; Cheng *et al*, 2016).

Yang menjadi fokus pada penelitian ini, pertama mengkaji tentang dasar *fuzzy time series*. Kedua klasifikasi histori data kebutuhan hidup minimum menggunakan *automatic clustering*. Ketiga melakukan peramalan kebutuhan hidup minimum menggunakan *automatic clustering* dan *fuzzy logical relationships*. Keempat menghitung *Mean Square Error* (MSE) hasil peramalan menggunakan metode *automatic clustering* dan *fuzzy logical relationship* pada kasus peramalan kebutuhan hidup minimum.

2. METODE

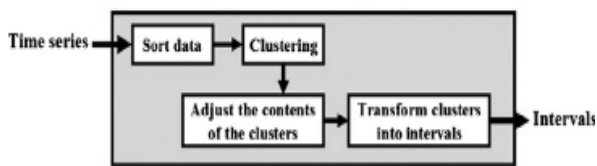
perancangan sistem dalam permasalahan peramalan kebutuhan hidup minimum (KHM) menggunakan *automatic clustering* dan *fuzzy logical relationship* dilakukan beberapa tahapan, pertama dengan melakukan pengumpulan data.

Data yang diambil adalah data sekunder dari Badan Pusat Statistika (Badan Pusat Statistik, 2016). Pada Tabel 1 ditunjukkan data kebutuhan hidup minimum provinsi Jawa Timur selama sebulan (rupiah) dari tahun 2005 sampai tahun 2015.

Tabel 2.1. Data kebutuhan hidup minimum provinsi Jawa Timur

Tahun	KHM	Tahun	KHM
2005	339277	2011	731635
2006	580054	2012	731635
2007	458755	2013	825000
2008	544157	2014	825000
2009	706698	2015	825000
2010	856888		

Algoritma *automatic clustering* digunakan untuk melakukan klasifikasi data numerik berdasarkan interval (Wand dan Liu, 2015). Interval yang dimaksud adalah jarak, sehingga data numerik diklasifikasikan berdasarkan jarak terdekat. Semakin kecil jarak antara dua elemen data numerik maka semakin tinggi kesamaannya (Qiu et al, 2015). Pada Gambar 2.1 ditunjukkan alur kerja dari metode *automatic clustering*.



Gambar 2.1. Alur kerja metode *automatic clustering* (Qiu et al, 2015).

Berikut adalah langkah-langkah algoritma *automatic clustering* (Wang dan Liu, 2015; Chen dan Tunawijaya):

Langkah 1: pertama urutkan data numerik menaik, asumsikan tidak ada data yang sama.

$$d_1, d_2, d_3, \dots, d_i, \dots, d_n.$$

Lalu hitung *avarage_diff*:

$$average_diff = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (d_{i+1} - d_i)}{n-1}, \quad (2.1)$$

dimana *avarage_diff* adalah rata-rata dari data numerik dan d_1, d_1, \dots, d_n . adalah data numerik yang telah diurutkan.

Langkah 2: mengambil data numerik pertama (yaitu datum terkecil) untuk ditempatkan ke *current cluster* atau perlu membuat *cluster* baru berdasarkan prinsip-prinsip berikut:

Prinsip 1: asumsikan *current cluster* adalah *cluster* pertama dan hanya ada satu datum yaitu d_1 serta menganggap bahwa d_2 adalah

datum yang berdekatan dengan d_1 , ditampilkan sebagai berikut:

$$\{d_1\}, d_2, d_3, \dots, d_i, \dots, d_n.$$

if $d_2 - d_1 \leq avarage_diff$, maka masukan d_2 ke *cluster* saat ini yang beranggotakan d_1 , jika tidak buat *cluster* baru yang beranggotakan d_2 .

Prinsip 2: asumsikan bahwa *current cluster* bukan *cluster* pertama dan d_j adalah datum satu-satunya di *current cluster*. Asumsikan d_k adalah datum yang berdekatan dengan datum d_j dan d_i adalah datum terbesar di *antecedent cluster*, ditampilkan sebagai berikut:

$$\{d_1\}, \dots, \{\dots, d_i\}, \{d_j\}, d_k, \dots, d_n.$$

if $d_k - d_j \leq avarage_diff$ dan $d_k - d_j \leq d_j - d_i$, maka masukan d_k ke *cluster* yang dimiliki d_j , jika tidak buat *cluster* baru yang beranggotakan d_k .

Prinsip 3: asumsikan bahwa *current cluster* bukan *cluster* pertama dan asumsikan bahwa d_i merupakan datum terbesar di *current cluster*. Asumsikan bahwa d_j adadalah datum terdekat dengan d_i

$$\{d_1\}, \dots, \{\dots, d_i\}, d_j, \dots, d_n.$$

if $d_j - d_i \leq avarage_diff$ dan $d_j - d_i \leq cluster_diff$, maka masukan d_j ke dalam *cluster* yang beranggotakan d_i . Jika tidak buat *cluster* baru untuk d_j . Perhitungan *cluster_diff* ditunjukkan pada Persamaan 2.2.

$$cluster_diff = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (c_{i+1} - c_i)}{n-1}, \quad (2.2)$$

dimana *cluster_diff* adalah rata-rata dari *current cluster* dan c_1, c_2, \dots, c_n adalah data di dalam *current cluster*.

Langkah 3: berdasarkan hasil klarifikasi langkah 2, sesuai isi *cluster* sesuai prinsip berikut:

Prinsip 1: jika dalam *cluster* terdapat lebih dari dua datum, maka pertahankan datum terkecil dan terbesar serta hapus datum yang lain.

Prinsip 2: jika dalam *cluster* terdapat dua datum, maka pertahankan semuanya.

Prinsip 3: jika dalam *cluster* hanya terdapat satu datum d_q , maka menambahkan datum dengan nilai $d_q - avarage_diff$ dan $d_q + avarage_diff$ ke dalam *cluster*. Tetapi juga harus menyesuaikan dengan situasi berikut :

Situasi 1: jika *cluster* pertama, maka hapus $d_q - avarage_diff$ dan pertahankan d_q .

Situasi 2: jika *cluster* terakhir, maka hapus $d_q + avarage_diff$ dan pertahankan d_q .

Situasi 3: jika $d_q - avarage_diff$ lebih kecil dari nilai datum terkecil di *antecedent cluster*, maka **Prinsip 3** tidak berlaku.

Langkah 4: asumsikan hasil langkah 3 sebagai berikut :

$\{d_1, d_2\}, \{d_3, d_4\}, \{d_5, d_6\}, \dots, \{d_r\}, \{d_s, d_t\}, \dots, \{d_{n-1}, d_n\}$.

Mengubah hasil *cluster* ke dalam *cluster* yang berdekatan melalui *sub* langkah berikut :

4.1 ubah *cluster* pertama $\{d_1, d_2\}$ menjadi *interval* $[d_1, d_2]$.

4.2 jika *current interval* $[d_i, d_j]$ dan *current cluster* $\{d_k, d_l\}$, maka:

(1) if $d_j \geq d_k$, maka bentuk sebuah *interval* $[d_j, d_l]$. *interval* $[d_j, d_l]$ sekarang menjadi *current interval* dan *next cluster* $\{d_m, d_n\}$ menjadi *current cluster*.

(2) if $d_j < d_k$, maka ubah *current cluster* $\{d_k, d_l\}$ menjadi *interval* $[d_k, d_l]$ dan buat *interval* baru $[d_j, d_k]$ dari *interval* $[d_i, d_j]$ dan $[d_k, d_l]$. Sekarang $[d_k, d_l]$ menjadi *current interval* dan *next cluster* $\{d_m, d_n\}$ menjadi *current cluster*. Jika sekarang *current interval* $[d_i, d_j]$ dan *current cluster* adalah $\{d_k\}$, maka ubah *current interval* $[d_i, d_j]$ menjadi $[d_i, d_k]$. Sekarang $[d_i, d_k]$ adalah *current interval* dan *next interval* menjadi *current interval*.

4.3 ulangi *sub* langkah **4.1** dan **4.2** sampai semua *cluster* menjadi *interval*.

Langkah 5: hasil langkah 4 bagi *interval* ke p *sub-interval*, dimana $p \geq 1$.

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat dilakukan klasifikasi data menggunakan metode *automatic clustering* sehingga terbentuk sebuah *interval*. Langkah-langkah penerapan *automatic clustering* sebagai berikut :

Langkah 1:

Hasil pengurutan histori data kebutuhan hidup minimum pada Tabel 2.1 tahun 2005 sampai tahun 2014 secara menaik, sebagai berikut:

339227, 458755, 544157, 580054, 706698, 731635, 731635, 825000, 825000, 856888.

Ketika ada dua atau lebih datum yang sama cukup dituliskan satu kali (Wang dan Liu, 2015), sehingga hasilnya adalah:

339227, 458755, 544157, 580054, 706698, 731635, 825000, 856888.

Lalu hitung *avarage_diff* menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{avarage_diff} = & [(458755 - 339227) + \\ & (544157 - 458755) + (580054 - \\ & 544157) + (706698 - 580054) + \\ & (731635 - 706698) + (825000 - \\ & 731635) + (856888 - 825000)] / 8 - 1 = \\ & 517661 / 8 = 73951.57 \end{aligned}$$

Langkah 2:

Berdasarkan nilai *avarage_diff* sehingga data menaik dapat dilakukan klasifikasi sehingga diperoleh hasil klasifikasi sebagai berikut :

$\{339227\}, \{458755\}, \{544157, 580054\}, \{706698, 731635\}, \{825000, 856888\}$.

Langkah 3:

Berdasarkan hasil pada Langka 2 selanjutnya diterapkanlah 3 prinsip pada langkah 3 sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

$[339227, 413178.6), [384803.4, 532706.6), [544157, 580054), [706698, 731635), [82500, 856888)$.

Langkah 4:

Berdasarkan sub-langkah Langkah 4 diperoleh hasil *interval-interval* sebagai berikut:

$u_1 = [339227, 413178.57)$	$U_5 = [580054, 706698)$
$u_2 = [413178.57, 532706.57)$	$U_6 = [706698, 731635)$
$u_3 = [532706.57, 544157)$	$u_7 = [731635, 825000)$
$u_4 = [544157, 580054)$	$u_8 = [825000, 825000)$

Langkah 5:

Jika nilai $p = 2$, maka hasil *interval* pada Langkah 4 dibagi sebanyak 2 *sub-interval*.

Diperoleh hasilnya sebagai berikut:

$u_1 = [339227, 376202.78)$	$U_9 = [580054, 643376)$
$u_2 = [376202.78, 413178.57)$	$u_{10} = [643376, 706698)$
$u_3 = [413178.57, 472942.57)$	$u_{11} = [706698, 719166.5)$
$u_4 = [472942.57, 532706.57)$	$u_{12} = [719166.5, 731635)$
$u_5 = [532706.57, 538431.78)$	$u_{13} = [731635, 778317)$
$u_6 = [538431.78, 544157)$	$u_{14} = [778317, 825000)$
$u_7 = [544157, 562105.5)$	$u_{15} = [825000, 840944)$
$u_8 = [562105.5, 580054)$	$u_{16} = [840944, 856888)$

Pada bagian ini akan dijabarkan langkah-langkah metode peramalan *fuzzy logical relationships* dengan klasifikasi menggunakan *automatic clustering*, (Cheng et al, 2016) sebagai berikut :

Langkah 1: menerapkan algoritma *automatic clustering* untuk klasifikasi histori data menjadi *interval* dan menghitung titik tengah setiap *interval*.

Langkah 2: Asumsikan terdapat n *intervals*, $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$. Lalu bentuk himpunan *fuzzy* A_i , dimana $1 \leq i \leq n$, sehingga akan terbentuk:

$$A_1 = 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_{n-1} + 0/u_n,$$

$$A_2 = 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_{n-1} + 0/u_n,$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + \dots + 0/u_{n-1} + 0/u_n,$$

$$\dots$$

$$A_n = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0.5/u_{n-1} + 1/u_n.$$

Langkah 3: fuzzifikasi setiap datum dari histori data menjadi himpunan *fuzzy*. Jika datum adalah u_i , dimana $1 \leq i \leq n$. Maka lakukan fuzzifikasi menjadi A_i .

Langkah 4: membangun *fuzzy logical relationship* berdasarkan hasil fuzzifikasi dari langkah 3. Jika hasil fuzzifikasi tahun t dan $t+1$

adalah A_j dan A_k . Maka *fuzzy logical relationship* yang dibangun adalah $A_j \rightarrow A_k$, dimana A_j disebut sebagai *current state* dan A_k sebagai *next state* di *fuzzy logical relationship*. Dalam *fuzzy logical relationship* dibagi menjadi kelompok-kelompok, dimana *current state* yang sama dimasukkan dalam satu kelompok.

Langkah 5: melakukan peramalan menggunakan prinsip-prinsip berikut :

Prinsip 1: jika fuzzifikasi tahun t adalah A_j dan ada *fuzzy logical relationship* di *fuzzy logical relationship group*, dengan kondisi:

$$A_j \rightarrow A_k \quad (2.3)$$

Nilai peramalan tahun $t+1$ adalah m_k , dimana m_k adalah titik tengataph dari *interval* u_k dan nilai maksimum keanggotaan himpunan *fuzzy* A_k dari *interval* U_k .

Prinsip 2: jika fuzzifikasi tahun t adalah A_j dan ada *fuzzy logical relationship* di *fuzzy logical relationship group*, dengan kondisi:

$$A_j \rightarrow A_{k1}(x_1), A_{k2}(x_2), \dots, A_{kp}(x_p), \quad (2.4)$$

Nilai peramalan tahun $t+1$ menggunakan:

$$\frac{x_1 \times mk_1 + x_2 \times mk_2 + \dots + x_p \times mk_p}{x_1 + x_2 + \dots + x_p}, \quad (2.5)$$

Dimana x_i adalah nomer dari *fuzzy logical relationship* dari $A_j \rightarrow A_k$ di *fuzzy logical relationship group*, $1 \leq i \leq n$. mk_1, mk_2, \dots, mk_p adalah titik tengah dari *interval* $u_{k1}, u_{k2}, \dots, u_{kp}$ dan nilai maksimum keanggotaan himpunan *fuzzy* $A_{k1}, A_{k2}, \dots, A_{kp}$ dari *interval* $U_{k1}, U_{k2}, \dots, U_{kp}$.

Prinsip 3: jika fuzzifikasi tahun t adalah A_j dan ada *fuzzy logical relationship* di *fuzzy logical relationship group*, dengan kondisi:

$$A_j \rightarrow \#, \quad (2.6)$$

Dimana nilai $\#$ adalah kosong. Nilai peramalan tahun $t+1$ adalah m_j , dimana m_j adalah titik tengah dari *interval* $t+1$ dan nilai maksimum keanggotaan himpunan *fuzzy* A_j dari *interval* U_j .

Dalam penerapan peramalan menggunakan *automatic clustering* dan *fuzzy logical relationship*, antara lain sebagai berikut :

Langkah 1:

Melakukan klasifikasi histori data menggunakan *automatic clustering*. Semisal nilai $p = 2$, maka hasil interval sebagai berikut:

$$\begin{aligned} u_1 &= [339227, 376202.78] & U_9 &= [580054, 643376] \\ u_2 &= [376202.78, 413178.57] & u_{10} &= [643376, 706698] \\ u_3 &= [413178.57, 472942.57] & u_{11} &= [706698, 719166.5] \\ u_4 &= [472942.57, 532706.57] & u_{12} &= [719166.5, 731635] \\ u_5 &= [532706.57, 538431.78] & u_{13} &= [731635, 778317] \\ u_6 &= [538431.78, 544157] & u_{14} &= [778317, 825000] \\ u_7 &= [544157, 562105.5] & u_{15} &= [825000, 840944] \\ u_8 &= [562105.5, 580054] & u_{16} &= [840944, 856888] \end{aligned}$$

Setelah dihitung nilai tengah m_i untuk setiap interval u_i dengan $1 \leq i \leq 16$, diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} m_1 &= 357714.9 & m_9 &= 611715 \\ m_2 &= 394690.7 & m_{10} &= 675037 \\ m_3 &= 443060.6 & m_{11} &= 712932.25 \\ m_4 &= 502824.6 & m_{12} &= 725400.75 \\ m_5 &= 535569.17 & m_{13} &= 753976.25 \\ m_6 &= 541294.39 & m_{14} &= 801658.75 \\ m_7 &= 553131.25 & m_{15} &= 832972 \\ m_8 &= 571079.75 & m_{16} &= 848916 \end{aligned}$$

Langkah 2:

Dari hasil klasifikasi Langkah 1, maka dapat didefinisikan himpunan *fuzzy* A_1, A_2, \dots, A_{16} . Sebagai berikut:

$$A_1 = 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_{n-1} + 0/u_{16},$$

$$A_2 = 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_{n-1} + 0/u_{16},$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + \dots + 0/u_{n-1} + 0/u_{16},$$

$$A_{16} = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0.5/u_{n-1} + 1/u_{16}.$$

Berdasarkan himpunan *fuzzy* kebutuhan hidup minimum provinsi Jawa Timur dapat difuzzifikasikan seperti Tabel 4.1. Sebagai contoh pada Tabel 2.3 data tahun 2005 adalah 339227 maka pada tahun itu terletak pada interval $u_1 = [339227, 367985.9)$, sehingga data tahun 2005 difuzzifikasi ke dalam A_1 .

Tabel 2.3. Hasil fuzzifikasi

Tahun	Jumlah (Rupiah)	Fuzzifikasi
2005	339227	A_1
2006	580054	A_9
2007	458755	A_3
2008	544157	A_7
2009	706698	A_{11}
2010	856888	A_{16}
2011	731635	A_{13}
2012	731635	A_{13}
2013	825000	A_{15}
2014	825000	A_{15}

Langkah 3:

Membangun *fuzzy logical relationship*. Semisal hasil fuzzifikasi kebutuhan hidup minimum provinsi Jawa Timur tahun 2005 dan 2006 adalah A_1 dan A_{11} . *Fuzzy logical relationship* yang terbentuk adalah " $A_1 \rightarrow A_{11}$ ". Dengan " A_1 " sebagai *current state* dan " A_{11} " sebagai *next state*. Pada Tabel 2.4 ditunjukkan hasil *fuzzy*

logical relationship kebutuhan hidup minimum provinsi Jawa Timur tahun 2005-2015.

Tabel 2.4. Fuzzy logical relationship kebutuhan hidup minimum provinsi Jawa Timur tahun 2005-2015

$A_1 \rightarrow A_9$
$A_9 \rightarrow A_3$
$A_3 \rightarrow A_7$
$A_7 \rightarrow A_{11}$
$A_{11} \rightarrow A_{16}$
$A_{16} \rightarrow A_{13}$
$A_{13} \rightarrow A_{13}$
$A_{13} \rightarrow A_{15}$
$A_{15} \rightarrow A_{15}$
$A_{15} \rightarrow \#$

Langkah 4:

Membangun hasil fuzzy logical relationship dari Langkah 3 menjadi kelompok-kelompok.

Tabel 2.5. Group fuzzy logical relationship kebutuhan hidup minimum provinsi Jawa Timur tahun 2005-2015

Group 1 : $A_1 \rightarrow A_9$
Group 2 : $A_3 \rightarrow A_7$
Group 3 : $A_7 \rightarrow A_{11}$
Group 4 : $A_9 \rightarrow A_3$
Group 5 : $A_{11} \rightarrow A_{16}$
Group 6 : $A_{13} \rightarrow A_{13}(1), A_{15}(1)$
Group 7 : $A_{15} \rightarrow A_{15}(1), \#$
Group 8 : $A_{16} \rightarrow A_{13}(1)$

Fuzzy logical relationship group “ $A_{15} \rightarrow A_{15}(1), \#$ ” (Group 6) menunjukkan ada fuzzy logical relationship:

$$A_{15} \rightarrow A_{15}.$$

$$A_{15} \rightarrow \#.$$

Langkah 5:

Pada bagian ini dilakukan peramalan sesuai dengan prinsip-prinsip Langkah 5. Semisal akan melakukan prediksi tahun 2006 maka melihat tahun sebelumnya yaitu 2005, berdasarkan Tabel 4.1. Tahun 2005 nilai fuzzifikasi kebutuhan hidup minimum adalah A_7 . Dari Tabel 4.3 fuzzy logical relationship “ $A_1 \rightarrow A_9$ ” pada Group 1. Nilai peramalan tahun 2006 adalah titik tengah dari A_9 , karena $A_9 = [580054, 643376]$ dan nilai tengah dari A_9 adalah 611715 maka hasil peramalan tahun 2006 adalah 611715. Diasumsikan akan melakukan prediksi tahun 2014, berdasarkan Tabel 2.3 tahun diketahui bahwa 2013 memiliki nilai fuzzifikasi A_{19} . Dari Tabel 2.4 fuzzy logical relationship “ $A_{15} \rightarrow A_{15}(1), \#$ ” pada Group 6. Peramalan kebutuhan hidup minimum tahun 2014 dapat dihitung sebagai berikut :

$$\frac{832972 \times 1 + 832972 \times 1}{1 + 1} = 832972$$

Didapatkan hasil peramalan tahun 2014 adalah 832972. Dengan cara yang sama untuk melakukan peramalan tahun 2015 juga melihat tahun sebelumnya yaitu tahun 2014.

Tabel 2.6. Hasil peramalan kebutuhan hidup minimum provinsi Jawa Timur

Tahun	Jumlah (Rupiah)	Peramalan
2005	339277	-
2006	580054	611715
2007	458755	443061
2008	544157	553131
2009	706698	712932
2010	856888	848916
2011	731635	754976
2012	731635	793974
2013	825000	793974
2014	825000	832972
2015	825000	832972

Mean Square Error (MSE) radalah suatu metode yang digunakan untuk mengukur selisih pangkat dua antara nilai hasil peramalan dan nilai sebenarnya (Qiu et al, 2015). Pada penelitian ini MSE digunakan sebagai parameter untuk mengukur nilai error, MSE digunakan karena dapat membentuk skala kemiripan hasil peramalan dengan data aktual (Qiu et al, 2015). Pada persamaan 2.7 ditunjukkan rumas MSE.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{nilai peramalan tahun ke } i - \text{nilai aktual tahun ke } i)^2}{n}, \tag{2.7}$$

Dimana n adalah jumlah keseluruhan tahun yang diramalkan.

Sedangkan untuk menghitung kedekatan antara data aktual dan hasil peramalan digunakan koefisien korelasi (r). Dalam melakukan perhitungan nilai r ditunjukkan dalam persamaan 2.8.

$$r = \frac{n(\sum \bar{Y}Y) - (\sum \bar{Y})(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum \bar{Y}^2) - (\sum \bar{Y})^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}} \tag{2.8}$$

Dimana :

- n = jumlah data.
- $\sum \bar{Y}$ = jumlah nilai dari variabel \bar{Y} .
- $\sum Y$ = jumlah nilai dari variabel Y.
- $\sum \bar{Y}^2$ = jumlah nilai dari variabel \bar{Y} pangkat 2.
- $\sum Y^2$ = jumlah nilai dari variabel Y pangkat 2.
- $(\sum \bar{Y})^2$ = jumlah nilai dari variabel \bar{Y} yang dipangkatkan 2.
- $(\sum Y)^2$ = jumlah nilai dari variabel Y yang dipangkatkan 2.
- $\sum \bar{Y}Y$ = jumlah hasil perkalian variabel \bar{Y} dan variabel Y.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dilakukan pengujian terhadap metode peramalan *fuzzy logical relationships* dan *automatic clustering*. Pengujian dilakukan terhadap nilai p dalam pembagian jumlah interval *automatic clustering*. Tabel 3.1 menunjukkan hasil peramalan ketola nilai $p = 2$.

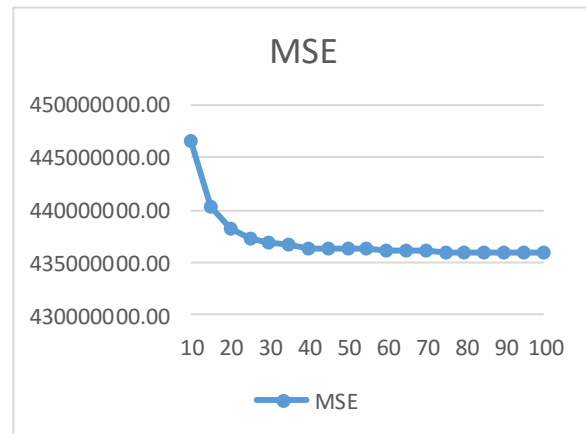
Tabel 3.1. Hasil peramalan ketika $p = 2$ dari *automatic clustering*

Tahun	Aktual	Peramalan
2006	580054	611715
2007	458755	443061
2008	544157	553131
2009	706698	712932
2010	856888	848916
2011	731635	754976
2012	731635	793974
2013	825000	793974
2014	825000	832972
2015	825000	832972
MSE		695238077

Dari hasil peramalan menunjukkan nilai MSE masih terbilang tinggi sehingga dilakukan pengujian terhadap nilai p . Tabel 3.2 menunjukkan hasil nilai MSE berdasarkan nilai p .

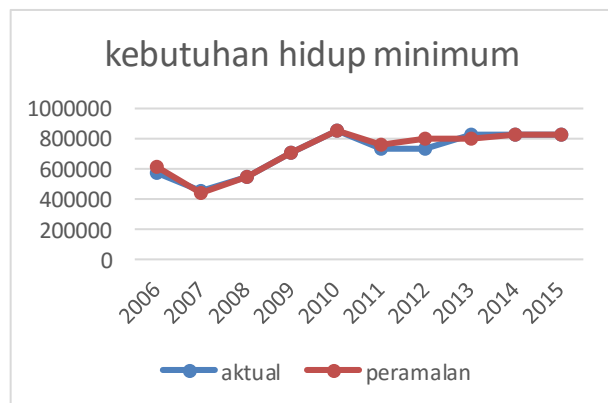
Tabel 3.2. Hasil nilai MSE berdasarkan nilai p dalam *automatic clustering*

Nilai P	MSE
10	446641356
15	440330664
20	438255481
25	437356023
30	436900406
35	436645507
40	436424904
45	436397083
50	436334824
55	436266661
60	436168766
65	436083668
70	436053461
75	436020525
80	436026655
85	436029069
90	435971361
95	435967283
100	435964587



Gambar 3.1. MSE berdasarkan nilai p dalam *automatic clustering*

Gambar 3.1 sumbu var ketika nilai $p = 100$, didapatkan hasil peramalan dari tahun 2005 sampai 2015 antara lain : 580687, 459197, 544336, 706823, 856729, 778631, 778631, 825159, 825159. Selain itu hasil peramalan tahun 2016 adalah 825159 dan nilai memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0.987072916. Gambar 3.2 menunjukkan *plot* perbedaan antara data aktual dan peramalan.



Gambar 3.2. Perbandingan nilai aktual dengan hasil peramalan

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa Metode *automatic clustering* dapat diterapkan untuk mengklasifikasikan data kebutuhan hidup minimum (KHM) menjadi *interval*. Nilai $p = 100$ memberikan nilai MSE terkecil yaitu 435964587. Metode *fuzzy logical relationship* dapat diterapkan pada peramalan kebutuhan hidup minimum. Pada tahun 2016 didapatkan nilai peramalan sebesar 825159. Berdasarkan hasil peramalan nilai akurasi yang didapatkan tinggi, memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0.987072916.

Penelitian selanjutnya akan menerapkan algoritma heuristic seperti particle swarm optimization yang terbukti bisa digunakan untuk meningkatkan akurasi hasil clustering (Wahyuni dkk., 2016)

5. DAFTAR PUSTAKA

- Askari, S., Montazerin, N. Dan Zarandi, M.H.F., 2015. A clustering based forecasting algorithm for multivariable fuzzy time series using linear combinations of indepent variables. *Applied Soft Computing*, 35, 151-160.
- Aznarte, J.L., Fdez, J.A. Azofra, A.A. dan Benitez, J. M., 2012. Financial time series forecasting with a bio-inspired fuzzy model. *Expert Systems with Applications*, 39, 12302-12309.
- Badan Pusat Statistika, 2016. [data] Kebutuhan hidup minimum (online). Tersedia di: <<http://https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1212/>> [Diakses 26 juli 2016]
- Chen, S.M. dan Chen, C.D., 2011. Handling forecasting problems based on high-order fuzzy logical relationships. *Expert Systems with Applications*, 38, 3856-3864.
- Chen, S.M. dan Chen, S.W., 2015. Fuzzy forecasting based on two-factors second-order fuzzy-trend logical relationship group and the probabilites of tren of fuzzy logical relationships. *IEEE Transactions on Cybernetics*, Vol 45, No. 3.
- Chen, S.M. dan Tunawijaya, K., 2011. Multivariate fuzzy forecasting based on fuzzy time series and automatic clustering technique. *Expert System with Applications*, 38, 10594-10605.
- Cheng, S.H., Chen, S.M. dan Jian, W.S., 2015. A novel fuzzy time series forecasting method based on fuzzy logical relationships and similarity measures. *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 978(1), 4799-8697.
- Cheng, S.H., Chen, S.M. dan Jian, W.S., 2016. Fuzzy time series forecasting based on fuzzy logical relationships and similarity measures. *Information Sciences*, 327, 272-287.
- Garcia, A.J. dan Flores, W.G., 2016. Automatic clustering using nature-inspired metaheuristics : a survey. *Applied Soft Computing*, 41, 192-213.
- Hung, W.H. dan Kang, S.C.J., 2014. Automatic clustering method for real-time contruction simulation. *Advanced Engineering Informatic*, 28, 138-152.
- Liu, T.K., Chen, Y.P. dan Chou, J.H., 2011. Extracting fuzzy relations in fuzzy time series model based on approximation concepts. *Expert Systems with Applications*, 2011, 11624-11629.
- Qiu, W., Liu, X. dan Li, H., 2011. A generalized method for forecasting based on fuzzy time series. *Expert Systems with Applications*, 38, 10446-10453.
- Qiu, W., Zhang, P. dan Wang, Y., 2015. Fuzzy time series forecasting model based on automatic clustering techniques and generalized fuzzy logical relationship. *Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering*, 962597.
- Republik Indonesia. 2012. *Undang-Undang No. 13 Tahun 2012 Tentang Komponen dan Pelaksanaan Tahapan Pencapaian Kebutuhan Hidup Layak*. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI Tahun 2015, No. 13. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Saha, S. dan Bandyopadhyay, S., 2013. A generalized automatic clustering algorithm in a multiobjective framework. *Applied Soft Computing*, 13, 89-108.
- Song, Q. dan Chissom, B.S., 1993. Fuzzy time series and its models. *Fuzzy time series*, Vol. 54, Issue 3.
- Song, Q. dan Chissom, B.S., 1993. Forecasting enrollment with fuzzy time series – part I. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 54, Issue 1.
- Song, Q. dan Chissom, B.S., 1994. Forecasting enrollments with fuzzy time series – part II. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 62, Issue 1.
- Wahyuni, I, Auliya, YA, Rahmi, A & Mahmudy, WF 2016, 'Clustering Nasabah Bank Berdasarkan Tingkat Likuiditas Menggunakan Hybrid Particle Swarm Optimization dengan K-Means', *Jurnal*

Ilmiah Teknologi dan Informasi ASIA (JITIKA), vol. 10, no. 2, pp. 24-33.

Wang, G.P., Chen, S.Y., Yang, X. dan Liu, Jun., 2014. Modeling and analyzing of conformity behavior : A fuzzy logic approach. *Optik*, 125, 6594-6598.

Wang, W. dan Liu, X., 2015. Fuzzy forecasting based on automatic clustering and axiomatic fuzzy set classification. *Information Sciences*, 294, 78-94.

OPTIMASI KOMPOSISI MAKANAN UNTUK ATLET ENDURANCE MENGUNAKAN METODE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

Zilfikri Yulfiandi Rachmat¹, Dian Eka Ratnawati², Achmad Arwan³

^{1,2,3} Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya ²Afiliasi Penulis Dua
Email: ¹zilfikriyr@gmail.com, ²dian_ilkom@ub.ac.id, ³arwan@ub.ac.id

(Naskah masuk: 20 Mei 2016, diterima untuk diterbitkan: 20 Juni 2016)

Abstrak

Olahraga adalah aktivitas yang tidak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari sebagian besar masyarakat karena dapat menjaga kesehatan tubuh. Salah satu jenis dari olahraga adalah olahraga Endurance (ketahanan). Olahraga ini di tiap tahunnya mengalami peningkatan jumlah atlet yang berpartisipasi. Saat perlombaan atau turnamen olahraga, selain latihan yang rutin, komposisi makanan yang tepat adalah salah satu faktor yang menunjang performa atlet agar menjadi lebih baik. Pada penelitian ini menggunakan metode PSO (Particle Swarm Optimization) untuk menentukan kombinasi bahan makanan untuk memenuhi kebutuhan gizi atlet olahraga endurance dalam sehari. Total bahan makanan yang digunakan sebanyak 125 bahan dan tiap makanan memiliki kandungan gizi berupa protein, lemak, dan karbohidrat. Untuk setiap partikel dalam metode PSO mengandung 14 bahan makanan dengan direpresentasikan nomor bahan makanan dari tabel database bahan makanan. Dari hasil pengujian parameter metode PSO pada penelitian ini diperoleh ukuran populasi terbaik sebesar 200 partikel, jumlah iterasi terbaik sebanyak 80, dan kombinasi nilai C1 dan C2 adalah 1 dan 1. Hasil dari uji coba studi kasus, dapat disimpulkan bahwa sistem dapat memberikan hasil rekomendasi menu makanan yang baik, yaitu yang masih dalam batas toleransi $\pm 10\%$ selisih kecukupan kebutuhan gizi untuk atlet olahraga Endurance.

Kata Kunci: Particle Swarm Optimization, PSO, Komposisi Makanan, Atlet, Olahraga Endurance.

Abstract

Sport is an activity that can't be separated from daily life because their benefits for health. Endurance sport is one of the sport's variety. Nowadays, People that interested in Endurance sport are increasing. Thus, when the tournament season or competition are coming, the food compositions for diet are one of factors that had a necessary role for increasing the performance of an athlete in a daily occasion. This research used 125 of foods and each of it contained different proportion of nutritions included protein, fat, and carbohydrate. For each particles in PSO methode contained 14 different food ingredients that will be represented with index based on the database of this research. The giving result of PSO method's testing that has been conducted are 200 particles for best population, 80 iterations, and the combination for C1 and C2 is 1 and 1. From those result can be concluded that the system of this research able to give a fitting recommendation of food composition, by using the $\pm 10\%$ of tolerance limit of nutrition difference between athlete's nutrition needs and nutrition recommendation from the system.

Keywords: Particle Swarm Optimization, PSO, Food Composition, Athlete, Endurance Sport.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Makanan adalah sumber utama manusia untuk mendapatkan energi dan juga kebutuhan akan gizi untuk berkembang menjadi lebih baik. Ada banyak macam kandungan yang diperlukan manusia yang bisa diperoleh dari makanan seperti karbohidrat, vitamin, lemak, protein dan sebagainya. Sumber makanan pun juga banyak seperti buah-buahan, umbi-umbian, sayuran-sayuran, dan atau yang berasal dari hewan atau biasa disebut hewani.

Kandungan tiap jenis makanan pun tentunya berbeda-beda, oleh karena itu pentingnya mengatur apa yang kita makan agar memenuhi kebutuhan

kalori atau gizi bisa tercakupi. Selain mengatur komposisi makanan, perlu diperhatikan juga porsi makanan yang akan dikonsumsi, diusahakan agar tidak terlalu banyak atau terlalu sedikit dari yang seharusnya dibutuhkan. Dengan kandungan dan porsi yang benar dan cukup inilah yang menjadi sebuah diet yang optimal.

Diet yang optimal ini diperlukan semua orang, khususnya mereka yang merupakan seorang Atlet. Atlet adalah seseorang yang bertanding dalam sebuah perlombaan fisik, Atlet ada yang amatir dan juga yang profesional. Latihan dan perlombaan mewajibkan para Atlet untuk selalu mengatur pola makan, terutama ketika mendekati perlombaan dan ketika lomba itu berlangsung. Rutinitas Atlet secara fisik pada umumnya lebih berat dibandingkan

mereka yang non-Athlet atau berolahraga hanya di waktu luang.

Parameter untuk diet yang optimal dengan komposisi makanan seringkali menggunakan batasan harga dari makanan tersebut. Harga makanan yang bervariasi dan juga jumlah yang dibutuhkan perlu dalam kuantitas tertentu menjadi pertimbangan untuk selalu mencari harga termurah tapi mendapatkan komposisi makanan yang baik untuk diet yang optimal.

Athlet pun memiliki bervariasi jenis olahraga, mulai dari Atlet lari maraton, renang, bulu tangkis, angkat besi dan lain sebagainya. Olahraga yang ditekuni para Atlet pun memiliki kriteria dan kebutuhan yang berbeda, dan pengkategorian jenis olahraga cenderung berdasarkan pada aspek apa olahraga tersebut sangat dibutuhkan. *Endurance* adalah aspek olahraga yang menjadi pembahasan sekarang, salah satu komponen dari kebugaran fisik, sehingga sebagian besar Atlet harus memiliki otot yang kuat dan *cardiorespiratory* (daya tahan jantung dan paru-paru) ditingkatkan tertentu untuk bisa melakukan olahraga yang *Endurance* adalah aspek utamanya (Fink, et al., 2011). Contoh Atlet *Endurance* ini adalah pelari, pesepeda, perenang dan olahraga yang memerlukan stamina untuk jangka waktu tertentu. Kebutuhan gizi Atlet *Endurance* ini tentu berbeda dengan Atlet *Power* dan lainnya. Atlet *Endurance* memerlukan karbohidrat dan lemak cadangan yang bisa bertahan sehingga bisa diolah lebih lama, atau menjadi cadangan energi yang diperlukan untuk penggunaan yang tidak sebentar pula.

Durasi olahraga yang lama inilah yang menyebabkan seorang Atlet memerlukan kalori yang banyak sehingga mereka tidak kehabisan energi ketika bertanding. Komposisi makanan yang benar dan juga porsi yang cukuplah yang menjadi pendukung performa seorang Atlet disamping olahraga yang teratur. Diet dan atau komposisi makanan yang baik juga akan menjadi energi cadangan yang baik.

Banyak metode yang bisa digunakan untuk menghitung atau melakukan optimasi komposisi makanan, salah satunya adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO). PSO adalah sebuah metode dalam bidang Algoritma Evolusi yang diciptakan oleh Kennedy dan Eberhart pada tahun 1995. Algoritma ini terinspirasi oleh sekumpulan hewan, atau biasa disebut *swarm*, yang sedang mencari makanan, contohnya burung atau ikan. Kawan hewani ini akan bergerak secara bersamaan dalam suatu daerah untuk mencari letak pasti makanan, ketika salah satu individu menemukan lokasi makanan terdekat maka hewan lainnya akan mengikuti arah hewan yang sudah menemukan makanan tersebut. Jadi, penjelasan singkat tersebut menyatakan bahwa ketika ada hewan yang sudah menemukan makanan, maka hewan tersebutlah yang akan menjadi pusat dari hewan-hewan lainnya, atau

dialah yang memiliki nilai *fitness* terbaik. Nilai *fitness* adalah nilai yang menjadi bobot untuk menentukan sebuah solusi permasalahan. (Retno Putri, I., 2015)

Berdasarkan uraian tersebut diatas, maka diusulkan sebuah optimasi komposisi makanan untuk atlet *Endurance* menggunakan metode *Particle Swarm Optimization*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang ada pada penelitian ini berdasarkan latar belakang diatas adalah:

Bagaimana menggunakan parameter *Particle Swarm Optimization* untuk melakukan optimasi menu makanan pada Atlet olahraga *Endurance*?

Apakah dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* sistem mampu memberikan komposisi makanan yang baik?

1.2 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah di penulisan ini adalah:

1. Data Atlet dan komposisi makanan yang ada, adalah hasil secara umum dan tidak khusus atau spesifik, sehingga tentu saja akan ada beberapa perbedaan pada kondisi riil yang akan diabaikan.
2. Penelitian ini hanya mengoptimasi komposisi makanan dan bukan dalam bentuk menu makanan siap saji.
3. Atlet olahraga *Endurance* dalam penelitian ini diasumsikan tidak memiliki alergi terhadap makanan tertentu.
4. Kandungan gizi yang diperhitungkan hanya karbohidrat, protein, dan lemak.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Atlet Olahraga *Endurance*

Atlet *Endurance* adalah Atlet yang sedang melakukan aktifitas olahraga *Endurance* berkisar antara 30 menit hingga 4 jam. Untuk mereka yang beraktifitas lebih dari 4 jam disebut dengan Atlet *Ultra-Endurance*. Dikarenakan durasi dan sifat kontinyu dari olahraga ini kebutuhan mereka akan kalori tidak hanya ketika kompetisi sedang berlangsung, namun ketika sedang latihan pula. Sekitar 8.000 Kalori diperlukan tiap hari untuk Atlet ini ketika mereka melakukan rutinitasnya. Kebutuhan yang besar ini lah yang membuat seorang Atlet olahraga *Endurance* tidak bisa hanya memilih makanan begitu saja, namun komposisi dan waktu makan juga sangatlah krusial bagi kondisi mereka. (Fink, et al., 2011). Beberapa contoh atlet yang termasuk dalam kategori atlet olahraga *endurance*

adalah atlet olahraga lari maraton, sepeda, renang, tenis, dan bulutangkis.

2.2. Asupan Energi untuk Atlet Olahraga *Endurance*

Energi adalah sumber utama tubuh sebagai asupan untuk proses metabolisme di tubuh. Satuan yang digunakan dalam menghitung energi adalah kilokalori (kcal) dan kalori (kal), satuan ini biasa digunakan dalam perhitungan REE (*Resting Energy Expenditure*). Banyaknya energi yang berasal dari asupan makanan harus disesuaikan dengan kebutuhan energi yang digunakan oleh tubuh tiap harinya (Supriasa dalam Suci, 2015).

Menyeimbangkan energi yang diasup dengan energi yang digunakan tiap harinya adalah hal yang harus diperhatikan oleh para Atlet *endurance*. Lamanya latihan dan juga jarak yang harus ditempuh dalam latihan maupun kompetisi menjadikan kebutuhan akan kalori sangatlah besar. Jika kalori tidak terpenuhi maka dapat mengakibatkan performa olahraga menurun dan memburuk. Persamaan untuk memperkirakan total energy atau REE yang diperlukan oleh Atlet *Endurance* bisa dilihat pada persamaan 2.1 hingga 2.6 yang didapatkan dari WHO (Fink, et al., 2011)

Laki – laki (10 – 18 tahun) : $REE = (17,5 \times BW) + 651$

(2.1)

Laki – laki (18 – 30 tahun) : $REE = (15,3 \times BW) + 679$

(2.2)

Laki – laki (30 – 60 tahun) : $REE = (11,6 \times BW) + 879$

(2.3)

Perempuan (10 – 18 tahun) : $REE = (12,2 \times BW) + 749$

(2.4)

Perempuan (18 – 30 tahun) : $REE = (14,7 \times BW) + 496$

(2.5)

Perempuan (30 – 60 tahun) : $REE = (8,7 \times BW) + 829$

(2.6)

Setelah mendapatkan nilai REE, selanjutnya menghitung nilai total kebutuhan kalori yang diperlukan.

Total energi : $REE \times \text{Faktor aktivitas}$ (2.7)

Keterangan :

- REE (*Resting Energy Expenditure*) = Jumlah energi yang dibutuhkan oleh Atlet
- BW (*Body Weight*) = Berat badan Atlet dalam satuan kilogram
- Faktor aktivitas untuk olahraga *endurance* berkisar antara 1,6 – 2,4 (Fink, et al., 2011)

Untuk nilai dari faktor aktifitas dijelaskan di tabel 1.

Tabel 1. Faktor Aktifitas Atlet Olahraga *Endurance*

Level Aktivitas	Faktor Aktivitas
Pelaku olahraga secara umum (latihan 10 - 12 jam tiap minggu) (Pemula)	1,6
Atlet amatir (latihan 12 - 20 jam tiap minggu)	2
Atlet profesional (latihan > jam tiap minggu)	2,4

Setelah menghitung asupan kalori yang diperlukan oleh atlet olahraga *endurance* selanjutnya dapat dihitung kebutuhan gizi atlet. Berdasarkan hasil konsultasi dengan ahli gizi, persentase kebutuhan gizi berupa karbohidrat, protein, dan lemak dari total kebutuhan kalori dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Gizi Atlet Olahraga *Endurance*

Karbohidrat	Protein	Lemak
65%	15%	20%

2.3. Particle Swarm Optimization

Algoritma PSO pertama kali dikenalkan pada tahun 1995 oleh Kennedy dan Eberhart (Dhanasaputra dan Santosa, 2012). Proses dari PSO ini diawali dengan inisialisasi sebuah populasi yang terdiri dari berbagai macam partikel yang akan diinisialisasikan pula secara *random*, hasil dari proses tersebut adalah memperbaiki partikel, yang sebelumnya sudah dipilih sebagai yang terbaik, untuk beberapa iterasi tertentu. Secara teori PSO memiliki *memory* untuk menyimpan solusi terbaik yang sudah didapatkan dari hasil pemilihan partikel. Partikel yang ada di PSO juga tidak akan menghilang setelah melakukan proses dalam sebuah iterasi, tapi mereka akan terus ada dan akan terupdate nilai-nilainya. Nilai yang ada pada sebuah partikel di PSO adalah posisi dan kecepatan, yang nantinya akan selalu berubah setiap iterasi atau iteratif.

Algoritma ini bisa diumpamakan, bahkan terinspirasi oleh, sebuah tingkah laku sosial sekawanan burung atau ikan yang sedang mencari makanan. Misal, ada sekawanan burung yang sedang mencari makanan di sebuah daerah, tapi kawanan burung tersebut tidak tahu lokasi pasti dari makanan yang ada. Sehingga, tiap partikel tersebut akan terbang dengan jarak tertentu antar partikel agar pencarian makanan di daerah tersebut ditemukan dan ketika salah satu partikel menemukan makanan maka kawanan itu akan terbang dengan burung yang menemukan makanan sebagai pusat arah terbang. (Retno Putri, I., 2015)

Dari penjelasan tersebut, bisa diumpamakan burung-burung tersebut adalah partikel-partikel yang tiap partikel memiliki memory untuk mengingat posisi dan kecepatan terbang mereka. Untuk setiap pencarian akan menjadi sebuah iterasi, sedangkan partikel yang mengetahui lokasi makanan atau pusatnya akan menjadi nilai *fitness* terbaik dari iterasi tersebut.

Pada PSO yang akan diimplementasikan pada penelitian ini, suatu partikel atau solusi memiliki tiga vektor dan juga terdapat 2 nilai *fitness* yang berbeda. Vektor tersebut adalah *X*, *P*, dan *V*. Vektor *X* adalah vektor yang menyimpan nilai posisi sebuah partikel ketika sedang melakukan pencarian, $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$. Vektor *P* adalah vektor yang nantinya akan menyimpan posisi terbaik dari keseluruhan posisi partikel yang ada, $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD})$. Sedangkan Vektor *V* adalah vektor yang berisi *gradient* atau arah yang menyatakan kemana partikel akan terbang, $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})$. Dua *fitness* yang ada berasal dari Vektor *X* dan Vektor *P* sebagai *fitness* pertama atau *Fitness X* dan *Fitness P* yang berasal dari Vektor *P*. Dalam perhitungan PSO juga terdapat beberapa variabel yang nantinya akan digunakan, yaitu *r1*, *r2*, *C1*, dan *C2*. *r1* dan *r2* adalah variabel berisikan nilai acak antara 0 dan 1 yang dibangkitkan di setiap iterasi. Sedangkan variabel *C1* dan *C2* adalah dua nilai yang disebut *cognitive* dan *social acceleration coefficients*. (Tri Rahajoeningroem, 2015).

3. METODOLOGI

Metodologi penelitian menjelaskan metode yang digunakan serta langkah – langkah yang dilakukan dalam optimasi komposisi makanan untuk atlet olahraga *endurance* dengan menggunakan algoritma genetika.

3.1 Data Penelitian

1. Data bahan makanan yang didapatkan dari data penelitian yang dilakukan oleh Rianawati pada tahun 2015. Data tersebut diperoleh oleh peneliti sebelumnya melalui Tabel Komposisi Makanan Indonesia yang dikeluarkan oleh Departemen Kesehatan RI serta program nutrien survey gizi Universitas Brawijaya.
2. Data responden atlet olahraga *endurance* yang didapatkan melalui proses wawancara terhadap pelatih salah satu atlet olahraga *endurance*. Data yang didapatkan dari kuesioner tersebut nantinya akan digunakan dalam proses pengujian sistem.

3.2 Siklus Penyelesaian Masalah Menggunakan Particle Swarm Optimization

Berikut adalah tahapan - tahapan pada proses optimasi dengan menggunakan Particle

Swarm Optimization :

1. Inisialisasi parameter awal yang meliputi :
 - a. Parameter *C1* & *C2*.
 - b. Parameter *r1* & *r2*.
 - c. Parameter *Particle Swarm Optimization*.
2. Membangkitkan populasi awal sebanyak populasi yang ditentukan pada proses inisialisasi parameter. Pada proses tersebut, indeks bahan makanan secara acak akan dimasukkan dalam partikel sebanyak 14 bahan makanan. Contoh pembangkitan populasi awal dengan 5 populasi dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Contoh 5 populasi awal

		P1	P2	P3	P4	P5
Pagi	PK	18	6	20	18	6
	N	6	15	11	21	22
	S	7	23	10	24	3
	H	23	18	11	5	13
	PL	20	12	14	20	24
Siang	PK	13	6	7	22	17
	N	3	2	6	7	24
	S	8	19	24	10	16
	H	6	27	7	20	24
	PL	8	23	6	14	10
Malam	PK	23	5	2	15	3
	N	9	20	3	5	2
	S	19	18	8	16	3
	PL	16	2	18	13	23

3. Melakukan perhitungan *fitness* untuk tiap partikel. Perhitungan nilai *fitness* dilakukan untuk mengetahui nilai setiap individu terhadap pelanggaran atau penalti. Semakin besar nilai *fitness* yang dimiliki oleh suatu individu maka semakin baik solusi yang diberikan oleh partikel tersebut (Nurvenus, 2015). Pada penelitian ini, rumus *fitness* yang digunakan adalah *fitness* untuk masalah pencarian nilai minimum. Persamaan dari nilai *fitness* tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.1 berikut:

$$Fitness = 10000 / (Penalti + Total Harga) \tag{3.1}$$

Pada persamaan di atas, konstanta yang digunakan pada nilai *fitness* adalah 10000 karena rentang harga bahan makanan berkisar antara ribuan hingga belasan ribu. Total penalti terdiri atas penalti kalori, karbohidrat, protein, dan lemak yang merupakan selisih dari kebutuhan gizi atlet dengan kandungan gizi bahan makanan pada satu individu yang akan dikalikan dengan nilai prioritas masing-masing. Total harga merupakan penjumlahan dari seluruh harga bahan makanan pada satu individu dan akan dikalikan dengan nilai 0.5 untuk mengurangi efek dari total harga tersebut.

4. Menentukan *pBest*. Penentuan *pBest* dilakukan

dengan membandingkan *fitness* partikel yang sudah ada dengan partikel hasil dari *Position*. Nilai *fitness* yang dipilih adalah nilai *fitness* yang terbesar dari semua partikel yang ada dalam 1 iterasi.

5. Menentukan *gBest*. Penentuan *gBest* adalah dengan membandingkan semua nilai *fitness pBest*. Nilai *gBest* akan diupdate jika ditemukan nilai *pBest* yang lebih baik dari sebelumnya atau yang terbaik dari keseluruhan nilai *pBest* yang ada.
6. Melakukan update nilai *Velocity*. Perhitungan *velocity* adalah tahap pertama dalam perhitungan *Particle Swarm Optimization* di tiap iterasi sebelum melakukan kalkulasi *Position*, *velocity* merupakan fungsi kecepatan sebuah partikel untuk menentukan kemana posisi selanjutnya yang akan dikalkulasi dalam sebuah partikel. Rumus dari kalkulasi *velocity* dapat dilihat pada persamaan 3.2 berikut:

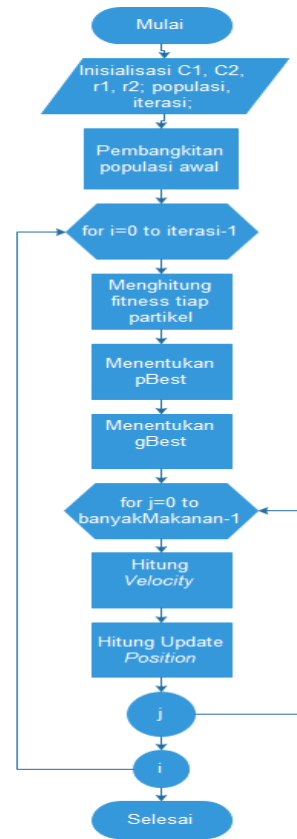
$$v_{id}(t + 1) = v_{id} + c_1r_1(p_{id}(t) - x_{id}(t)) + c_2r_2(p_{gd}(t) - x_{gd}(t)) \tag{3.2}$$

7. Melakukan update *Position*. Menghitung *Position* adalah kalkulasi untuk menentukan letak posisi indeks makanan yang ada di partikel, untuk melakukan kalkulasi dan update posisi baru adalah dengan menambahkan *velocity* atau kecepatan yang sudah dihitung untuk tiap partikel dijumlah dengan *current position* atau posisi sebelumnya, lalu nilai dari posisi tersebut akan dibulatkan. Posisi baru ini nantinya akan menjadi partikel yang akan dibandingkan *fitness*nya dengan *fitness* dari partikel sebelumnya, dan yang terbaik akan menjadi *pBest*. Persamaan 3.3 menjelaskan rumus tentang update *Position*

$$x_{id}(t + 1) = x_{id}(t) + v_{id}(t+1) \tag{3.3}$$

8. Mengulangi langkah 3-7 sejumlah partikel yang ada.
9. Melakukan iterasi hingga kondisi berhenti tercapai dengan hasil berupa partikel terbaik dari seluruh iterasi atau iterasi.

Flowchart untuk tahapan – tahapan pada *Particle Swarm Optimization* dapat dilihat pada Gambar 1.



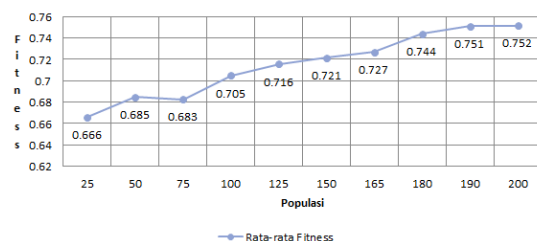
Gambar 1. Flowchart PSO

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian yang dilakukan terdiri atas uji coba ukuran populasi, uji coba banyaknya iterasi, uji coba kombinasi *C1* dan *C2*, dan uji coba sistem. Data atlet yang digunakan adalah atlet berjenis kelamin laki – laki berusia 20 tahun dengan jenis atlet amatir dan berat badan 55 kg. Bahan makanan yang digunakan untuk pengujian adalah 125 data bahan makanan.

4.1 Hasil dan Analisa Uji Coba Ukuran Populasi

Uji coba ukuran populasi dilakukan untuk melihat pengaruh ukuran populasi terhadap nilai *fitness*. Jumlah populasi adalah dari 25 hingga 200 partikel. Banyaknya iterasi yang digunakan dalam uji coba adalah 20 dengan nilai *C1* = 1 dan nilai *C2* = 1. Banyak populasi yang digunakan secara berurutan adalah 25, 50, 75, 100, 125, 150, 165, 180, 190, 200. Dari data hasil percobaan dapat dibuat sebuah grafik untuk melihat pengaruh perubahan ukuran populasi terhadap nilai *fitness* seperti pada Gambar 2.



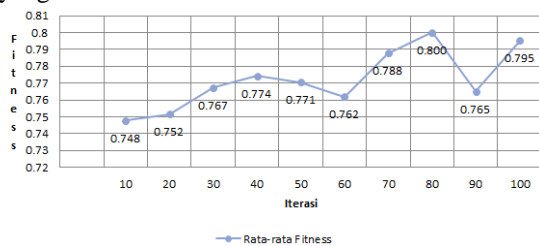
Gambar 2. Hasil Uji Coba Ukuran Populasi

Dari hasil uji coba banyak populasi nilai fitness terendah ada pada populasi terkecil yaitu 25 dengan nilai rata-rata fitness 0.666208 dan tertinggi ada pada populasi 200 dengan nilai rata-rata fitness 0.75155. Dari gambar 2. bisa disimpulkan bahwa semakin banyak populasi yang ada semakin tinggi nilai fitness didapatkan, meskipun pada populasi ukuran populasi ke-3 terdapat penurunan tapi nilainya tidak signifikan. Peningkatan yang terjadi dikarenakan semakin banyak populasi, maka semakin besar ruang lingkup pencarian dan variasi nilai fitness.

4.2 Hasil dan Analisa Uji Coba Banyaknya Iterasi

Uji coba banyaknya iterasi dilakukan untuk melihat pengaruh banyaknya iterasi terhadap nilai fitness yang dihasilkan. Jumlah iterasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kelipatan 10 mulai dari 10 hingga 100 iterasi. Untuk setiap jumlah iterasi dilakukan percobaan sebanyak 10 kali. Dalam uji coba, ukuran populasi yang digunakan adalah hasil terbaik dari pengujian banyak populasi yaitu ukuran populasi 200 dengan C1 = 1 dan C2 = 1.

Dari data hasil percobaan dapat dibuat sebuah grafik untuk melihat pengaruh perubahan banyaknya iterasi terhadap nilai fitness seperti pada Gambar 3. Rata – rata fitness terendah berada pada iterasi pertama yaitu 10 iterasi dengan nilai rata – rata fitness 0,747836 dan rata – rata fitness tertinggi berada pada iterasi ke-8 yaitu 80 iterasi dengan rata – rata nilai fitness 0,800163. Berdasarkan grafik pada Gambar 3, nilai rata-rata fitness tidak stabil mulai dari iterasi pertama hingga terakhir, meskipun begitu nilai rata-rata fitness antar pengujian tidak memiliki selisih nilai yang signifikan terkecuali fitness rata-rata percobaan ke-8. Bisa disimpulkan bahwa banyaknya iterasi yang dilakukan tidak berpengaruh besar terhadap nilai fitness selama iterasi yang dilakukan tidak terlalu minimalis, hal ini bisa dikarenakan nilai random dari setiap iterasi yang selalu berubah-ubah.

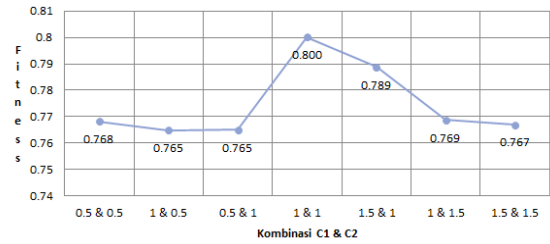


Gambar 3. Hasil Uji Coba Jumlah Generasi

4.3 Hasil dan Analisa Uji Coba Kombinasi C1 dan C2

Uji coba kombinasi C1 dan C2 dilakukan untuk mengetahui kombinasi C1 dan C2 yang tepat untuk menghasilkan solusi terbaik. Ukuran populasi yang digunakan berjumlah 200 dengan iterasi sebanyak

80 sesuai dengan hasil terbaik pada uji coba banyak populasi dan uji coba banyaknya iterasi. Pengujian kombinasi C1 dan C2 dilakukan sebanyak 10 kali tiap kombinasi dengan nilai C1 dan C2 secara berurutan adalah 0.5 & 0.5, 1 & 0.5, 0.5 & 1, 1 & 1, 1.5 & 1, 1 & 1.5, 1.5 & 1.5. Dari data hasil percobaan dapat dibuat sebuah grafik untuk melihat pengaruh kombinasi C1 dan C2 terhadap nilai fitness seperti pada Gambar 4.

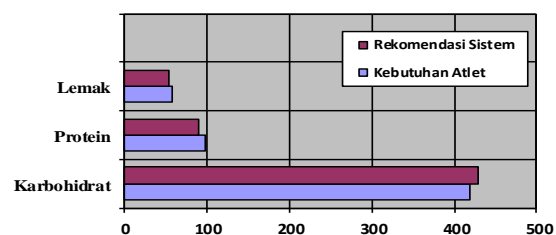


Gambar 4. Hasil Uji Coba Kombinasi C1 dan C2

Berdasarkan grafik pada Gambar 4., kombinasi C1 dan C2 yang digunakan dalam uji coba menghasilkan rata – rata fitness yang terpola. Rata – rata fitness terendah didapatkan pada kombinasi C1 = 1 dan C2 = 0.5 dengan rata – rata fitness 0,764881. Untuk rata – rata fitness terbaik didapatkan pada kombinasi C1 = 1 dan C2 = 1 dengan rata – rata fitness 0,800163. Pola yang ada pada gambar 4. menunjukkan ketika nilai kombinasi tersebut mendekati 2 dengan nilai masing-masing 1 maka nilai fitness menjadi lebih tinggi. Sedangkan nilai rata-rata fitness sebagian besar tidak memiliki selisih nilai yang signifikan dibandingkan satu dengan yang lainnya, terkecuali nilai fitness yang tertinggi.

4.4 Hasil dan Analisa Uji Coba Sistem

Uji Coba sistem dilakukan untuk membandingkan nilai gizi dari rekomendasi menu makanan yang dihasilkan oleh sistem dengan kebutuhan gizi atlet yang seharusnya berdasarkan rumus perhitungan kebutuhan gizi atlet olahraga endurance. Batas toleransi nilai gizi yang ditetapkan oleh ahli gizi untuk menu makanan yang direkomendasikan adalah ±10% dari kebutuhan gizi atlet olahraga endurance. Hasil uji coba sistem dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Hasil Uji Coba Sistem

Berdasarkan Gambar 5, hasil uji coba sistem memberikan rekomendasi menu makanan dengan 5 komposisi makanan pertama adalah untuk makan pagi, 5 berikutnya untuk makan siang dan 4 terakhir untuk makan malam. Masing – masing makanan pokok memiliki berat sebanyak 180 gram, sumber nabati sebesar 50 gram, sumber hewani sebesar 80 gram, sayuran sebesar 200 gram, dan pelengkap sebesar 150 gram.

Untuk data nilai kebutuhan gizi atlet dan nilai gizi menu makanan yang direkomendasikan oleh sistem dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pemenuhan Gizi dari Sistem

	Kalori (Kal)	Karbohidrat (gram)	Protein (gram)	Lemak (gram)
Kebutuhan gizi atlet	2581.60	419.51	96.81	57.36
Hasil rekomendasi sistem	2425.6	428.29	88.69	54
% Selisih nilai gizi	6.04 %	2.09 %	5.87 %	8.37 %

Berdasarkan Tabel 4, Nilai selisih dari kebutuhan kalori dan rekomendasi sistem adalah 6.04 %, karbohidrat 2.09 %, Protein 5.87 %, dan Lemak 8.37 %. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai gizi dari menu makanan yang direkomendasikan oleh sistem masih dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh ahli gizi yaitu $\pm 10\%$ dari kebutuhan gizi atlet olahraga endurance.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis pada penelitian skripsi berjudul “Optimasi Komposisi Makanan untuk Atlet *Endurance* Menggunakan Metode *Particle Swarm Optimization*” maka menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil terbaik dari pengujian parameter metode *Particle Swarm Optimization* pada uji coba populasi, uji coba iterasi, dan uji coba kombinasi C1 & C2 yaitu 200 populasi, 80 iterasi, dan 1 & 1. Nilai-nilai tersebut dapat digunakan pada parameter metode *Particle Swarm Optimization* untuk menyelesaikan permasalahan optimasi komposisi makanan.
2. Hasil dari pengujian sistem pada kasus 1 hingga kasus 4, mampu menyelesaikan masalah dan menunjukkan sistem dapat memberikan rekomendasi makanan dengan baik, dikarenakan selisih untuk tiap kandungan dan kalori antara kebutuhan gizi

atlet olahraga *endurance* dan gizi rekomendasi memiliki selisih tidak melebihi batas toleransi yaitu $\pm 10\%$.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian skripsi ini adalah :

1. Menggunakan nilai parameter yang lebih beragam pada pengujian parameter metode *Particle Swarm Optimization*.
2. Menggunakan data uji kasus untuk setiap kategori level atlet.
3. Mencoba menggunakan rumus *fitness* dan prioritas yang lebih tepat dan atau lebih baik.
4. Menambahkan jumlah makanan agar lebih bervariasi dan lebih luas ruang cakup pencarian komposisi makanan.
5. Menggunakan prioritas gizi bahan makanan dengan nilai yang berbeda.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Fink, HH, Milkesky, AE & Burgoon, LA . 2011. *Practical Application in Sport Nutrition Third Edition*. Burlington : Jones & Bartlett Learning.
- Fister, Ljubic, Karin, dkk. 2014. *Towards Automatic Food Prediction During Endurance Sport Competitions*. Slovenia : Faculty of Electrical Engineering and Computer Science.
- Heather H.F, Alan E. M., Lisa A. B., 2013. *Practical Applications in Sports Nutrition*. 3rd ed. Jones & Bartlett Learning
- Nurvenus Karid, 2015. *Penerapan Algoritma Genetika untuk Optimasi Asupan Gizi Pasien Diet Khusus dengan Biaya Minimal*. S1. Universitas Brawijaya.
- Retno Putri, I., 2015. *Optimasi Metode Adaptive Fuzzy K-Nearest Neighbor dengan Particle Swarm Optimization untuk Klasifikasi Status Sosial Ekonomi Keluarga*. S1. Universitas Brawijaya.
- Suci, WW, Mahmudy, WF & Putri, RRM. 2015. *Optimasi biaya pemenuhan gizi dan nutrisi pada manusia lanjut usia menggunakan algoritma genetika*. DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, vol. 5, no. 17.
- Rahajoeningroem T., Aria M.. *Studi Komparasi Algoritma Particle Swarm Optimization Pada Aplikasi Filter Adaptive Noise Cancellation*. Universitas Komputer Indonesia.

ANALISIS PERBANDINGAN SISTEM INFORMASI PERJALANAN DINAS BERDASARKAN *ELEMENTS HUMAN COMPUTER INTERACTION* (HCI) (Studi Kasus : Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Barat)

Ferdian Aditya Pratama¹, Eko Sedyono²

¹Mahasiswa, Program Studi S2 Sistem Informasi Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

²Dosen, Program Studi S2 Sistem Informasi Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga
Email: ¹ferdian.aditya2302@gmail.com, ²ekosed1@yahoo.com

(Naskah masuk: 20 Mei 2016, diterima untuk diterbitkan: 20 Juni 2016)

Abstrak

Penggunaan sebuah sistem informasi di dalam sebuah instansi merupakan hal yang wajib untuk dapat memudahkan setiap pekerjaan yang dilakukan di dalamnya. Namun tidak semua sistem informasi yang digunakan dapat memudahkan setiap pekerjaan yang dilakukan. Sistem informasi yang memiliki *user interface* sulit pastinya akan memperlambat kinerja sebuah instansi. Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Barat merupakan salah satu organisasi pemerintah yang sudah menerapkan sebuah sistem informasi untuk perjalanan dinas yang terjadi. Sistem informasi perjalanan dinas tersebut telah dikembangkan menjadi dua versi yang berbeda. Namun untuk menguji apakah sistem informasi perjalanan dinas versi 2 sudah menjawab permasalahan pada sistem informasi sebelumnya, maka akan dilakukan perbandingan antara kedua sistem. Sistem informasi perjalanan dinas tersebut akan diuji dengan menggunakan indikator dari *elements HCI* yaitu *usability goal*, *user's experience*, dan *user model profile*. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan 2 sistem informasi perjalanan dinas berdasarkan *elements HCI* yang digunakan oleh masing-masing sistem informasi *usability goal*, *user's experience*, dan *target user model profile*. Penelitian ini menghasilkan sebuah informasi bahwa sistem informasi perjalanan dinas versi dua sudah berhasil dikembangkan menjadi sebuah sistem informasi yang lebih baik dan lebih mudah digunakan daripada sistem informasi versi sebelumnya.

Kata Kunci: *Human Computer Interaction, Sistem Informasi, HCI Elements.*

Abstract

The use of an information system in an institution is mandatory in order to facilitate any work done on it. But, not all of an information system can facilitate any work done on it. An information system that has a difficult user interface will slow down the performance of an organization. Provincial Health Office of West Borneo is one of the government's organization which applied an information system for the official duty. The information system was upgraded into two different version. However, to see if the new information system is enough to answer all the requirements, it will be made a comparison between the two system. To compare the system, this research will use an indicator from HCI's element like usability goal, user experience, and user model profile. The purpose of the research is to compare 2 information system for the official duty based on elements of HCI that was used. The result of this research is an information that the new information system has been successfully developed into a better system and more easier to use instead of the previous version.

Keywords: *Human Computer Interaction, Information System, HCI Elements*

1. PENDAHULUAN

Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (Pada era perkembangan teknologi, peranan IT merupakan salah satu peran yang paling utama dalam sebuah organisasi yang dapat membantu dalam mememanajemenkan sebuah data yang digunakan (Abbasi, Sakrek dan Chiang, 2016). Sistem Informasi merupakan sebuah sistem yang berjalan pada suatu organisasi yang mempertemukan kebutuhan pengolahan transaksi harian, mendukung operasi, bersifat manajerial dan kegiatan strategi dari suatu organisasi dan menyediakan pihak luar tertentu dengan laporan-laporan yang diperlukan (Jogiyanto,

2005). Suatu organisasi yang belum menerapkan sebuah sistem di dalamnya akan mengalami kesulitan dalam melakukan pekerjaannya ataupun melakukan management di dalam organisasi tersebut. Pada era teknologi seperti sekarang ini, banyak instansi-instansi yang menggunakan berbagai macam jenis *software* untuk membantuk dalam mengerjakan sesuatu. *Software* itu sendiri layaknya sebuah produk yang diproduksi, memiliki sebuah kualitas tersendiri yang bertujuan untuk membantu sebuah pekerjaan secara optimal (Mejia et al, 2012). Salah satu pentingnya sebuah sistem informasi dalam sebuah organisasi adalah memudahkan pekerjaan yang dilakukan di dalamnya. Pada organisasi Dinas

Kesehatan Provinsi Kalimantan Barat, salah satu penggunaan sistem informasi diterapkan pada bagian management penugasan pegawai.

Sistem informasi perjalanan dinas versi 1 memiliki beberapa prosedur yang digunakan untuk membuat sebuah surat perjalanan dinas yaitu (1) memilih menu data surat, (2) memilih menu data pegawai, (3) memilih data pegawai, (4) mengisi formulir surat penugasan, (5) menyimpan ke dalam *database*. Proses tersebut diterapkan ke dalam sistem informasi perjalanan dinas versi 1 yang bertujuan untuk memudahkan proses pembuatan surat perjalanan dinas yang sebelumnya masih dilakukan secara manual. Namun berdasarkan hasil wawancara dengan Kepala Dinas, sistem informasi tersebut masih memiliki beberapa kelemahan di dalam *user interface* yang digunakan seperti proses pembuatan surat tugas yang memakan banyak prosedur dan sistem navigasi yang digunakan masih terlalu sulit untuk digunakan sehingga mempengaruhi kemudahan sistem untuk dipelajari dan kemudahan sistem untuk diingat penggunaannya.

Sedangkan sistem informasi perjalanan dinas versi 2 dikembangkan untuk menjawab permasalahan yang terjadi pada sistem informasi perjalanan dinas versi sebelumnya. Proses pembuatan surat perjalanan dinas yang terjadi pada sistem informasi perjalanan dinas versi 2 tidak memiliki perbedaan yang signifikan dari sistem informasi sebelumnya yaitu (1) memilih data pegawai (2) mengisi formulir surat penugasan, (3) menyimpan ke dalam *database*. Namun untuk menguji apakah sistem informasi perjalanan dinas versi 2 sudah menjawab permasalahan pada sistem informasi sebelumnya, maka akan dilakukan perbandingan antara kedua sistem. Ada beberapa indikator yang akan digunakan untuk melakukan perbandingan kedua sistem tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indikator *Elements* HCI (Majid dkk, 2011)

HCI Elements	Indikator
<i>Usability goal</i>	<i>Efficient to use</i>
	<i>Effective to use</i>
	<i>Easy to learn</i>
<i>User's experience</i>	<i>Easy to remember how to use</i>
	<i>Helpful</i>
<i>User Model Profile</i>	<i>Satisfying</i>
	<i>Friendly</i>
	<i>Experience with similar system</i>

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka akan dilakukan penelitian mengenai analisis perbandingan sistem informasi perjalanan dinas berdasarkan *elements human computer interaction*. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan 2 sistem informasi perjalanan dinas berdasarkan *elements* HCI yang digunakan oleh

masing-masing sistem informasi yaitu *usability goal*, *user's experience*, dan *target user model profile*. Penelitian ini akan menghasilkan sebuah perbandingan mengenai sistem informasi perjalanan dinas yang lebih mudah untuk digunakan.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Majid dkk, telah membahas mengenai pentingnya peranan dari HCI terhadap sebuah proses SDLC. Penelitian ini juga membahas mengenai *elements* yang terdapat dalam HCI yaitu *usability goals*, *user experience*, dan *user model profile*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi peranan *user* di dalam proses SDLC dan mengidentifikasi *elements* HCI yang digunakan di dalamnya. Hasil dari penelitian ini mengatakan bahwa peranan *user* di dalam proses SDLC sangat besar tetapi hanya pada tahapan *requirements* saja. Selain itu didapatkan bahwa *elements* dari HCI sendiri sudah diterapkan dengan jelas dalam setiap fase analisis dari proses SDLC (Majid dkk, 2011)

2.2 Dasar Teori

Human Computer Interaction (HCI) merupakan sebuah ilmu yang mengarah kegunaan atau manfaat dari suatu *software*. HCI itu sendiri juga merupakan sebuah ilmu yang digunakan untuk mengetahui kualitas dari suatu hubungan antara manusia dengan teknologi (Nunes, Paula & Filipe, 2010). Sebuah sistem yang menggunakan HCI di dalamnya haruslah didesain untuk menjadi sebuah sistem yang efektif, efisien, menarik, bisa mengatasi masalah, dan mudah untuk dipelajari (Fallman, 2011). Selain itu, sistem yang digunakan juga harus di desain secara simple dan memiliki sistem navigasi yang mudah untuk dioperasikan (Hasnine dkk, 2015). HCI memiliki 6 aspek yang diperhatikan yaitu *usability*, *understandability*, *learnability*, *operability*, *attractiveness*, dan *compliance* (Majid, Noor & Wan, 2010). Untuk membangun sebuah sistem informasi yang digunakan untuk keperluan bisnis ataupun personal, HCI merupakan salah satu ilmu yang wajib untuk diperhatikan agar sistem yang dibangun dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan *user* (Shiau, Yan dan Kuo, 2016). HCI merupakan *cross-disciplinary area* yang bersangkutan dengan teori, desain, implementasi dan evaluasi yang digunakan oleh manusia untuk melakukan interaksi dengan computer (Kim, 2012).

Human computer interaction memiliki beberapa *elements* di dalamnya yaitu *usability goal*, dimana *elements* HCI ini bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif dan efisien sebuah sistem terhadap *user* yang menggunakannya. *User's experience*, dimana *elements* HCI ini bertujuan untuk mengetahui seberapa sesuai sistem yang digunakan dengan kebutuhan yang dibutuhkan. *User model profile*,

dimana *elements* HCI ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar *user* mengenali sistem yang baru berdasarkan pengalaman mereka menggunakan sistem yang lama (Majid & Noor, 2011).

Sistem informasi adalah suatu sistem buatan manusia yang secara umum terdiri atas sekumpulan komponen berbasis komputer dan manual yang dibuat untuk menghimpun, menyimpan, dan mengelola data serta menyediakan informasi keluaran kepada para pengguna (Kadir, 2014). Pada buku Abdul Kadir mengenai sistem informasi, menyatakan bahwa sistem informasi dapat memberikan nilai tambah terhadap proses, produksi, kualitas, manajemen, pengambilan keputusan dan pemecahan masalah, serta keunggulan kompetitif yang tentu saja sangat berguna bagi kegiatan bisnis.

Sistem informasi perjalanan dinas merupakan sebuah sistem informasi berbasis web yang digunakan oleh Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Barat. Sistem informasi perjalanan dinas bertujuan untuk membuat sebuah surat perjalanan dinas bagi para pegawai yang ditugaskan. Sistem informasi perjalanan dinas memiliki 3 fungsi utama didalamnya yaitu (1) pembuatan surat perjalanan dinas, (2) mencetak surat perjalanan dinas, (3) melakukan analisa terhadap data surat perjalanan dinas yang dibuat berdasarkan data KaBid (Kepala Bidang), KaSie (Kepala Sie), Nama Staff, Tujuan Penugasan, dan total keberangkatan masing-masing kategori baik per bulan ataupun per tahun.

3. Metodologi

Penelitian ini menggunakan *elements HCI* sebagai indikator utama yang digunakan. Adapun beberapa indikator yang digunakan yaitu *usability goals*, *user's experience*, dan *user model profile*. Sistem informasi yang dibandingkan adalah antara sistem informasi perjalanan dinas versi 1 dengan sistem informasi perjalanan dinas versi 2 yang memiliki prosedur pembuatan surat perjalanan dinas yang sama. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dimana pada penelitian ini menggunakan hipotesa atau teori dari *human computer interaction*. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini berupa kuisisioner dan wawancara. Jumlah responden yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebanyak 30 responden yang merupakan *user* yang menggunakan sistem informasi perjalanan dinas berbasis web ini. Penelitian ini menggunakan rumus *Cronbach Alpha* yang digunakan untuk menguji nilai reabilitas dari kuisisioner yang digunakan. Adapun tahapan penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

4. Analisis dan Pembahasan

Sistem informasi perjalanan dinas memiliki 3 aktor yang dapat menjalankan sistem informasi tersebut. Pada aktor admin / kepala dinas memiliki 1 *username*, aktor asisten kepala dinas memiliki 1 *username*, dan aktor *staff* memiliki 5 *username* yang digunakan yang dibagi berdasarkan kelompok bidang yang ada pada instansi tersebut. Adapun sistem navigasi yang digunakan oleh kedua versi dari sistem informasi perjalanan dinas dari sisi admin ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2
MENU SISTEM INFORMASI BESERTA FUNGSI ADMIN

MENU	FUNGSI
Dashboard	- Tampilan awal web.
Data Pegawai	- Menampilkan data pegawai - Melakukan <i>update, delete</i> data pegawai - Melakukan pembuatan surat tugas.
Tambah Pegawai	- Melakukan <i>insert</i> pegawai baru
Data Surat	- Menampilkan data surat perjalanan dinas - Melakukan <i>update, delete</i> data surat - Melakukan pencetakan surat perjalanan dinas
Grafik	- Menyediakan tampilan grafik berdasarkan data surat perjalanan dinas.
Laporan Penugasan	- Menampilkan menu laporan berdasarkan data surat perjalanan dinas.
Logout	- Keluar dari sistem informasi perjalanan dinas

Sistem navigasi yang digunakan oleh kedua versi sistem informasi perjalanan dinas dari sisi asisten admin ditunjukkan pada Tabel 3.

TABEL 3
MENU SISTEM INFORMASI BESERTA FUNGSINYA
ASISTEN ADMIN

MENU	FUNGSI
Data Pegawai	- Menampilkan data pegawai - Melakukan <i>update, delete</i> data pegawai - Melakukan pembuatan surat tugas.
Tambah Pegawai	- Melakukan <i>insert</i> pegawai baru
Data Surat	- Menampilkan data surat perjalanan dinas - Melakukan <i>update, delete</i> data surat - Melakukan pencetakan surat perjalanan dinas
Logout	- Keluar dari sistem informasi perjalanan dinas

Sedangkan sistem navigasi yang digunakan oleh kedua veris sistem informasi perjalanan dinas dari sisi *staff* ditunjukkan pada Tabel 4.

TABEL 4
MENU SISTEM INFORMASI BESERTA FUNGSINYA *STAFF*

MENU	FUNGSI
Data Pegawai	- Menampilkan data pegawai - Melakukan <i>update, delete</i> data pegawai - Melakukan pembuatan surat tugas.
Logout	- Keluar dari sistem informasi perjalanan dinas

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan penyebaran kuisioner kepada 30 responden yang mengoperasikan sistem informasi perjalanan dinas. Kuisioner yang digunakan terdiri dari 11 pertanyaan yang dibagi berdasarkan indikator yang digunakan. Kuisioner digunakan untuk mengumpulkan data dari 2 sistem informasi perjalanan dinas dengan menggunakan pertanyaan yang sama untuk masing-masing sistem informasi perjalanan dinas. Kuisioner yang digunakan juga sudah dilakukan uji reabilitasnya dengan menggunakan *Cronbach Alpha* dan menghasilkan nilai reabilitas 1 yang menunjukkan bahwa kuisioner yang digunakan memiliki reabilitas yang baik. Adapaun rumus dari *Cronbach Alpha* ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$= \left[\frac{k}{(k-1)} \right] \left[1 - \frac{\sum \sigma^2}{\sigma^2} \right] \quad (1)$$

Indikator	Persentase(%)									
	Sistem Informasi Versi 1					Sistem Informasi Versi 2				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<i>Efficient to use</i>	20.0%	80.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	66.7%
<i>Effective to use</i>	20.0%	80.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	40.0%	60.0%
<i>Easy to learn</i>	40.0%	26.7%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	56.7%	43.3%
<i>Easy to remember how to use</i>	43.3%	16.7%	40.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	50.0%
<i>Helpful</i>	36.7%	40.0%	23.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	43.3%	56.7%
<i>Satisfying</i>	23.3%	43.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.3%	56.7%	40.0%
<i>Friendly</i>	16.7%	63.3%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	40.0%	40.0%	20.0%
<i>Experience with similar system</i>	41.7%	45.9%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.5%	40.0%	32.5%

Keterangan
1 : Sangat Tidak Setuju
2 : Tidak Setuju
3 : Ragu-ragu
4 : Setuju
5 : Sangat Setuju

Gambar 2. Persentase Dari Indikator *Elements HCI*.

Gambar 2 menunjukkan persentase perbandingan dari kedua sistem informasi dengan masing-masing indikator yang digunakan. Berdasarkan hasil dari Gambar 2, didapatkan beberapa hasil bahwa dari *element usability goals* (1) sistem informasi versi 2 sudah dapat menghemat waktu dalam proses pembuatan surat perjalanan dinas daripada sistem informasi perjalanan dinas versi 1. (2) Sistem informasi versi 2 sudah menghasilkan sebuah format surat tugas yang dibutuhkan dan memiliki keterangan data penugasan yang lebih lengkap daripada sistem informasi perjalanan dinas versi 1. (3) Sistem informasi perjalanan dinas versi 2 lebih mudah untuk dipelajari dan mudah untuk digunakan daripada sistem informasi versi 1. Hal ini dikarenakan sistem navigasi yang digunakan pada sistem informasi versi 2 sudah menggunakan menu-menu berupa tulisan, sedangkan pada sistem informasi versi 1, menu yang digunakan berupa gambar atau icon.

Untuk indikator *user's experience* didapatkan beberapa hasil yaitu (1) sistem informasi perjalanan dinas versi 2 sudah lebih membantu dalam proses pembuatan surat perjalanan dinas daripada versi 1. Hal ini dikarenakan navigasi dari sistem informasi perjalanan dinas versi 2 yang lebih mudah untuk digunakan dan dipelajari daripada versi sebelumnya. (2) Sistem informasi perjalanan dinas versi 2 juga sudah menjawab semua kebutuhan yang diperlukan baik itu dari sisi proses pembuatan surat perjalanan dinas yang lebih mudah dan menghemat waktu maupun dari sisi pengolahan data perjalanan dinas yang lebih lengkap daripada versi sebelumnya. (3) Sistem informasi perjalanan dinas versi 2 juga lebih memiliki *user interface* yang lebih mudah untuk digunakan daripada sistem informasi versi sebelumnya.

Untuk indikator *user model profile* didapatkan beberapa sebuah hasil yaitu (1) untuk proses pengalihan sistem, didapatkan bahwa *user* tidak memiliki kesulitan pada saat melakukan migrasi sistem dari sistem informasi versi 1 ke sistem informasi versi 2. Hal ini dikarenakan menu navigasi yang digunakan pada sistem informasi versi 2 lebih bersifat *user friendly* daripada versi sebelumnya.

Namun sebaliknya, jika *user* kembali diminta untuk menggunakan sistem informasi versi 1 kembali, didapatkan bahwa *user* kembali mengalami kesulitan dalam penggunaan sistem informasi tersebut.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari pembahasan yang sudah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa penerapan sistem informasi perjalanan dinas versi 2 sudah menjawab semua masalah yang terdapat pada sistem informasi perjalanan dinas versi sebelumnya. Kesimpulan tersebut didapatkan berdasarkan dari hasil pengumpulan data yang dilakukan pada Gambar 2. Dari Gambar 2 tersebut dapat disimpulkan bahwa, tidak ada responden yang mengatakan tidak setuju ataupun sangat tidak setuju pada setiap indikator di sistem informasi perjalanan dinas versi 2. Namun tidak ada responden juga yang mengatakan setuju dan sangat setuju pada setiap indikator di sistem informasi perjalanan dinas versi 1. Hal ini menunjukkan bahwa, sistem informasi perjalanan dinas versi 2 sudah berhasil dikembangkan menjadi sebuah sistem informasi perjalanan dinas yang lebih baik daripada versi sebelumnya dan telah berhasil menjawab permasalahan yang ada pada sistem informasi versi sebelumnya.

6. Daftar Pustaka

- Abbasi, Ahmed, Suprateek Sarker, and R. H. Chiang. "Big data research in information systems: Toward an inclusive research agenda." *Journal of the Association for Information Systems* 17.2 (2016): 3.
- Fallman, Daniel. "The new good: exploring the potential of philosophy of technology to contribute to human-computer interaction." *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2011.
- Hasnine, M. N., Chayon, M. K. H., & Rahman, M. M. (2015). A Cost Effective Approach to Develop Mid-size Enterprise Software Adopted the Waterfall Model. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, 9(5), 1140-1149.
- Kadir, Abdul. "Pengenalan Sistem Informasi Edisi Revisi." (2014).
- Kim, J. W. (2012). Human Computer Interaction. *Ahn graphics*.
- Majid, Rogayah Abdul., Noor, Nor Laila Md., Adnan, Wan Adilah Wan. 2010. A survey on user involvement in software development life cycle from practitioner's perspectives. *Computer Science and Convergence Information Technology (ICCIT)*, pp.240-243, 2010.
- Majid, Rogayah Abd, Noor, et al. 2011. Users' Frustration and HCI in the Software Development Life Cycle. *International Journal Of Information Processing and Management*, vol. 2, no. 1
- Mejía, Andrés, et al. "Implementing adaptive interfaces: a user model for the development of usability in interactive systems." *Proceedings of the CUBE International Information Technology Conference*. ACM, 2012.
- Nunes, Francisco, Paula Alexandra Silva, and Filipe Abrantes. "Human-computer interaction and the older adult: an example using user research and personas." *Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. ACM, 2010.
- Shiau, Wen-Lung., Yan, Chang-Ming., Kuo, Chen-Chao. 2016. *The Intellectual Structure of Human Computer Interaction Research*. *Journal of Information Science & Engineering*, vol.32, pp.703-730.

RANCANG BANGUN APLIKASI PENGUKUR KESEHATAN FUNGSI PARU MANUSIA MEMANFAATKAN *MICROPHONE* PADA *SMARTPHONE*

Wahyu Teja Kusuma¹, Eko Sakti Pramukantoro², Susanthi Djajalaksana³

^{1,2,3} Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer

Email: tejawahyu@gmail.com

(Naskah masuk: 20 Mei 2016, diterima untuk diterbitkan: 20 Juni 2016)

Abstrak

Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) dapat ditandai dengan hambatan aliran udara di saluran nafas yang tidak sepenuhnya reversibel. Hasil penelitian pada bulan Januari-Desember 2010 menyebutkan bahwa PPOK menduduki urutan ke-3 dari penyakit paru terbanyak yang ada di RS Paru Batu Malang. Sedangkan di RSUD Dr. Saiful Anwar Malang menduduki urutan ke-5. The Burden of Disease Study dibawah naungan WHO menyatakan bahwa pada tahun 2030 PPOK akan menempati peringkat ke-3 penyebab kematian di dunia. Sebagai solusi terhadap masalah tersebut yaitu dengan membangun sebuah aplikasi pengukur kesehatan fungsi paru manusia memanfaatkan *microphone* pada *smartphone*". Guna mengetahui gangguan ventilasi paru, monitoring pengobatan, dan menilai perkembangan fungsi paru. Media *smartphone* dipilih karena memiliki teknologi *Microphone API* yang digunakan untuk menangkap input berupa rekaman suara hembusan napas pengguna. Dan mayoritas masyarakat telah melilikinya. Dari hasil pengujian validasi dapat disimpulkan bahwa aplikasi pengukur kesehatan paru manusia pada media *smartphone* berhasil diimplementasikan dengan memanfaatkan teknologi *microphone*. Dari hasil pengujian akurasi yang dilaksanakan di Rumah Sakit Saiful Anwar Kota Malang dapat disimpulkan bahwa ditemukan selisih akurasi Prediksi Nilai Acuan Normal sebesar FEV1 = 0,11 liter; FVC = 0,152432432 liter; FEV1/FVC = 4,742432432 %. Dan selisih akurasi Hasil Pengukuran sebesar FEV1 = -1,545945946 liter; FVC = -2,892432432 liter; FEV1/FVC = 11,52243243 %.

Kata Kunci: Penyakit, Paru, Obstruktif, Kronik, *Microphone*, *Smartphone*.

Abstract

Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) can be characterized by air flow resistance in the airway that is not fully reversible. The results of the study in January-December 2010 states that COPD ranks 3rd from most existing lung disease Pulmonary Hospital Batu Malang. Meanwhile, in Hospital Dr Saiful Anwar-5 ranks. The Burden of Disease Study under the auspices of the WHO stated that by 2030 COPD will be ranked as the third leading cause of death in the world. As a solution to these problems is to build an application measuring the health of human lung function utilizing a microphone on a smartphone". In order to determine pulmonary ventilation disorders, treatment monitoring, and assessing the development of lung function. Media Smartphone Microphone technology chosen because it has an API that is used to capture the input of the user breath sound recordings. And the majority of people have melilikinya. From the results of the validation testing can be concluded that the application of measuring the health of the human lung on a smartphone media successfully implemented by utilizing the microphone. Accuracy of test results conducted at Saiful Anwar Hospital Malang can be concluded that the prediction accuracy differences were found Normal Reference Values for FEV 1 = 0.11 liters; FVC = 0.15 liters; FEV 1 / FVC = 4.74%. And the difference in the accuracy of measurement results for FEV1 = -1.54 liter; FVC = -2.89 liter; FEV 1 / FVC = 11.52%.

Keyword: Chronic, Obstructive, Pulmonary, Disease, *Microphone*, *Smartphone*.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) adalah penyakit yang ditandai dengan hambatan aliran udara di saluran nafas yang tidak sepenuhnya reversibel. Hambatan aliran udara ini bersifat progresif dan berhubungan dengan respon inflamasi paru terhadap partikel gas beracun atau berbahaya (Keputusan Menteri, 2008).

RS Paru Batu Jawa Timur adalah rumah sakit rujukan untuk penyakit paru di propinsi Jawa Timur bagian selatan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ika, menyebutkan bahwa pada bulan Januari-Desember 2010 PPOK menduduki urutan ke-3 dari penyakit paru terbanyak yang ada di RS Paru Batu Malang. 896 orang diantaranya adalah pasien rawat jalan dan 164 orang adalah pasien rawat inap dalam kurun waktu satu tahun. Di RSU Dr. Saiful Anwar Malang pada Januari-Desember 2010 penderita PPOK menduduki urutan ke-5 dari kelompok penyakit paru. 956 orang diantaranya adalah pasien lama dan 62 orang pasien baru, sedangkan yang menjalani rawat inap sebanyak 241 orang (RINI, 2011).

Disertai dengan meningkatnya jumlah perokok dan polusi udara maka diduga jumlah penderita Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) akan terus meningkat. The Burden Of Disease Study dibawah naungan WHO menyatakan bahwa pada tahun 2020 PPOK akan menempati peringkat ke-3 penyebab kematian di dunia (KARA, 2005).

Oleh karena itu dibutuhkan alat untuk mengukur kapasitas udara di paru-paru yang selama ini disebut spirometer (*Modul Pelatihan*, 2005). Guna mengetahui gangguan ventilasi paru, monitoring pengobatan, dan menilai perkembangan fungsi paru. Dilihat dari fungsinya, spirometer adalah alat penting yang harus dimiliki rumah sakit. Tetapi tinggi atau mahal nya harga spirometer menyebabkan tidak semua rumah sakit dapat memilikinya. Sehingga penanganan terhadap penderita gangguan ventilasi paru sering terlambat dan berakibat fatal.

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan, penulis mengusulkan skripsi dengan judul **“Rancang Bangun Aplikasi Pengukur Volume Dan Kapasitas Fungsi Paru Manusia Memanfaatkan *Microphone* Pada *Smartphone*”**. Media *smartphone* dipilih karena memiliki teknologi *Microphone* API yang digunakan untuk menangkap input berupa rekaman suara hembusan napas pengguna. Dan sekarang ini *smartphone* telah menjadi kebutuhan primer masyarakat. Yang artinya masyarakat dengan tingkat ekonomi menengah ke bawah dapat memilikinya.

Hasil penelitian ini berupa aplikasi yang murah dan dapat didistribusikan sampai ke pelosok daerah dengan cepat. Praktisnya pengguna dapat langsung mengecek kesehatan fungsi parunya sendiri kapanpun diinginkan. Sehingga dapat menjadi

alternatif solusi untuk mengurangi angka kematian akibat gangguan paru.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menangkap input pernapasan menggunakan *smartphone*.
2. Bagaimana keakuratan hasil pengukuran aplikasi yang diusulkan bila dibandingkan dengan alat Spirometer aslinya.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rancang bangun aplikasi dengan memanfaatkan *microphone* pada *smartphone*.
2. Rancang bangun aplikasi berdasarkan fitur pada Spirometer, yaitu *Tidal Volume* (TV), *Total Lung Capacity* (TLC), *Forced Expiratory Volume in 1 Second* (FEV1), *Forced Vital Capacity* (FVC), FEV1/FVC, dan Kesimpulan Kesehatan Paru.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membangun aplikasi pengukur kesehatan fungsi paru yang murah dan praktis.
2. Membangun aplikasi yang dapat diandalkan untuk deteksi dini gangguan kesehatan paru.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat umum antara lain:

1. Mencegah resiko fatal akibat keterlambatan penanganan suatu gangguan penyakit paru (deteksi dini).
2. Mempermudah masyarakat untuk mengukur sendiri volume dan kapasitas fungsi paru-parunya.

Sedangkan manfaat dibidang medis adalah:

1. Diagnostik
2. Mengevaluasi hasil pemeriksaan yang abnormal
3. Mengukur efek penyakit terhadap fungsi paru
4. Menyaring individu dengan resiko penyakit paru
5. Menilai resiko prabedah
6. Menilai prognosis
7. Menilai status kesehatan sebelum masuk program dengan aktivitas fisik berat
8. Memantau
9. Menilai hasil pengobatan

10. Menjelaskan perjalanan penyakit yang mempengaruhi fungsi paru
11. Memonitor individu yang pekerjaannya berhubungan dengan zat berbahaya
12. Evaluasi gangguan / ketidak mampuan
13. Menilai pasien sebagai bagian program rehabilitasi
14. Menilai resiko sebagai bagian evaluasi asuransi
15. Menilai individu untuk alasan legal
16. Kesehatan masyarakat
17. Survei epidemiologi
18. Penelitian klinis

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Volume dan Kapasitas Paru

Volume paru dan kapasitas fungsi paru merupakan gambaran fungsi ventilasi sistem pernapasan. Dengan mengetahui besarnya volume dan kapasitas fungsi paru dapat diketahui besarnya kapasitas ventilasi maupun ada tidaknya gangguan fungsi paru (MENGKIDI, 2006).

Beberapa parameter yang menggambarkan volume paru adalah:

1. Volume Tidal (*Tidal Volume = TV*), adalah volume udara paru yang masuk dan keluar paru pada pernapasan biasa. Besarnya TV pada orang dewasa sekitar 500 ml.
2. Volume Cadangan Inspirasi (*Inspiratory Reserve Volume = IRV*), volume udara yang masih dapat dihirup kedalam paru sesudah inspirasi biasa, besarnya IRV pada orang dewasa adalah sekitar 3100 ml.
3. Volume Cadangan Ekspirasi (*Expiratory Reserve Volume = ERV*), adalah volume udara yang masih dapat dikeluarkan dari paru sesudah ekspirasi biasa, besarnya ERV pada orang dewasa sekitar 1000-1200 ml.
4. Volume Residu (*Residual Volume = RV*), udara yang masih tersisa didalam paru sesudah ekspirasi maksimal sekitar 1100 ml.

TV, IRV, ERV dapat langsung diukur dengan spirometer, sedangkan

$$RV = TLC - VC \quad (1)$$

Kapasitas paru merupakan jumlah oksigen yang dapat dimasukkan kedalam tubuh atau paru-paru seseorang secara maksimal (MENGKIDI, 2006).

Yang termasuk pemeriksaan kapasitas paru adalah:

1. Kapasitas Inspirasi (*Inspiratory Capacity = IC*), adalah volume udara yang masuk paru setelah inspirasi maksimal atau sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume tidal.

$$IC = IRV + TV \quad (2)$$

2. Kapasitas Vital (*Vital Capacity = VC*), volume udara yang dapat dikeluarkan melalui ekspirasi maksimal setelah sebelumnya melakukan inspirasi maksimal (sekitar 4000 ml). Kapasitas vital besarnya sama dengan volume inspirasi cadangan ditambah volume tidal.

$$VC = IRV + ERV + TV \quad (3)$$

3. Kapasitas Paru Total (*Total Lung Capacity = TLC*), adalah kapasitas vital ditambah volume sisa.

$$TLC = VC + RV \text{ atau } TLC = IC + ERV + RV \quad (4)$$

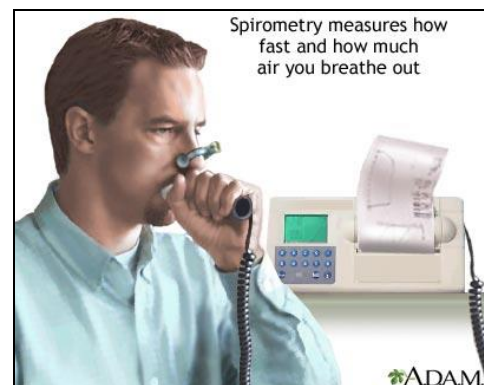
4. Kapasitas Residu Fungsional (*Functional Residual Capacity = FRC*), adalah volume ekspirasi cadangan ditambah volume sisa.

$$FRC = ERV + RV \quad (5)$$

(MENGKIDI, 2006).

2.2 Spirometer

Spirometer dapat dengan akurat digunakan untuk mendiagnosis PPOK dan menilai derajat obstruksi saluran napas. Spirometri menjadi standard untuk mendiagnosa PPOK (FIRDAHANA, 2010).



Gambar 2.1. Spirometer

Sumber: *Patient Education*, 2014.

Parameter pengukuran kapasitas paru yaitu:

1. *Vital Capacity (VC)*
Vital Capacity (VC) adalah volume udara maksimal yang dapat dihembuskan setelah inspirasi maksimal.
2. *Forced Expiratory Volume in 1 Second (FEV1)*
Forced Expiratory Volume in 1 Second (FEV1) yaitu besarnya volume udara yang dikeluarkan dalam satu detik pertama.
3. *Peak Expiratory Flow Rate (PEFR)*

1. *Peak Expiratory Flow Rate (PEFR)* adalah aliran udara maksimal yang dihasilkan oleh sejumlah volume tertentu.

(FALASCHETTI, 2004).

2.3 Gangguan Fungsi Paru

Gangguan fungsi paru digolongkan menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Restriktif (sindrom pembatasan)
Restriktif (sindrom pembatasan) adalah gangguan pengembangan paru. Dikatakan restriktif adalah jika Kapasitas Vital Paksa (FVC) < 80% nilai prediksi.
2. Obstruktif (sindrom penyumbatan)
Obstruktif adalah setiap keadaan hambatan aliran udara karena adanya sumbatan atau penyempitan saluran napas. Biasanya ditandai dengan terjadi penurunan FEV1 yang lebih besar dibandingkan dengan FVC sehingga rasio FEV1/FVC kurang dari 80%.

(MENGKIDI, 2006), (RAHMA, 2008).

2.4 Interpretasi Pengukuran Paru

Interpretasi pengukuran fungsi paru, yaitu:

1. Normal bila
$$FEV1/FVC \geq 75\% \text{ dan } FVC \geq 80\% \quad (6)$$
2. Gangguan restriktif bila
$$FEV1/FVC \geq 75\% \text{ dan } FVC < 80\% \quad (7)$$
3. Gangguan obstruktif bila
$$FEV1/FVC < 75\%, FVC \geq 80\% \text{ dan } FEV1 < 95\% \text{ pred.} \quad (8)$$

(RAHMA, 2008).

Tabel 2.1. Interpretasi Hasil Pengukuran Fungsi Paru

Restriktif FVC/Nilai Prediksi (%)	Penggolongan	Obstruktif FEV1/FVC (%)
≥ 80	NORMAL	≥ 75
60 – 79	RINGAN	60 – 74
30 – 59	SEDANG	30 – 59
< 30	BERAT	< 30

Sumber : (Modul Pelatihan, 2005).

2.5 Microphone API

Smartphone senantiasa berkembang sesuai dengan gaya hidup *mobile* manusia. Ditandai dengan semakin canggihnya perangkat input dan output. *Microphone* adalah salah satu perangkat input yang mengubah gelombang suara menjadi sinyal listrik. Untuk menangkap input suara, *Windows Phone 8* menyediakan akses ke *microphone* melalui kelas *Microphone* pada *Procedure.xaml.cs*.

```
namespace sdkMicrophoneCS
{
    public partial class Procedure_1 :
    PhoneApplicationPage
    {
        private Microphone microphone =
```

```
Microphone.Default;
    private byte[] buffer;
    private MemoryStream stream = new
    MemoryStream();
    private SoundEffectInstance soundInstance;
    private bool soundIsPlaying = false;
    private DispatcherTimer dt;
    private TimeSpan ts;
```

Kelas ini menyediakan akses ke semua *microphone* yang tersedia pada sistem dan mengekspos properti statis - Default - yang mengembalikan instance *microphone*. Dalam keadaan "Record", *microphone* mulai *buffering* data dan pada beberapa titik *BufferReady* digunakan untuk mengosongkan *buffer*. Hal ini berlangsung sampai pada keadaan "Stop".

```
private void recordButton_Click(object sender,
EventArgs e)
{
    System.Diagnostics.Debug.WriteLine("");
    microphone.Start();
    ts = new TimeSpan();
    dt = new DispatcherTimer();
    dt.Interval =
    TimeSpan.FromMilliseconds(1000);
    dt.Tick += new EventHandler(dt_Tick);

    buffer = new
    byte[microphone.GetSampleSizeInBytes(microp
    hone.BufferDuration)];
    if (microphone.State !=
    MicrophoneState.Stopped) bytesRead
    += microphone.GetData(buffer, bytesRead,
    (buffer.Length - bytesRead));
    System.Diagnostics.Debug.WriteLine(bytesRead)
    ;
    // Start recording
    dt.Start();
    SetButtonStates(false, true, false);
    counter++;
    dataSeries = new DataSeries();
}
```

Sedangkan untuk menangkap setiap amplitudo pada rekaman pernapasan menggunakan kode berikut

```
private double GetSignalAmplitude(byte[]
signal)
{
    int BytesInSample = 2;
    int signalSize = signal.Length / BytesInSample;
    double Sum = 0.0;
    for (int i = 0; i < signalSize; i++)
    {
        int sample =
        Math.Abs(BitConverter.ToInt16(signal, i *
        BytesInSample));
```

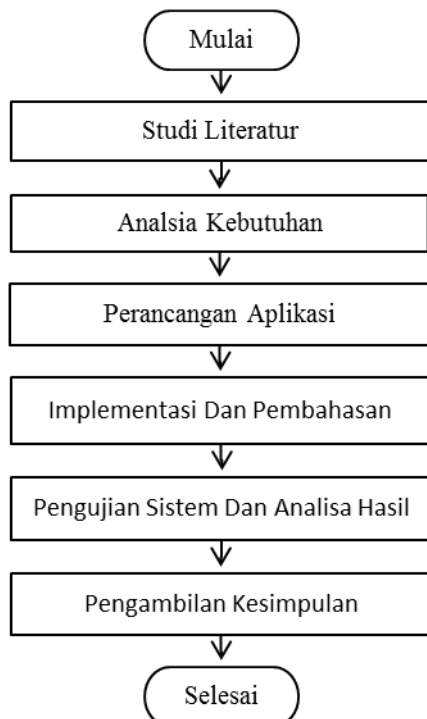
```

Sum += sample;
}
double amplitude = Sum / signalSize;
return amplitude;
}
    
```

(Microphone Class, 2014).

3. METODOLOGI PENELITIAN DAN PERANCANGAN

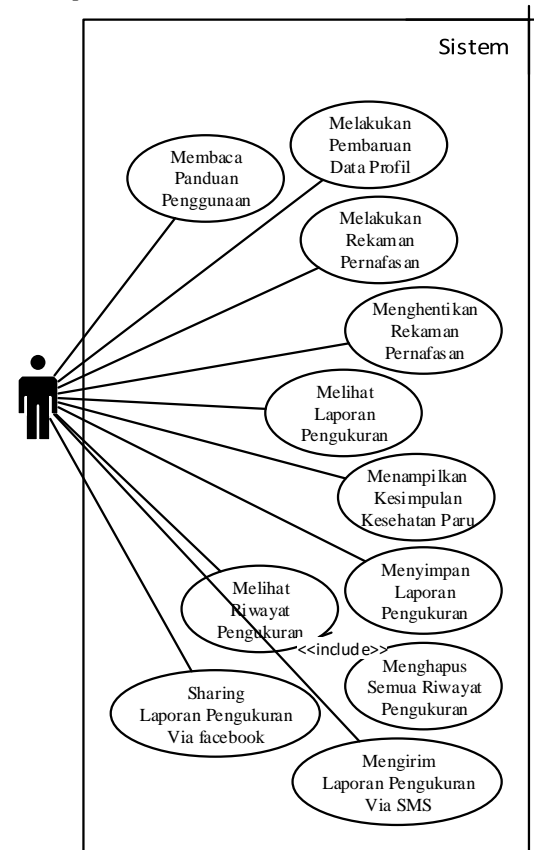
Penelitian dilakukan dengan melakukan tahapan-tahapan seperti pada bagan di bawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Gambar 3.2 menunjukkan *Use Case Diagram* dari sistem aplikasi pengukur kesehatan fungsi paru manusia memanfaatkan *microphone* pada

smartphone.



Gambar 3.2 Diagram Use Case

4. IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

4.1 Lingkungan Implementasi

Perangkat keras yang digunakan dalam pengembangan aplikasi sebagai berikut:

1. Resolusi layar 4”
2. *Touch screen technology*
3. *Dual-core 1 GHz Processor*.

Perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan aplikasi sebagai berikut:

1. *Windows Phone 8*.
2. *Visual Studio 2013*
3. *Xna Framework*
SQLite Resolusi layar 4”

4.2 Implementasi Microphone API

Penerapan *microphone* API dibutuhkan untuk menangkap input rekaman pernapasan pengguna.

```

using Microsoft.Xna.Framework;
using Microsoft.Xna.Framework.Audio;
    
```

`Microsoft.Xna.Framework.Audio;` berisi method API yang dapat digunakan untuk memanipulasi konten file audio.

```

private Microphone microphone =
Microphone.Default;

microphone.BufferReady += new
EventHandler<EventArgs>
(microphone_BufferReady)

void microphone_BufferReady(object sender,
EventArgs e)
{
    microphone.GetData(buffer);
    stream.Write(buffer, 0, buffer.Length);
}

```

Mikrofon buffer dicatat di memori stream sampai pemutaran yang diinginkan.

```

private void RecordButton_Click(object sender,
EventArgs e)
{
    System.Diagnostics.Debug.WriteLine("MULAI
MEREKAM MICROPHONE");

    microphone.Start();

    ts = new TimeSpan();

    dt = new DispatcherTimer();

    dt.Interval =
TimeSpan.FromMilliseconds(1000);

    dt.Tick += new EventHandler(dt_Tick);

    buffer = new
byte[microphone.GetSampleSizeInBytes(microp
hone.BufferDuration)];

    if(microphone.State !=
MicrophoneState.Stopped)

        bytesRead += microphone.GetData(buffer,
bytesRead, (buffer.Length - bytesRead));

    dt.Start();

    SetButtonStates(false, true, false);

    counter++;

    dataSeries = new DataSeries();

```

```

}

```

4.3 Implementasi Pengambilan Amplitudo

Method digunakan untuk mendapatkan amplitudo dari sinyal keseluruhan.

```

private double GetSignalAmplitude(byte[]
signal)
{
    int BytesInSample = 2;

    int signalSize = signal.Length /
BytesInSample;

    double Sum = 0.0;

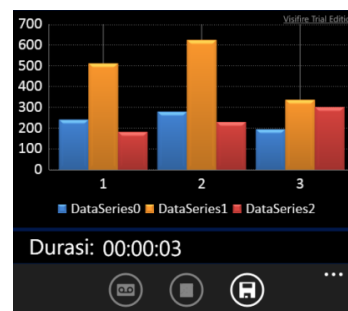
    for (int i = 0; i < signalSize; i++)
    {
        int sample =
Math.Abs(BitConverter.ToInt16(signal, i *
BytesInSample));

        Sum += sample;
    }

    double amplitude = Sum / signalSize;

    return amplitude;
}

```



4.4 Implementasi Perhitungan Prediksi Nilai Acuan Normal

Code dibawah ini berfungsi untuk perhitungan prediksi nilai acuan normal kapasitas paru pengguna. Dimana nilai-nilai dan parameter-parameter perhitungan dibedakan berdasarkan jenis kelamin.

```

if (HasilJK.Text.Equals("L"))
{

```

```

AcuanFEV1.Text = userStatus.Etnik * ((0.043
* userStatus.Tinggi) - (0.029 * userStatus.Usia) -
2.49) + "";

AcuanFVC.Text = userStatus.Etnik * ((0.0576
* userStatus.Tinggi) - (0.0269 * userStatus.Usia)
- 4.34) + "";

AcuanFEV1FVCRatio.Text = 87.2 - (0.18 *
userStatus.Usia) + "";
}

else if (HasilJK.Text.Equals("P"))
{
AcuanFEV1.Text = userStatus.Etnik *
((0.0395 * userStatus.Tinggi) - (0.025 *
userStatus.Usia) - 2.6) + "";

AcuanFVC.Text = userStatus.Etnik * ((0.0443
* userStatus.Tinggi) - (0.026 * userStatus.Usia) -
2.89) + "";

AcuanFEV1FVCRatio.Text = 89.1 - (0.19 *
userStatus.Usia) + "";
}

```

(L)	Pred.	#1	%Pred.
FEV1	3,3	4,84	146,
FVC	3,73	7,69	194,
FEV1/ FVC	78,5	62,9	80,1

Kesimpulan:
Normal

Interpretasi Pengukuran:
Restriktif, Penggolongan Obstruktif

4.5 Implementasi Perhitungan Volume dan Kapasitas Paru

Dari rekaman pemapasan kemudian dilakukan perhitungan menggunakan code dibawah ini sehingga didapat output berupa volume tidal terbaik

(TVmax), forced vital capacity terbaik (FVCmax), dan kapasitas total paru terbaik (TLCmax).

```

if (ts.TotalMilliseconds * 0.1667 > TVmax)

TVmax = (ts.TotalMilliseconds * 0.1667) /
1000;

if (((ts.TotalMilliseconds * 0.1667) + 3100 +
1200) / 1000 > FVCmax)

FVCmax = ((ts.TotalMilliseconds * 0.1667) +
3100 + 1200) / 1000;

if (((ts.TotalMilliseconds * 0.1667) + 3100 +
1200 + 1200) / 1000 > TLCmax)

TLCmax = ((ts.TotalMilliseconds * 0.1667) +
3100 + 1200 + 1200) / 1000;

```

4.6 Implementasi Parameter Pengukuran Fungsi paru

Nilai prediksi acuan normal yang bertipe string harus dijadikan tipe double dahulu dengan cara yang ditunjukkan pada baris ke-1, 6, 11, dan 17. Kemudian setelahnya dilakukan perhitungan.

```

double parseAcuanFVC =
double.Parse(AcuanFVC.Text);

userStatus.PersenFVC = (userStatus.FVC /
parseAcuanFVC) * 100;

userStatus.PersenFVC =
Math.Round(userStatus.PersenFVC, 2);

HasilPersenFVC.Text = userStatus.PersenFVC +
"";

double parseAcuanFEV1 =
double.Parse(AcuanFEV1.Text);

userStatus.PersenFEV1 = (userStatus.FEV1 /
parseAcuanFEV1) * 100;

userStatus.PersenFEV1 =
Math.Round(userStatus.PersenFEV1, 2);

HasilPersenFEV1.Text = userStatus.PersenFEV1
+ "";

```

```

double parseHasilFVC =
double.Parse(HasilFVC.Text);

double parseHasilFEV1 =
double.Parse(HasilFEV1.Text);

userStatus.FEV1bagiFVC = (parseHasilFEV1 /
parseHasilFVC) * 100;

userStatus.FEV1bagiFVC =
Math.Round(userStatus.FEV1bagiFVC, 2);

HasilFEV1bagiFVC.Text =
userStatus.FEV1bagiFVC + "%";

double parseAcuanFEV1FVCRatio =
double.Parse(AcuanFEV1FVCRatio.Text);

double parseHasilFEV1bagiFVC =
double.Parse(HasilFEV1bagiFVC.Text);

userStatus.PersenFEV1bagiFVC =
(parseHasilFEV1bagiFVC /
parseAcuanFEV1FVCRatio) * 100;

userStatus.PersenFEV1bagiFVC =
Math.Round(userStatus.PersenFEV1bagiFVC,
2);

HasilPersenFEV1bagiFVC.Text =
userStatus.PersenFEV1bagiFVC + "%";
    
```



4.7 Implementasi Perhitungan Gangguan Fungsi paru

Code dibawah ini berfungsi untuk menginterpretasi kesimpulan gangguan fungsi paru.

```

if ((userStatus.PersenFEV1bagiFVC >= 75) &&
(userStatus.PersenFVC >= 80))
{
    Kesimpulan.Text = "Normal";
}

else if ((userStatus.PersenFEV1bagiFVC >=
75) && (userStatus.PersenFVC < 80))
{
    Kesimpulan.Text = "Restriktif";
}

else if ((userStatus.PersenFEV1bagiFVC <
75) && (userStatus.PersenFVC >= 80) &&
(userStatus.PersenFEV1 < 95))
{
    Kesimpulan.Text = "Obstruktif";
}
    
```



4.8 Implementasi Local Database

```

using System.IO.IsolatedStorage;

private void
SimpanHasilPengukuranButton_Click(object
sender, EventArgs e)
    
```



```

{
    IsolatedStorageSettings ISS =
    IsolatedStorageSettings.ApplicationSettings;
    //to input
    if (!ISS.Contains("riNama"))
    {
        ISS.Add("riNama", HasilBdNama.Text);
    }
    else
    {
        string Namaiss =
        IsolatedStorageSettings.ApplicationSettings["riN
        ama"] as string + "-" + HasilBdNama.Text;
        ISS["riNama"] = Namaiss;
    }
    ...
}
    
```

7	Menyimpan Laporan Hasil Pengukuran	Valid
8	Melihat Riwayat Pengukuran	Valid
9	Menghapus Semua Riwayat Pengukuran	Valid

5.2 Pengujian Akurasi

Pengujian Akurasi dilaksanakan pada tanggal 2 – 11 Juli 2014 di Ruang Unit Asma Poli Rumah Sakit Saiful Anwar Kota Malang dengan jumlah sampel populasi sebanyak 45 pasien. Pengujian Akurasi dilakukan untuk mencari selisih hasil pengukuran antara aplikasi pengukur kesehatan fungsi paru manusia memanfaatkan *microphone* pada *smartphone* dengan alat spirometer aslinya. Dari hasil pengujian tersebut ditemukan selisih akurasi Prediksi Nilai Acuan Normal sebesar FEV1 = 0,11 liter; FVC = 0,15 liter; FEV1/FVC = 4,74 %. Dan selisih akurasi Hasil Pengukuran sebesar FEV1 = - 1,54 liter; FVC = -2,89 liter; FEV1/FVC = 11,52%.

5. PENGUJIAN DAN ANALISA HASIL

5.1 Pengujian Validasi

Hasil pengujian dan validitas fitur dari uji kasus yang telah dijabarkan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

No	Nama Kasus Uji	Status Validitas
1	Membaca Panduan Penggunaan	Valid
2	Melakukan Pembaruan Data Profil	Valid
3	Melakukan Rekaman Pernapasan	Valid
4	Menghentikan Rekaman Pernapasan	Valid
5	Melihat Laporan Pengukuran	Valid
6	Menampilkan Kesimpulan Gangguan Kesehatan Fungsi Paru	Valid

Tabel. 5.1. Pengujian Akurasi

No	Tgl	Pasien						Prediksi						Pengukuran											
		Nama	JK	Umur	Tinggi	Berat	Ras	Spirometri			Aplikasi Penulis			Selisih Prediksi			Spirometri			Aplikasi Penulis			Selisih Pengukuran		
								FEV1	FVC	FEV1/FVC	FEV1	FVC	FEV1/FVC	FEV1	FVC	FEV1/FVC	FEV1	FVC	FEV1/FVC	FEV1	FVC	FEV1/FVC	FEV1	FVC	FEV1/FVC
1	02/07/2014	Abdul Rodji	L	60	156	48	ASIANS	2,48	3,09	76,4	2,3	2,82	76,4	0,18	0,27	0	2,87	3,52	81,5	1,21	4,8	25,21	1,66	-1,28	56,29
2		Kholidah	P	22	166	70	ASIANS	3,41	3,89	84,9	3,17	3,62	84,92	0,24	0,27	-0,02	2,87	3,39	84,6	0,44	5,13	8,58	2,43	-1,74	76,02
3		Ach. Fadli	L	24	157	43	ASIANS	3,39	3,85	82,9	3,32	3,77	82,88	0,07	0,08	0,02	2,99	3,03	89,6	1,23	4,97	24,75	1,76	-1,94	64,85
4	07/07/2014	Handoko	L	31	165	56	ASIANS	3,55	4,22	84,94	3,45	4,03	81,62	0,1	0,19	3,32	0,76	1,79	42,46	7,74	5,47	141,5	-6,98	-3,68	-99,04
5		Soepaat	L	63	160	51	ASIANS	2,29	2,84	80,9	2,38	2,96	75,86	-0,09	-0,12	5,04	1,16	1,76	65,91	0,25	4,63	5,4	0,91	-2,87	60,51
6		Diana	P	43	155	55	ASIANS	2,51	2,96	85,48	2,28	2,66	80,93	0,23	0,3	4,55	1,76	2,23	78,92	0	4,97	0	1,76	-2,74	78,92
7		Fadhil	L	15	165	70	ASIANS	3,4	3,96	87,18	3,88	4,43	84,5	-0,48	-0,47	2,68	2,16	3,13	69,01	0	4,47	0	2,16	-1,34	69,01
8		Tumiran	L	69	155	66	ASIANS	1,78	2,24	80,49	2,02	2,54	74,78	-0,24	-0,3	5,71	1,45	2,02	71,78	0	4,63	0	1,45	-2,61	71,78
9		Tukini	L	64	160	64	ASIANS	2,26	2,82	80,76	2,36	2,93	75,68	-0,1	-0,11	5,08	2,68	3,43	78,13	0	4,8	0	2,68	-1,37	78,13
10		Tukina	P	50	145	53	ASIANS	2,04	2,4	85,83	1,75	2,08	79,6	0,29	0,32	6,23	0,97	1,02	95,1	0,44	4,8	9,17	0,53	-3,78	85,93
11		Imam	L	54	160	70	ASIANS	2,55	3,11	82,16	2,63	3,18	77,48	-0,08	-0,07	4,68	1,63	2,19	74,43	0	4,8	0	1,63	-2,61	74,43
12		Heri	L	43	160	50	ASIANS	2,87	3,44	83,7	2,92	3,46	79,46	-0,05	-0,02	4,24	2,26	3,24	69,75	0	4,63	0	2,26	-1,39	69,75
13	08/07/2014	Ninuk	P	43	155	70	ASIANS	2,51	2,96	85,48	2,28	2,66	80,93	0,23	0,3	4,55	1,59	1,79	88,83	0,63	4,97	12,68	0,96	-3,18	76,15
14		Wempi	L	65	160	82	ASIANS	2,23	2,79	80,62	2,33	2,91	75,5	-0,1	-0,12	5,12	1,92	2,39	80,33	0	4,97	0	1,92	-2,58	80,33
15		Rukiyatun	P	74	155	60	ASIANS	1,93	2,47	82,11	1,56	1,91	75,04	0,37	0,56	7,07	0,71	1,02	69,61	5,38	4,8	112,08	-4,67	-3,78	-42,47
16		Djumali	L	72	160	62	ASIANS	2,02	2,58	79,64	2,14	2,73	74,24	-0,12	-0,15	5,4	0,91	1,53	59,48	4,24	4,8	88,33	-3,33	-3,27	-28,85
17		Rantansari	P	25	155	48	ASIANS	2,85	3,36	87,45	2,69	3,09	84,35	0,16	0,27	3,1	1,93	2,18	88,53	0	4,97	0	1,93	-2,79	88,53
18		Syamsul	L	55	160	65	ASIANS	2,52	3,08	82,02	2,6	3,16	77,3	-0,08	-0,08	4,72	1,4	1,97	71,07	10,76	5,13	209,75	-9,36	-3,16	-138,68
19		Siti	P	36	155	54	ASIANS	2,64	3,08	86,25	2,44	2,83	82,26	0,2	0,25	3,99	1,19	1,44	82,64	5,7	4,63	123,11	-4,51	-3,19	-40,47
20		Tiami	P	50	155	68	ASIANS	2,38	2,84	84,72	2,11	2,49	79,6	0,27	0,35	5,12	0,55	0,79	70,89	3,61	4,97	72,64	-3,06	-4,18	-1,75
21		Mutmainah	P	50	155	68	ASIANS	2,04	2,4	85,83	2,11	2,49	79,6	-0,07	-0,09	6,23	0,99	1,45	68,28	0	4,97	0	0,99	-3,52	68,28
22	Jumaatin	P	49	155	70	ASIANS	2,39	2,86	84,83	2,14	2,51	79,79	0,25	0,35	5,04	1,4	1,78	78,65	7,46	4,63	161,12	-6,06	-2,85	-82,47	
23	10/07/2014	Aris	P	28	155	45	ASIANS	2,79	3,21	87,12	2,62	3,02	83,78	0,17	0,19	3,34	1,45	2,34	61,97	8,64	4,97	173,84	-7,19	-2,63	-111,87
24		Lilik	P	65	160	70	ASIANS	2,26	2,81	82,53	1,95	2,33	76,75	0,31	0,48	5,78	0,75	1,31	57,25	5,54	4,8	115,42	-4,79	-3,49	-58,17
25		Djarwoko	L	41	160	50	ASIANS	2,93	3,5	83,98	2,98	3,51	79,82	-0,05	-0,01	4,16	1,4	1,91	73,7	0,21	4,8	4,38	1,19	-2,89	69,32
26		Winarni	P	58	145	53	ASIANS	1,89	2,26	84,96	1,56	1,88	78,08	0,33	0,38	6,88	0,8	1,29	62,02	1,27	4,97	25,55	-0,47	-3,68	36,47
27		Aulia	P	21	155	45	ASIANS	2,93	3,33	87,88	2,79	3,19	85,11	0,14	0,14	2,77	1,31	2	65,5	2,13	4,97	42,86	-0,82	-2,97	22,64
28		Mentas	L	44	160	59	ASIANS	2,84	3,41	83,56	2,9	3,43	79,28	-0,06	-0,02	4,28	0,82	1,56	52,56	4,71	4,97	94,77	-3,89	-3,41	-42,21
29		Misgiarti	P	46	155	63	ASIANS	2,45	2,91	85,16	2,21	2,59	80,36	0,24	0,32	4,8	1,71	2,01	85,07	6,76	5,3	127,55	-5,05	-3,29	-42,48
30		Supiati	P	56	155	52	ASIANS	2,26	2,74	84,07	1,97	2,34	78,46	0,29	0,4	5,61	1,56	2,01	77,61	2,83	5,13	55,17	-1,27	-3,12	22,44
31		Subiran	L	76	160	60	ASIANS	1,91	2,46	79,08	2,03	2,63	73,52	-0,12	-0,17	5,56	2,36	3,36	70,24	7,51	4,8	156,46	-5,15	-1,44	-86,22
32	Srimukti	P	77	145	64	ASIANS	1,67	2,07	82,89	1,12	1,42	74,47	0,55	0,65	8,42	0,69	0,81	85,19	6,58	4,8	137,08	-5,89	-3,99	-51,89	
33	11/07/2014	Anang	L	72	160	54	ASIANS	2,02	2,58	79,64	2,14	2,73	74,24	-0,12	-0,15	5,4	0,82	1,88	43,62	0,74	4,97	14,89	0,08	-3,09	28,73
34		Nanik	P	71	145	45	ASIANS	1,91	2,25	83,54	1,26	1,57	75,61	0,65	0,68	7,93	0,99	1,42	69,72	3,64	4,8	75,83	-2,65	-3,38	-6,11
35		Sutaman	L	61	155	63	ASIANS	2,01	2,48	81,61	2,24	2,74	76,22	-0,23	-0,26	5,39	1,34	1,63	82,21	4,81	4,63	103,89	-3,47	-3	-21,68
36		Mushofa	P	74	150	37	ASIANS	1,86	2,32	82,66	1,37	1,7	75,04	0,49	0,62	7,62	0,93	1,43	65,03	6,35	4,97	127,77	-5,42	-3,54	-62,74
37		Mudjilah	P	58	156	51	ASIANS	2,26	2,75	83,74	1,96	2,34	78,08	0,3	0,41	5,66	1,62	1,88	86,17	1,09	5,13	21,25	0,53	-3,25	64,92
								Rata-rata Selisih Prediksi Nilai Acuan Normal						0,11 L	0,15 L	4,47 %	Rata-rata Selisih Nilai Pengukuran						-1,54 L	-2,89 L	11,52 %

6. PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi dan pengujian yang dilakukan, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi pengukur kesehatan paru manusia pada media *smartphone* berhasil diimplementasikan dengan memanfaatkan teknologi *microphone*.
2. Ditemukan Selisih akurasi antara aplikasi pengukur kesehatan fungsi paru manusia memanfaatkan *microphone* pada *smartphone* dengan alat Spirometer di Rumah Sakit Saiful Anwar Kota Malang (RSSA) pada Prediksi Nilai Acuan Normal sebesar FEV1 = 0,11 liter; FVC = 0,15 liter; FEV1/FVC = 4,74 %. Dan selisih akurasi pada Hasil Pengukuran sebesar FEV1 = -1,54 liter; FVC = -2,89 liter; FEV1/FVC = 11,52 %.

6.2. Saran

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, maka saran yang dapat diberikan untuk pengembangan aplikasi pengukur kesehatan paru manusia memanfaatkan *microphone* pada *smartphone* antara lain:

1. Untuk meningkatkan keakuratan pengukuran sebaiknya ditambahkan fitur "Kalibrasi". Fitur Kalibrasi digunakan untuk merekam suara disekitar pengguna (noise) sebagai variabel pengurang "Hasil Pengukuran".
2. Untuk Pengujian Akurasi selanjutnya, sebaiknya jumlah sampel populasi yang digunakan sebanyak 200 pengguna/pasien.

7. DAFTAR PUSTAKA

RINI, I. S. 2011. *Hubungan Antara Efikasi Diri Dengan Kapasitas Hidup Pasien Penyakit Paru Obstruktif Kronis Dalam Konteks Asuhan Keperawatan Di RS Paru Batu Dan RSUD Saiful Anwar Malang Jawa Timur*. Program Studi Magister Ilmu Keperawatan. Universitas Indonesia (hal.8-9).

Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Nomor 1022/MENKES/SK/XI/2008. Tentang Pedoman Pengendalian Penyakit Paru Obstruktif Kronik Menteri Kesehatan Republik Indonesia (hal.6).

KARA, M. (2005). "Preparing Nurses For The Global Pandemic Of Chronic Obstructive Pulmonary Disease". *Journal Of Nursing Scholarship*.

http://www.redorbit.com/news/health/156840/preparing_nurses_for_the_global_pandemic_of

[chronic obstructive pulmonary/](#). Diperoleh tanggal 13 Pebruari 2011 (hal. 127).

MENGGKIDI, D. 2006. "Gangguan Fungsi Paru Dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhinya Pada Karyawan Pt. Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan". Universitas Diponegoro. Semarang (hal.24-29).

RAHMA, L. 2008. "Gambaran fungsi paru pada pekerja CV. Silkids Garmindo". FKMUI. Universitas Indonesia (hal.26-28).

Modul Pelatihan Pemeriksaan Kesehatan Kerja. Departemen Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Badan Penelitian, Pengembangan Dan Informasi Pusat Pengembangan Keselamatan Kerja Dan Hiperkes Dipa. 2005.

FALASCHETTI E, LAIHO J, PRIMATESTA P, PURDON S. Prediction equations for normal and low lung function from the Health Survey for England. *Eur Respir J*. 2004 Mar;23(3):456-63.

Patient Education – Lung Cancer Program at UCLA.

http://lungcancer.ucla.edu/adm_tests_lung_fun.c.html. Diakses pada tanggal 28 Maret 2014.

SIDDHARTH, G., PETER, C., NONSO A., & ASHUTOSH S. 2011. "mobileSpiro: Accurate mobile Spirometry for Self-Management of Asthma". Departments of ECE and CS, Rice University (hal.2-3).

Microphone Class. <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/microsoft.xna.framework.audio.microphone.aspx>. Diakses pada tanggal 28 Maret 2014.

FIRDAHANA, A. 2010. "Perbandingan Nilai Faal Paru Pada Penderita Penyakit Paru Obstruksi Kronik (PPOK) Stabil Dengan Orang Sehat". Fakultas Kedokteran. Universitas Sebelas Maret. Surakarta (hal.7).

MENDETEKSI JENIS BURUNG BERDASARKAN POLA SUARANYA
Budi Darma Setiawan¹, Imam Cholissodin², Rekyan Regasari MP.³

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang
Email: ¹s.budidarma@ub.ac.id, ²imamcs@ub.ac.id, ³rekyan.rmp@ub.ac.id

(Naskah masuk: 20 Mei 2016, diterima untuk diterbitkan: 20 Juni 2016)

Abstrak

Ilmuwan biologi terutama di bidang biodiversitas, terus melakukan penelitian tentang spesies hewan yang ada di dunia. salah satu hewan yang spesiesnya memiliki banyak variasi adalah burung. Tiap jenis burung memiliki perbedaan-perbedaan, mulai dari bentuk anggota tubuhnya, prilakunya, makanannya hingga suaranya. Ilmuwan sering juga mengalami kesulitan untuk melakukan pengamatan di alam. Misalnya, untuk mengetahui spesies burung apa saja yang ada di suatu daerah, mereka harus hadir di suatu wilayah, dan menelusuri setiap pelosok. kadang kala kehadiran mereka di tempat tersebut dalam jangka waktu lama, malah mengusik burung yang ada, dan burung-burung malah pergi meninggalkan tempat, sebelum berhasil diamati. Salah satu cara untuk mendeteksi burung apa saja yang ada di suatu wilayah, tanpa harus mengusik keberadaan burung adalah dengan menggunakan alat bantu. Bisa dengan menggunakan kamera video untuk mengambil gambar lingkungan sekitar, atau dengan perekam suara, untuk merekam suara burung yang ada di sana. Untuk itu penelitian ini ditujukan untuk membuat sebuah pengklasifikasi suara burung secara otomatis. Fitur yang digunakan adalah *rhythm*, *pitch*, *mean*, *varian*, *min*, *max*, dan *delta* dari suara burungnya. Metode klasifikasi yang digunakan adalah *Ekstreme learning Machine* (ELM). Dari hasil klasifikasi 4 jenis burung, didapatkan hasil rata-rata akurasi terbaik sebesar 88.82%.

Kata Kunci: *suara burung, klasifikasi, rhythm, pitch*

Abstract

Many of Biology scientist, especially in the field of biodiversity, conduct research on the animal species that exist in the world. One of the animal which is largely diverse in species is bird. Each species of birds have differences, from the shape of his body, his behavior, his food to it's voice. Scientists often find it difficult to make observations in nature. For example, to determine which species of birds present in an area, they should be present in an area, and explore every corner. Sometimes their presence in that place for a long time, even disturb the bird, and they leaving the place, before been observed. One way to detect any bird that is in an area, without having to disturb the presence of birds is to use the automatic tools. For example to use a video camera to take pictures of the surrounding environment, or with voice recorders to record the sound of the birds that were there. This study is aimed to create a classifier bird sound automatically. Features used in this research are rhythm, pitch, mean, variance, min, max, and delta of the bird sound samples. For classifying, we used Extreme Learning Machine (ELM). The average results of the classification of four types of birds, showed the best average of accuracy is 88.82%.

Keywords: *bird song, classification, rhythm, pitch.*

1. Pendahuluan

Ilmuwan biologi terutama di bidang biodiversitas, terus melakukan penelitian tentang spesies hewan yang ada di dunia. salah satu hewan yang spesiesnya memiliki banyak variasi adalah burung. Tiap jenis burung memiliki perbedaan-perbedaan, mulai dari bentuk anggota tubuhnya, prilakunya, makanannya hingga suaranya. Ilmuwan sering juga mengalami kesulitan untuk melakukan pengamatan di alam. Misalnya, untuk mengetahui spesies burung apa saja yang ada di suatu daerah, mereka harus hadir di suatu wilayah, dan menelusuri setiap pelosok. kadang kala kehadiran mereka di tempat tersebut dalam jangka waktu lama, malah mengusik burung yang ada, dan burung-burung malah pergi meninggalkan tempat,

sebelum berhasil diamati. Salah satu cara untuk mendeteksi burung apa saja yang ada di suatu wilayah, tanpa harus mengusik keberadaan burung adalah dengan menggunakan alat bantu. Bisa dengan menggunakan kamera video untuk mengambil gambar lingkungan sekitar, atau dengan perekam suara, untuk merekam suara burung yang ada di sana.

Permasalahan selanjutnya adalah, jika kita menggunakan perekam suara, maka sistem yang kita pasang juga harus bisa mengenali bahwa suatu suara kicauan burung adalah milik burung spesies tertentu. Untuk itu perlu dibuat sebuah sistem dengan menggunakan algoritma tertentu, untuk mengenali suara kicauan burung dengan baik. Penelitian sebelumnya sudah pernah dilakukan, misalnya: Somervuo (2004) menggunakan analisis

histogram pada *syllable* (suku kata) dari kicauan burung. Pada tahun 2011, Wei Chu menganalisa *syllable* kicauan burung dengan menggunakan *Hidden Markov Model*. Dan di tahun 2013, Sha-sha Chen menganalisa tekstur dari frekuensi berbasis waktu dari *syllable* kicauan burung. Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan, sebagian besar menggunakan *syllable* untuk dianalisis. Penelitian ini akan menggunakan analisis frekuensi dari setiap *syllable* kicauan burung, menganalisa jarak antara gelombang pada *syllable*, serta keberadaan perubahan *pitch* dari jenis burung tertentu. Pengamatan dan analisis ini ditekankan pada penggunaan fitur-fitur, yaitu *rhythm*, *pitch*, *mean*, *varian*, *max*, *min*, dan *delta*.

Penelitian ini diharapkan menjadi langkah awal dalam membuat tool otomatis untuk dapat mendeteksi jenis burung. Dari latar belakang tersebut, dapat dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Fitur apa saja yang digunakan untuk dapat membedakan jenis burung melalui pengenalan suaranya.
2. Seberapa baik akurasi yang dihasilkan dengan menggunakan kombinasi fitur dan metode tersebut.

2. Kajian Pustaka

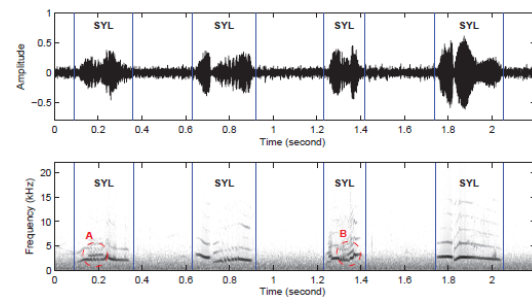
Studi dan penelitian mengenai pengenalan suara burung sudah banyak dilakukan. Metode yang digunakan juga bervariasi. Sebagian besar meneliti suara burung berdasarkan *Syllable*. Untuk memecah suara burung menjadi *syllable* dilakukan segmentasi. Cara yang pertama untuk memisahkan *syllable* ini dengan menggunakan *change piont detection* yang melihat perubahan bentuk gelombang dari suara burung (Wang et al., 2013). Cara lainnya dengan menggunakan *time-frequency segmentation* pada lingkungan suara dengan banyak noise. metode ini menrubah gelombang suara burung ke dalam bentuk spektrogram dengan *Short-time FFT* dan kemudian melakukan segmentasi untuk memisahkan noise dan suara burung (Neal et al., 2011).

Dari *Syllable* yang didapatkan, kemudian dilakukan analisis dengan berbagai metode. Salah satunya adalah dengan menggunakan metode pengenalan kata dari suara manusia, yaitu dengan menggunakan *Hidden Markov Model* (Chu & Blumstein, 2011). dari penelitian tersebut diperoleh nilai *Presition* terbesar yaitu 75,2% dan *Recal* terbesar yaitu 76%. Metode lain yang digunakan yaitu dengan menganalisis tekstur dari spektrogram tiap *syllable*. Akurasi yang diperoleh sebesar 96,5% dari 10 spesies burung yang dipelajari (Chen & Li, 2013). Di tahun 2004 *syllable* yang didapatkan dianalisis dengan menggunakan histogramnya, dan menghasilkan akurasi terbesar yaitu 80% (Somervuo & Harma, 2004).

Penelitian kali ini akan metode untuk mengambil *syllable* akan menggunakan metode *change point detection* (Wang et al., 2013). Dan analisis *syllable*-nya menggunakan analisis tekstur. Untuk meningkatkan akurasi, akan diamati pula fitur lainnya, yaitu ritme suara burung. Hal ini dilakukan dengan mengamati tempo. Selain itu juga akan mengamati tinggi rendahnya nada (*pitch*), pengulangan *syllable* dan nadanya.

3. Suara Burung

Jika didengarkan, variasi suara burung lebih sederhana jika dibandingkan dengan suara manusia. Namun demikian, suara burung juga dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu frasa, suku kata (*syllable*) dan elemen (Catchpole & Slater, 1995). Frasa adalah kumpulan *syllable* yang biasanya muncul membentuk pola tertentu. Setiap burung memiliki bentuk kumpulan *syllable* dan frasa yang berbeda. *Syllable* adalah suara yang dikeluarkan oleh burung dalam satu kali tiupan udara dari paru-parunya. (Somervuo et al., 2006). *Syllable* ini yang biasa didengarkan sebagai satu siulan. Jika digambarkan dalam gelombang, *syllable* bisa dilihat seperti pada gambar 1.



Gambar 1 SYL = Syllable dalam bentuk gelombang (atas), dan spektrogram (bawah). (Chu & Blumstein, 2011)

4. Ritme

Ritme menggambarkan tempo ketukan dari suara burung. ada yang bertempo cepat, dan ada yang bertempo lambat. Ritme dapat diartikan waktu yang dibutuhkan untuk membunyikan 1 syllable. Ritme diukur dengan menghitung rasio waktu dengan jumlah syllable yang muncul pada saat itu.

5. Pitch

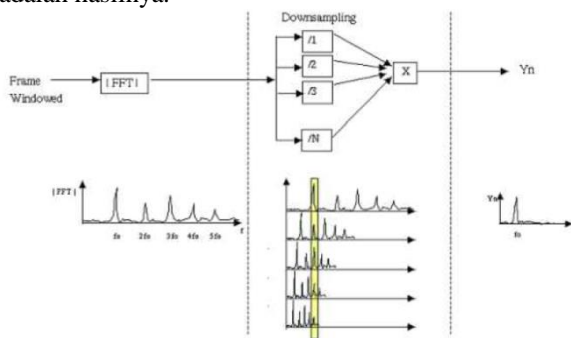
Beberapa jenis burung memiliki *pitch* yang khas. ada yang memiliki *pitch* sangat tinggi sampai yang sangat rendah. Ada jenis burung yang *pitch*-nya rata/datar, dan bahkan ada jenis burung, yang *pitch*-nya berubah-ubah dalam satu kali siulan.

Untuk mengambil nilai *pitch*, digunakan metode *Harmonic Product Spectrum* (HPS). Prinsip kerja HPS adalah:

1. Masukan yang berupa sample suara, dibagi menjadi beberapa *window*. Pada penelitian ini, isi dari tiap *window* adalah *syllable*.

2. Tiap *window*, ditransformasi dengan menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mencari frekuensi penyusun gelombang suara tiap *window*.
3. Tiap *window*, hasil FFT tadi dilakukan *downsampling* 2 kali, dan 3 kali
4. Mengalikan *magnitude* dari setiap frekuensi yang bersesuaian antara hasil FFT awal, hasil *downsapling* 2 kali, dan hasil *downsampling* 3 kali.

Ilustrasinya bisa dilihat pada gambar 2. Bagian kiri adalah masukan yang ditransformasi dengan menggunakan FFT, bagian tengah adalah proses *downsampling* dan perkalian *magnitude* dari frekuensi yang bersesuaian, dan bagian kanan adalah hasilnya.



Gambar 2. Proses Harmonic Product Spectrum

Contoh downsampling 3 kali:

	sample									
FFT	1	2	30	4	52	3	70	4	1	30
FFT downsampling 2	1	30	52	70	1	0	0	0	0	0
FFT downsampling 3	1	4	70	30	0	0	0	0	0	0

hasil	1	240	109200	8400	0	0	0	0	0	0
Frequensi (Hz)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180

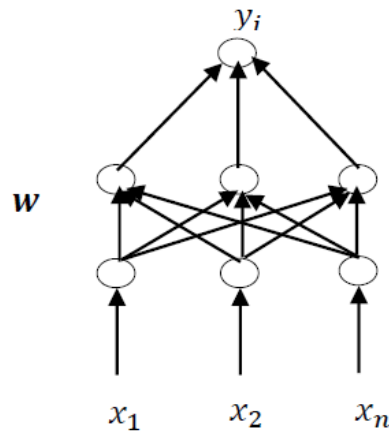
dari contoh didapatkan *magnitude* tertinggi sebesar 109200 yaitu terletak pada frekuensi 40 Hz. dengan demikian pitchnya adalah 40 Hz.

6. Extreme Learning Machine (ELM)

Metode ELM ini pertama kali diperkenalkan oleh Huang (2004). ELM merupakan jaringan syaraf tiruan (JST) *feedforward* dengan *single hidden layer* atau disebut dengan *Single Hidden Layer Feedforward Neural Networks* (SLFNs) (Sun et al., 2008). Metode pembelajaran ELM dibuat untuk mengatasi beberapa kelemahan dari jaringan syaraf tiruan *feedforward*, terutama dalam hal *learning speed*.

Menurut Huang (2004), JST *feedforward* masih memiliki kelemahan dalam *learning speed* karena:

1. Menggunakan *slow gradient based learning* untuk melakukan training.
2. Semua parameter pada jaringan ditentukan secara iteratif dengan menggunakan metode pembelajaran satu persatu untuk setiap data.



Gambar 3 Struktur ELM

Pada proses pembelajaran JST, semua parameternya harus ditentukan secara manual (Huang et al., 2005), yaitu *input weight* dan *hidden bias* yang menghubungkan antara *layer* yang satu dengan yang lain untuk setiap data training, sehingga membutuhkan *learning speed* yang lama. Sedangkan pada ELM parameter-parameter tersebut dipilih secara acak, sehingga ELM memiliki *learning speed* yang cepat dan mampu menghasilkan *good generalization performance*. Hal itu menjadikan ELM cepat dari algoritma *feedforward* BP. Struktur ELM dapat dilihat pada gambar 3.

Berikut model matematis dari ELM pada data (x_i, y_i) .

$$\sum_{i=1}^{\bar{N}} \beta_i g(w_i \cdot x_i + b_i) = y_i \quad (1)$$

dimana

$$x_i = [x_{i1} \ \dots \ x_{iN}]^T \in R^N \text{ dan}$$

$$y_i = [y_{i1} \ \dots \ y_{im}]^T \in R^m$$

kemudian

$$w_i = [w_{i1} \ \dots \ w_{iN}]^T \text{ dan}$$

$$\beta_i = [\beta_{i1} \ \dots \ \beta_{im}]^T$$

Persamaan (1) dapat disederhanakan menjadi persamaan (2), yang kemudian menggunakan *Moore-Penrose* (MPinv(HT)) = (inv((HT*H))* HT) sebagai *generalized inverse*.

$$H\beta = Y \quad (2)$$

Keterangan :

H = Matrik fungsi aktivasi hidden neuron

\bar{N} = jumlah hidden neuron yang diaktivasi dengan fungsi $g(x)$

β = Matrik bobot output

Y = Matrik output dimana,

$$H(w_1, \dots, w_N, b_1, x_1, \dots, x_N) = \begin{bmatrix} g(w_1 \cdot x_1 + b_1) & \dots & g(w_{\bar{N}} \cdot x_{\bar{N}} + b_{\bar{N}}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g(w_1 \cdot x_N + b_1) & \dots & g(w_{\bar{N}} \cdot x_N + b_{\bar{N}}) \end{bmatrix}_{\bar{N} \times N}$$

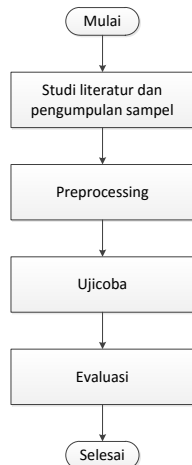
$$\beta = [\beta_1^T \ \dots \ \beta_{\bar{N}}^T]_{\bar{N} \times m}^T \text{ dan}$$

$$Y = [y_1^T \ \dots \ y_{\bar{N}}^T]_{\bar{N} \times m}^T \quad (3)$$

$$\hat{\beta} = MP\text{inv}(H^T)Y \quad (4)$$

7. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Dimulai dari pengumpulan data, hingga proses ujicoba. Diagramnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar Error! No text of specified style in document. Alur Pelaksanaan Penelitian

8. Hasil dan Pembahasan

8.1. Hasil Preprocessing dan Smoothing

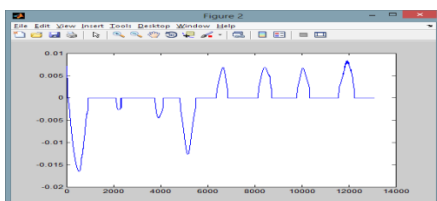
Hasil dari preprocessing adalah dapat menemukan bagian-bagian dari gelombang yang merupakan *syllable*. Pada gambar 5, bentuk gelombang asli di bagian atas diproses dengan proses smoothing dengan menggunakan metode *robust lowest* yang menggunakan regresi linier.



Gambar Error! No text of specified style in document.. Hasil Preprocessing

8.2. Hasil deteksi syllable

Setelah itu, sinyal hasil *smoothing* gelombang dengan simpangan tertentu dijadikan *syllable*. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 6.

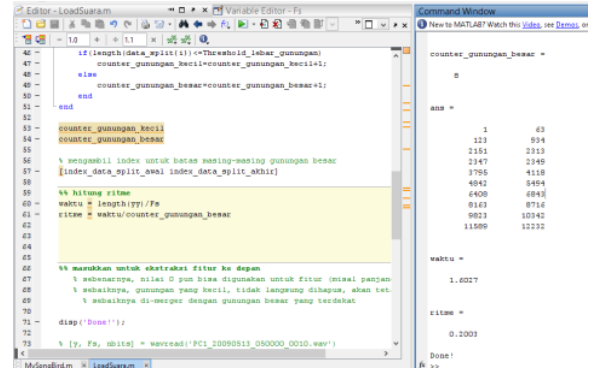


Gambar 6 Hasil *Smoothing* Signal untuk diambil setiap *syllable*

8.3. Hasil Ekstraksi Fitur

8.3.1. Fitur Ritme

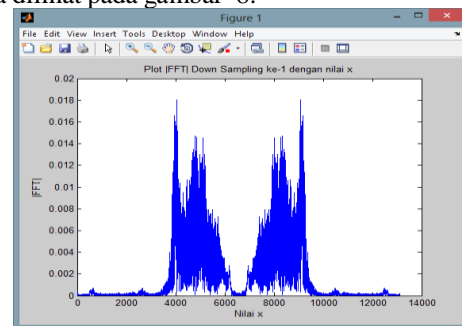
Setelah *syllable* terdeteksi, memungkinkan untuk menghitung jumlah *syllable* yang muncul dan ritmenya. Hasilnya bisa dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Hasil Ekstraksi Fitur Ritme

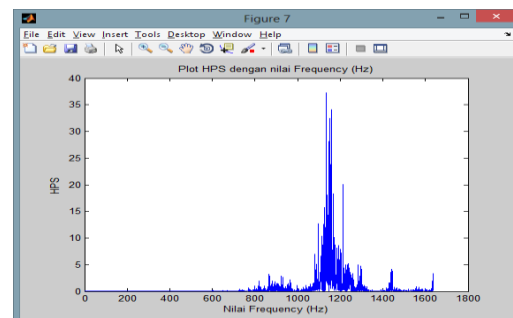
8.3.2. Fitur Pitch

Untuk mendapatkan fitur *pitch*, gelombang suara ditransformasi dahulu ke dalam domain frekuensi menggunakan transformasi FFT. hasilnya bisa dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Hasil FFT(y)

Setelah ditransformasi, dilakukan *downsampling* sebanyak 4 kali. Kemudian hasil *downsampling* dan hasil FFT dikalikan semua, untuk mendapatkan *Harmonic Product Spectrum* (HPS). Nilai Frekuensi terbesar dalam HPS ini yang kemudian dijadikan nilai *pitch*. grafik HPSnya bisa dilihat pada gambar 9. Dari situ, didapatkan nilai *pitch* berupa frekuensi dengan nilai HPS tertinggi.



Gambar 9. Plot HPS dalam Frequency (Hz)

8.4. Lingkungan Uji Coba

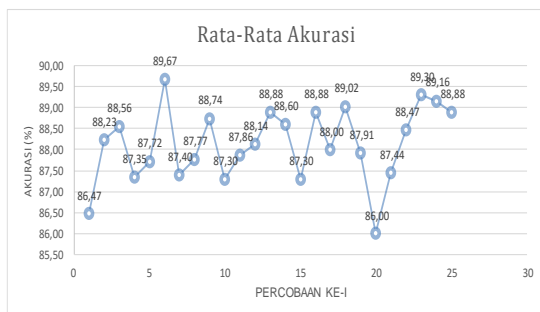
Pada penelitian ini, data suara yang digunakan berupa file (.wav). Data diunduh dari internet

(youtube) dengan panjang 13129 *sample*. Data yang digunakan sebanyak 175 file *.wav dengan 4 kelas (*Burung Blackthroat, Celilin, Cendet, dan Kutilang*). Spesifikasi dari perangkat keras yang digunakan dalam implementasi perangkat lunak terdiri dari prosesor berjenis *Intel(R) Core(TM) i7*, memori berkapasitas 4 GB dan kapasitas *harddisk* 750 GB. Sedangkan untuk spesifikasi perangkat lunak yang digunakan dalam implementasi perangkat lunak yakni *Matlab 2009*.

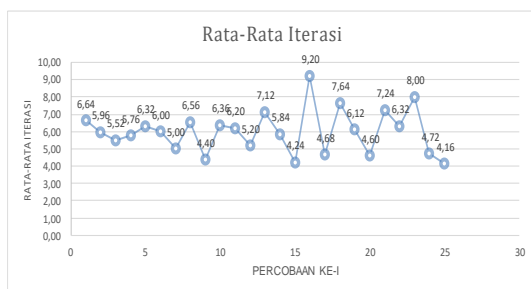
8.5. Hasil Uji Coba

8.5.1. Pengujian Akurasi terhadap K-Fold (K=2, Fold Ke-1)

Pengujian akurasi digunakan untuk mengetahui performa dari sistem klasifikasi suara burung menggunakan algoritma *Extreme Learning Machine* (ELM). Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan kelas aktual dengan kelas prediksi. Data hasil dari nilai rata-rata akurasi dari keseluruhan pengujian dan jumlah iterasinya dapat dilihat pada grafik Gambar 10 dan 11. Berdasarkan hasil pengujian akurasi pada Gambar 5.14 menggunakan K=2 Fold Ke-1 memiliki nilai akurasi rata – rata yakni 88.12%. Dari hasil ini disimpulkan bahwa algoritma ELM mampu melakukan klasifikasi dengan baik.



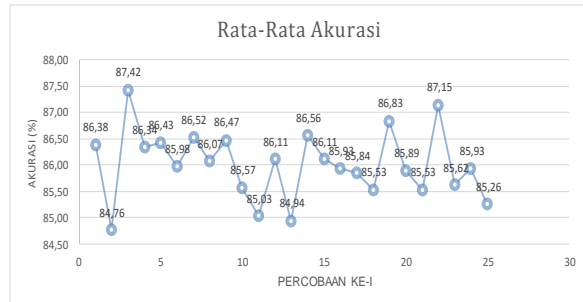
Gambar 10 Grafik Pengujian Akurasi terhadap 2-Fold Ke-1



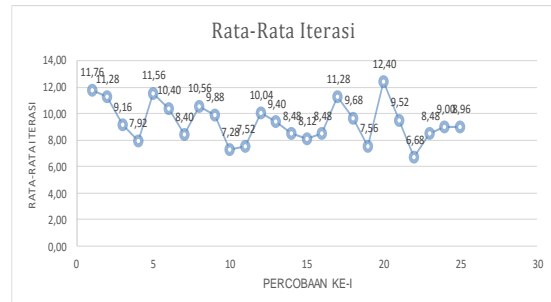
Gambar 11 Grafik Iterasi terhadap 2-Fold Ke-1

8.5.2. Pengujian Akurasi terhadap K-Fold (K=2, Fold Ke-2)

Data hasil dari nilai rata-rata akurasi dari keseluruhan pengujian dan jumlah iterasinya, dapat dilihat pada Gambar 12 dan 13. Didapatkan nilai akurasi rata – rata sebesar 86.01%.



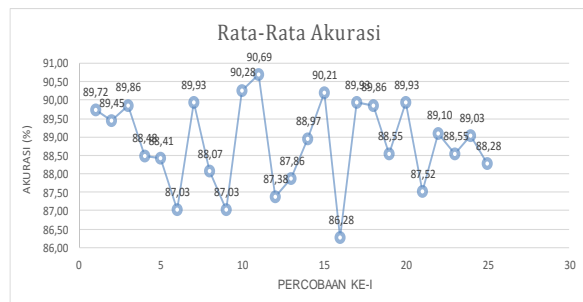
Gambar 12 Grafik Pengujian Akurasi terhadap 2-Fold Ke-2



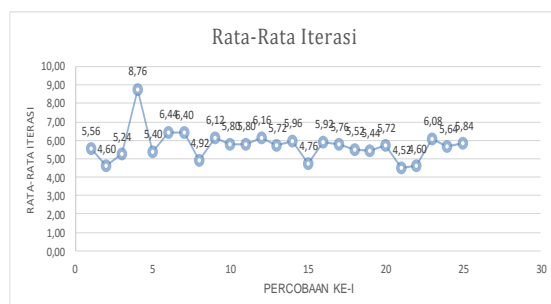
Gambar 13 Grafik Iterasi terhadap 2-Fold Ke-2

8.5.3. Pengujian Akurasi terhadap K-Fold (K=3, Fold Ke-1)

Data hasil dari nilai rata-rata akurasi dari keseluruhan pengujian ini dan rata-rata iterasinya dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15. Berdasarkan hasil pengujian akurasi pada Gambar 5.18 memiliki nilai akurasi rata – rata yakni 88.82%.



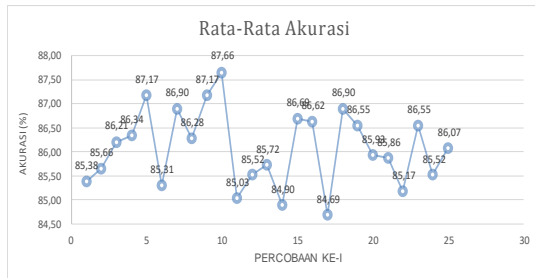
Gambar 14 Grafik Pengujian Akurasi terhadap 3-Fold Ke-1



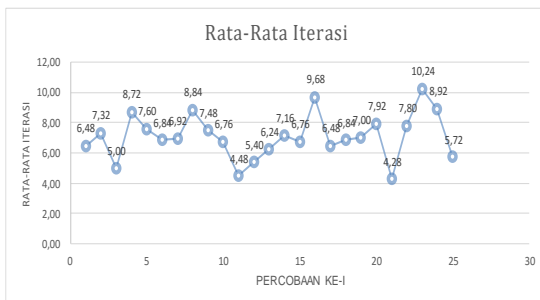
Gambar 15 Grafik Iterasi terhadap 3-Fold Ke-1

8.5.4. Pengujian Akurasi terhadap K-Fold (K=3, Fold Ke-2)

Gambar 16 menunjukkan grafik hasil dari nilai rata-rata akurasi dari keseluruhan pengujian. Dan gambar 17 menunjukkan rata-rata iterasi yang dilakukan. Berdasarkan hasil pengujian akurasi pada Gambar 5.20 memiliki nilai akurasi rata – rata yakni 86.07%. Dari hasil ini disimpulkan bahwa algoritma ELM mampu melakukan klasifikasi dengan baik.



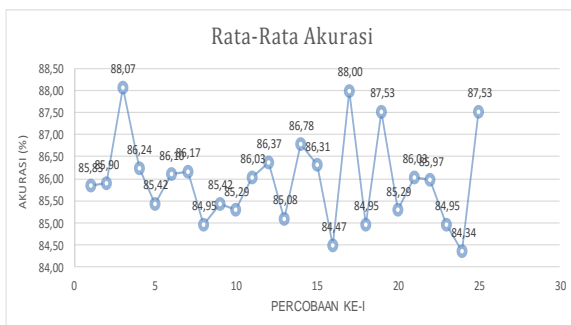
Gambar 16 Grafik Pengujian Akurasi terhadap 3-Fold Ke-2



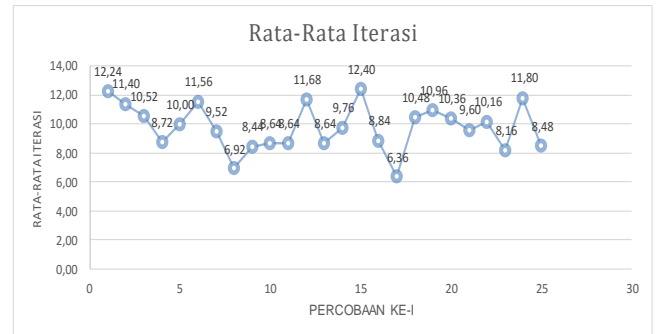
Gambar 17 Grafik Iterasi terhadap 3-Fold Ke-2

8.5.5. Pengujian Akurasi terhadap K-Fold (K=3, Fold Ke-3)

Gambar 18 menunjukkan grafik hasil dari nilai rata-rata akurasi dari keseluruhan pengujian, dan gambar 19 menunjukkan rata-rata iterasinya. Berdasarkan hasil pengujian ini diketahui nilai akurasi rata – rata yakni 85.96%. Dari hasil ini disimpulkan bahwa algoritma ELM mampu melakukan klasifikasi dengan baik.



Gambar 18 Grafik Pengujian Akurasi terhadap 3-Fold Ke-3



Gambar 19 Grafik Iterasi terhadap 3-Fold Ke-3

9. Kesimpulan

1. Implementasi *Extreme Learning Machine* (ELM) dapat digunakan untuk mengklasifikasikan suara burung dengan melakukan proses ekstraksi fitur dari ritme, pitch, mean, varian, min, max dan delta. Hasil ekstraksi fitur tersebut kemudian dilakukan proses pelatihan dan pengujian terhadap dataset yang sudah disediakan.
2. Hasil rata-rata akurasi terbaik dari klasifikasi suara burung dengan menggunakan ELM sebesar 88,82% dari 3-Fold ke-1 dengan banyaknya iterasi yang dibutuhkan sebesar 6 iterasi. Kemudian sistem sempat mampu menghasilkan nilai akurasi tertinggi 100% saat beberapa percobaan pada 3-Fold ke-1 dan pada 3-Fold ke-3.

10. Daftar Pustaka

Birds, A. A. (2015). *The Cornell lab of Ornithology - All About Birds*. Retrieved March 1, 2015, from <http://www.allaboutbirds.org/page.aspx?pid=1059>

Catchpole, C. K., & Slater, P. J. (1995). *Bird Song: Biological Themes and Variations*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Chen, S.-s., & Li, y. (2013). Automatic Recognition of Bird Songs Using Time-Frequency Texture. Mathura: 5th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN).

Chu, W., & Blumstein, D. T. (2011). Noise robust bird song detection using syllable pattern-based hidden Markov models. Prague: IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP).

Huang, G.B., Zhu, Q.Y., dan Siew, C.K. (2004). Extreme Learning Machine : A New Learning Scheme of Feddforward neural Networks. Proceeding of International Joint Conference on Neural Networks. Hungary, 25-29 Juli.

Huang, G.B., Zhu, Q.Y., dan Siew, C.K. (2005). Extreme Learning Machine : Theory and applications. Elsevier science : Neurocomputing 70 (2006) 489-501.

- Neal, L., Brigs, F., Raich, R., & Fern, X. Z. (2011). Time-frequency segmentation of bird song in noisy acoustic environments. Prague: IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP).
- Somervuo, P., & Harma, A. (2004). Bird song recognition based on syllable pair histograms. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Proceedings. (ICASSP '04).
- Somervuo, P., Harma, A., & Fagerlund, S. (2006). Parametric Representations of Bird Sounds for Automatic Species Recognition. *IEEE Transaction on Audio, Speech, and Language Processing*, 14(6).
- Sun, Z.L., Choi, T.M., Au, K.F., dan Yu, Y. (2008). Sales Forecasting using Extreme Learning Machine with Application in Fashion Retailing. Elsevier Decision Support Systems 46 (2008) 411-419.
- Wang, N.-C., Hudson, R. E., Tan, L. N., Taylor, C. E., Alwan, A., & Yao, K. (2013). Change point detection methodology used for segmenting bird songs. Beijing: IEEE China Summit & International Conference on Signal and Information Processing (ChinaSIP).

OPTIMASI KANDUNGAN GIZI UNTUK MENU HARIAN MENGUNAKAN FUZZY INTEGER PROGRAMMING

Lailil Muflikhah¹, Galang Gilang Ramadhan², Marji³

^{1,2,3} Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang

e-mail: ¹lailil@ub.ac.id

(Naskah masuk: 20 Mei 2016, diterima untuk diterbitkan: 20 Juni 2016)

Abstrak

Tujuan utama dari optimasi kandungan gizi adalah membantu pengguna menemukan daftar menu harian termurah berdasarkan kebutuhan gizinya serta biaya yang ditetapkan. Permasalahan ini cukup menantang karena banyak melibatkan data yang sifatnya tak pasti atau buram sehingga tidak dapat diselesaikan dengan metode optimasi dasar seperti Linear Programming. Fuzzy Linear Programming adalah solusi lain yang dapat digunakan. Namun oleh karena sifatnya yang linear, metode ini menimbulkan efek di mana kombinasi makanan yang dihasilkan bisa jadi tidak enak untuk dikonsumsi (unpalatable). Fuzzy Integer Programming (FIP), yang merupakan pengembangan dari Integer Programming, menerapkan batasan-batasan yang lebih ketat pada model matematika dari permasalahan. Dengan menggunakan metode yang mengkonversi model FIP menjadi model Multiple Objective Integer Programming Problem (MOIPP), Integer Programming yang melibatkan data tak pasti dapat dipecahkan dengan mudah. Pengujian dengan membandingkan hasil dari metode ini dengan sebuah hasil metode apriori optimal. Metode ini diperoleh dari pembangkitan seluruh kombinasi yang mungkin sehingga menunjukkan bahwa metode ini mampu menemukan variasi menu optimal dengan tingkat optimalitas 100% dalam berbagai kondisi keburaman data. Dengan demikian, Fuzzy Integer Programming dapat dikatakan sebagai solusi yang dapat diandalkan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi kandungan gizi menu harian.

Kata Kunci: Kandungan gizi, Fuzzy Integer Programming, Menu Harian, Optimasi

Abstract

The main purpose of nutrient optimization is to help user find the cheapest of daily menu, according to their nutrient needs and specified cost. This problem is quite challenging due to many uncertainty data are involved so that it can't be solved by using basic optimization method such as Linear Programming. Fuzzy Linear Programming is another solution that can be used. However, because of its characteristic is linear, this method has an effect that can produce an unpalatable food combination. Fuzzy Integer Programming (FIP) which extends Integer Programming method, apply more strictly constraints to the problem's mathematical model. By using a method that converts an FIP model into Multiple Objective Integer Programming Problem (MOIPP) model, Integer Programming with fuzzy data is solvable easily. A test result is compared to an a priori optimal result. It is obtained from an exhaustive combination generation so that shows that this method is capable to find the optimal menu within various data fuzziness with optimality of 100%. Hence, Fuzzy Integer Programming can be considered as a reliable solution to solve optimization of daily menu nutrient.

Keywords: Nutrient, Fuzzy Integer Programming, Daily Menu, Optimization

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan semakin meningkatnya harga bahan-bahan pangan, masyarakat dituntut untuk semakin pandai dalam menyiasati menu harian mereka. Namun karena batasan biaya, seringkali kandungan gizi pada menu harian dikesampingkan. Padahal, dengan melakukan variasi pada susunan menu harian yang ada, akan sangat mungkin untuk mendapatkan susunan menu dengan kandungan gizi yang cukup dan biaya yang lebih terjangkau. Masalahnya adalah, kebanyakan masyarakat awam tidak memiliki waktu dan sumber daya yang cukup untuk mempertimbangkan variasi-variasi tersebut.

Tujuan utama optimasi kandungan gizi menu harian adalah untuk membantu pengguna menemukan variasi termurah dari daftar menu harian mereka, berdasarkan kebutuhan gizinya serta batasan biaya yang ditetapkan. Permasalahan ini cukup menantang karena banyak melibatkan data yang sifatnya tak pasti atau buram sehingga tidak dapat diselesaikan dengan metode optimasi dasar seperti *Linear Programming*. Untuk dapat mengakomodasi keburaman data tersebut, dapat dipergunakan metode *Fuzzy Linear Programming*. Namun dikarenakan sifatnya yang linear, metode ini juga memiliki kekurangan di mana kombinasi makanan yang dihasilkan bisa jadi tidak enak

untuk dikonsumsi (*unpalatable*). Efek ini telah coba diminimalisasi pada penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo (2010) dengan memanfaatkan Ukuran Rumah Tangga (URT), yakni ukuran normal konsumsi bahan makanan, sebagai batasan. Namun, solusi ini dirasa masih kurang efektif mengingat URT tidak menggambarkan proporsi suatu bahan relatif terhadap bahan lainnya pada suatu menu.

Fuzzy Integer Programming (FIP) adalah metode lain yang dapat diterapkan pada kasus optimasi kandungan gizi menu harian. Metode yang merupakan pengembangan dari *Integer Programming* ini memiliki kelebihan di mana metode ini menerapkan batasan-batasan yang lebih ketat pada model matematika dari permasalahan yang akan diselesaikan. Metode ini juga dapat mengakomodasi data-data buram dengan cara mengonversi model permasalahan yang akan diselesaikan menjadi model *Multiple Objective Integer Programming Problem (MOIPP)* (Dash & Dash, 2012). *FIP* telah diterapkan oleh Oruç, et al. (2012) sebagai algoritma perencanaan menu bagi pekerja. Pada penelitian tersebut, FIP digunakan untuk merencanakan menu selama 20 hari dari kerangka menu yang telah ditentukan dengan memperhatikan batasan kebutuhan gizi pekerja. Namun demikian, model *non-selective menu planning* (pengguna tidak memilih sendiri menunya) seperti yang digunakan oleh Oruç, et al. (2012) memiliki kelemahan dari sisi fleksibilitas pengguna.

Pada penelitian ini, akan digunakan pendekatan yang hampir sama dengan yang digunakan oleh Oruç, et al. (2012). Akan tetapi, model perencanaan menu yang akan digunakan adalah *selective menu planning*. Artinya, sistem tidak memilihkan menu untuk pengguna, tetapi pengguna sendiri yang memilih menu-menu yang ingin dioptimasi. Perbedaan lain antara penelitian ini dengan penelitian oleh Oruç, et al. (2012) terletak pada obyek yang ingin dioptimasi. Berbeda dengan pendekatan Oruç, et al. (2012) yang pada dasarnya adalah optimasi di tingkat bahan, penelitian ini akan melakukan optimasi di tingkat menu. Sebuah menu dapat terdiri dari beberapa bahan, dan bahan-bahan dalam sebuah menu independen terhadap bahan-bahan dari menu lain. Setelah pengguna memilih menu-menu yang ingin dioptimasi, FIP akan melakukan optimasi pada jumlah penyajian tiap menu. Dengan melakukan optimasi pada tingkat menu dan bukan pada tingkat bahan, komposisi bahan akan tetap proporsional terhadap resep aslinya. Proporsionalitas komposisi bahan inilah yang dapat menjaga makanan tetap *palatable*.

1.1. Menu harian

Menu harian adalah komposisi makanan yang dikonsumsi seseorang atau sebuah keluarga dalam satu hari. Idealnya, kandungan gizi dalam menu harian harus mencukupi kebutuhan gizi orang atau keluarga tersebut. Di Indonesia dikenal slogan “4 sehat 5 sempurna” yang dapat digunakan masyarakat awam sebagai panduan untuk menyusun menu harian yang seimbang dan berkecukupan. Komposisi nasi, lauk, sayur, buah dan susu dalam menu “4 sehat 5 sempurna” diperkirakan dapat memenuhi kebutuhan energi, protein, lemak, vitamin serta mineral seseorang secara umum. Pada Tabel 1 diberikan contoh menu harian untuk 5 hari.

Tabel 1 Contoh menu harian (Karyadi & Muhilal, 1985)

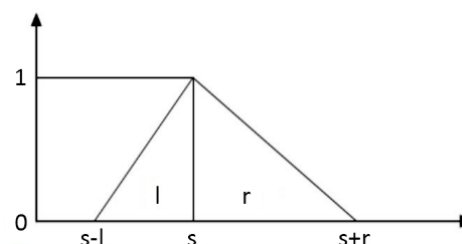
Hari Ke-	Makanan Pokok	Lauk	Sayur	Buah	Selangan
1	Nasi	Tempe Goreng	Lodeh	Pepaya	Singkong Goreng
2	Nasi	Pepes Ikan	Lalap	Pisang	Ubi Rebus
3	Nasi	Ikan Asin	Sayur Bayam	Jeruk	Jagung Rebus
4	Nasi	Tahu Goreng	Gado-Gado	Pisang	Singkong Rebus
5	Nasi	Tehr Rebus	Tumis Kangkung	Pepaya	Kue Dari Singkong

1.2. Fuzzy Number

Sebuah bilangan buram atau *fuzzy number* adalah kuantitas yang nilainya tidak tepat atau tidak pasti (Joshi, 2008). *Fuzzy number* tidak seperti bilangan biasa yang hanya merujuk pada satu nilai, melainkan merujuk pada sekumpulan nilai-nilai yang mungkin. Tiap nilai yang mungkin memiliki bobot tersendiri yang disebut sebagai fungsi keanggotaan atau *membership function*, antara 0 dan 1. Salah satu tipe *fuzzy number* adalah *Triangular Fuzzy Number*, yang dinotasikan sebagai $\tilde{A} = (a, b, c)$ dan memiliki fungsi keanggotaan (Fullér, 1991):

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 1 - \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{x-b}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{di luar } [a, c] \end{cases}$$

Gambar 1 merupakan grafik fungsi keanggotaan dari sebuah *Triangular Fuzzy Number*.



Gambar 1 *Triangular Fuzzy Number* (Roseline & Amirtharaj, 2012)

Jika $\tilde{A} = (s_1, l_1, r_1)$ dan $\tilde{B} = (s_2, l_2, r_2)$ adalah dua buah *Triangular Fuzzy Number*, maka berlaku

operasi-operasi berikut (Roseline & Amirtharaj, 2012):

- $\tilde{A} + \tilde{B} = (s_1, l_1, r_1) + (s_2, l_2, r_2)$
 $= (s_1 + s_2, l_1 + l_2, r_1 + r_2)$
- $\tilde{A} - \tilde{B} = (s_1, l_1, r_1) - (s_2, l_2, r_2)$
 $= (s_1 - s_2, l_1 - l_2, r_1 - r_2)$
- $x > 0, \tilde{A}x = (s_1x, l_1x, r_1x)$
 $x < 0, \tilde{A}x = (r_1x, l_1x, s_1x)$
- $A \leq B$ jika dan hanya jika $MAX(A, B) = B$

Sehingga untuk setiap *Triangular Fuzzy*

Number $\tilde{A} = (s_1, l_1, r_1)$ dan $\tilde{B} = (s_2, l_2, r_2)$,

$\tilde{A} \leq \tilde{B}$ jika dan hanya jika :

- 1) $s_1 \leq s_2$
- 2) $s_1 - l_1 \leq s_2 - l_2$
- 3) $s_1 + r_1 \leq s_2 + l_2$

1.3. Integer Programming

Integer Programming (IP) adalah *Linear Programming* dengan tambahan batasan yang mengharuskan beberapa atau semua variabel ada dalam bentuk *integer* (Bosch & Trick, 2014). *Integer Programming* diselesaikan dengan terlebih dahulu melakukan relaksasi pada permasalahan. Relaksasi dari sebuah permasalahan *Integer Programming* adalah sebuah permasalahan baru sedemikian hingga :

- a) Setiap solusi bagi IP bersesuaian dengan sebuah solusi feasible bagi masalah hasil relaksasi.
- b) Setiap solusi bagi IP memiliki nilai fungsi objektif lebih besar atau sama dengan solusi yang bersesuaian pada masalah hasil relaksasi.

Setelah dilakukan relaksasi, permasalahan akan diselesaikan secara *branch-and-bound* sebagai berikut:

- **Langkah 0 (inisiasi)**

Tetapkan nilai fungsi tujuan *incumbent* $v = \infty$ (untuk mengasumsikan kondisi awal di mana belum ada solusi *integer* yang memenuhi). Tetapkan penghitung *node* aktif $k = 1$ dan tetapkan permasalahan awal sebagai *node* "aktif". Lanjutkan ke Langkah 1.

- **Langkah 1**

Jika $k = 0$ (tidak ada *node* aktif), berhenti. Solusi *incumbent* adalah solusi optimal. Jika tidak ada solusi *incumbent*, misal $v = \infty$, maka permasalahan ini tidak memiliki solusi *integer*. Jika $k \geq 1$ (masih ada *node* aktif), lanjutkan ke Langkah 2.

- **Langkah 2**

Pilih salah satu *node* aktif dan namai sebagai *current node*. Selesaikan permasalahan hasil relaksasi dari *current node*, dan tandai *current*

node sebagai inaktif. Jika tidak ada solusi *feasible*, lanjutkan ke Langkah 3. Jika solusi dari *current node* memiliki nilai fungsi tujuan $z^* \geq v$, lanjutkan ke Langkah 4. Jika solusi semuanya *integer* dan $z^* < v$, lanjutkan ke Langkah 5. Selain itu, lanjutkan ke Langkah 6.

- **Langkah 3**

Fathomed by Infeasibility. Kurangi k dengan 1 dan kembali ke Langkah 1.

- **Langkah 4**

Fathomed by Bound. Kurangi k dengan 1 dan kembali ke Langkah 1.

- **Langkah 5**

Fathomed by Integrality. Ganti solusi *incumbent* dengan solusi *current node*. Tetapkan $v = z^*$, kurangi k dengan 1 dan kembali ke Langkah 1.

- **Langkah 6**

Buat cabang pada *current node*. Pilih variabel yang bernilai fraksional dari solusi permasalahan hasil relaksasi bagi *current node*. Namai variabel ini sebagai x_s dan namai nilai solusi optimalnya sebagai f . Buat dua *node* aktif baru pada *current node*: satu dengan menambahkan batasan $x_s \leq \lfloor f \rfloor$ dan yang lain dengan menambahkan batasan $x_s \geq \lceil f \rceil$. Tambahkan 1 pada k (2 *node* aktif baru minus 1 pencabangan pada *current node*) dan kembali ke Langkah 1.

1.4. Konversi FIPP ke MOIPP

Anggap terdapat FIPP (*Fuzzy Integer Programming Problem*) dengan koefisien fungsi tujuan dan koefisien batasan-batasannya berupa *fuzzy number*, atau dapat dituliskan sebagai :

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (1)$$

Sedemikian hingga :

$$\sum_{i=0}^m (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) x_j \leq (a_i, b_i, c_i) \quad (2)$$

$$0 \leq x_j \leq 1, 0 \leq x_j \leq 1 \quad (2)$$

Permasalahan tersebut dapat dikonversi ke bentuk MOIPP (*Multiple Objective Integer Programming Problem*) sebagai (Dash & Dash, 2012):

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} x_j \leq b_i \quad (3)$$

Sedemikian hingga :

$$\sum_{\alpha=1}^n \alpha_{\alpha\alpha} \alpha_{\alpha} \leq \alpha_{\alpha} \quad (4a)$$

$$\sum_{\alpha=1}^n (\alpha_{\alpha\alpha} - \alpha_{\alpha\alpha}) \alpha_{\alpha} \leq \alpha_{\alpha} - \alpha_{\alpha} \quad (4b)$$

$$\sum_{\alpha=1}^n (\alpha_{\alpha\alpha} + \alpha_{\alpha\alpha}) \alpha_{\alpha} \leq \alpha_{\alpha} + \alpha_{\alpha} \quad (4c)$$

2. CONTOH PERMASALAHAN

Misalkan daftar menu harian yang akan dioptimasi berisi menu-menu: “Soto Ayam”, “Nasi” dan “Jus Alpokat”. Data dari ketiga menu tersebut dapat dilihat pada Lampiran A.

1.5. Perhitungan nutrisi menu

Pada tahap ini, tiap menu akan dinormalisasi menjadi 1 porsi terlebih dahulu. Misalnya menu Soto Ayam adalah untuk 4 porsi, maka untuk tiap porsinya terdiri dari:

- Ayam : $\frac{1}{4} \times (150, 10, 20) = (37.5, 2.5, 5)$
- Kol : $\frac{1}{4} \times (200, 50, 50) = (50, 12.5, 12.5)$
- Bihun : $\frac{1}{4} \times (50, 5, 5) = (12.5, 1.25, 1.25)$
- Telur : $\frac{1}{4} \times (90, 50, 10) = (22.5, 12.5, 2.5)$
- Tomat : $\frac{1}{4} \times (200, 5, 10) = (50, 1.25, 2.5)$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan kandungan gizi untuk masing-masing bahan dari tiap menu dan menjumlahkannya menjadi kandungan gizi menu. Sebagai contoh, dari basis data didapatkan kandungan energi ayam per 100 gram adalah 302 Kcal, maka untuk mencari nilai energi (dalam Kcal) bahan ayam dari menu Soto Ayam perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{100} \times 302 \times (37.5, 2.5, 5) = (113.25, 7.55, 15.1)$$

Jika diasumsikan nutrisi yang diikutsertakan adalah energi, protein, lemak, vitamin A, vitamin B, dan vitamin C, maka dengan cara yang sama didapatkan data kandungan gizi tiap menu seperti pada Lampiran B.

1.6. Pembentukan persamaan FIPP

Tahap pertama pembentukan persamaan FIPP adalah pembentukan persamaan batasan. Misalkan terdapat Menu M1 dan M2 dengan porsi penyajian

normal masing-masing $(1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4})$ dan $(1, \frac{1}{4})$, maka akan terbentuk 2 persamaan:

$$1) \alpha_{11} \alpha_{11} + \alpha_{12} \alpha_{12} + \alpha_{13} \alpha_{13} + \alpha_{14} \alpha_{21} + \alpha_{15} \alpha_{22} \geq \alpha_1$$

$$2) \alpha_{21} \alpha_{11} + \alpha_{22} \alpha_{12} + \alpha_{23} \alpha_{13} + \alpha_{24} \alpha_{21} + \alpha_{25} \alpha_{22} \geq \alpha_2$$

Di mana M11 = 1 porsi M1, M12 = 1/2 porsi M1, M13 = 1/4 porsi M1, M21 = 1 porsi M2 dan M22 = 1/4 porsi M2. b1 dan b2 adalah angka batasan nutrisi atau dapat dikatakan kebutuhan gizi subjek. Diasumsikan kebutuhan gizi subjek adalah sebagai berikut:

- Energi = 1000 Kcal
- Protein = 25 g/d
- Vitamin A = 450 µg/d
- Vitamin B = 0.5 mg/d
- Vitamin C = 45 mg/d

Untuk membuat batasan menjadi lebih fleksibel, batasan akan diubah menjadi sebuah triangular fuzzy number, dengan nilai l dan r diatur oleh parameter yang disebut sebagai ‘reference fuzziness’. Parameter ini menentukan berapa persen nilai left spread (l) dan/atau right spread (r) dari nilai pastinya (s). Pada contoh ini, parameter reference tolerance akan diberi nilai 15%. Maka, untuk batasan energi dengan angka 1000 akan menghasilkan:

- Left spread : $15\% \times 1000 = 150$
- Right spread : $15\% \times 1000 = 150$
- Triangular Fuzzy number (s, l, r) : $(1000, 150, 150)$

Dengan cara yang sama, batasan-batasan untuk nutrisi lain dapat dibentuk dan akan menghasilkan persamaan-persamaan baru. Selain batasan-batasan tersebut, diperlukan lagi beberapa batasan tambahan. Batasan tambahan pertama adalah batasan untuk menjaga total harga agar tidak melebihi anggaran:

$$(16000, 1000, 1000) \alpha_{11} + (8000, 500, 500) \alpha_{12} + (4000, 250, 250) \alpha_{13} + (2000, 125, 125) \alpha_{14} + (4000, 500, 500) \alpha_{21} + (6000, 500, 500) \alpha_{31} + (3000, 250, 250) \alpha_{32} \leq (30000, 0, 0)$$

Beberapa batasan juga diperlukan untuk memastikan setiap menu dalam menu set yang dipilih disajikan tepat 1 kali:

- 1) $\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{13} + \alpha_{14} = 1$
- 2) $\alpha_{21} = 1$

$$3) \quad x_{31} + x_{32} = 1$$

Batasan terakhir yang dibutuhkan adalah apa yang disebut sebagai 'integrality constraints'. Batasan ini menjaga agar tiap variabel tujuan bernilai lebih dari atau sama dengan nol dan merupakan sebuah bilangan integer:

$$x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{21}, x_{31}, x_{32} \geq 0, \\ x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{21}, x_{31}, x_{32} \in \mathbb{Z}$$

Setelah semua persamaan batasan tersebut terbentuk, tahap terakhir pembentukan persamaan FIPP adalah membentuk persamaan fungsi tujuan.

$$\text{Maximize } Z = 2 \times (8000, 500, 500)x_{11} +$$

$$1 \times (8000, 500, 500)x_{12} +$$

$$\frac{1}{2} \times (8000, 500, 500)x_{13} +$$

$$\frac{1}{4} \times (8000, 500, 500)x_{14} +$$

$$1 \times (4000, 500, 500)x_{21} +$$

$$1 \times (6000, 500, 500)x_{31} +$$

$$\frac{1}{2} \times (6000, 500, 500)x_{32}$$

Atau

$$\text{Maximize } Z = (16000, 1000, 1000)x_{11} +$$

$$(8000, 500, 500)x_{12} +$$

$$(4000, 250, 250)x_{13} +$$

$$(2000, 125, 125)x_{14} +$$

$$(4000, 500, 500)x_{21} +$$

$$(6000, 500, 500)x_{31} +$$

$$(3000, 250, 250)x_{32}$$

1.7. Konversi FIPP ke MOIPP

FIPP yang telah terbentuk selanjutnya akan dikonversi ke bentuk MOIPP agar dapat diselesaikan dengan menggunakan metode *Integer Programming* biasa. Berdasarkan Persamaan (3), fungsi tujuan pada Persamaan (5) dapat dikonversi menjadi :

$$\text{Maximize } Z = 18000x_{11} + 9000x_{12} + \\ 4500x_{13} + 2250x_{14} + 5000x_{21} + \\ 7000x_{31} + 3500x_{32}$$

Konversi juga dilakukan pada batasan-batasan FIPP. Berdasarkan Persamaan (4a) hingga Persamaan (4c), sebuah persamaan batasan yang melibatkan *fuzzy number* dalam FIPP akan dikonversi menjadi 3 buah persamaan batasan.

1.8. Pemecahan dengan integer programming

Setelah fungsi tujuan dan batasan-batasan dikonversi, maka permasalahan tersebut dapat dipecahkan dengan metode *Integer Programming* biasa. Permasalahan *Integer Programming* dengan fungsi tujuan Persamaan (6) dan batasan-batasan pada Lampiran D menghasilkan solusi:

$$(x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{21}, x_{31}, x_{32}) = \\ (0, 0, 0, 1, 1, 1, 0)$$

Solusi dari *Integer Programming* ini juga sekaligus merupakan solusi akhir dari *Fuzzy Integer Programming*. Dari solusi tersebut diketahui bahwa menu-menu yang dipilih adalah **M14**, **M21** dan **M31**. Artinya, kombinasi menu optimal menurut sistem adalah sebagai berikut :

- Soto Ayam : ¼ porsi
- Nasi : 1 porsi
- Jus Alpokat : 1 porsi

3. DATA

3.1 Data kandungan gizi bahan makanan

Data kandungan gizi bahan makanan didapat dari basis data *United States Department of Agriculture (USDA)* (U.S. Department of Agriculture, 2014).. Data dapat diakses secara bebas pada alamat <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/>

3.2 Data satuan bahan makanan

Data satuan bahan makanan adalah data yang berisi satuan-satuan atau unit-unit dari sebuah bahan makanan. Yang dimaksud dengan satuan di

sini misalnya “Sendok Makan”, “Sendok Teh” dan sebagainya. Data ini didapatkan dari sumber yang sama serta dengan metode pengumpulan yang sama dengan data kandungan gizi bahan makanan.

3.3 Data menu

Data ini menjelaskan bahan-bahan pembuat, takaran masing-masing bahan, porsi, porsi penyajian standar, serta harga dari sebuah menu makanan. Situs berbagi resep cookpad.com/id dijadikan sebagai rujukan dalam penyusunan resep-resep yang akan dijadikan data. Harga menu makanan akan dihitung berdasarkan jumlah harga bahan-bahan pembuatnya. Data mengenai porsi penyajian standar diperkirakan berdasarkan kuantitas konsumsi wajar seseorang terhadap suatu menu. Data-data ini kemudian akan dikonsultasikan dengan pakar gizi untuk mendapatkan validasi bahwa data-data tersebut valid dan layak digunakan sebagai data penelitian.

3.4 Data menu set

Data ini digunakan untuk menguji optimalitas algoritma. Data berisi susunan menu-menu yang mungkin dikonsumsi seseorang dalam satu hari. Sebelum digunakan sebagai data pengujian, data menu set ini akan terlebih dahulu dikonsultasikan dengan pakar gizi untuk mendapatkan validasi bahwa kasus-kasus yang direpresentasikan dalam data memang mungkin terjadi dan data dianggap layak dijadikan sebagai data uji.

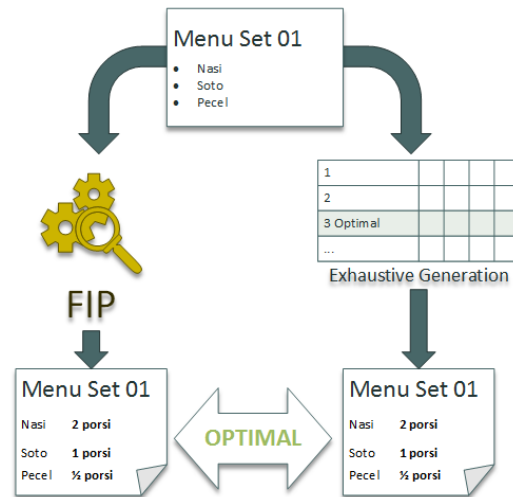
3.5 Data acuan kecukupan gizi

Data ini digunakan sebagai acuan untuk menentukan kebutuhan gizi individu berdasarkan usia, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan serta tingkat aktivitasnya. Acuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data DRI (*Dietary Reference Intakes*).

4. STRATEGI PENGUJIAN

4.1 Ukuran kualitas algoritma

Ukuran yang digunakan untuk menentukan kualitas algoritma FIP dalam menyelesaikan permasalahan optimasi kandungan gizi menu harian adalah tingkat optimalitasnya. Uji optimalitas dilakukan dengan membandingkan kombinasi hasil optimasi algoritma FIP dengan semua kemungkinan kombinasi yang dibangkitkan secara menyeluruh (*exhaustive*). Proses uji optimalitas dapat digambarkan dalam diagram pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram uji optimalitas

4.2 Pembangkitan *exhaustive*

Untuk menguji apakah hasil optimasi dengan algoritma FIP memang merupakan kombinasi terbaik dari seluruh kombinasi yang mungkin, diperlukan sebuah strategi pembangkitan seluruh kemungkinan kombinasi. Strategi yang disebut sebagai pembangkitan *exhaustive* ini akan terlebih dahulu mendaftarkan seluruh kemungkinan kombinasi dari permasalahan yang sedang diselesaikan. Selanjutnya, setiap kombinasi akan dihitung nilai gizi dan harganya. Kombinasi-kombinasi yang tidak memenuhi kriteria (*infeasible*) kemudian disingkirkan dari daftar. Setelah daftar hanya berisi kombinasi yang memenuhi kebutuhan gizi (*feasible*), dapat diketahui kombinasi optimal, yakni kombinasi yang memiliki harga paling murah. Jika kombinasi ini sama dengan kombinasi yang diberikan oleh FIP, maka untuk kasus ini algoritma FIP dikatakan telah optimal.

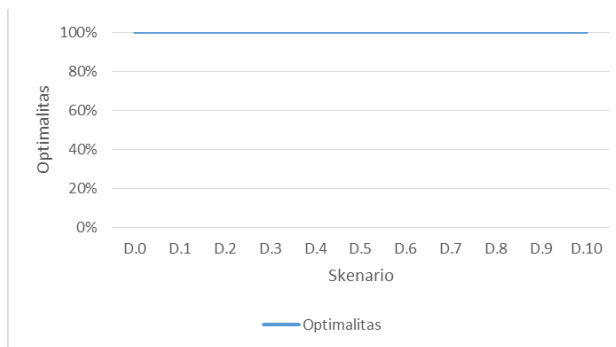
4.3 Parameter-parameter yang akan diuji

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui optimalitas algoritma dalam kasus nyata yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter-parameter yang diuji terhadap optimalitas algoritma. Data yang digunakan pada pengujian ini adalah data asli yang merupakan data yang dimasukkan oleh pengguna tanpa dilakukan override. Artinya, parameter menu food weights fuzziness dan parameter menu price fuzziness diset sebagai ‘bebas’. Data-data ini kemudian akan diuji dengan parameter reference fuzziness yang diberi nilai mulai dari 0% hingga 10% dengan kelipatan 1% untuk tiap skenario.

Tabel 2 Parameter dari skenario

Skenario	Keburaman Berat Bahan Penyusun	Keburaman Harga Menu (%)	Keburaman Batasan (%)
D.0	Bebas	Bebas	0
D.1	Bebas	Bebas	1
D.2	Bebas	Bebas	2
D.3	Bebas	Bebas	3
D.4	Bebas	Bebas	4
D.5	Bebas	Bebas	5
D.6	Bebas	Bebas	6
D.7	Bebas	Bebas	7
D.8	Bebas	Bebas	8
D.9	Bebas	Bebas	9
D.10	Bebas	Bebas	10

5. HASIL PENGUJIAN



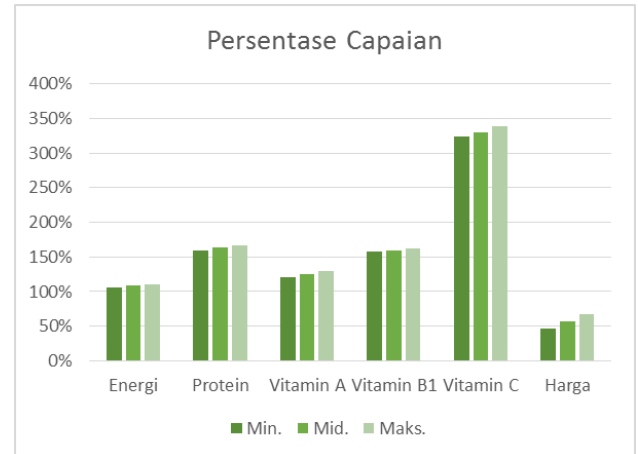
Gambar 3 Grafik optimalitas

Grafik optimalitas pada **Gambar 3** menunjukkan bahwa algoritma dapat diterapkan untuk kasus nyata dengan optimalitas 100%. Seperti digambarkan dalam grafik tersebut, pada kasus nyata di mana data berat bahan penyusun menu, data harga menu serta data batasan gizi memiliki keburaman yang bervariasi, algoritma tetap dapat menemukan kombinasi paling optimal jika memang masalah tersebut memiliki solusi.

Untuk penerapan pada kasus nyata dengan keburaman batasan sebesar 10% (skenario D.10), didapatkan persentase capaian dengan rincian seperti yang tersaji pada **Tabel** dan dapat digambarkan dalam bentuk grafik pada **Gambar**. Dari grafik tersebut terlihat bahwa solusi-solusi yang dihasilkan oleh algoritma memiliki rata-rata nilai pemenuhan nutrisi di atas 100%. Artinya, kebutuhan nutrisi subjek dapat terpenuhi dengan baik. Dari sisi harga, terlihat pula bahwa solusi-solusi yang diberikan algoritma memiliki harga berkisar antara 46.59% hingga 66.74% dari anggaran yang diberikan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa solusi-solusi yang diberikan algoritma memiliki harga yang terjangkau.

Tabel 3 Persentase capaian penerapan pada kasus nyata

	Min.	Mid.	Maks.
Energi	105.57%	108.42%	111.03%
Protein	159.81%	163.26%	167.45%
Vitamin A	120.94%	124.59%	129.41%
Vitamin B1	157.21%	159.64%	162.97%
Vitamin C	324.39%	330.62%	339.65%
Harga	46.59%	56.75%	66.74%



Gambar 4 Grafik persentase capaian penerapan pada kasus nyata

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan pada hasil penelitian, didapatkan kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut:

1. *Fuzzy Integer Programming (FIP)* telah berhasil diterapkan sebagai algoritma untuk melakukan optimasi kandungan gizi menu harian. Penerapan ini membutuhkan data kandungan gizi bahan makanan, data satuan bahan makanan, serta data menu. Daftar menu harian yang akan dioptimasi terlebih dahulu diubah ke dalam model FIP. Model ini kemudian dikonversi ke model *Integer Programming* dengan metode konversi FIP ke MOIPP. Model hasil konversi ini kemudian diselesaikan dengan *Integer Programming*.
2. Penerapan *Fuzzy Integer Programming* untuk optimasi kandungan gizi menu harian menghasilkan solusi dengan tingkat optimalitas 100%. Algoritma dapat memberikan solusi dengan rata-rata pemenuhan nutrisi di atas 100% dan dengan rata-rata penggunaan anggaran 46.59% hingga 66.74% dari anggaran yang ditentukan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa solusi-solusi yang diberikan algoritma memiliki harga yang terjangkau dan memiliki nilai gizi yang mencukupi.

7. SARAN

Berikut adalah beberapa saran yang dapat digunakan sebagai landasan pengembangan penelitian lebih lanjut:

1. Metode dalam penelitian ini dapat dikembangkan sehingga dapat diterapkan untuk orang-orang dengan diet khusus.
2. Data kandungan gizi bahan makanan serta data batasan-batasan nutrisi, jika telah tersedia, sebaiknya menggunakan data yang dikeluarkan oleh lembaga di Indonesia.
3. Diperlukan suatu data yang menjelaskan mengenai faktor penyusutan suatu bahan sehingga kandungan nutrisi suatu menu dapat dihitung secara lebih tepat.
4. Diperlukan suatu data atau formula yang menjelaskan interaksi antar nutrisi serta prioritas masing-masing nutrisi, terutama jika diterapkan pada orang-orang dengan diet khusus.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28. [basis data] Tersedia di: <<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/>> [Diakses 21 April 2016].

8. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada dosen Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya, Ibu Titis Sari Kusuma atas bantuannya dalam hal pengumpulan dan validasi data. Terima kasih pula atas saran dan masukan-masukan yang diberikan.

9. DAFTAR PUSTAKA

- Bosch, Robert dan Trick, Michael. 2014. Integer Programming
- Dash, R. B. & Dash, P. D. P., 2012. Solving Fuzzy Integer Programming Problem as Multiobjective Integer Programming Problem. *International Journal of Fuzzy Mathematics and Systems*, Volume 2, pp. 307-314.
- Fullér, R., 1991. On product-sum of triangular fuzzy numbers. *Fuzzy Sets and Systems*, 41(1), pp. 83-87.
- Joshi, A. V., 2008. *Extension of Support Vector Machines for Imprecise Data Using Fuzzy Set Theory*. [e-book]. ProQuest. Tersedia melalui: Google Books <<https://books.google.com>> [Diakses 22 April 2016].
- Karyadi, D. & Muhilal, 1985. *Kecukupan gizi yang dianjurkan*. Jakarta: Gramedia.
- Oruç, K. O. et al., 2012. Menu Planning with Fuzzy 0-1 Integer Programming. *3rd International Symposium on Sustainable Development*.
- Prasetyo, G. A., 2010. *Aplikasi Fuzzy Linear Programming untuk Meminimalkan Biaya Pemenuhan Kebutuhan Gizi*. S1. Universitas Brawijaya.
- Roseline, S. S. & Amirtharaj, E. H., 2012. Different strategies to solve fuzzy linear programming problems. *Recent Research in Science and Technology*, 4(5), pp. 10-14.
- U.S. Department of Agriculture, A. R. S., 2014.

OPTIMASI JANGKAUAN JARINGAN 4G MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Garsinia Ely Riani ¹⁾, Wayan Firdaus Mahmudy ²⁾

Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Brawijaya, Malang 65145, Indonesia
Email: ¹Garsiniaeriani@gmail.com, ²wayanfm@ub.ac.id

Abstrak

Kemampuan dan jangkauan 4G yang lebih luas daripada teknologi generasi sebelumnya perlu dimaksimalkan. Hal ini mengingat antusiasme pengguna layanan selular dalam menyambut kehadiran teknologi internet cepat ini. Optimasi yang dilakukan memperhatikan luas area, kerapatan pengguna internet dan posisi *Base Transceiver Station* (BTS). Penelitian ini mengusulkan algoritma genetika sebagai algoritma optimasi yang sering digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan kompleks. Optimasi dilakukan untuk memaksimalkan jangkauan 4G secara efektif dan efisien dari sisi penyedia (*provider*). Serangkaian uji coba menunjukkan bahwa algoritma genetika mampu memberikan solusi yang cukup baik untuk penentuan posisi BTS dalam permasalahan jangkauan pelanggan.

Kata kunci: 4G LTE, Optimasi, Algoritma genetika

Abstract

4G capabilities that reach wider areas than previous technology should be optimized. This is considering the mobile service user enthusiasm in welcoming the presence of this internet technology quickly. Optimization is done by paying attention to the coverage area, the density of Internet users and the position of Base Transceiver Station (BTS). This study proposes a genetic algorithm as optimization algorithms that are often used to solve a variety of complex issues. Optimization is done to maximize the 4G coverage effectively and efficiently from the provider side. A set of numerical experiment shows that the genetic algorithm is able to give a good solution for positioning of BTS for customer coverage.

Keywords: 4G LTE, Optimization, Genetic Algorithms

1. PENDAHULUAN

Teknologi komunikasi di era ini sangat terasa dampaknya dalam kegiatan sehari-hari. Trend yang sedang terjadi di Indonesia saat ini adalah kebutuhan akan komunikasi paket data. Perkembangan dimulai dari generasi kedua, yakni era GPRS, konsumen mulai dikenalkan dengan komunikasi paket data. mulai dari EDGE, UMTS, HSDPA, HSUPA, HSPA+, dimana akan terjadi perubahan kebutuhan konsumen dari komunikasi suara menjadi komunikasi data dengan kecepatan transfer yang semakin tinggi (Suyuti, dkk. 2011). Perkembangan Teknologi telekomunikasi telah menuju ke arah teknologi Broadband Wireless Access (BWA) dan dituntut untuk memenuhi komunikasi dengan transfer data yang tinggi, mobilitas yang tinggi, kapasitas yang besar, area akses yang semakin luas, dilihat dari sisi kebutuhan pelanggan. Sedangkan bagi penyedia jaringan diperlukan desain jaringan yang lebih sederhana namun dapat bekerja dengan seoptimal mungkin.

Long Term Evolution (LTE) menjawab permasalahan tersebut. Teknologi LTE diklaim dirancang untuk menyediakan efisiensi spektrum yang lebih baik, peningkatan kapasitas radio, latency, dan biaya operasional yang rendah bagi operator serta layanan mobile broadband kualitas tinggi untuk para pengguna (ariyanti, S. 2014). Teknologi LTE merupakan hasil evolusi teknologi GSM memiliki data rate lebih tinggi dibanding teknologi 3G, mencapai 100 Mbps untuk downlink dan 50 Mbps untuk uplink. Kemampuan LTE disambut baik di Indonesia dengan banyaknya pengguna selular yang mengganti perangkat selular dengan perangkat selular yang mendukung teknologi ini. Untuk dilakukan pengoptimasian jangkauan 4G LTE demi menjangkau pengguna selular secara merata. Permasalahan ini merupakan salah satu permasalahan kompleks yang membutuhkan algoritma yang sesuai untuk mendapatkan solusi optimal penentuan posisi BTS yang tepat.

Pemilihan algoritma genetika untuk menyelesaikan masalah optimasi jaringan 4G ini didasari oleh penelitian sebelumnya yang memberikan hasil yang baik pada permasalahan

optimasi kompleks (Mahmudy dkk., 2013). Referensi penelitian sebelumnya yang berkaitan dilakukan oleh Gao, Chen, Ming, Yunfeim, dan Shinong (2015). Penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma genetika terbukti memberikan solusi yang baik untuk masalah jangkauan *wireless sensor network* lebih efisien. Penelitian selanjutnya adalah penelitian tentang optimasi penyebaran LTE menggunakan algoritma genetika oleh Jaloun, Guennoun, Elasri (2011) yang membandingkan dua algoritma heuristik yaitu algoritma genetika dan *simulated annealing*, sekalipun keduanya memberikan hasil yang hampir sama namun algoritma genetika dapat meningkatkan nilai fitnessnya lima kali lebih baik dari pada *simulated annealing*.

2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1. 4G LTE

Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi standard 3rd *Generation Partnership Project* (3GPP), evolusi dari teknologi GSM dan UMTS. Data rate LTE lebih besar dibanding teknologi yang pernah dikembangkan sebelumnya. LTE disebut sebagai teknologi 4th generation atau biasa disebut 4G setelah sebelumnya dikembangkan teknologi 3G, sebenarnya LTE belum sepenuhnya memenuhi kriteria sebagai teknologi 4G lebih tepatnya masih 3,9G. LTE memiliki kelebihan diantaranya (Ariyanti, 2013):

- a. Latency/delay lebih rendah
- b. Data rate lebih tinggi
- c. Meningkatkan kapasitas dan coverage
- d. Cost-reduction

Tahapan pemodelan rancangan jaringan LTE meliputi penentuan area layanan yaitu kota Malang, kepadatan penduduk, kepadatan kebutuhan trafik pelanggan dan kemampuan perBTS.

2.2. Penentuan area layanan

Penentuan wilayah berdasarkan pada kepadatan penduduk dan tingkat aktifitasnya area di bagi menjadi 2 yaitu urban dan suburban, dimana daerah urban memiliki penduduk dengan aktifitas tinggi dan lebih padat, sedangkan untuk suburban adalah yang memiliki kepadatan penduduk lebih sedikit.

Berdasarkan Tabel 1, kecamatan yang termasuk dalam wilayah suburban adalah Kedungkandang. Dengan kepadatan penduduk paling sedikit.

Tabel 1. Kepadatan penduduk kota Malang 2014

Kecamatan	Jumlah Penduduk	Luas Wilayah (Km ²)	Kepadatan Penduduk/km ²
Kedungkandang	183.927	39.88	4,611
Sukun	188.545	20.95	8,991
Klojen	104.590	8.83	11,845
Blimbing	176.845	17.77	9,952
Lowokwaru	192.066	22.60	8,498
Total	845.973	110.06	7,686

Sumber : (BPS Kota Malang)

2.3. Offered Bit Quantity(OBQ)

OBQ adalah perkiraan kepadatan trafik didaerah tertentu dengan beberapa parameter yang perlu diperhatikan diantaranya kepadatan pelanggan potensial, penetrasi pengguna tiap layanan, durasi panggilan efektif yang dilakukan pelanggan, *busy Hour Call Attempt* (BHCA) dan *bandwidth* dari type layanan yang disediakan yaitu IP, video, dan *Voice Over Internet Protocol* (VoIP) merupakan layanan yang melewati suara melalui paket data. Persamaan untuk mendapatkan nilai OBQ adalah (Ariyanti. 2013) :

$$\sum \sigma x p x d x BHCA x BW \dots\dots (1)$$

σ = kepadatan pelanggan potensial dalam suatu daerah pengguna/km²)

p = Penetrasi Pengguna tiap layanan

d = durasi panggilan efektif (s)

$BHCA$ = *Busy Hour Cal Attempt* (call/s)

BW = *Bandwidth* tiap layanan (Kbps)

2.4. Jumlah sel setiap wilayah

Perhitungan jumlah sel dilakukan untuk menentukan optimasi sel yang perlu diterapkan pada daerah target. Jumlah sel didapat menggunakan persamaan berikut (Asmungi dkk., 2015) :

$$\sum sel = \frac{L(wilayah)}{L} \dots\dots\dots(2)$$

$\sum sel$ = jumlah sel

$L(wilayah)$ = Luas wilayah

L = luas cakupan sel

2.5. Algoritma Genetika

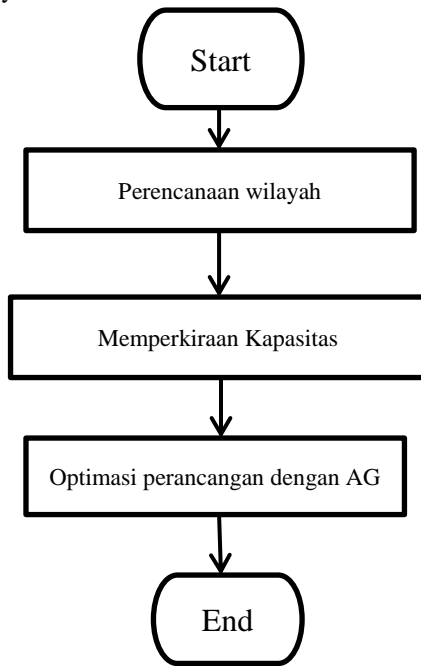
Algoritma genetika berkembang seiring dengan perkembangan teknologi informasi yang sangat pesat. Kemampuan algoritma genetika adalah dapat menyelesaikan permasalahan kompleks (Mahmudy, 2014). Algoritma genetika diilhami oleh ilmu genetika, oleh karena itu istilah dalam algoritma genetika banyak diadopsi dari ilmu tersebut. Apabila dibandingkan dengan prosedur pencarian dan optimasi biasa, algoritma genetika berbeda dalam beberapa hal sebagai berikut (Mahmudy, 2013) :

- Manipulasi dilakukan terhadap kode dari himpunan parameter (biasa disebut *chromosome*), tidak secara langsung terhadap parameternya sendiri.

- Proses pencarian dilakukan dari beberapa titik dalam satu populasi, tidak dari satu titik saja.
- Proses pencarian menggunakan informasi dari fungsi tujuan.
- Pencariannya menggunakan stochastic operators yang bersifat probabilistik, tidak menggunakan aturan deterministik.

3. METODOLOGI

Data yang ada menunjukkan jumlah BTS yang telah ada di Malang sebanyak 45 BTS, sedangkan hasil perhitungan dengan persamaan (1) dan persamaan (2) menghasilkan 5 BTS suburban dan 19 BTS urban, dari hasil yang telah dipaparkan tidak semua BTS perlu dipasang sel untuk memaksimalkan pemasangan jaringan 4G LTE ini. Maka dibutuhkan suatu perhitungan yang dapat mengoptimasi posisi pemasangan BTS secara tepat untuk memaksimalkan jumlah pelanggan yang dilayani.



Gambar .1 Alur Penyelesaian permasalahan

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Perencanaan wilayah diawali dengan menentukan luasan kota Malang, dan target jumlah pelanggan. perhitungan cakupan wilayah, pertama dilakukan penentuan wilayah meliputi luas dan pembagian wilayah urban dan suburban. Perhitungan jumlah pelanggan yang menggunakan provider A.
2. Memperkirakan kapasitas, ialah menghitung kapasitas pelanggan berdasarkan kepadatan pengguna. Merencanakan kemampuan kapasitas perlu dihitung terlebih dahulu estimasi

kepadatan trafik total pada jam sibuk dengan OBQ (*Offered Bit Quantity*) dan jangkauan luas tiap sel.

3. Mengoptimasi jaringan Menggunakan Algoritma Genetika. Tahap ini menentukan penempatan sel pada BTS yang tepat pada BTS yang telah ada. Dan perhitungan fitness yang memperkirakan adanya irisan antar BTS.

4. IMPLEMENTASI DAN HASIL UJI COBA

Presentase pengguna selular sebesar 85% dan penetrasi provider X sebesar 21.7% (Tim Study Group 4G Spectrum. 2010). Selanjutnya berdasarkan data kepadatan penduduk di bagi menjadi dua wilayah yaitu urban dan suburban. Yang termasuk dalam suburban adalah Kedungkandang yang memiliki kepadatan penduduk paling sedikit. Selanjutnya kecamatan Sukun, Klojen, Blimbing dan Lowokwaru termasuk wilayah urban. maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Tabel 2 : Tabel Kepadatan Pelanggan Selular

	Urban	Suburban
Jumlah pelanggan potensial (85%)	562.739	156.337
Jumlah pelanggan provider X (21.7%)	122.144	33.925
Kepadatan (user/km ²)	1.740	850

Optimasi jaringan 4G LTE ini terdiri perhitungan trafik yang dibutuhkan dan rata-rata radius luas jangkauan. Setelah mendapatkan nilai jangkauan luas dan jumlah trafik yang dibutuhkan, pengoptimasian di lakukan dengan membangkitkan secara acak jumlah pengguna yang berada di jangkauan setiap BTS.

4.1. Representasi kromosom dan perhitungan fitness

Inisialisasi kromosom pada Gambar 2 menunjukkan deret kromosom sepanjang 45 gen, gen bernilai satu menunjukkan BTS yang akan dipasang. Pada baris index menunjukkan urutan dari deret individu bernilai satu berjumlah 24, dan index berwarna biru adalah BTS. BTS suburban yang harus dipasang berjumlah 5.

```

    Biner  1100101110110011001100011011000100
          11010110110
    Index 1 2 5 7 8 9 11 12 15 16 19 20 24 25 27 28
          32 35 36 38 40 41 43 44
  
```

Gambar 2. Contoh Kromosom

4.2. Crossover one-cut-point

Pada penelitian ini reproduksi yang dilakukan menggunakan *onecut point* yang ditentukan secara random oleh sistem untuk posisi *cutpoint* dan kemudian menukarkan cromosom setelah index cutpoint dengan cromosom parent kedua.

4.3. Insertion Mutation

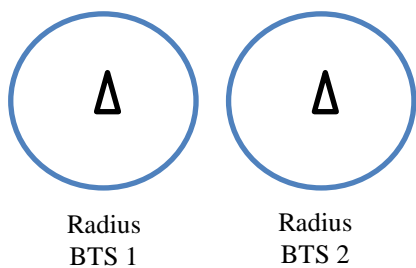
Untuk proses reproduksi selanjutnya adalah permutasi yang melibatkan satu induk saja, Permutasi yang digunakan adalah *insertionmutation* yaitu menentukan posisi pergeseran gen secara random.

4.4. Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan menentukan perhitungan fitness yang digunakan. BTS dibedakan menjadi empat yaitu :

1. BTS tanpa irisan

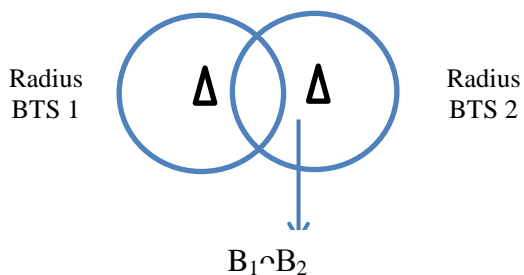
BTS tidak beririsan adalah BTS yang memiliki jarak cukup jauh dengan BTS lain sehingga tidak terjadi singgungan, maka jumlah pelanggan yang dicover sesuai dengan data yang ada.



Gambar 3. BTS tidak beririsan

2. 2 BTS saling beririsan

2 BTS yang saling beririsan menghasilkan satu luasan yang dijangkau oleh keduanya. Hal ini terjadi karena posisi menara terlalu dekat atau banyaknya pelanggan yang harus dilayani. Adanya irisan ini memungkinkan adanya pelanggan yang sama dilayani oleh 2 BTS sehingga perlu adanya perhitungan lebih detail saat perhitungan fitness jumlah pelanggan.



Gambar 4. 2 BTS beririsan

Maka untuk menghitung jumlah keseluruhan karena adanya irisan adalah :

$$P = (B_1 + B_2) - (B_1 \cap B_2)$$

P = jumlah pelanggan yang dapat dilayani

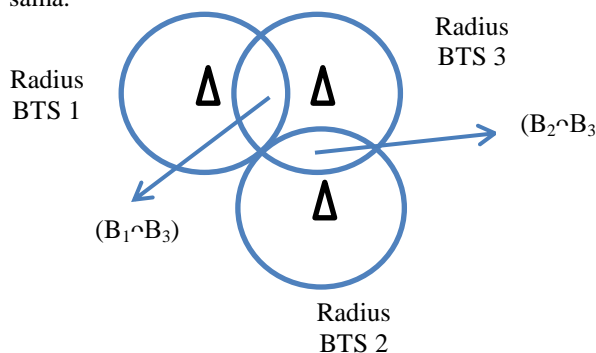
B₁ = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 1

B₂ = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 2

(B₁ ∩ B₂) = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan jangkauan dua BTS

3. 3 BTS 2 irisan

3 BTS yang berdekatan dengan radius jangkauan memungkinkan terbentuk 2 irisan yang menghasilkan luasan dan melayani pelanggan yang sama.



Gambar 5. Irisan 3 BTS

Maka perhitungan fitness untuk 2 irisan adalah :

$$P = (B_1 + B_2 + B_3) - [(B_1 \cap B_3) + (B_3 \cap B_2)]$$

P = jumlah pelanggan yang dapat dilayani

B₁ = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 1

B₂ = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 2

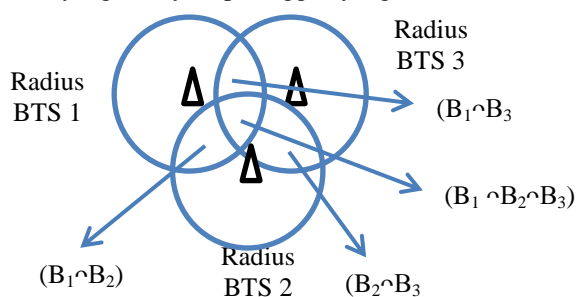
B₃ = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 3

(B₁ ∩ B₃) = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan BTS 1 dan BTS 3

(B₂ ∩ B₃) = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan BTS 2 dan BTS 3

4. 3 BTS 4 irisan

3 BTS yang berdekatan dapat membentuk 4 irisan yang melayani pelanggan yang sama.



Gambar 6. 3 BTS 4 Irisan

Pada perpotongan 3 BTS yang menghasilkan 4 area maka rumus perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P = (B_1 + B_2 + B_3) - [(B_1 \cap B_2) + (B_2 \cap B_3) + (B_3 \cap B_1)] + (B_1 \cap B_2 \cap B_3) \dots \dots \dots (4.3)$$

- P = jumlah pelanggan yang dapat dilayani
- B₁ = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 1
- B₂ = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 2
- B₃ = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 3
- (B₁ ∩ B₂) = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan dua BTS
- (B₃ ∩ B₂) = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan dua BTS
- (B₁ ∩ B₃) = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan dua BTS
- (B₁ ∩ B₂ ∩ B₃) = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan 3 BTS

Untuk kromosom pada Gambar 2, perhitungan fitness dilakukan dengan menjumlahkan gen bernilai 1 dengan memperhatikan nilai BTS yang beririsan.

Untuk menghitung jumlah user yang dapat dilayani oleh BTS pada kromosom pada Gambar 2, biner bernilai 1 menunjukkan urutan index BTS, jika dijabarkan pada baris index menunjukkan urutan index BTS yang terpasang sejumlah 24, index berwarna biru menunjukkan index BTS suburban sebanyak 5 BTS yang harus terpasang dari 7 BTS suburban yang ada, selanjutnya dilakukan perhitungan sesuai dengan model luasan BTS yang telah dijabarkan di subbab evaluasi, langkah perhitungan fitness adalah :

1. Jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS yang terpasang, pada biner bernilai 1. Pada contoh individu diatas jumlah pelanggan yang dapat dilayani adalah 10765.
2. Menentukan jumlah pelanggan yang berada dalam irisan, individu BTS yang beririsan
3. Total keseluruhan pelanggan = 10765 – 405 = 10360 pelanggan
4. Persentasi pelanggan yang dapat dilayani = (10360/17030)*100= 60,83%

4.5. Hasil Uji Coba

Uji coba pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter algoritma genetika yang terbaik. Individu dengan nilai fitness tertinggi didapatkan pada ukuran populasi 400, banyaknya generasi 500 dan kombinasi *crossover rate* (cr) sebesar 0,2 dan *mutation rate* (mr) sebesar 0,8.

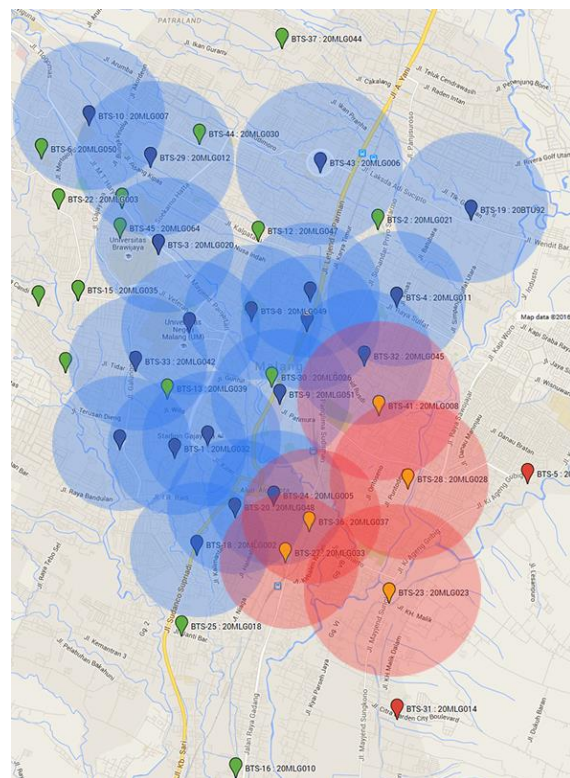
Dengan nilai parameter terbaik ini, algoritma genetika dijalankan dan didapatkan nilai fitness sebesar 66,19%. Nilai ini menunjukkan persentasi jumlah pelanggan yang dapat dilayani di kota Malang dengan jumlah BTS terpasang sebanyak 24.

Kromosom yang didapatkan ditunjukkan pada Gambar 7.

```
100100111110010001111011001101011011000110100
```

Gambar 7. Kromosom Terbaik

Dari kromosom pada Gambar 7, bisa dihasilkan peta yang menunjukkan BTS terpasang seperti pada Gambar 8. Warna biru adalah BTS urban yang terpasang sejumlah 19 BTS sedangkan warna kuning adalah BTS suburban yang terpasang sejumlah 5 BTS.



Gambar 8. Simulasi Penempatan BTS

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian yang telah dilakukan adalah :

1. Algoritma genetika mampu memberikan solusi yang cukup baik untuk penentuan posisi BTS dalam permasalahan jangkauan trafik pelanggan.
2. Representasi kromosom yang efisien untuk penyelesaian masalah jangkauan trafik pelanggan menggunakan pengkodean biner.
3. Fitness terbaik sebesar 66,19% didapatkan pada ukuran populasi 400, banyaknya generasi 500 dan kombinasi parameter cr 0,2 dan mr 0,8.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanti, Sri. 2014. Studi Perencanaan Jaringan Long Term Evolution Area Jabodetabek Studi Kasus PT. Telkomsel. *Puslitbang Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika. Buletin Pos dan Telekomunikasi, Vol.12 No. 4 : 255 – 268.*
- Ariyanti, Sri. 2013. Studi Pemanfaatan Digital Dividend Untuk Layanan Long Term Evolution (LTE). *Puslitbang Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika. Buletin Pos dan Telekomunikasi, Vol.11 No.3 : 189-208.*
- Asmungi, Gaguk., Wirawan, Y Anindito., Budi, P Endah., 2015. Estimasi Luas Coverage Area dan Jumlah Sel 3G pada Teknologi WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). *Brawijaya University, Indonesia. Vol. 3 No. 1.*
- Gao, Wengen., Chen, Qigong., Ming, Jiang., Yunfeim, Li., Shinong, Wang. 2015. The Optimization of Genetic Algorithm in Wireless Sensor Network Coverage. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition. Vol. 8, No. 1, pp. 255-264.*
- Jaloun, M., Guennoun, z., Elasri, A. 2011. Use of Genetic Algorithm in the Optimisation of The LTE Deployment. *International Journal of Wireless & Mobile Networks(IJWMN) Vol. 3, No. 3.*
- Mahmudy, Wayan Firdaus. 2013. *Algoritma Evolusi*. Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. Universitas Brawijaya. Malang.
- Mahmudy, Wayan Firdaus. 2014. 'Optimisation of Integrated Multi-Period Production Planning and Scheduling Problems in Flexible Manufacturing Systems (FMS) Using Hybrid Genetic Algorithms', School of Engineering, University of South Australia.
- Mahmudy, WF, Marian, RM & Luong, LHS 2013, 'Modeling and optimization of part type selection and loading problems in flexible manufacturing system using real coded genetic algorithms', *International Journal of Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering*, vol. 7, no. 4, pp. 251-260.
- Suyuti, S., Rusli., Syarif, S. 2011. Studi Perkembangan Teknologi 4G-LTE dan WiMAX di Indonesia. *Jurnal Ilmiah "Elektrikal Enjiniring" UNHAS, Volume 09 No.02 Mei –Agustus 2011.*
- Tim Study Group 4G Spectrum. 2010. *White Paper Study Group Alokasi Pita Frekuensi Radio Untuk Komunikasi Radio Teknologi Keempat (4G).*

APLIKASI MOBILE (LIDE) UNTUK DIAGNOSIS TINGKAT RESIKO PENYAKIT STROKE MENGGUNAKAN PTVPSO-SVM

Muhammad Syafiq¹, Achmad Jafar Al Kadafi², Rizka Husnun Zakkiyah³, Daeswara Jauhari⁴, Wanda Athira Luqyana⁵, Imam Cholissodin⁶, Lailil Mufflikhah⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya

Email: ¹syafiq.rezpector@gmail.com, ²al.kadafi20@gmail.com, ³be.scientist.in.future@gmail.com, ⁴daneswarajauhari@gmail.com, ⁵wandathira@gmail.com, ⁶imamcs@ub.ac.id, ⁷lailil@ub.ac.id

(Naskah masuk: 20 Mei 2016, diterima untuk diterbitkan: 20 Juni 2016)

Abstrak

Penyakit Stroke merupakan penyakit yang umum dan menduduki peringkat kedua dalam kematian di Indonesia dengan angka 11,13%. Penyakit yang menyerang fungsi saraf otak dengan tingkat resiko bertahap. Dengan tidak hanya menyerang pada manusia usia lanjut, kini penyakit stroke dapat menyerang siapa saja. Indikator yang dapat digunakan dalam mewaspadai tingkat stroke adalah memeriksa kolesterol tubuh, HDL, LDL, dan Trigliserida. Namun faktor umum juga menjadi masalah utama namun umum. Dengan bertambahnya umur 10 tahun dimulai dari umur 55 tahun, maka tingkat resiko penyakit stroke menjadi dua kali lipat. Tingkat kewaspadaan perlu diperhatikan, sehingga dalam sewaktu-waktu untuk memeriksakan kondisi tubuh diperlukan. Lide adalah sebuah aplikasi pada smarthphone yang berbasis Android yang mengimplementasikan perhitungan algoirtma dalam menentukan tingkat resiko penyakit stroke. Lide merupakan salah satu solusi yang dibangun dalam mengontrol tingkat resiko stroke, hanya dengan memasukkan tingkat kolesterol, LDL, HDL, dan triglieserida. Dilengkapi dengan treatment bagi para pengguna, sehingga dapat melakukan penanganan awal pada tingkat-tingkat tertentu. Dalam aplikasi bergerak ini mengimplementasikan metode Particle Swarm Optimization dan Support Vector Machine untuk klasifikasi dengan menggunakan 4 fitur (kolesterol, HDL, LDL, dan Trigliserida). Dengan menggunakan metode ini, nilai akurasi yang dihasilkan mencapai 87%.

Kata kunci: *Stroke, PTVPSO-SVM, Aplikasi Perangkat Bergerak, Lide*

Abstract

Stroke is a common disease and was ranked second in the number of death in Indonesia with 11, 13%. This disease attacks the nerve function of brain with the level of risk. Not only attacks on old age, this disease can attacks everyone. Indicators that can be used in reasonably level stroke is cholesterol, HDL, LDL, and Triglycerides. But the common factor is also becoming a major problem, however. Increasing public 10 years starting at age 55 years, then the risk level of stroke become twice. The level of alertness to note, so in any time to check the condition of the body is required. Lide is an application on an android-based smartphone which implement algorithm calculation to determining the risk level of stroke. Lide is one of solution that is built to control the risk level of stroke, by simply entering the level of LDL, HDL, Cholesterol, and Triglycerides. It is equipped with treatment for users, so that it can perform the initial handling at certain levels. This mobile application implements the method of Particle Swarm Optimization and Supprot Vector Machine for classification by using 4 features (cholesterol, LDL, HDL, and Triglycerides). By using this method, the value of the resulting accuracy is reached 87%.

Keywords: *Stroke, PTVPSO-SVM, Mobile Apps, Lide*

1. PENDAHULUAN

Indonesia disebut sebagai negara agraris, hal ini Stroke merupakan penyakit yang memiliki nama ilmiah *Cerebrovascular Accident* (CVA) yang menyerang fungsi saraf otak dengan intensitas peningkatan penyakit yang beragam, dapat dikategorikan penyakit stroke ringan hingga berat dan tingkat pemulihan yang secara cepat maupun perlahan. Terjadinya stroke dikarenakan adanya penyumbatan dalam aliran darah pada otak sehingga dapat mengakibatkan gangguan pada system motorik (kelumpuhan). Stroke merupakan penyakit penyebab kematian dengan peringkat kedua dengan angka

11,13% dari keseluruhan total kematian diseluruh dunia (Mozaffarian, 2015). Berdasarkan data riset di Indonesia pada tahun 2013, kasus stroke mencapai 12,1 dari 1000 orang dan perkembangan penyakit dapat terus meningkat dengan adanya factor-faktor resiko dan penduduk usia lanjut (Kementrian, 2013).

Dengan peningkatan penderita stroke yang cukup tinggi pada setiap tahun, belum terdapat upaya efektif dalam menanggulangi penyakit baik dengan meningkatkan kesadaran masyarakat maupun pengelolaan penyakit stroke yang optimal. Tingkat kesadaran terhadap bahaya stroke yang kurang dapat merugikan masyarakat karena penanganan yang terlambat sehingga penderita dapat mengalami kelumpuhan bahkan kematian. Dalam deteksi stroke

di Indonesia telah diterapkan dua cara, yaitu dengan *Computed Tomography (CT) Scan* dan *Magnetic Resonance Imaging (MRI)*. Namun dengan menggunakan pemeriksaan CT Scan maupun MRI cukup menguras biaya sekitar 1 – 4 juta rupiah, sehingga tidak seluruh orang dapat menjalani deteksi stroke secara dini.

Klasifikasi terkait dengan penyakit stroke telah dilakukan dengan berbagai metode. Metode Support Vector Machine (SVM) dan regresi logistik digunakan dalam klasifikasi kondisi pasien stroke setelah pengobatan. Penelitian tersebut dilakukan oleh Dwi Ratnasari dengan melibatkan 3 variabel yaitu usia, *Transient Ischemic Attack (TIA)*. Dengan kedua metode tersebut dihasilkan prosentase SVM 80% dan regresi logistik 74,19% (Ratnasari, 2013).

SVM merupakan metode yang menghasilkan data yang akurat namun dengan terdapat kendala saat pemilihan parameter yang kurang tepat. Dalam mengatasi parameter yang kurang tepat adalah meningkatkan akurasi dengan seleksi nilai terbaik dari setiap parameter. Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* dan Algoritma Genetika merupakan contoh algoritma yang berguna untuk mengoptimasi setiap parameter. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Yuniar Marbun, PSO menghasilkan data yang lebih stabil dalam optimasi penjadwalan matakuliah (Marbun, 2013).

Berdasarkan fakta dan permasalahan yang ada dalam klasifikasi penyakit stroke, maka penulis mengajukan rekayasa perangkat lunak “*Lide*” dengan menggunakan metode SVM dan PSO. Rekayasa perangkat lunak diharapkan dapat mempermudah pengguna dalam deteksi stroke secara dini.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Stroke

Penyakit stroke didefinisikan sebagai terjadinya gangguan fungsional otak fokal maupun global secara mendadak yang dikarenakan gangguan aliran darah pada otak yang berlangsung lebih dari 24 jam. Gangguan aliran darah pada otak sebagai penyuplai darah yang membawa oksigen dan glukosa yang diperlukan untuk metabolisme sel-sel otak agar dapat melaksanakan fungsinya pun terhambat. Terdapat beberapa penyebab terjadinya stroke, diantaranya adalah penyumbatan kolestrol. (WHO MONICA, 1990).

Tingkat keparahan stroke dapat berkembang dengan cepat, baik dari tingkat keparahan ringan hingga berat. Namun stroke dapat terjadi dengan tingkat keparahan yang stabil bahkan dapat membaik. Dalam penyakit stroke, tidak mengenal usia muda maupun tua, tetapi pada umumnya penyakit tersebut diderita oleh manula dengan usia diatas 55 tahun. Cara hidup sehat merupakan salah satu pencegahan untuk menghindari stroke. Pola makan yang berlebihan baik yang mengandung banyak garam

maupun lemak, mengurangi rokok, mengurangi untuk berfikir berat (stres), dan olahraga.

2.2.1 Jenis-Jenis Stroke

Gangguan peredaran darah di otak dapat menyebabkan stroke. Namun penyakit stroke masih digolongkan menjadi dua jenis yaitu stroke iskemik, yang disebabkan karena penyumbatan pembuluh darah otak dan stroke hemoragik disebabkan oleh pecahnya pembuluh darah otak. (Yastroki, 2012)

1. Stroke Iskemik

Proses stroke yang disebabkan oleh penyumbatan pembuluh darah otak yang menyebabkan berkurangnya suplai oksigen dan glukosa ke otak. Jaringan otak akan mati jika suplai oksigen secara berkelanjutan terus berkurang, sehingga pembekuan darah dapat terjadi.

2. Stroke Hemoragik

Selain karena penyumbatan, pendarahan didalam otak dapat terjadi sehingga mengganggu aliran darah ke otak. Stroke hemoragik menjadi lebih berbahaya dan menyebabkan kematian. Pendarahan yang terjadi pada stroke hemoragik dibagi menjadi dua jenis dengan pendarahan yang terjadi didalam otak dan pendarahan diantara bagian dalam dan luar lapisan jaringan yang melindungi otak.

2.1.1 Faktor Risiko Stroke

Stroke merupakan penyakit yang perlu dihindari dan harus cepat untuk dicegah. Pencegahan dapat dimulai dari mengetahui faktor-faktor penyebab stroke yang telah menjadi penyakit dengan angka kematian tinggi, nomor tiga di Indonesia (Utami, 2009). Faktor stroke dapat timbul dari berbagai penyebab, sehingga dikenal dengan multikausal dalam dunia kedokteran.

Faktor-faktor penyebab stroke telah dibagi menjadi beberapa kelompok oleh beberapa ahli. Menurut Sutrisno, faktor stroke dibagi menjadi dua kelompok yaitu, faktor yang tidak dapat diubah yang dikarenakan: keturunan, jenis kelamin, umur, dan ras. Dan faktor yang dapat diubah adalah obesitas, diabetes mellitus, penyakit jantung dan hipertensi, hiperkolesterol, serta gaya hidup (Sutrisno, 2007). Sedangkan menurut Yastroki, stroke dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu, faktor resiko yang tidak dapat dimodifikasi, faktor perilaku (primordial), dan faktor sosial ekonomi (Yastroki, 2013). Namun faktor-faktor umum yang perlu diperhatikan dalam menangani stroke setelah pemeriksaan laboratorium adalah:

1. Umur

Pada umumnya penyakit stroke sering diderita oleh lansia dengan rata-rata umur diatas 55 tahun, namun faktanya penyakit stroke tidak mengenal usia. Peningkatan penyakit stroke dapat terjadi dua kali lipat setiap penambahan umur 10 tahun dimulai dari umur 55 tahun (Soeharto, 2004).

2. Total Kolesterol

Pengelompokan total kolesterol dimulai dari normal jika rentan nilainya dibawah 200 mg/dl. Untuk kolesterol tinggi dengan rentan nilai 200-239 mg/dl. Dan tingkat kolesterol yang sangat tinggi adalah nilai yang lebih dari 239 mg/dl (Soeharto, 2004).

3. HDL (High Density Lipoprotein)

Terdapat tiga kategori untuk HDL yaitu, dikatakan rendah jika nilai HDL kurang dari 35 mg/dl. HDL dapat menguntungkan tubuh jika rentan nilainya dari 35-60 mg/dl, dan dikategorikan sangat menguntungkan jika nilai HDL lebih dari 60 mg/dl.

4. LDL (Low Density Lipoprotein)

LDL merupakan kolestrol jahat karena peredaran kolestrol yang menuju sel-sel jaringan liver. LDL dikategorikan menjadi tiga kelompok dengan nilai kurang dari 100 mg/dl, LDL dikatakan normal. Jika nilai LDL 100-199 mg/dl telah dikategorikan sebagai LDL batas tinggi. Dan dengan nilai lebih dari 199 mg/dl maka LDL telah dikategorikan sangat tinggi, sehingga membahayakan tubuh.

5. Trigliserida

Kelebihan kalori pada tubuh yang dapat dikatakan sebagai lemak dalam darah dapat berfungsi untuk tubuh sebagai sumber energi pengganti. Trigliserida dikatakan normal jika nilainya kurang dari 150 mg/dl. Kategori batas tinggi jika rentan nilainya dari 150 – 199 mg/dl. Kategori tinggi jika nilai trigliserida adalah 200 – 499 mg/dl. Dan dikategorikan sangat tinggi sehingga tidak baik untuk tubuh jika nilainya lebih dari 500 mg/dl.

2.2 Klasifikasi

Klasifikasi adalah proses dari pengelompokan data maupun fakta-fakta tertentu yang telah memenuhi suatu kriteria. Terdapat dua kelompok klasifikasi yang dibedakan yaitu, klasifikasi sederhana dan kalsifikasi kompleks. Yang dimaksud dengan klasifikasi sederhana ialah bentuk klasifikasi yang mengempokkan objek hanya dengan dua kelompok dan klasifikasi kompleks adalah klasifikasi yang mengelompokkan objek menjadi tiga kelompok atau lebih. Namun deskripsi lain tentang klasifikasi dikemukakan oleh Han dan Amber yang mengartikan klasifikasi adalah model yang terdapat pada data mining dimana classifier dikonstruksi untuk melakukan prediksi kategori atau kelas dari suatu data (Han, 2006).

Dalam proses klasifikasi harus dapat memenuhi kriteria yang logis dan konsisten. Sehingga dalam penentuan kelompok klasifikasi harus diperhatikan kriteria-kriteria yang memenuhi sesuai dengan masalah yang ada (Pramudiono, 2006).

Learning dan test merupakan fase yang harus dilalui saat penentuan klasifikasi. Dengan fase learning merupakan proses untuk membentuk model

prediksi pada sebagian data yang telah diketahui kelas datanya. Model-model yang telah terbentuk, kemudian diuji dengan data lainnya untuk mendapatkan akurasi pada model, hal ini dilakukan pada fase test. Hasil dari akurasi model yang mencukupi, dapat digunakan sebagai pedoman untuk memprediksi kelas data lain yang belum diketahui (Pramudiono, 2006).

2.4 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine adalah salah satu metode untuk menyelesaikan pengenalan pola yang diperkenalkan pada tahun 1992 oleh Vapnik, Bose, dan Guyon. Support Vector Machine (SVM) adalah system pembelajaran yang menggunakan ruang hipotesis berupa fungsi-fungsi linier dalam sebuah ruang fitur berdimensi tinggi.

Metode Support Vector Machine digunakan untuk melakukan proses klasifikasi dari data yang telah memiliki fitur-fitur yang nilainya sudah ditentukan. Untuk melakukan klasifikasi dengan metode ini, perlukan data training untuk melakukan pembelajaran atau learning serta data uji melakukan proses klasifikasinya. Proses perhitungan klasifikasi data dapat dilalui dengan beberapa proses, yaitu:

1. Menentukan nilai parameter *augmenting factor* (λ), *learning rate* (α), serta konstanta (C).
2. Menghitung Kernel

$$K(x, y) = \exp\left(-\frac{\|x-y\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

3. Perhitungan One Against All
4. Melakukan Sequential Learning yaitu yang menjalankan proses iterasi pelatihan α sampai Penentuan nilai α_i . Dengan tahapan proses sequential learning sebagai berikut :

a. Menghitung Matriks $[D]_{ij}$

$$[D]_{ij} = y_i y_j (K(x_i, x_j) + \lambda^2) \quad (2)$$

b. Menghitung nilai error E_i

$$E_i = \sum_{j=1}^n \alpha_j D_{ij} \quad (3)$$

c. Menghitung nilai pembatas Lagrange Multiplier $\delta\alpha_i$

$$\delta\alpha_i = \min(\max(\gamma(1-E_i), -\alpha_i), C-\alpha_i) \quad (4)$$

d. Menghitung multiplier α_i baru.

$$\alpha_i = \alpha_i + \delta\alpha_i \quad (5)$$

5. Menghitung nilai bias b

$$b = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i (K(x_i, x^+) + K(x_i, x^-)) \quad (6)$$

6. Menghitung nilai fungsi $f(x)$

$$f(x) = \text{sign}(\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot y_i \cdot K(x, x_i) + b) \quad (7)$$

7. Perhitungan Akurasi

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \cdot 100\% \quad (8)$$

2.5 Particle Swarm Optimization (PSO)

Teknik optimasi dengan cara menghitung secara terus menerus calon solusi dengan menggunakan suatu acuan kualitas. Algoritma ini mengoptimasi permasalahan menggunakan fungsi tertentu untuk posisi dan kecepatan dari partikel. Sekumpulan partikel ini dinamakan swarm, dan pada akhirnya swarm akan bergerak menuju kepada solusi terbaik (Chen, 2011) dan (Soebroto, 2015). Proses perhitungan *Parallel Time Variant* (PTVPSO) dilalui oleh beberapa tahap sebagai berikut:

1. Inisialisasi posisi dan velocity awal

$$X_0^i = X_{min} + rand(X_{max} - X_{min}) \quad (9)$$

$$V_0^i = X_{min} + rand(X_{max} - X_{min}) \quad (10)$$

2. Proses update velocity dan posisi

$$V_{k+1}^i = w * V_k^i + c1 + rnd * (p^i - X_k^i) + c2 + rnd * (p_k^g - X_k^i) \quad (11)$$

$$w = w_{min} + (w_{max} - w_{min}) \frac{(t_{max} - t)}{t_{max}} \quad (12)$$

$$c_1 = c_{1i} + (c_{1f} - c_{1i}) \frac{t}{t_{max}} \quad (13)$$

$$c_2 = c_{2i} + (c_{2f} - c_{2i}) \frac{t}{t_{max}} \quad (14)$$

Proses update posisi dari velocity :

$$X_{k+1}^i = X_k^i + V_{k+1}^i \quad (15)$$

3. METODOLOGI

3.1. Data

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data yang dibutuhkan pada proses klasifikasi tingkat resiko penyakit stroke. Data yang digunakan dibagi menjadi dua bagian. Pertama data yang digunakan untuk proses *learning* pada sistem, kedua merupakan data yang digunakan untuk proses testing.

3.2. Tahapan Penelitian

Pembuatan aplikasi Lide, melalui dari beberapa tahapan proses. Tahapan proses yang telah dilakukan adalah:

1. Desain Tampilan
User Interface dibuat agar memudahkan pengguna dalam berinteraksi dengan Lide *Mobile Apps*.
2. Implementasi Algoritma SVM
Diterapkan algoritma SVM dan PSO dalam perhitungan untuk mendapatkan hasil akhir tingkat resiko penyakit stroke.
3. Evaluasi
Evaluasi merupakan tahapan dengan menghitung akurasi dari hasil yang didapat pada implementasi algoritma.

3.3. Perhitungan Manual

Perhitungan manual menggunakan SVM menggunakan 15 data latih, dan 12 data uji untuk mengklasifikasikan 3 tingkat resiko penyakit stroke. Adapun tahapannya sebagai berikut.

1. Menentukan Nilai Parameter

Beberapa parameter seperti *augmenting factor* (λ), *learning rate* (α), serta konstanta biaya (C) harus ditentukan terlebih dahulu sebelum metode SVM dapat dijalankan. Parameter tersebut ditentukan secara acak. Pada Tabel 3.1 berikut adalah nilai dari parameter yang dibutuhkan.

Table 3.1 Nilai Parameter SVM

λ	γ	C
0,1	0,2	1000

2. Menghitung Kernel

Fungsi kernel yang digunakan para penelitian ini adalah Gaussian RBF dengan rumus sebagai berikut.

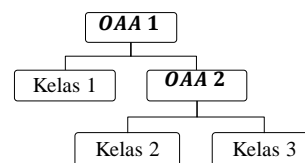
$$K(x, y) = exp\left(-\frac{\|x-y\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (16)$$

Pada penelitian ini terdapat 5 parameter yang digunakan sehingga digunakan fungsi *tunneling* untuk menghitung fungsi kernel.

$$K(l_1, l_2) = \prod_{p=1}^5 exp\left(-\frac{\|l_1^p - l_2^p\|^2}{2\sigma_p^2}\right) \quad (17)$$

3. Penentuan *One Against All*

Klasifikasi dilakukan dengan cara pembagian kelas positif dan kelas negatif sebanyak ($n-1$) kali dimana n merupakan jumlah kelas yang ada. Pada contoh terdapat 3 kelas klasifikasi sehingga akan dilakukan pembagian kelas positif dan kelas negatif sebanyak 2 kali. Gambar 3.1 adalah contoh skema penentuan one against all (OAA).



Gambar 3.1 Skema OAA

Pada Tabel 3.2 adalah hasil penentuan *One Against All* pada contoh data latih

Table 3.2 Hasil OAA Data Latih

No	Status Resiko	y_1	y_2
1	Tinggi	+	-
2	Tinggi	+	-
⋮	⋮	⋮	⋮
6	Sedang	-	+
⋮	⋮	⋮	⋮
15	Rendah	-	-

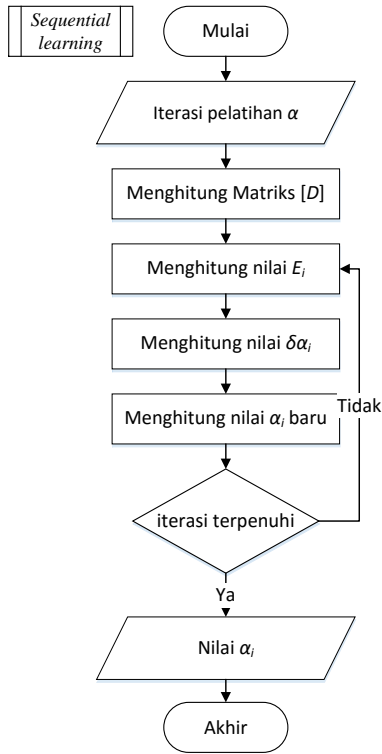
Keterangan

+ : Kelas Positif

- : Kelas Negatif

4. Perhitungan *Sequential Learning*

Proses *Sequential Learning* digunakan untuk melatih nilai *multiplier* (α) dari data latih yang ada. Secara umum proses *sequential learning* ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Proses Sequential Learning

4.1 Menghitung Matrix D

Pada perhitungan matrix D membutuhkan nilai *kernel* masing-masing data dan nilai *augmenting factor* (λ). Berikut adalah contoh perhitungan matriks [D] data latih 1 terhadap data latih 2 untuk *One Against All* level 1.

$$\begin{aligned}
 [D]_{12} &= y_1 y_2 (K(l_1, l_2) + \lambda^2) & (18) \\
 [D]_{12} &= 1 \cdot 1 (1 + 0.1^2) \\
 [D]_{12} &= 1.01
 \end{aligned}$$

Pada Tabel 3.3 adalah contoh perhitungan matrik D pada data latih untuk *One Against All* tingkat 1.

Table 3.3 Hasil Matrik D

Data	1	2	...	15
1	1.01	0.010939	...	-0.11918
2	0.0109392	1.01	...	0.009997
3	0.0107948	0.033321	...	0.009779
4	0.0135727	0.014275	...	0.008441
5	0.0100002	0.010628	...	0.01

6	-0.071315	-0.02218	...	0.02564
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
15	-0.119183	0.009997	...	1.01

4.2 Menghitung nilai error E

Pada perhitungan E_i digunakan untuk menghitung nilai error berdasarkan matrix D dan *multiplier* α . Proses ini membutuhkan nilai matrix D dan nilai *multiplier* $\alpha_{(iterasi-1)}$. Nilai inialisasi *multiplier* α_0 diisi sams dengan 0. Berikut adalah contoh perhitungan E_1 pada iterasi 1 untuk saat *One Against All* level 1.

$$\begin{aligned}
 E_1 &= \sum_{j=1}^{15} \alpha_j D_{1j} & (19) \\
 &= (0 \cdot 1.01) + (0 \cdot 0.0109) + \dots + (0 - 0.119) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Pada Tabel 3.4 adalah contoh perhitungan E_i pada data latih untuk *One Against All* tingkat 1.

Table 3.4 Hasil E_i

E	Iterasi 1
1	0
2	0
3	0
⋮	⋮
15	0

4.3 Menghitung pembatas *Lagrange Multiplier* $\delta \alpha_i$

Proses ini digunakan untuk membatasi agar nilai *multiplier* α yang baru selalu bernilai positif ($\alpha \geq 0$) dan selalu kurang dari konstanta yang telah ditetapkan ($\alpha \leq C$). Berikut adalah contoh perhitungan $\delta \alpha_i$ pada data latih 1, iterasi 1, untuk *One Against All* level 1.

$$\begin{aligned}
 \delta \alpha_1 &= \min(\max(\gamma(1 - E_1), -\alpha_1), C - \alpha_1) & (20) \\
 &= \min(\max(0, 2 \cdot (1 - 0), -0), 1.000 - 0) \\
 &= \min(\max(0, 2, 0), 1.000) \\
 &= \min(0, 2, 1.000) \\
 &= 0,2
 \end{aligned}$$

Pada Tabel 3.5 adalah contoh hasil dari perhitungan $\delta \alpha_i$ pada iterasi 1, untuk *One Against All* level 1.

Table 3.5 Hasil $\delta \alpha_i$

$\delta \alpha_i$	Iterasi 1
1	0.2
2	0.2
3	0.2
⋮	⋮
14	0.2
15	0.2

4.4 Menghitung *multiplier* baru α_i

Proses ini digunakan untuk memperbarui *multiplier* seiring bertambahnya iterasi dalam *learning*. Berikut adalah contoh perhitungan *multiplier* α_i baru pada data 1, iterasi 1, untuk *One Against All* level 1.

$$\alpha_i = \alpha_i + \delta \alpha_i & (21)$$

$$= 0 + 0,2$$

$$= 0,2$$

Pada Tabel 3.6 adalah contoh hasil dari multiplier α_i baru pada iterasi 1, untuk *One Against All* level 1

Table 3.6 Hasil α_i

Data	α lama	α baru
1	0	0.2
2	0	0.2
3	0	0.2
4	0	0.2
5	0	0.2
⋮	⋮	⋮
15	0	0.2

Pada Tabel 3.7 adalah nilai dari multiplier α_i untuk semua iterasi pada saat *One Against All* level 1.

Table 3.7 Hasil α_i Semua Iterasi

Data	α_0	α_1	α_2	α_3
1	0	0.2	0.382772	0.5404092
2	0	0.2	0.362324	0.4927641
3	0	0.2	0.370588	0.5123627
4	0	0.2	0.393791	0.5648823
5	0	0.2	0.356492	0.4775039
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
15	0	0.2	0.314762	0.3878847

5. Menghitung bias

Sebelum nilai bias dapat dihitung, ditentukan terlebih dahulu data yang memiliki nilai multiplier terbesar untuk kelas positif dan negatif. Data latih yang memiliki nilai multiplier α_i terbesar untuk kelas positif dinotasikan dengan (x^+) , sedangkan kelas negatif dinotasikan dengan (x^-) . Berikut adalah contoh perhitungan bias untuk *One Against All* level 1.

$$b = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{15} \alpha_i y_i (K(x_i, x^+) + K(x_i, x^-)) \quad (22)$$

$$b = -\frac{1}{2} \left(\begin{aligned} &(0.54 \cdot 1 \cdot (0.003 + 0.00004)) \\ &+ \dots + \\ &(0.38 \cdot -1 \cdot (0.001 + 0.0001)) \end{aligned} \right)$$

$$b = -\frac{1}{2} (-0.18913349)$$

$$b = 0.094566745$$

6. Menghitung fungsi $f(x)$

Fungsi $f(x)$ digunakan untuk mengetahui *hyperplane* dari permasalahan berdasarkan support vector yang ada. Pada proses ini membutuhkan nilai bias, multiplier terbaru, nilai kelas dari data latih yang bersangkutan, serta nilai kernel dari data uji dengan masing-masing data latih. Sebagai contoh terdapat data uji dengan spesifikasi seperti pada Tabel 3.8.

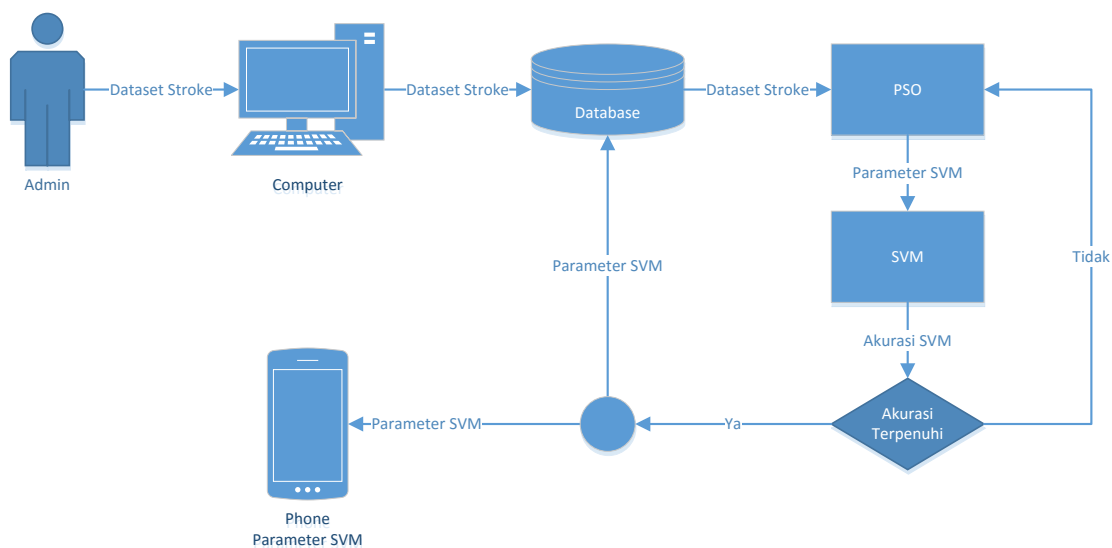
Table 3.8 Parameter dan Status Resiko

No	Parameter					Status Resiko	
	P1	P2	P3	P4	P5	Sistem	Dokter
1	160	192	285	183	63		Tinggi

Maka perhitungan manual untuk menghitung fungsi $f(x)$ adalah sebagai berikut.

$$f(u_1)_{level_1} = sign(\sum_{i=1}^{15} \alpha_i \cdot y_i \cdot K(u_1, l_i) + b) \quad (23)$$

$$= sign \left(\left(\begin{aligned} &(\alpha_1 \cdot y_1 \cdot K(u_1, l_1)) \\ &+ \dots + \\ &(\alpha_{15} \cdot y_{15} \cdot K(u_1, l_{15})) \end{aligned} \right) + b \right)$$



Gambar 3.2 Proses Aplikasi Lide

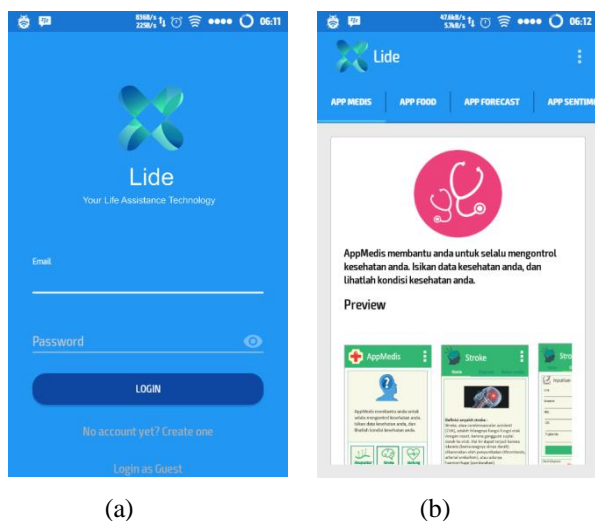
$$\begin{aligned}
 &= \text{sign} \left(\left(\left(\begin{matrix} (0.5404 \cdot 1 \cdot 0.0001) \\ + (\dots \dots \dots) \\ (\dots \dots \dots) \end{matrix} \right) + 0.0945 \right) \right) \\
 &= \text{sign}(0.0200) \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Nilai perhitungan untuk data uji pertama menghasilkan nilai 1 pada fungsi $f(x)$ level 1 sehingga data uji tersebut diklasifikasikan kepada kelas yang bernilai 1 atau (+) untuk level 1 pada penentuan *One Against All* yaitu kelas “Tinggi”. Apabila nilai yang dihasilkan pada perhitungan $f(x)$ level 1 adalah -1. Maka data uji tersebut harus dilakukan perhitungan $f(x)$ kembali, tetapi parameter yang digunakan adalah $f(x)$ level 2.

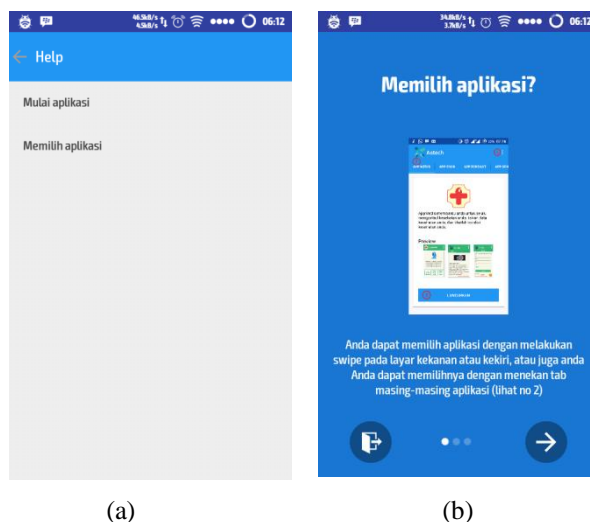
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses aplikasi Lide dapat digunakan pada smartphone dengan spesifikasi seperti pada Gambar 3.3. Proses dalam menjalankan aplikasi ini yaitu dengan perhitungan dari nilai-nilai parameter yang telah dimasukkan oleh pengguna yang berupa LDL, HDL, Kolesterol, dan Trigliserida. Perhitungan untuk menentukan tingkat resiko stroke digunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Support Vector Machine* (SVM).

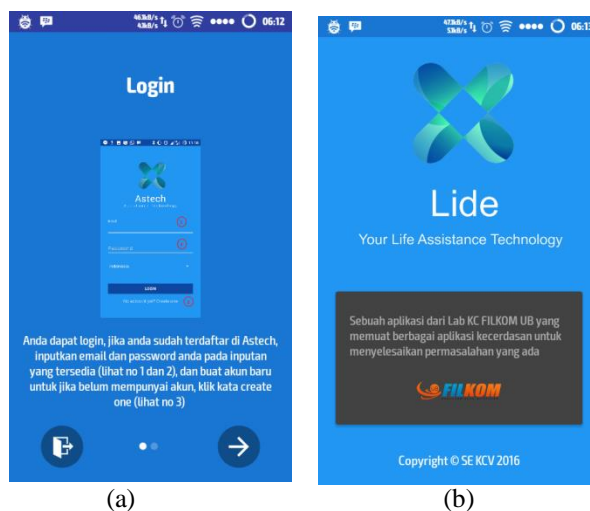
Aplikasi Lide terdiri dari beberapa tampilan, yang didesain sederhana dan sedemikian rupa, sehingga memudahkan pengguna untuk instalasi dan juga ketika menggunakan aplikasi tersebut termasuk dari pilihan warna, gambar yang digunakan dan berbagai fitur-fitur yang ada di dalamnya. Antarmukanya terdiri dari Halaman Awal, Main Apps, Menu Help, Login, About, App Medis, App Stroke, Diagnosis, Treatment, Medical Record, dan Chart seperti pada Gambar 4.1 – 4.7.



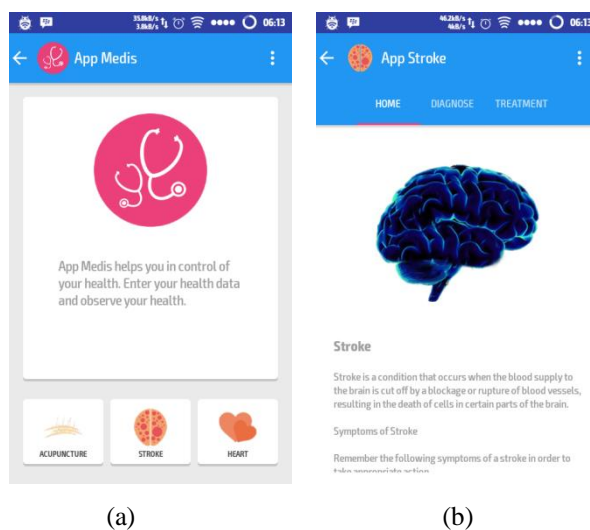
Gambar 4.1 (a) Halaman Awal (b) Main Apps



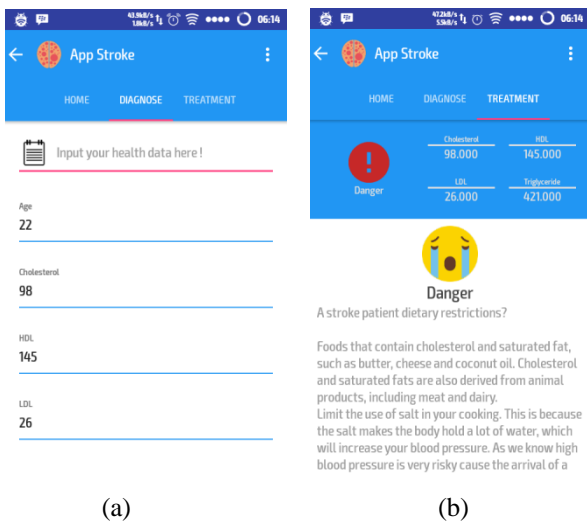
Gambar 4.2 (a) Menu Help (b) Help: Memilih Apps



Gambar 4.3 (a) Help: Login (b) Halaman About



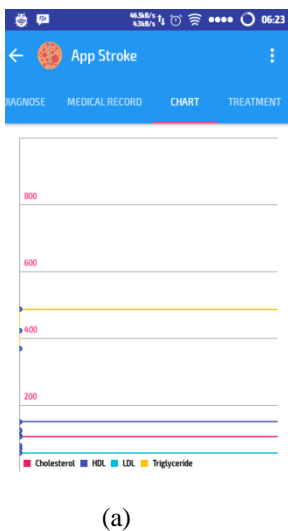
Gambar 4.4 (a) Awal App Medis (b) Home App Stroke



Gambar 4.5 (a) Halaman Diagnosa (b) Halaman Treatment



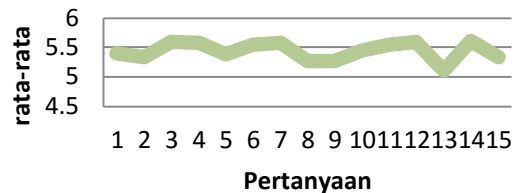
Gambar 4.6 (a) (b) Medical Record



Gambar 4.7 Halaman Chart

Berdasarkan hasil kuisioner yang telah diisi, ditunjukkan hasil rerata dari setiap pertanyaan dalam kuisioner yang telah diberikan kepada pengguna. Hasil rerata tersebut direpresentasikan pada Gambar 4.8.

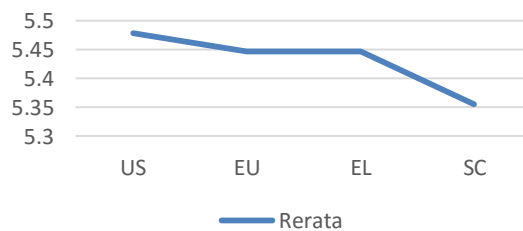
Rerata Pertanyaan



Gambar 4.8 Grafik Rerata Pertanyaan

Dari seluruh pertanyaan yang telah diberikan kepada pengguna, didapatkan nilai rerata terendah dari pertanyaan nomor 13 dengan pertanyaan “Saya puas dengan sistem ini..” Sedangkan nilai rerata tertinggi terdapat pada pertanyaan nomor 14 dengan rincian pertanyaan “Menurut saya aplikasi ini perlu direkomendasikan digunakan oleh tim medis dan masyarakat umum.” Jalannya suatu aplikasi ini dapat diketahui masih terdapat banyak kekurangan dikarenakan kepuasan yang didapatkan oleh seorang pengguna saat menjalankan aplikasi masih belum maksimal. Hal ini dikarenakan, pengguna memerlukan waktu yang lebih untuk memahami mengoperasikan aplikasi. Namun tujuan dan manfaat dari pembuatan aplikasi ini dibutuhkan sehingga perlu untuk digunakan oleh masyarakat umum maupun tim medis terkait. Selain itu dengan penggunaan aplikasi *Lide* pengguna dapat mengetahui lebih cepat tentang tingkat resiko penyakit stroke yang diderita.

Rerata Parameter Modul



Gambar 4.9 Grafik Rerata Modul

Gambar 4.9 diatas merupakan diagram yang didapatkan dari parameter pertanyaan *usefulness* (US), *ease of use* (EU), *ease of learning* (EL), dan *satisfaction* (SC). Jika dilihat dari diagram rerata parameter modul dapat terlihat nilai tertinggi adalah *ease of learning* (EL). Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi *Lide* terbuti dapat dipelajari dengan mudah oleh pengguna. Dengan parameter modul terendah terletak pada *satisfaction* (SC) dikarenakan tingkat

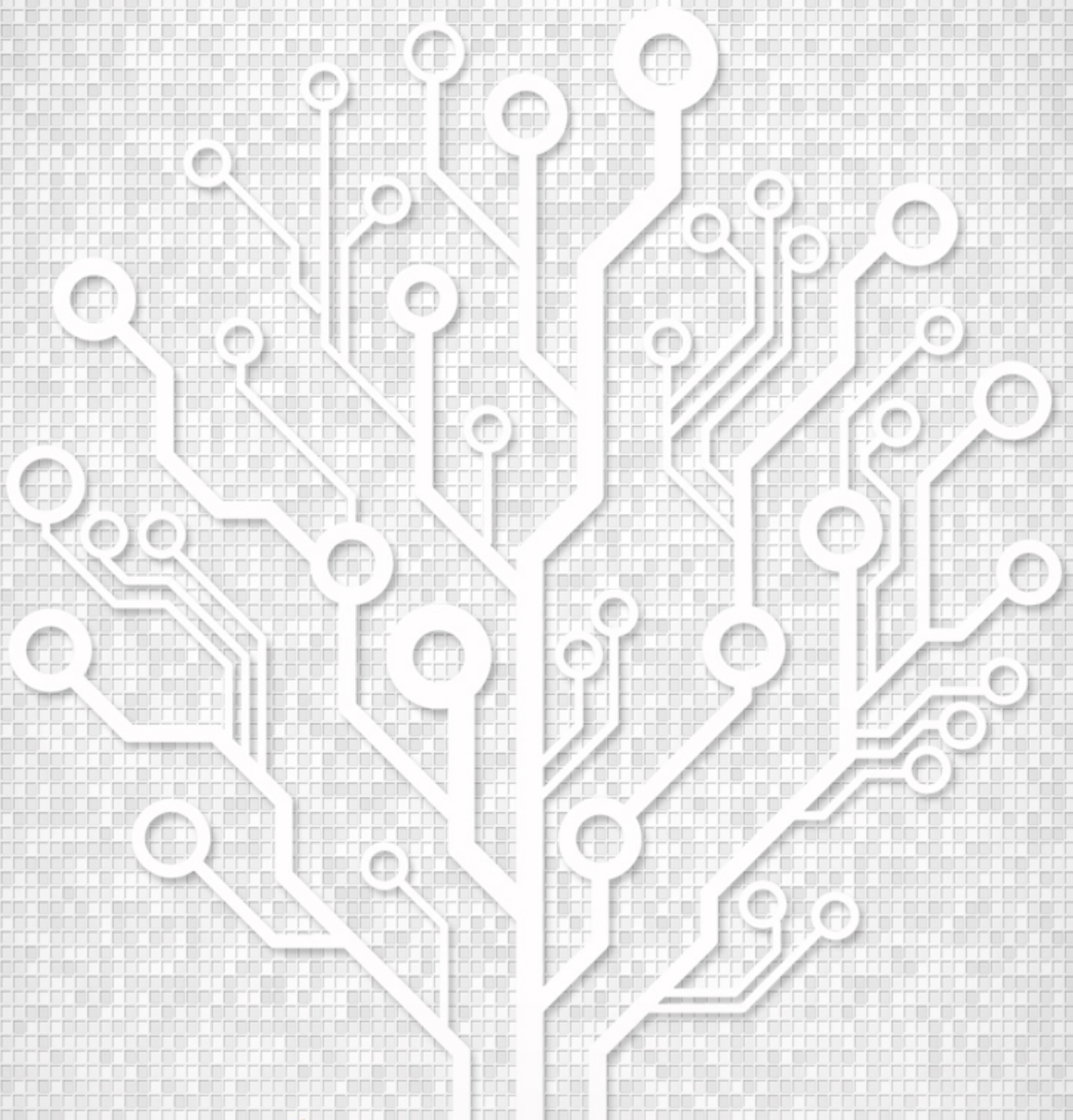
kenyamanan maupun kepuasan pengguna yang kurang terhadap aplikasi. Kenyamanan pengguna masih terlihat kurang dikarenakan kurangnya pemahaman dalam pengoperasian aplikasi sehingga terjadi kebingungan saat menjalankan aplikasi stroke.

5. KESIMPULAN & SARAN

Pada penelitian ini telah berhasil mengimplementasikan metode *Support Vector Machine* dan *Particle Swarm Optimization*. Aplikasi *Lide* yang bertujuan untuk mendiagnosa tingkat resiko penyakit stroke dapat dipahami dengan mudah sesuai dengan hasil kuisioner yang didapat dengan rerata 214,181 (*ease of learning*). Namun pengembangan aplikasi sangat diharapkan dengan menggunakan sistem cerdas yang ditanamkan pada server, sehingga proses untuk mendapatkan hasil deteksi akan lebih cepat. Berbagai metode optimasi dalam perhitungan untuk mendapatkan hasil akurasi yang lebih baik. Sehingga penerapan dari metode optimasi seperti GA, Big Colony, dan lainnya dapat diterapkan untuk pengembangan aplikasi. Pengembangan aplikasi pada sistem terdistribusi (*parallel processing*) diperlukan sehingga penggunaan parameter pada setiap program dapat memberikan hasil yang optimal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Chen, H., Yang, B. & Wang, G. 2011. A Novel Bankruptcy Prediction Model Based on an Adaptive Fuzzy K-Nearest Neighbor Method. *College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130012, China*.
- Dinata, C. A., Safrita, Y. & Sastri, S., 2013. Gambaran Faktor Risiko dan Tipe Stroke pada Pasien rawat Inap di Bagian Penyakit Dalam RSUD Solok Selatan. *kesehatan Andalas*, 2(2), pp. 57-61.
- Du, Y., Lu, X. & Hu, C., 2014. Parameters optimization of T-S fuzzy classification system using PSO and SVM. Nanjing, s.n.
- Kesehatan., K. K. (2013). *Riset Kesehatan Dasar*.
- Listiana, L. & Purbosari, T. Y., 2012. Kadar Kolesterol Total pada usia 25-60 tahun. pp. 36-40.
- Lu, N. & Jianzhong, H. Y., 2009. Smulated Annealing Theory based Particle Swarm Optimization fo Support Vector Machine Model in Short-term Load Forecasting. Yichang, s.n.
- Marbun, Y. (2013). *Analisa PSO dan GA untuk optimasi penjadwalan matakuliah*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Ratnasari, D. (2013). *Klasifikasi kondisi pasien stroke menggunakan regresi logistik dan SVM*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Soebroto A. A., Cholissodin I., Wihandika R. C., Frestantiya M. T., Arief Z. E., 2015. Prediksi Tinggi Muka Air (TMA) Untuk Deteksi Dini Bencana Banjir Menggunakan SVR-TVIWPSO. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 2(2), 79-86.
- Sun, C. & Gong, D., 2006. Support Vector Machine with PSO Algorithm for Short-term Load Forecasting. Nanjing, s.n.
- Zhang, H. & Mao, H., 2009. Feature Selection for the Stored-grain Insects Based on PSO and SVM. Zhenjiang, s.n.



JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER

FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



9 772355 769000