

Volume 1, No. 2, Desember 2012

ISSN : 2301-4652

Jurnal Ilmiah

# SESTRUM

Sistem - kEndali - Tenaga - elektRonika - telekomUnikasi - koMputer



Jurusan Teknik Elektro  
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

**DEWAN REDAKSI****Pengarah**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

**Penanggung Jawab**

Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Suhendar, S.Pd., M.T.

**Pemimpin Umum**

Dr. Alimuddin, S.T., M.M., M.T.

**Pemimpin Redaksi**

Anggoro Suryo Pramudyo, M.Kom.

**Mitra Bestari**

Prof. Dr. Ir. Kudang Boro Seminar, M.Sc. (IPB)  
Prof. Dr. Salama Manjang, M.T. (UNHAS)  
Prof. Dr.Eng. Wahyu Widada, M.Sc. (LAPAN)  
Prof. Dr.Ing. Fahmi Amhar (BAKOSURTANAL)  
Dr. Eng. Ir. Zulfajri Basri Hasanudin, M.Eng. (Dewan Riset Nasional)

**Penyunting**

Wahyuni Martiningsih, Ir., M.T.  
Muhammad Iman Santoso, S.T., M.Sc.  
Hartono, S.T., M.T.  
Supriyanto, S.T., M.Sc.  
Romi Wiryadinata, S.T., M.T.  
Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.  
Muhammad Sadikin, S.T., M.T.  
Irma Saraswati, S.Si., M.Si.  
Yus Rama Denny, S.Si., M.Si.

**Kesekretariatan**

H. Andri Suherman, S.Si., M.Si.  
Ri Munarto, Ir., M.Eng.  
Siswo Wardoyo, S.T., M.Eng.  
Heri Haryanto, S.T., M.T.  
Herudin, S.T., M.T.  
Yeni Apriyeni, A.Md.

**Tata Letak & Desain**

Rian Fahrizal, S.T., M.Eng.  
Endi Permata, S.T., M.T.  
Didik Aribowo, S.T., M.T.  
Muhammad Otong, S.T., M.T.

## DATA BIBLIOGRAFI

SETRUM merupakan jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA). SETRUM adalah singkatan dari “Sistem – kEndali – Tenaga – elektRonika – telekomUnikasi - koMputer” yang merupakan 5 Bidang Keahlian yang ada di Jurusan Teknik UNTIRTA. SETRUM diterbitkan setiap 6 bulan sekali, pada bulan Juni dan Desember setiap tahunnya dan terbit pertama kali pada bulan Juni 2012. SETRUM memuat 8 judul penelitian pada tiap terbitannya yang disajikan dalam Bahasa Indonesia dilengkapi dengan abstrak dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.

**DAFTAR ISI**

Klasifikasi Jenis dan Fase Parasit Malaria Plasmodium Falciparum dan Plasmodium Vivax Dalam Sel Darah Merah Menggunakan Support Vector Machine 50-57

Endi Permata, I Ketut Eddy Purnama, Mauridhi Hery Purnomo

Perancangan HMI (*Human Machine Interface*) Untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC 58-65

Heri Haryanto, Sarif Hidayat

Perbandingan Kinerja Deteksi Multiuser Linier Dan Deteksi Multiuser Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Sistem DS-CDMA 66-73

Popy Mari, Hadria Octavia, Teguh Firmansyah

Cluster Server IPTV dengan Penjadwalan Algoritma Round Robin 74-78

Didik Aribowo

Rancang Bangun Simultan Dual Band LNA dengan LC Resonator untuk CPE m-BWA pada frekuensi 2,3 GHz dan 2,6 GHz 79-83

Gunawan Wibisono, Teguh Firmansyah, Dwi Muji Raharjo

Desain Awal Instrumen untuk Sistem Pengukuran Kecepatan Denyut Nadi 84-87

Rocky Alfanz

Analisis Efektifitas Bandwidth Menggunakan Ipcop (Studi Kasus : Balai Besar Teknologi Energi) 88-96

Viva Arifin, R. Inge Fitriana

Perancangan *Concurrent Multiband Power Amplifier* Kelas E 97-101

Gunawan Wibisono, Ferri Julianto, Teguh Firmansyah

This page intentionally left blank

# Klasifikasi Jenis dan Fase Parasit Malaria Plasmodium Falciparum dan Plasmodium Vivax Dalam Sel Darah Merah Menggunakan Support Vector Machine

Endi Permata<sup>1</sup>, I Ketut Eddy Purnama<sup>2</sup>, Mauridhi Hery Purnomo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jalan Raya Pakupatan KM.3 Serang

<sup>2,3</sup>Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo Surabaya

<sup>1</sup>endi.permata10@mhs.ee.its.ac.id

<sup>2</sup>ketut@ee.its.ac.id

<sup>2</sup>hery@ee.its.ac.id

**Abstrak** — Malaria adalah penyakit yang disebabkan oleh protozoa yang disebut plasmodium, yang dalam salah satu tahap perkembang biakannya akan memasuki dan menghancurkan sel-sel darah merah. Ada empat spesies yang menyebabkan malaria pada manusia yaitu: plasmodium falciparum, plasmodium vivax, plasmodium ovale dan plasmodium malariae. Namun kasus malaria yang banyak ditemukan di Indonesia hanya spesies plasmodium falciparum dan plasmodium vivax. Masing-masing parasit memerlukan tindakan medis yang berbeda. Pemeriksaan dilaboratorium terkadang terpengaruh faktor subyektive petugas. Dari hasil percobaan tahap klasifikasi menggunakan metode support vector machine one against one didapatkan hasil akurasi falciparum thropozoit 95,55%, falciparum schizont 93,48% , falciparum gametocyte 91,11 % , vivax thropozoit 88,88%, vivax schizont 92,22% dan vivax gametocyte 85%. Pada tahap klasifikasi menggunakan metode support vector machine one against all didapatkan hasil akurasi falciparum thropozoit 95,55%, falciparum schizont 92,78% , falciparum gametocyte 91,67 % , vivax thropozoit 91,67%, vivax schizont 87,78% dan vivax gametocyte 84,44%. pada perhitungan akurasi multi kelas berdasarkan tiga kali pengujian didapatkan akurasi pengujian pertama svm one against one 76,67% dan svm one against all 65 % , pengujian kedua yaitu svm one against one 65% dan svm one against all 66,67% dan pengujian ketiga yaitu svm one against one 80% dan svm one against all 81,67%.

**Kata Kunci** : parasit malaria, support vector machine, ekstraksi fitur, klasifikasi jenis dan fase parasit malaria plasmodium falciparum dan plasmodium vivax

**Abstract** — Malaria is a disease caused by a protozoan called plasmodium, which in one stage of development will enter and destroy red blood cells. There are four species that cause malaria in humans: plasmodium falciparum, plasmodium vivax, plasmodium ovale and plasmodium malariae. However, malaria cases found in Indonesia are only of species plasmodium falciparum and plasmodium vivax. Each parasite requires a different medical treatment. Laboratory examinations are sometimes influenced by subyektive factors of officers. Classifying of one against one results in accuracy of 95.55% for falciparum thropozoit, of 93.48% for falciparum schizont, of 91.11% for falciparum gametocyte, of 88.88% for vivax thropozoit, of 92.22% for vivax schizont and 85% for vivax gametocyte. Classifying of one against all results in accuracy of 95.55% for falciparum thropozoit, of 92.78% for falciparum schizont, of 91.67% for falciparum gametocyte, of 91.67% for vivax thropozoit, of 87.78% for vivax schizont and 84.44% for vivax gametocyte. Based on calculation of accuracy multi class three times testing obtained first accuracy testing SVM one against one 76.67% and SVM one of against all 65%, Second testing SVM one against one 65% and SVM one of against all 66.67% and third testing SVM one against one 80% and SVM one of against all 81.67%.

**Keywords** : malaria parasite, support vector machines, feature extraction, classification type and phase of the malaria parasite plasmodium falciparum and plasmodium vivax.

## I. PENDAHULUAN

Malaria merupakan penyakit yang disebabkan oleh parasit protozoa dari genus plasmodium yang menginfeksi sel darah merah penderita. Parasit tersebut masuk ke dalam tubuh manusia melalui gigitan nyamuk anopheles betina. Spesies plasmodium yang menginfeksi manusia yaitu Plasmodium falcifarum, Plasmodium vivax, Plasmodium ovale, dan Plasmodium malariae. Plasmodium vivax menyebabkan malaria tertiana, Plasmodium malaria merupakan penyebab malaria kuartana. Plasmodium ovale menyebabkan malaria ovale, sedangkan Plasmodium falciparum menyebabkan malaria tropika. Spesies terakhir ini

paling berbahaya karena malaria yang ditimbulkan dapat menjadi berat. Hal ini disebabkan dalam waktu singkat dapat menyerang eritrosit dalam jumlah besar, sehingga menimbulkan berbagai komplikasi di dalam organ-organ tubuh. Namun kasus malaria yang banyak ditemukan di Indonesia hanya spesies plasmodium falciparum dan plasmodium vivax.

Penelitian pada bidang laboratorium klinis mengenai analisis morfologi sel darah merah yang terinfeksi malaria masih tergolong sedikit di indonesia. Analisis yang dilakukan oleh paramedis dan pihak laboratorium pada saat ini masih konvensional. Di laboratorium sel darah merah yang terinfeksi malaria diteliti secara

seksama dengan mikroskop. Diagnosis malaria secara pasti dapat dilakukan apabila ditemukan parasit malaria dalam darah penderita. Hasil yang diperoleh dalam setiap layang pandang kemudian di analisis, sehingga diperoleh informasi parasit malaria dalam darah penderita terinfeksi *plasmodium falciparum* atau *plasmodium vivax*. Metode konvensional ini akan menimbulkan perbedaan diagnosis jika dilakukan oleh ahli yang berbeda.

Diagnosis malaria secara pasti dapat dilakukan apabila ditemukan parasit malaria dalam darah penderita. *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax* dalam darah memiliki beberapa fase penting diantaranya adalah *thropozit*, *schizont* dan *gametozit*. Beberapa grup riset telah melakukan pengkajian terhadap citra preparat darah. Penelitian yang dilakukan adalah melakukan segmentasi menggunakan metode *k-mean clustering* dan kemudian melakukan ekstraksi ciri terhadap citra data yang akan diuji. Ekstraksi ciri yang digunakan sebagai masukan pada sistem yang akan dibangun pada penelitian ini ada dua kelompok ciri, yaitu ciri warna dan ciri histogram. Langkah terakhir adalah melakukan uji identifikasi dan mengklasifikasi parasit *plasmodium falciparum* kedalam empat kelas dengan menggunakan metode jaringan saraf tiruan (JST) *Learning Vektor Quantization* [5].

Beberapa penelitian yang dilakukan melakukan segmentasi dengan pemisahan sel darah merah diantaranya menggunakan representasi *Inclusion-Tree* dan melakukan dua klasifikasi untuk mengidentifikasi sel darah merah yang terinfeksi oleh *plasmodium* menggunakan *binary classifier* dan menentukan fase *plasmodium* menggunakan *multiclass classifier* [2]. Proses segmentasi dan dilanjutkan dengan klasifikasi menggunakan pendekatan morfologi dan kesamaan warna histogram [3]. Penelitian lainnya menggunakan *region based Active Contour* dan dilanjutkan dengan klasifikasi menggunakan *Support Vektor Machine* [1].

## II. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini bertujuan membangun sistem klasifikasi jenis dan fase parasit malaria *plasmodium falciparum* dan *plasmodium vivax*. fitur yang digunakan adalah *standard deviation*, *mean*, *skewness*, *entropy*, *kurtosis* dan *grayscale* dari histogram warna, histogram *grayscale* dan histogram tingkat saturasi. selanjutnya dilakukan proses klasifikasi. metoda yang digunakan untuk pengenalan pola dalam penelitian ini adalah *support vector machine (svm)*. Data citra parasit malaria yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh *public health image library (phil)* dari *phil.cdc.gov*.

Terdapat dua tahapan utama yang dilaksanakan pada penelitian ini. Tahap pertama adalah ekstraksi fitur dengan tujuan untuk mendapatkan fitur-fitur yang akan digunakan untuk melakukan klasifikasi. Fitur yang akan digunakan adalah *standard deviation*, *mean*, *skewness*, *entropy*, *kurtosis* dan *grayscale* dari histogram warna, histogram *grayscale* dan histogram tingkat saturasi. Tahap selanjutnya dilakukan proses klasifikasi. Metoda yang digunakan untuk pengenalan pola dalam penelitian ini adalah *support vector machine (SVM)*.

### A. Histogram warna (Color Histogram)

Untuk membangun histogram warna dari citra parasit malaria *plasmodium falciparum* dan *plasmodium vivax*, terlebih dahulu citra tersebut dinormalisasi. Citra dipetakan pada *pixel* dengan ukuran 50 x 50. Tujuan dari normalisasi adalah mengurangi resolusi citra yang berguna saat proses pengenalan citra dan juga meningkatkan akurasi pengenalan. Persamaan yang digunakan untuk normalisasi warna tersebut adalah sebagai berikut :

$$NormalizedRed = \frac{Red}{\sqrt{Red^2 + Green^2 + Blue^2}} \quad (1)$$

$$NormalizedGreen = \frac{Green}{\sqrt{Red^2 + Green^2 + Blue^2}} \quad (2)$$

$$NormalizedBlue = \frac{Blue}{\sqrt{Red^2 + Green^2 + Blue^2}} \quad (3)$$

Dari hasil normalisasi ini digunakan red, green dan blue untuk kemudian dibangun histogramnya.

### B. Histogram Tingkat Keabuan (grayscale histogram)

Nilai citra parasit malaria merupakan model warna RGB. Untuk mendapatkan nilai tingkat keabuan dari citra yang terdiri dari komponen warna RGB dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Grayscale = 0.42R + 0.32G + 0.28B \quad (4)$$

Hasil dari proses *grayscale* ini akan berada pada tingkat keabuan sebesar sebesar 8 bit. Distribusi nilai-nilai dari setiap piksel citra *grayscale* dimasukkan ke dalam histogram.

### c. Histogram Tingkat Saturasi (Saturation Level Histogram)

Histogram tingkat saturasi digunakan untuk mendapatkan nilai-nilai intensitas warna berdasarkan kejenuhannya (saturasi). Komponen warna berdasarkan kejenuhannya diperoleh dari citra eritrosit model warna RGB melalui perhitungan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Saturasi = 1 - \frac{3}{Red + Green + Blue} \min(R, G, B) \quad (5)$$

Dimana nilai saturasi pada setiap piksel ini digunakan untuk membangun histogram distribusinya.

Dari nilai histogram warna, grayscale dan tingkat saturasi hasil perhitungan sudah dapat dijadikan sebagai vektor *input*, namun untuk mengurangi masalah komputasi yang besar maka nilai-nilai tersebut diwakili oleh nilai *mean*, standar deviasi, *kurtosis* dan *skewness* dari distribusinya histogram tersebut, dimana dapat dihitung dengan persamaan :

$$Mean = \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (6)$$

$$\text{Standar deviasi} = s = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$\text{Kurtosis} = k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^4}{\left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right)^2} \quad (8)$$

$$\text{Skewness} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^3}{\left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right)^{\frac{3}{2}}} \quad (9)$$

Untuk pencarian nilai *entropy* yang digunakan adalah matriks *co-occurrence*. Matrik *co-occurrence* ini digunakan untuk menggambarkan frekuensi munculnya pasangan dua atau beberapa *pixel* dengan intensitas tertentu dalam citra. Hasil yang di dapat akan ditemukan nilai keteracakan (*entropy*) dari distribusi intensitas tersebut, dimana persamaannya adalah :

$$\text{Entropy} = - \sum_{i_1} \sum_{i_2} p(i_1, i_2) \log p(i_1, i_2) \quad (10)$$

dengan  $p(i_1, i_2)$  adalah matriks *co-occurrence* dari citra parasit malaria.

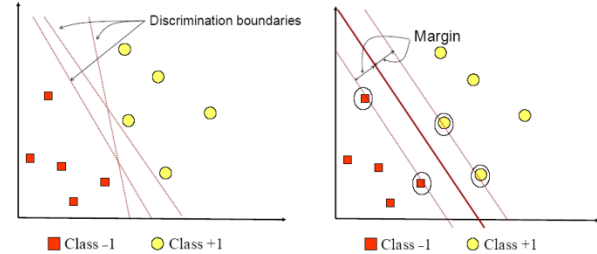
### C. Support Vector Machine (SVM)

*Support Vector Machine* (SVM) dikembangkan oleh Boser, Guyon, dan Vapnik, pertama kali dipresentasikan pada tahun 1992 di *Annual Workshop on Computational Learning Theory*. Konsep dasar *SVM* sebenarnya merupakan kombinasi harmonis dari teori-teori komputasi yang telah ada puluhan tahun sebelumnya, seperti *margin hyperplane* (Duda & Hart tahun 1973, Cover tahun 1965, Vapnik 1964, dan sebagainya), *kernel* diperkenalkan oleh Aronszajn tahun 1950, demikian juga dengan konsep-konsep pendukung yang lain. Akan tetapi hingga tahun 1992, belum pernah ada upaya merangkaikan komponen-komponen tersebut.

Berbeda dengan strategi *neural network* yang berusaha mencari *hyperplane* pemisah antar kelas, *SVM* berusaha menemukan *hyperplane* yang terbaik pada *input space*. Prinsip dasar *SVM* adalah *linear classifier*, dan selanjutnya dikembangkan agar dapat bekerja pada problem *non-linear* dengan memasukkan konsep *kernel trick* pada ruang kerja berdimensi tinggi. Perkembangan ini memberikan rangsangan minat penelitian di bidang *pattern recognition* untuk investigasi potensi kemampuan *SVM* secara teoritis maupun dari segi aplikasi. Saat ini *SVM* telah berhasil diaplikasikan dalam masalah dunia nyata (*real-world problems*), dan secara umum memberikan solusi yang lebih baik dibandingkan metode konvensional seperti misalnya *artificial neural network* [4].

Konsep *SVM* dapat dijelaskan secara sederhana sebagai usaha mencari *hyperplane* terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah kelas pada *input space*. *Hyperplane* dalam ruang vektor berdimensi  $d$  adalah *affine subspace* berdimensi  $d-1$  yang membagi ruang vektor tersebut ke dalam dua bagian, yang masing-masing berkorespondensi pada kelas yang berbeda[4]. Gambar 1 memperlihatkan beberapa *pattern* yang merupakan anggota dari dua buah kelas :

+1 dan -1. *Pattern* yang tergabung pada kelas -1 disimbolkan dengan warna merah (kotak), sedangkan *pattern* pada kelas +1, disimbolkan dengan warna kuning (lingkaran). Masalah klasifikasi dapat diterjemahkan dengan usaha menemukan garis (*hyperplane*) yang memisahkan antara kedua kelompok tersebut. Berbagai alternatif garis pemisah (*discrimination boundaries*) ditunjukkan pada gambar 1 (a).



Gambar 1. *Hyperplane* yang memisahkan dua kelas (-1 dan +1)

*Hyperplane* pemisah terbaik antara kedua kelas dapat ditemukan dengan mengukur *margin hyperplane* tersebut dan mencari titik maksimalnya. *Margin* adalah jarak antara *hyperplane* tersebut dengan *pattern* terdekat dari masing-masing kelas. *Pattern* yang paling dekat ini disebut sebagai *support vector*. Garis solid pada gambar 1 (b) menunjukkan *hyperplane* yang terbaik, yaitu yang terletak tepat pada tengah-tengah kedua kelas, sedangkan titik merah dan kuning yang berada dalam lingkaran hitam adalah *support vector*. Usaha untuk mencari lokasi *hyperplane* ini merupakan inti dari proses pembelajaran pada *SVM*. Data yang tersedia dinotasikan sebagai  $\vec{x}_i \in R^d$ , sedangkan label masing-masing dinotasikan  $\vec{y}_i = \{+1, -1\}$  untuk  $i=1, 2, 3 \dots l$ . Dengan  $l$  adalah banyaknya data. Diasumsikan kedua kelas -1 dan +1 dapat terpisah secara sempurna oleh *hyperplane* berdimensi  $d$ , yang didefinisikan :

$$\vec{w} \cdot \vec{x} + b = 0 \quad (11)$$

*Pattern*  $\vec{w}$  yang termasuk kelas -1 (sampel negatif) dapat dirumuskan sebagai *pattern* yang memenuhi pertidaksamaan

$$\vec{w} \cdot \vec{x}_i + b \leq -1 \quad (12)$$

Sedangkan *pattern*  $\vec{w}$  yang termasuk kelas +1 (sampel positif)

$$\vec{w} \cdot \vec{x}_i + b \geq +1 \quad (13)$$

*Margin* terbesar dapat ditemukan dengan memaksimalkan nilai jarak antara *hyperplane* dan titik terdekatnya, yaitu  $1/\|\vec{w}\|$ . Hal ini dapat dirumuskan sebagai *Quadratic Programming* (QP) *problem*, yaitu mencari titik minimal persamaan (14), dengan memperhatikan *constraint* persamaan (15).

$$\min_w \tau(w) = \frac{1}{2} \|\vec{w}\|^2 \quad (14)$$



dengan

$$y_i(\bar{x}_i \cdot \bar{w} + b) - 1 \geq 0, \forall i \tag{15}$$

Masalah ini dapat dipecahkan dengan berbagai teknik komputasi, di antaranya *Lagrange Multiplier*.

$$L(\bar{w}, b, \alpha) = \frac{1}{2} \|\bar{w}\|^2 - \sum_{i=1}^l \alpha_i (y_i ((\bar{x}_i \cdot \bar{w} + b) - 1))$$

dengan  $i = 1, 2, \dots, l$ . (16)

$\alpha_i$  adalah *Lagrange multipliers*, yang bernilai nol atau positif ( $\alpha_i \geq 0$ ). Nilai optimal dari persamaan (6) dapat dihitung dengan meminimalkan L terhadap  $\bar{w}$  dan  $b$ , dan memaksimalkan L terhadap  $\alpha_i$ . Dengan memperhatikan sifat bahwa pada titik optimal gradien L = 0, persamaan (16) dapat dimodifikasi sebagai maksimalisasi problem yang hanya mengandung saja  $\alpha_i$ , sebagaimana persamaan (17) di bawah.

$$\sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l \alpha_i \alpha_j y_i y_j \bar{x}_i \bar{x}_j \tag{17}$$

dengan

$$\alpha_i \geq 0 (i = 1, 2, \dots, l) \quad \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i \tag{18}$$

Dari hasil dari perhitungan ini diperoleh  $\alpha_i$  yang kebanyakan bernilai positif. Data yang berkorelasi dengan  $\alpha_i$  yang positif inilah yang disebut sebagai *support vector* (Nugroho, 2003).

Metode SVM *one against one* adalah salah satu metode untuk mengimplementasi SVM untuk *multiclass* dengan menggunakan pendekatan yang kedua. Model klasifikasi biner yang dibangun menggunakan metode ini dapat dihitung dengan mengikuti persamaan (19) :

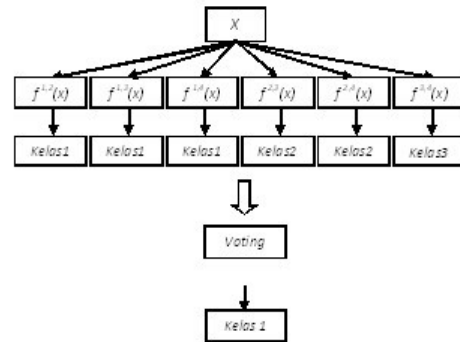
$$\frac{k(k-1)}{2} \tag{19}$$

dengan  $k$  adalah banyaknya kelas. Pada tahap pelatihan, setiap model klasifikasi dilatih menggunakan data latih dari dua kelas. Sedangkan pada tahap pengujian terdapat beberapa cara untuk melakukan pengujian setelah semua  $k(k-1)/2$  model klasifikasi telah selesai dibangun. Salah satunya cara yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan metode *voting* (Hsu, 2002). Contoh penggunaan metode SVM *one against one* dapat ditunjukkan pada tabel 1 dan gambar 2.

TABEL 1  
CONTOH METODE ONE AGAINST ONE

| $y_i = 1$ | $y_i = -1$ | Hipotesis                           |
|-----------|------------|-------------------------------------|
| Kelas 1   | Kelas 2    | $f^{1,2}(x) = (w^{1,2})x + b^{1,2}$ |
| Kelas 1   | Kelas 3    | $f^{1,3}(x) = (w^{1,3})x + b^{1,3}$ |
| Kelas 1   | Kelas 4    | $f^{1,4}(x) = (w^{1,4})x + b^{1,4}$ |
| Kelas 2   | Kelas 3    | $f^{2,3}(x) = (w^{2,3})x + b^{2,3}$ |

|         |         |                                     |
|---------|---------|-------------------------------------|
| Kelas 2 | Kelas 4 | $f^{2,4}(x) = (w^{2,4})x + b^{2,4}$ |
| Kelas 3 | Kelas 4 | $f^{3,4}(x) = (w^{3,4})x + b^{3,4}$ |



Gambar 2 Metode klasifikasi SVM *one against one*

Dari gambar 2 jika data  $x_i$  dimasukkan ke dalam fungsi yang didapatkan dari tahap pelatihan pada persamaan 20 :

$$f(x) = (w^{ij})^T \phi(x) + b \tag{20}$$

dan hasil yang didapatkan  $x$  adalah kelas termasuk kelas  $i$ , maka kelas  $i$  mendapatkan satu suara (*vote*). Dan selanjutnya data  $x_i$  diujikan ke semua model klasifikasi yang didapatkan dari tahap pelatihan. Dan pada akhirnya kelas dari data  $x$  ditentukan dari jumlah perolehan suara terbanyak. Apabila terdapat dua buah kelas yang memiliki jumlah suara yang sama, maka kelas dengan indeks yang lebih kecil dinyatakan sebagai kelas dari data yang diujikan.

Metode ini akan membangun sejumlah  $k$  SVM biner, dimana  $k$  adalah banyaknya kelas (Hsu, et al., 2002). SVM ke- $i$  dilatih dengan seluruh *sample* pada kelas ke- $i$  dengan label kelas positif dan seluruh *sample* lainnya dengan label kelas negatif. Jika diberikan  $l$  data pelatihan  $(x_i, y_i), \dots, (x_l, y_l)$ , dengan  $x_i \in \mathbb{R}^n, i = 1, \dots, l$  adalah kelas dari  $x_i$ , maka SVM ke- $i$  akan menyelesaikan permasalahan berikut :

$$\begin{aligned} \min_{w^i, b^i, \xi^i} & \frac{1}{2} (w^i)^T w^i + C \sum_{j=1}^l \xi_j^i (w^i)^T \\ & (w^i)^T \phi(x_j) + b^i \geq 1 - \xi_j^i, \text{ if } y_j = i \\ & (w^i)^T \phi(x_j) + b^i \leq -1 + \xi_j^i, \text{ if } y_j \neq i \\ & \xi_j^i \geq 0, j = 1, \dots, l \end{aligned} \tag{21}$$

dengan data pelatihan  $x_i$  dipetakan ke ruang dimensi yang lebih tinggi menggunakan fungsi  $\Phi$  dan  $C$  sebagai parameter pinalti.

Meminimisasi  $\frac{1}{2} (w^i)^T w^i$  berarti memaksimalkan

$\frac{2}{|w|^2}$  atau margin antara dua kelompok data. Ketika

data tidak terpisah secara linier, maka terdapat pinalti sebesar  $C \sum_j \xi_j^i$  yang dapat mengurangi jumlah *error* pelatihan. Ide dari SVM adalah menyeimbangkan regulasi  $\frac{1}{2} (w^i)^T w^i$  dan *error* pelatihan.

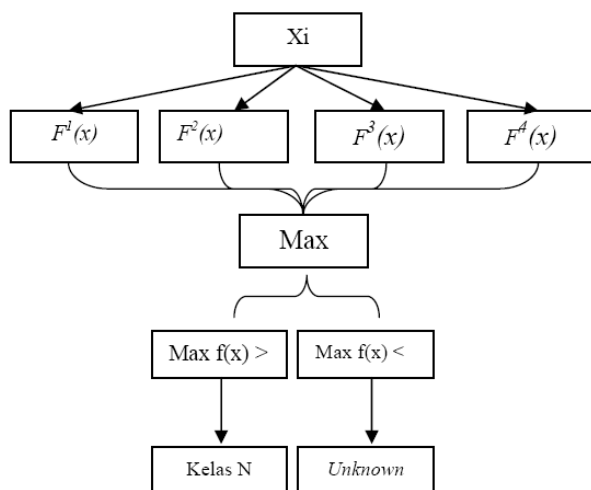
Setelah menyelesaikan permasalahan pada minimisasi, maka terdapat sejumlah  $k$  fungsi keputusan.

$$f^1(x) = (w^1)x + b^1, \dots, f^k(x) = (w^k)x + b^k \quad (22)$$

Kelas data  $x$  akan ditentukan berdasarkan nilai fungsi keputusan yang tertinggi. Untuk pencarian solusi minimisasi pada persamaan 22 menggunakan *quadratic programming*.

TABEL 2  
CONTOH METODE ONE AGAINST ALL

| $y_i = 1$ | $y_i = -1$    | Hipotesis               |
|-----------|---------------|-------------------------|
| Kelas 1   | Bukan kelas 1 | $f^1(x) = (w^1)x + b^1$ |
| Kelas 2   | Bukan kelas 2 | $f^2(x) = (w^2)x + b^2$ |
| Kelas 3   | Bukan kelas 3 | $f^3(x) = (w^3)x + b^3$ |
| Kelas 4   | Bukan kelas 4 | $f^4(x) = (w^4)x + b^4$ |



Gambar 3 Metode klasifikasi SVM *one against all*

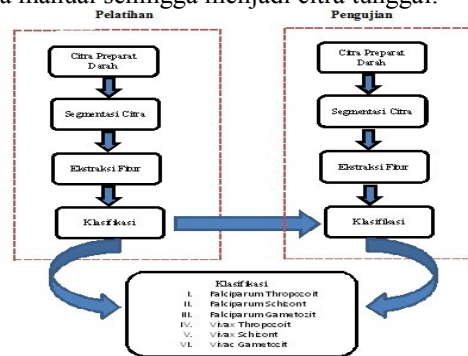
Pada gambar 3 terlihat terdapat empat fungsi keputusan, dari keempat fungsi keputusan diambil fungsi keputusan yang maksimal.

### III. METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan dari metode yang diusulkan untuk melakukan klasifikasi dari jenis dan fase *plasmodium falciparum* dan *plasmodium vivax* dari citra medis preparat darah ditunjukkan dalam Gambar 3.

Pada proses pembelajaran, citra medis dari preparat darah adalah file-file yang masing-masing berukuran 50x50 *pixel* yang diperoleh dari hasil segmentasi secara manual. Artinya, setelah file citra preparat darah terinfeksi parasit malaria yaitu citra *falciparum thropozoit*, *falciparum schizont*, *falciparum*

*gametocyt*, *vivax thropozoit*, *vivax schizont*, *vivax gametocyt* diperoleh *public health image library* (PHIL) dari *phil.cdc.gov*, proses normalisasi seperti *cropping* dan *resize* untuk menyamakan dimensi citra dilakukan secara manual sehingga menjadi citra tunggal.



Gambar 4 Blok diagram desain sistem

Tahap selanjutnya ekstraksi fitur dengan tujuan untuk mendapatkan fitur-fitur yang akan digunakan untuk melakukan klasifikasi. Fitur yang akan digunakan adalah *mean*, *standard deviation*, *kurtosis*, *skewness*, dan *entropy* dari Histogram Warna, Histogram *Grayscale* dan Histogram Tingkat Saturasi. Selanjutnya dilakukan proses klasifikasi. Metoda yang digunakan untuk pengenalan pola dalam penelitian ini adalah *support vector machine (SVM)*. Pada dasarnya SVM hanya dapat digunakan untuk mengklasifikasikan data ke dalam dua kelas (klasifikasi biner). Untuk dapat diterapkan pada permasalahan klasifikasi jenis dan fase dari parasit malaria *plasmodium falciparum* dan *plasmodium vivax* yang terdiri lebih dari dua kelas maka diterapkan metode klasifikasi SVM multikelas yang dibangun dengan cara menggabungkan beberapa klasifikasi biner. Metode pendekatan SVM multikelas yang digunakan dalam penelitian ini adalah SVM *multiclass one against one (OAO)* dan *one against all(OAA)*. Pada proses klasifikasi pelatihan, variabel *hyperplane* untuk setiap pengklasifikasi (*classifier*) yang didapat akan disimpan dan nantinya akan digunakan sebagai data tiap pengklasifikasi dalam proses pengujian, dengan kata lain proses klasifikasi pelatihan adalah proses untuk mencari *support vector*, *alpha* dan *bias* dari data *input* pelatihan yang berupa vektor fitur dari citra *falciparum thropozoit*, *falciparum schizont*, *falciparum gametocyt*, *vivax thropozoit*, *vivax schizont*, *vivax gametocyt* (enam kelas). Sedangkan pada proses pengujian, data citra *plasmodium falciparum* dan *plasmodium vivax* yang digunakan adalah data yang tidak diikutsertakan pada proses pelatihan. Jika kelas yang dihasilkan dari proses klasifikasi pengujian sama dengan kelas data sebenarnya, maka pengenalan dinyatakan benar.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dijabarkan dan dievaluasi efektifitas metode yang digunakan dalam mengatasi permasalahan klasifikasi terhadap jenis parasit yang menyebabkan malaria yaitu *plasmodium falciparum* dan *plasmodium vivax* beserta fasenya.

Ujicoba terhadap metode klasifikasi SVM digunakan 180 data citra preparat darah dengan ukuran 50x50 pixel. Setiap kelas dari klasifikasi terdiri dari 30 data. Dalam proses ujicoba dilakukan dua tahap, tahap yang pertama adalah pelatihan sedangkan tahap yang kedua adalah tahap uji. Tahap pelatihan digunakan untuk mendapatkan koordinat dari *support vector*, *weight*, *bias* dan jarak *support vector*, sedangkan tahap pengujian adalah menggunakan data-data selain data pelatihan untuk mendapatkan hasil klasifikasi, sehingga dapat diketahui tingkat akurasi.

Pengujian ini dilakukan terhadap semua kelas berdasarkan kelompok data pelatihan dan pengujian yang telah dibagi, kelas yang pertama adalah *Falciparum Thropozoit*, kelas kedua adalah *Falciparum Schizont*, kelas ketiga adalah *Falciparum Gametocyt*, kelas keempat adalah *Vivax Thropozoit*, kelas kelima adalah *Vivax Schizont* dan kelas keenam adalah *Vivax Gametocyt*. Secara singkat enam kelompok data ini di rotasi tanpa terjadi overlap sehingga semua citra darah pernah menjadi data pelatihan maupun data pengujian. Distribusi data pelatihan dan pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

TABEL 4  
DISTRIBUSI DATA PELATIHAN DAN  
PENGUJIAN

| Data  | Kelompok I |    |     |    |    |    | Kelompok II |    |     |    |    |    | Kelompok III         |    |     |    |    |    |
|-------|------------|----|-----|----|----|----|-------------|----|-----|----|----|----|----------------------|----|-----|----|----|----|
|       | Kelas      |    |     |    |    |    | Kelas       |    |     |    |    |    | Kelas                |    |     |    |    |    |
|       | I          | II | III | IV | V  | VI | I           | II | III | IV | V  | VI | I                    | II | III | IV | V  | VI |
| Latih | Citra      |    |     |    |    |    | Citra       |    |     |    |    |    | Citra                |    |     |    |    |    |
|       | 1 sd 20    |    |     |    |    |    | 11 sd 30    |    |     |    |    |    | 1 sd 10 dan 21 sd 30 |    |     |    |    |    |
|       | 20         | 20 | 20  | 20 | 20 | 20 | 20          | 20 | 20  | 20 | 20 | 20 | 20                   | 20 | 20  | 20 | 20 | 20 |
| Uji   | Citra      |    |     |    |    |    | Citra       |    |     |    |    |    | Citra                |    |     |    |    |    |
|       | 21 sd 30   |    |     |    |    |    | 1 sd 10     |    |     |    |    |    | 11 sd 30             |    |     |    |    |    |
|       | 10         | 10 | 10  | 10 | 10 | 10 | 10          | 10 | 10  | 10 | 10 | 10 | 10                   | 10 | 10  | 10 | 10 | 10 |
|       | 60         |    |     |    |    |    | 60          |    |     |    |    |    | 60                   |    |     |    |    |    |

Proses pelatihan dan pengujian data dilakukan berdasarkan urutan langkah sebagai berikut :

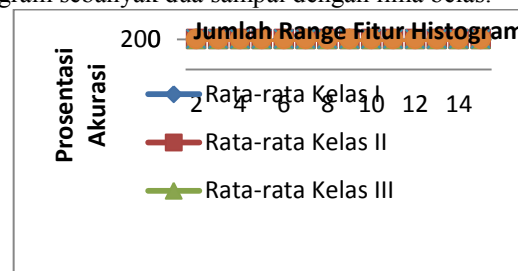
1. Membagi proses pelatihan dan pengujian menjadi 3 buah proses.
2. Proses pertama, pada masing-masing kelas digunakan 20 data awal sebagai data latih dan 10 data terakhir sebagai data uji.
3. Proses kedua, pada masing-masing kelas digunakan data ke 11 sampai 30 sebagai data latih dan data ke 1 sampai 10 sebagai data uji.
4. Proses ketiga, pada masing-masing kelas digunakan data ke 1 sampai 10 dan 21 sampai 30 sebagai data latih dan data ke 11 sampai 20 sebagai data uji.

*A. Percobaan Pengaruh Range Fitur Histogram Terhadap Hasil Klasifikasi Menggunakan Support Vector Machine One Against One*

Jumlah fitur histogram yang digunakan pada tahap ekstraksi fitur merupakan panjang vektor pola yang menjadi input pada tahap klasifikasi menggunakan *support vector machine* multikelas *one against one*, baik

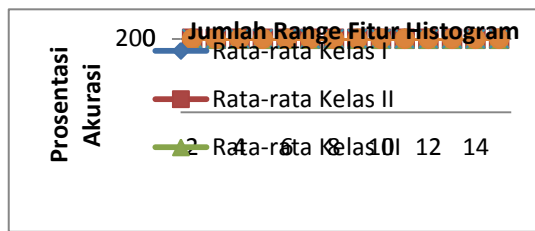
pada proses pelatihan maupun pada tahap pengujian. Dengan demikian pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jumlah fitur histogram yang digunakan terhadap kinerja dari sistem klasifikasi.

Percobaan ini dilakukan dengan cara membuat grafik prosentase akurasi sistem klasifikasi terhadap jumlah *range* fitur histogram yang digunakan. Rentang jumlah *range* fitur histogram yang digunakan dalam pengujian ini dibatasi dari dua hingga lima belas *range* fitur. Grafik yang pertama adalah grafik rata-rata akurasi per kelas yang menggambarkan nilai akurasi masing-masing kelas yang didapatkan dari hasil rata-rata akurasi ketiga tahap pengujian, dapat dilihat pada gambar 4. Grafik yang kedua adalah grafik akurasi multi kelas yang digambarkan untuk masing-masing data pelatihan dan pengujian yang menggunakan kombinasi data pelatihan dan pengujian yang berbeda, dapat dilihat pada gambar 5. Dan yang terakhir gambar 6 adalah grafik rata-rata akurasi multi kelas yang merupakan nilai rata-rata dari ketiga tahap pengujian klasifikasi. Perhitungan hasil klasifikasi parasit jenis dan fase malaria *falciparum* dan malaria *vivax* secara keseluruhan yang menggunakan jumlah *range* fitur histogram sebanyak dua sampai dengan lima belas.



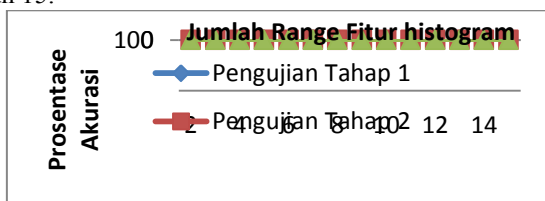
Gambar 5 Grafik Rata-rata Akurasi per kelas *svm one vs one*

Pada gambar 5 ditunjukkan bahwa prosentase akurasi rata-rata terendah untuk kelas I sebesar 78,07%, kelas II sebesar 81.11%, kelas III sebesar 80.56%, Kelas IV sebesar 72.78%, Kelas V sebesar 77,77% dan Kelas VI sebesar 78,33%. Sedangkan prosentase akurasi rata-rata yang tertinggi untuk kelas I adalah 96,11% didapatkan saat menggunakan jumlah range fitur 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, dan 14. Untuk kelas II adalah 95,56% didapatkan saat menggunakan jumlah range fitur 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, dan 15. Untuk kelas III adalah 93,33% didapatkan saat menggunakan jumlah 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, dan 11. Untuk kelas IV adalah 88,88% didapatkan saat menggunakan jumlah 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, dan 15. Untuk kelas V adalah 92,78% didapatkan saat menggunakan jumlah 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, dan 14. Dan Untuk kelas VI adalah 86,11% didapatkan saat menggunakan jumlah 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, dan 12.



Gambar 5 Grafik Rata-rata Akurasi per kelas svm one vs one

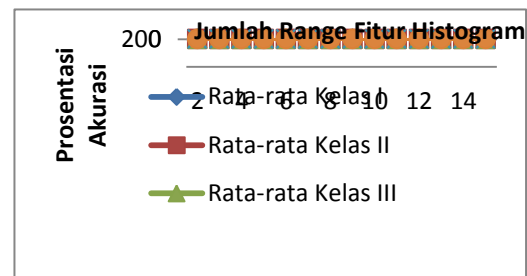
Pada gambar 6 ditunjukkan bahwa prosentase akurasi multi kelas untuk masing-masing tahap pengujian (kelompok data pengujian) yang terendah didapatkan pada saat histogram menggunakan range fitur dua. Prosentase akurasi multi kelas terendah pada pengujian tahap 1 sebesar 40,67%, pengujian tahap 2 sebesar 35,59%, pengujian tahap 3 sebesar 30%. Sedangkan prosentase akurasi multi kelas yang tertinggi pada pengujian tahap 1 adalah 78,33% didapatkan saat menggunakan jumlah range fitur 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, dan 14. Pada pengujian tahap 2 adalah 65% didapatkan saat menggunakan jumlah range fitur 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 dan 15. Pada pengujian tahap 3 adalah 81,35% didapatkan saat menggunakan jumlah range fitur 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 dan 15.



Gambar 6 Grafik akurasi multi kelas svm one vs one untuk setiap tahap pengujian

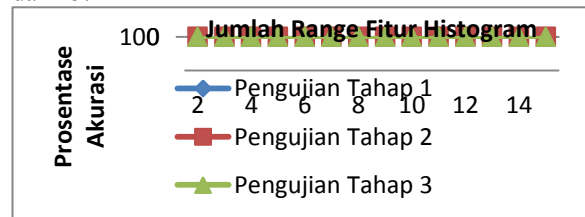
**B. Percobaan Pengaruh Range Fitur Histogram Terhadap Hasil Klasifikasi Menggunakan Support Vector Machine One Against All**

Pada gambar 7 ditunjukkan bahwa prosentase akurasi rata-rata terendah untuk kelas I sebesar 80%, kelas II sebesar 85,56%, kelas III sebesar 81,67%, Kelas IV sebesar 72,78%, Kelas V sebesar 51,67% dan Kelas VI sebesar 80%. Sedangkan prosentase akurasi rata-rata yang tertinggi untuk kelas I adalah 95,56% didapatkan saat menggunakan jumlah range fitur 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, dan 15. Untuk kelas II adalah 92,78% didapatkan saat menggunakan jumlah range fitur 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, dan 15. Untuk kelas III adalah 91,67% didapatkan saat menggunakan jumlah 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, dan 13. Untuk kelas IV adalah 87,78% didapatkan saat menggunakan jumlah 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, dan 15. Untuk kelas V adalah 90% didapatkan saat menggunakan jumlah 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, dan 13. Dan Untuk kelas VI adalah 84,44% didapatkan saat menggunakan jumlah 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, dan 15.



Gambar 7 Grafik Rata-rata Akurasi per kelas svm one vs all

Pada gambar 8 ditunjukkan bahwa prosentase akurasi multi kelas untuk masing-masing tahap pengujian (kelompok data pengujian) yang terendah didapatkan pada saat histogram menggunakan range fitur dua. Prosentase akurasi multi kelas terendah pada pengujian tahap 1 sebesar 35%, pengujian tahap 2 sebesar 25%, pengujian tahap 3 sebesar 28,33%. Sedangkan prosentase akurasi multi kelas yang tertinggi pada pengujian tahap 1 adalah 65% didapatkan saat menggunakan jumlah range fitur 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, dan 14. Pada pengujian tahap 2 adalah 66,67% didapatkan saat menggunakan jumlah range fitur 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 dan 15. Pada pengujian tahap 3 adalah 81,35% didapatkan saat menggunakan jumlah range fitur 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 dan 15.



Gambar 8 Grafik akurasi multi kelas svm one vs all untuk setiap tahap pengujian

**V. KESIMPULAN**

Pada penelitian ini telah dikembangkan sistem klasifikasi jenis dan fase parasit malaria plasmodium falciparum dan plasmodium vivax dengan ekstraksi fitur *mean*, *standard deviation*, *kurtosis*, *skewness*, dan *entropy* dari histogram warna, histogram *grayscale* dan histogram tingkat saturasi dari citra parasit malaria dan metode *support vector machine* sebagai *classifier*-nya.

Dari hasil percobaan terhadap 180 data citra parasit malaria dinyatakan bahwa klasifikasi menggunakan *support vector machine* kernel *linier* metode *one against one* jika dibandingkan dengan metode SVM *one against all* didapatkan tingkat akurasi dari *support vector machine* kernel *linier* metode *one against one* yaitu *falciparum thropozoit* 95,55%, *falciparum schizont* 94,44% , *falciparum gametocyte* 91,11% , *vivax thropozoit* 88,89%, *vivax schizont* 93,88% dan *vivax gametocyte* 90%, sedangkan *backpropagation neural network* didapatkan tingkat akurasi *falciparum thropozoit* 92,77% , *falciparum schizont* 91,11% , *falciparum gametocyte* 90%, *vivax thropozoit* 87,22%,

*vivax schizont* 88,33% dan *vivax gametocyte* 85,55% sehingga dapat disimpulkan bahwa klasifikasi menggunakan *support vector machine* kernel *linier* metode *one against one* memiliki keunggulan dalam tingkat akurasi dibandingkan dengan metode SVM *one against all*.

Allergy and Infectious Diseases (2007), “*Understanding malaria Fighting an Ancient Scourge*”, Bethesda.

- [15] Wahab, Iis Hamsir Ayub (2008), “Identifikasi parasit malaria dalam darah menggunakan segmentasi citra digital dan jaringan syaraf tiruan”.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Usman (2005) “Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya”. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [2] Albrechtsen, Fritz, *Statistical Texture Measures Computed from Gray Level Cooccurrence* <http://www.ifi.uio.no/in384/info/glcm.ps>, (download: desember 10, 2012).
- [3] Boser, B. E., Guyon, I. M. and Vapnik, V. N. (1992). “*A training algorithm for optimal margin classifiers*”. D. Haussler, editor, 5th Annual ACM Workshop on COLT, pages 144–152, Pittsburgh.
- [4] Chunyan Yao, Jianwei Zhang, Houxiang Zhang (2007), “Blood Cell Identification and Segmentation by means of Statistical Models”. Proceeding of the 7<sup>th</sup> WSEAS Int Conf. on Signal processing, Computational Geometry & Artificial Vision, Athens Greece, August 24-26, 2007.
- [5] Christiani, Nello, and Taylor, J.S., (2000), “An Introduction to Support Vector Machine and Other kernel-based Learning Methods”, Cambridge University Press.
- [6] Díaz, G., González, Fabio A., Romero, Eduardo (2009),” A semi-automatic method for quantification and classification of erythrocytes infected with malaria parasites in microscopic images”, J. of Biomedical Informatics,42:296–307.
- [7] Di Ruberto, Cecilia, Dempster, Andrew, Khan, Shahid, Jarra , Bill (2002), “*Analysis of infected blood cell images using morphological operators*”, Image and Vision Computing, 20:133-146.
- [8] Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan Departemen Kesehatan Republik Indonesia (2008), “*Pedoman Ketatalaksanaan Kasus Malaria di Indonesia*”
- [9] Gonzalez, R. C., Woods, R. E. (2010), “*Digital Image Processing*”, Third Edition, Pearson Prentice Hall, Inc.
- [10] Haralick, R.M. et., 1973, “Texture Features for Image Classification, IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-3
- [11] Hall-Beyer, Mryka, *The GLCM Tutorial HomePage*, [Online], URL: [http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/the\\_glcm.html](http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/the_glcm.html), (download: Desember 10, 2012)
- [12] Hsu, C.W., and Lin, C.J. (2002), “*A Comparison of Methods for Multi-class Support Vector Machines*”, IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 13, No. 2, hal. 415-425.
- [13] Nugroho, A.S., Witarto, B.A., Handoko, D., (2003), *Support Vector Machine – Teori dan Aplikasinya Dalam Bioinformatika*, Kuliah Umum Ilmu Komputer.com.
- [14] U.S. Department of Health and Human Services National Institutes of Health National Institute of

# Perancangan HMI (*Human Machine Interface*) Untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC

Heri Haryanto<sup>1</sup>, Sarif Hidayat<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jendral Sudirman KM. 03 Cilegon – Banten 42435  
email : elektrojos@yahoo.com

**Abstrak** — HMI (*Human Machine Interface*) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan mesin. Sistem HMI berupa *Graphic user interface (GUI)* pada suatu tampilan layar komputer yang akan dihadapi oleh operator mesin atau pengguna yang akan memonitoring dan mengendalikan kecepatan motor DC dengan metode PID secara *real time*. Penelitian dilakukan dengan merancang sebuah sistem HMI menggunakan software Labview 2009. Hasil pengujian sistem monitoring pengendalian motor DC pada fungsi tombol knop dan tombol on/off yang divisualisasikan sudah berperan sesuai dengan fungsinya dengan waktu sampling 70 ms. Kendali PID yang sesuai dengan karakteristik sistem yang telah dibuat adalah  $K_p = 1$   $K_i = 4$   $K_d = 0.3$  dengan *time delay* 0,49 detik, *rise time* sebesar 1,99 detik, *settling time* sebesar 2,24 detik, dan *steady state error* sebesar 1,76%.

**Kata Kunci** : HMI, Motor DC, Kendali PID, Labview

**Abstract** — HMI (*Human Machine Interface*) is a system that links between humans and machines. HMI system in the form (*GUI*) on a computer display screen that will be faced by machine operators or users who will monitor and control the speed of a DC motor with PID methods in *real time*. Research carried out by designing a system using the software Labview HMI 2009. Research results obtained of DC motor control monitoring system on the function knob and buttons on / off button is a role that was visualized according to function with time sampling 70 ms. At the appropriate PID control system with the characteristics that have been made is  $K_p = 1$   $K_i = 4$   $K_d = 0.3$  with a time delay of 0.49 seconds, rise time of 1.99 seconds, settling time of 2.24 seconds, and the steady-state error for 1.76%.

**Keywords** : HMI, Motor DC, PID control, Labview

## I. PENDAHULUAN

Tujuan dari HMI (*Human Machine Interface*) adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dengan operator melalui tampilan layar komputer sehingga memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem yang diberikan sehingga mempermudah pekerjaan fisik. HMI dapat berupa pengendalian dan visualisasi komputer yang bersifat *real time*. Suatu sistem bekerja dengan pemantauan langsung membutuhkan pekerja yang selalu siap memberikan informasi secara cepat, tepat dan handal tetapi hal ini tidak dapat dilakukan oleh manusia. Sesuai dengan tujuan dan tugas HMI maka, HMI dalam industri sangat penting peranannya dalam sistem *monitoring* dan kendali suatu sistem produksi sehingga dengan sistem ini dapat menghemat waktu dan tenaga kerja untuk pengamatan dan pengendalian setiap stasiun kerja produksi. Pada penelitian ini, dirancang sebuah sistem HMI (*Human Machine Interface*) dengan bantuan software Labview 2009 untuk kendali kecepatan motor DC secara *real time*. Sistem HMI yang dirancang berupa tampilan *Graphic User Interface (GUI)* pada suatu tampilan layar komputer yang akan dihadapi oleh operator mesin (pengguna) yang akan mengamati dan mengendalikan kecepatan motor DC. Kendali kecepatan motor DC menggunakan metode PID sehingga meningkatkan kestabilan kecepatan motor tersebut. Hasil respon kendali PID terhadap kecepatan motor DC ditampilkan dengan grafik.

Pada Penelitian ini bertujuan merancang HMI untuk memonitoring sistem pengendalian kecepatan putaran motor DC, sehingga dapat diketahui karakteristiknya.

Karena luasnya kajian penelitian, maka batasan masalah yang diberlakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Desain HMI diimplementasikan dengan software Labview 2009.
2. Variabel yang dikendalikan adalah kecepatan.
4. *Plant dianggap dalam kondisi ideal* (tidak ada kerusakan) atau dalam kondisi normal.

## II STUDI PUSTAKA

### A. HMI (*Human Machine Interface*)

HMI (*Human Machine Interface*) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat *real time*. Sistem HMI biasanya bekerja secara *online* dan *real time* dengan membaca data yang dikirimkan melalui I/O port yang digunakan oleh sistem *controller*-nya. Port yang biasanya digunakan untuk *controller* dan akan dibaca oleh HMI antara lain adalah *port com*, *port USB*, *port RS232* dan ada pula yang menggunakan *port serial*. Tugas dari HMI (*Human Machine Interface*) yaitu membuat visualisasi dari teknologi atau sistem secara nyata. Sehingga dengan desain HMI dapat disesuaikan sehingga memudahkan pekerjaan fisik. Tujuan dari HMI adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan layar komputer dan

memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem. HMI dalam industri *manufacture* berupa suatu tampilan GUI (*Graphic User Interface*) pada suatu tampilan layar komputer yang akan dihadapi oleh operator mesin maupun pengguna yang membutuhkan data kerja mesin. HMI terdapat berbagai macam visualisasi untuk *Monitoring* dan data mesin yang terhubung secara *online* dan *real time*. HMI akan memberikan suatu gambaran kondisi mesin yang berupa peta mesin produksi dapat dilihat bagian mesin mana yang sedang bekerja. Pada HMI juga terdapat visualisasi pengendali mesin berupa tombol, *slider*, dan sebagainya yang dapat difungsikan untuk mengendalikan mesin sebagaimana mestinya. Selain itu dalam HMI juga ditampilkan *alarm* jika terjadi kondisi bahaya dalam sistem. Sebagai tambahan, HMI juga menampilkan data-data rangkuman kerja mesin termasuk secara grafik.

**B. Pengaturan Kecepatan Motor DC [9]**

Untuk mengatur kecepatan motor dipergunakan persamaan

$$n = \frac{V_t - I_a \cdot R_a}{k \cdot \phi} \quad (1)$$

Dimana :

$n$  = Kecepatan Motor

$V_t$  = Tegangan Terminal motor

$I_a$  = Arus Jangkar

$R_a$  = Tahanan Jangkar

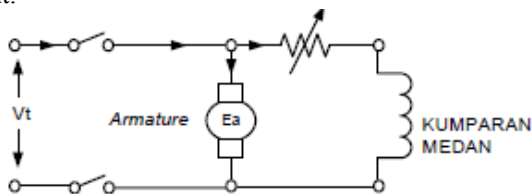
$k$  = Konstanta motor

$\phi$  = Fluk Medan

Berdasarkan persamaan (1), kecepatan motor dapat diatur dengan mengatur tegangan terminal, tahanan kumparan jangkar, tegangan nilai fluks.

Pengaturan tersebut dapat dilakukan sebagai berikut :

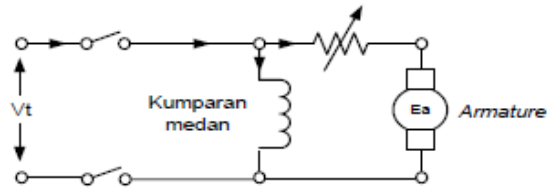
1. Pengaturan kecepatan dengan mengatur medan (*fluks*) Caranya dengan menyisipkan tahanan variabel yang dipasang secara seri terhadap kumparan medan (pada motor *shunt*), sehingga dapat diatur arus medan dan *fluks*-nya. Cara ini sangat sederhana, murah, dan rugi panas yang ditimbulkannya kecil. Besarannya *fluks* yang dapat dicapai oleh kumparan medan terbatas, sehingga kecepatan yang dapat diatur terbatas. Motor yang biasa diatur dengan cara ini adalah motor shunt atau motor kompon. Pada gambar 1 memperlihatkan pengaturan kecepatan motor dengan mengatur Medan shunt.



Gambar 1. Pengaturan Kecepatan dengan Mengatur Medan Shunt

2. Pengaturan kecepatan dengan mengatur tahanan jangkar Caranya dengan menyisipkan tahanan variabel secara seri terhadap tahanan jangkar, sehingga tahanan jangkar juga dapat diatur yang berarti kecepatan motor

juga dapat diatur. Cara ini jarang dipakai karena penambahan tahanan seri terhadap tahanan jangkar menimbulkan rugi panas yang besar, rangkaian pengaturannya diperlihatkan pada gambar 2 di bawah ini :



Gambar 2. Pengaturan Kecepatan dengan Mengatur Tahanan Jangkar 12

3. Pengaturan kecepatan dengan mengatur tegangan terminal Caranya dengan mengatur tegangan terminal motor sehingga kecepatan motor dapat diatur. Kecepatan motor akan bertambah jika menaikkan sumber tegangan dan kecepatan motor akan berkurang jika menurunkan sumber tegangan. Cara ini menghasilkan pengaturan kecepatan motor yang sangat halus dan banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

**C. Karakteristik Kendali PID [8]**

Kendali PID terdiri dari tiga jenis cara pengaturan yang saling dikombinasikan yaitu kendali proporsional, kendali integral dan kendali derivatif.

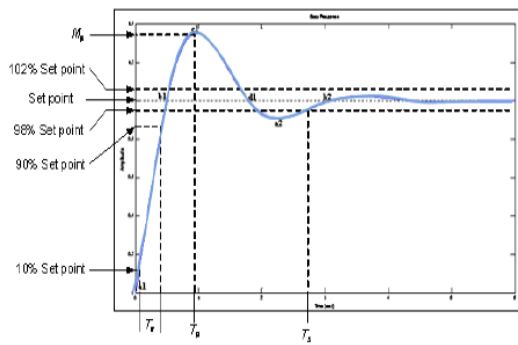
Masing-masing memiliki parameter tertentu yang harus diset untuk dapat bekerja dengan baik, yang disebut sebagai konstanta,  $K_p$  adalah konstanta proporsional,  $K_i$  menyatakan konstanta integral dan  $K_d$  menyatakan konstanta derivatif. Secara umum persamaan kendali PID adalah seperti pada persamaan 2 :

$$U(s) = K_p \cdot E(s) + \frac{K_i}{s} \cdot E(s) + K_d \cdot s \cdot E(s) \dots \quad (2)$$

Kendali proporsional akan memberikan efek mempercepat respon, tetapi tidak menghapus kesalahan keadaan tunak. Kendali integral akan memberikan efek menghapus kesalahan keadaan tunak, tetapi berakibat memburuknya respon transien. Kendali derivatif akan memberikan efek meningkatnya stabilitas sistem serta mengurangi *overshoot*. Efek dari setiap kendali ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) dalam sistem *close loop* memiliki kelebihan dan kekurangan dapat diperlihatkan pada tabel 1

Tabel 1 Karakteristik Kendali PID

|                  | Waktu Naik        | Overshot  | Waktu Penetapan   | Kesetabilan |
|------------------|-------------------|-----------|-------------------|-------------|
| Pembesaran $K_p$ | Berkurang         | Bertambah | Sedikit bertambah | Menurun     |
| Pembesaran $K_i$ | Sedikit berkurang | Bertambah | Bertambah         | Menurun     |
| Pembesaran $K_d$ | Sedikit berkurang | Berkurang | Berkurang         | Meningkat   |



Gambar 3. Kurva Respon Proses

Parameter unjuk kerja pada gambar 3 seperti waktu naik, waktu puncak, persen lonjakan dan waktu penatap dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Waktu naik ( $T_r$ ): waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 10% – 90%
- Waktu puncak ( $T_p$ ): waktu yang diperlukan respon untuk mencapai lonjakan maksimum ( $M_p$ ).
- Persen lonjakan : lonjakan maksimum ( $M_p$ ) yang dialami oleh respon.
- Waktu penatap ( $T_s$ ): waktu yang diperlukan respon untuk mencapai dan menetap disekitar 95%-98% dari set point.

D. Konsep Dasar Labview

National Instruments LabVIEW adalah bahasa pemrograman computer yang berbasis grafik. Pemrograman Lab VIEW tidak menggunakan basis text seperti pada Visual Basic atau Delphi misalnya. Dengan memakai pemrograman grafik ini maka membangun suatu aplikasi akuisisi data dan instrumentasi/control menjadi lebih mudah dan cepat. LabVIEW digunakan untuk membangun berbagai aplikasi akuisisi data dan system instrumentasi dan control. LabVIEW dapat dihubungkan dengan hardware (perangkat keras) buatan National Instruments seperti data akuisisi, image akuisisi, motion control dan input/output untuk aplikasi pengendalian industry dan lain lain. LabVIEW dapat digunakan untuk menghubungkan dengan aplikasi lain melalui ActiveX, Web, DLL dan Shared Library dan berbagai jenis protocol lainnya. LabVIEW dapat digunakan secara intensif untuk berbagai aplikasi industri seperti telekomunikasi, manufaktur, automotive, semikonduktor, biomedical,aerospace, electronics. Aplikasi pada bidang bidang ini mencakup semua tahap seperti research and development, engineering and validation, manufacturing, test dan service.

LabVIEW dengan mudah dapat dihubungkan dengan peralatan kontrol industri seperti Programmable Logic Control (PLC), dan Distributed Control System (DCS). []

Labview merupakan salah satu dari sekian banyak sarana pemrograman komputer. Seperti halnya sarana pemrograman lainnya Labview dikembangkan untuk perancangan dan rekayasa data sehingga dapat menampilkan dan memproses segala macam fungsi untuk melakukan manipulasi terhadap fungsi yang diinginkan. Labview memiliki 2 ruang kerja, pada

masing-masing ruang kerja memiliki antarmuka grafik tersendiri. Setiap simbol grafik ini mewakili banyak kata/perintah yang digunakan dalam bahasa teks, dengan demikian waktu yang diperlukan dalam perancangan program yang dilakukan oleh seorang pemrogram akan menjadi lebih efisien. Salah satu keunggulan dari Labview adalah aliran pemrograman yang dapat diamati proses kerjanya, sehingga jika terjadi kesalahan dalam pengolahan data dapat diketahui dengan mengamati proses tersebut.

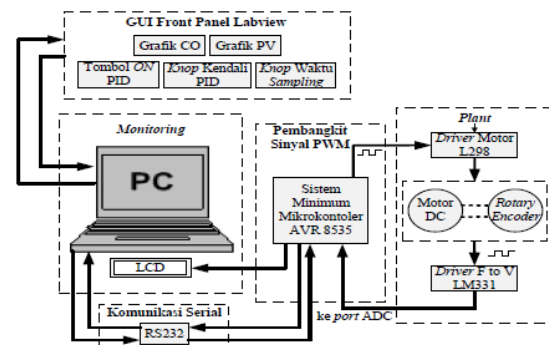
Program ini dirancang khusus untuk membuat gambaran/simulasi kerja suatu instrumen industri, komunikasi data, akuisisi data, sistem kendali, perancangan dan perhitungan matematika.

Labview menyediakan *tool* untuk mengolah objek dan melakukan konfigurasi terhadap nilai dan konstanta suatu objek serta digunakan untuk menghubungkan atau menyusun bahasa grafik yang digunakan. Pemrograman Labview telah dikelompokkan dalam masing-masing ruang. Pada *front panel* disediakan *control pallete* yang digunakan sebagai penampil data I/O. Pada bagian *block diagram* disediakan *function pallete* yang digunakan sebagai pengolah I/O data. *Icon* dan *connector panel* digunakan untuk mengidentifikasi VI (*Virtual Instrument*) sehingga bisa digunakan untuk VI yang lain.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Sistem HMI

Sistem HMI yang akan dirancang dalam penelitian ini akan digunakan sebagai pengendali motor DC dengan metode PID dengan menggunakan software Labview. Sistem yang akan dibangun terdiri dari perangkat keras berupa plant motor DC dan interface berupa sistem mikrokontroler. Sedangkan untuk keperluan pengendalian dan monitoringnya dibangun perangkat lunak dengan menggunakan labview. Secara keseluruhan sistem yang akan dirancang pada penelitian ini seperti ditunjukkan pada gambar 4



Gambar 4. Blok Diagram HMI Sistem Kendali Kecepatan Motor DC

Adapun penjelasan blok diagram sistem kendali kecepatan motor DC adalah sebagai berikut:

1. Sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega8535 merupakan sebagai pembangkit sinyal PWM (*Pulse With Modulation*), menerima data dari



driver *F to V*, mengirim data ke LCD, mengirim data dan menerima data ke PC (*Personal Computer*) melalui RS232.

2. LCD (*Liquid Crystal Display*) digunakan untuk menampilkan data *setting point* dan keluaran kecepatan motor DC.

3. PC (*Personal Computer*) untuk menampilkan hasil keluaran *rotary encoder* dalam bentuk grafik dan pengendalian kecepatan motor DC melalui *setting point* pada *control panel* Labview .

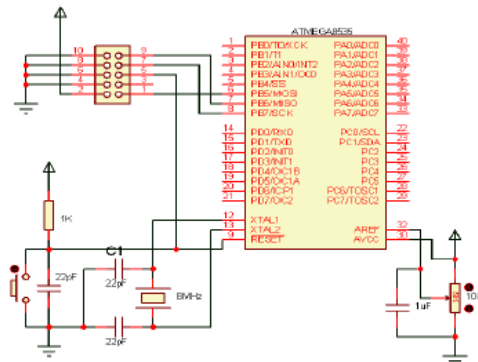
4. Catu daya (*power supply*) digunakan untuk memberikan catu daya bagi rangkaian sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega8535, *driver* motor, *driver F to V* dan motor DC.

B. Sistem Minimum Mikrokontroler AVR 8535

Pada penelitian ini, menggunakan sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega8535 sebagai pembangkit sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*), yang mana sinyal PWM ini digunakan untuk pengendalian kecepatan pada motor DC.

Sistem minimum adalah beberapa rangkaian dasar yang digunakan untuk mengaktifkan sebuah mikrokontroler AVR ATmega8535. Mikrokontroler AVR ATmega8535 memiliki isolator *on-chip*, yang dapat digunakan sebagai sumber detak (*clock*) ke CPU. Sumber detak (*clock*) diperoleh dengan sebuah *crystal* 27 sebesar 8 MHz dan dua buah kapasitor sebesar 22pF sebagai penstabil yang dihubungkan dengan *pin* XTAL1 dan XTAL2 pada mikrokontroler AVR ATmega8535. Sedangkan rangkaian *reset* berfungsi untuk me-*reset* program pada mikrokontroler AVR ATmega8535. *Reset* tersebut diperoleh dengan prinsip menghubungkan *pin reset* mikrokontroler (*pin* 9) dengan logika 1 (*high*) atau 5V. *Pin reset* membutuhkan logika 1 (*high*) agar mikrokontroler AVR ATmega8535 melakukan proses *reset* (pengeksekusian ulang program dari awal program dengan alamat 0x000H). Proses akan berlangsung secara otomatis berdasarkan prinsip pengisian dan pengosongan muatan pada kapasitor. Selama pengisian muatan pada *pin reset* berada dalam kondisi *low*, setelah muatan penuh, kapasitor akan mulai melepaskan muatan dan akan menyalut *pin reset* sehingga terjadi proses *reset*. Dalam sistem minimum ini rangkaian *reset* di tambah dengan *pushbutton switch* agar pemakai dapat melakukan *reset* secara manual. Rangkaian sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega8535 dapat ditunjukkan pada gambar 5.

Adapun penggunaan *port* pada sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega8535 ditunjukkan pada tabel 2. Pada mikrokontroler AVR ATmega8535 memiliki 4 (empat) buah *port* terdiri dari *port* A digunakan pembacaan nilai ADC, *port* B digunakan untuk mengunduh program dan pembangkit sinyal PWM, *Port* C digunakan untuk LCD, *Port* D<sub>2</sub> - D<sub>7</sub> tidak dioperasikan.



Gambar 5. Sistem Minimum Mikrokontroler AVR ATmega8535

Tabel 2. Port Pada Sistem Minimum Mikrokontroler AVR ATmega8535

| Nama Pin      | Fungsi Lain | Jenis Pin | Penggunaan aplikasi                  |
|---------------|-------------|-----------|--------------------------------------|
| <b>PORT A</b> |             |           |                                      |
| PA0           | ADC0        | I         | Pin dari driver F to V               |
| PA1           | ADC1        |           | Tidak dioperasikan                   |
| PA2           | ADC2        |           | Tidak dioperasikan                   |
| PA3           | ADC3        |           | Tidak dioperasikan                   |
| PA4           | ADC4        |           | Tidak dioperasikan                   |
| PA5           | ADC5        |           | Tidak dioperasikan                   |
| PA6           | ADC6        |           | Tidak dioperasikan                   |
| PA7           | ADC7        |           | Tidak dioperasikan                   |
| <b>PORT B</b> |             |           |                                      |
| PB0           | XCK/T0      |           | Tidak dioperasikan                   |
| PB1           | T1          |           | Tidak dioperasikan                   |
| PB2           | INT2/AEN0   |           | Tidak dioperasikan                   |
| PB3           | OC0/AEN1    |           | PWM ( <i>Pulse With Modulation</i> ) |
| PB4           | SS          |           | Tidak dioperasikan                   |
| PB5           | MOSI        | I         | Masukan SPI Bus Master Output/Slave  |
| PB6           | MISO        | O         | Keluaran SPI Bus Master Input/Slave  |
| PB7           | SCK         | I/O       | SPI Bus Serial Clock                 |
| <b>PORT C</b> |             |           |                                      |
| PC0           | SCL         |           | Tidak dioperasikan                   |
| PC1           | SDA         |           | Tidak dioperasikan                   |
| PC2           |             |           | Pin Db7 LCD                          |
| PC3           |             |           | Pin Db6 LCD                          |
| PC4           |             |           | Pin Db5 LCD                          |
| PC5           |             |           | Pin Db4 LCD                          |
| PC6           | TOSC1       |           | Pin E LCD                            |
| PC7           | TOSC2       |           | Pin RS LCD                           |
| <b>PORT D</b> |             |           |                                      |
| PD0           | RXD         | I         | Masukan US.ART                       |
| PD1           | TXD         | O         | Keluaran US.ART                      |
| PD2           | INT0        |           | Tidak dioperasikan                   |
| PD3           | INT1        |           | Tidak dioperasikan                   |
| PD4           | OC1B        |           | Tidak dioperasikan                   |
| PD5           | OC1A        |           | Tidak dioperasikan                   |
| PD6           | ICP         |           | Tidak dioperasikan                   |
| PD7           | OC2         |           | Tidak dioperasikan                   |

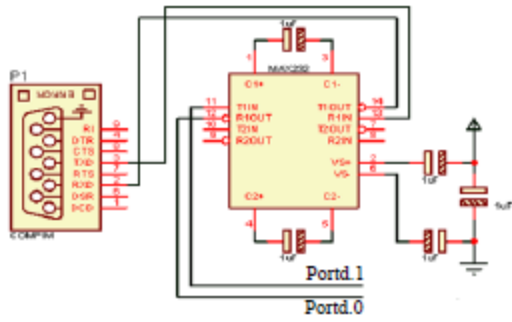
Keterangan :

1. Huruf yang di cetak tebal menandakan *port/pin* yang digunakan pada mikrokontroler AVR ATmega8535
2. I = *Input* (masukan)
3. O = *Output* (keluaran)

C. Rangkaian Antarmuka Dengan PC

Pada komputer terdapat *port* serial yang digunakan untuk komunikasi pada perangkat luar. Penggunaan *port* serial pada komputer dimaksudkan untuk dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler AVR ATmega8535. Dalam hal ini, perlu adanya komponen tambahan berupa IC (*Integrated Circuit*) MAX232, yang merupakan komponen pengubah standar RS-232 ke standar TTL atau sebaliknya.

Adapun gambar 6 merupakan rangkaian antar muka dengan PC.



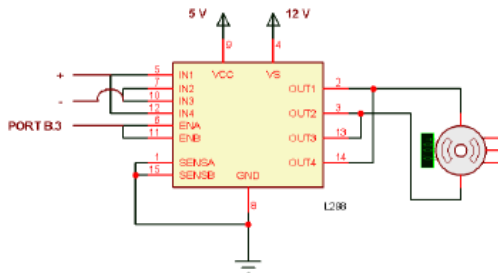
Gambar 6. Rangkaian Antarmuka Dengan PC

Pada gambar 6. rangkaian antarmuka dengan PC dihubungkan ke port D<sub>0</sub> dan D<sub>1</sub> Mikrokontroler AVR ATmega8535. Pada pin 11 IC MAX232 dihubungkan ke pin TDX (pin Portd.1) pada mikrokontroler, kemudian pin 12 IC MAX232 dihubungkan ke pin RXD (pin Portd.0) pada mikrokontroler. Sedangkan pin 13 IC MAX232 dihubungkan ke pin 3 (RX) dari port serial komputer dan pin 14 IC MAX232 dihubungkan ke pin 2 dari port serial komputer.

D. Rangkaian Driver Motor L298

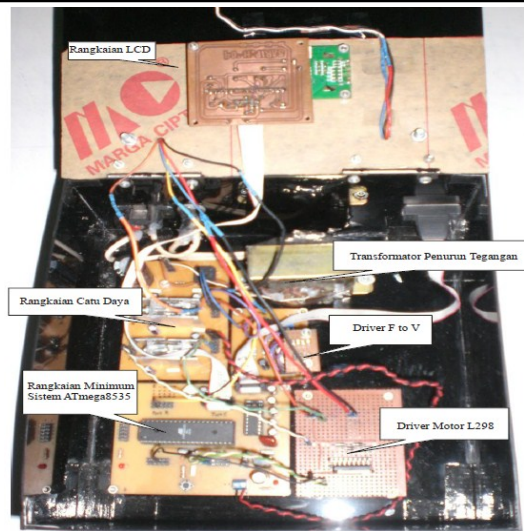
Sesuai dengan namanya, motor dc menggunakan tegangan DC (*Direct Current*). Putaran motor DC akan berbalik arah jika polaritas tegangan yang diberikan juga dirubah. Motor DC terdapat tegangan kerja yang bervariasi, ada yang memiliki tegangan 3V, 6V, 12V dan 24 V.

Pada perancangan driver motor digunakan IC L298 memiliki kemampuan menggerakkan motor DC sampai arus 2A namun dalam penggunaannya L298 dapat digunakan secara *parallel* sehingga kemampuannya menghantarkan arus menjadi 4 A. Rangkaian driver motor L298 ditunjukkan pada gambar 7.

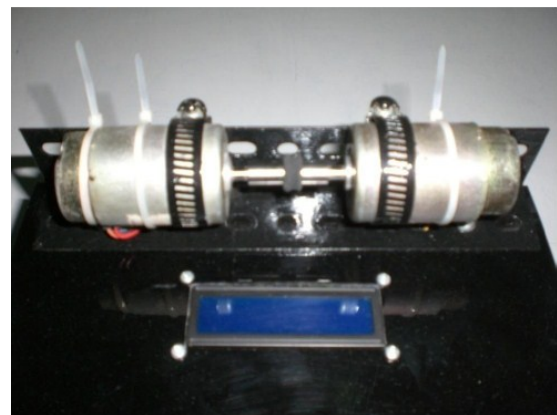


Gambar 7. Rangkaian Driver Motor L298

Pada pin (*Enable*) dihubungkan ke port B.3 pada mikrokontroler AVR ATmega8535 dengan maksud driver motor L298 menerima sinyal PWM dari mikrokontroler untuk mengendalikan kecepatan motor DC tersebut. Gambar 8 dan 9 memperlihatkan hasil rancangan perangkat keras dari peralatan modul HMI



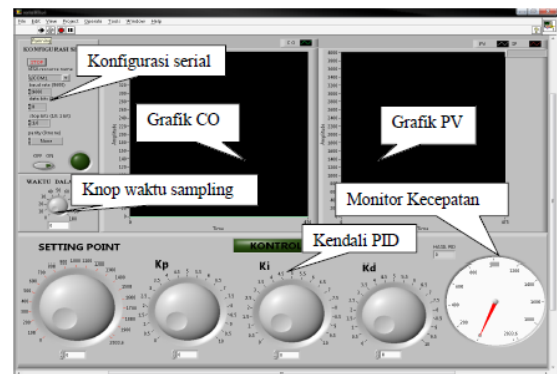
Gambar 8. Modul Rangkaian Pada Perancangan Alat



Gambar 9. Modul Motor yang akan dikendalikan

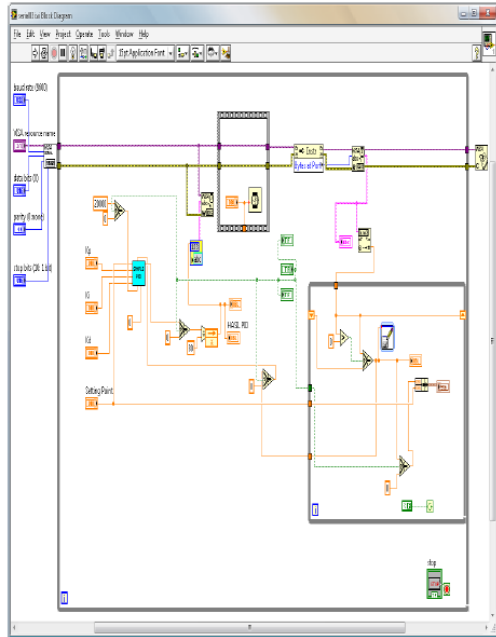
E. Perancangan HMI Sistem Monitoring Pengendalian Motor DC

Labview merupakan bahasa pemrograman dalam bentuk grafis yang banyak diadopsi dan digunakan untuk industri, akademis dan lab-lab pemerintah sebagai standar untuk program akuisisi data dan instrumentasi. Perangkat lunak ini menawarkan dalam penggunaan dan lebih atraktif serta memiliki fitur-fitur yang mudah di pahami. Pada perancangan ini, tampilan depan di desain pada *front panel* labview yang dapat ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Interface Pada Front Panel Labview

Pemrograman grafis pada Labview ditampilkan digram blok yang ditunjukkan pada gambar 11. Terdapat sub program PID, program untuk menampilkan grafik, program untuk *setting* komunikasi serial dan program untuk pewaktuan sinyal.

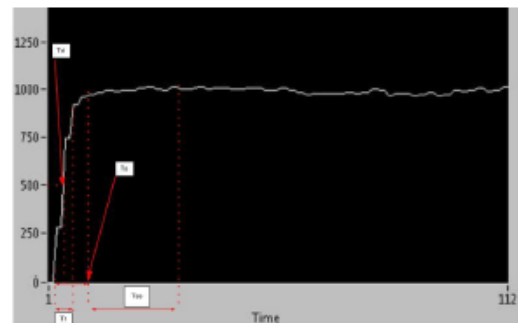


Gambar 11. Diagram Blok Pemrograman PID Pada Labview

ada pada lampiran. Maka pada periode *input* 70 ms merupakan waktu sampling yang terbaik

B. Pengujian Sistem Kendali *Open Loop*

Pengujian sistem kendali *open loop ini* bertujuan mendapatkan karakteristik dari sistem yang telah dirancang sedemikian rupa. Langkah awal yang dilakukan adalah menghubungkan kabel serial dari komputer ke *plant*. Kemudian *plant* diberikan catu daya sehingga *plant* sudah siap untuk digunakan. Pada program Labview yang telah dirancang diberikan sebuah *control output* ke sistem (*plant*) sebesar 50 dengan pemberian waktu *sampling* 70 ms. Hasil respon sistem kendali *open loop* berupa grafik dapat ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Respon Sistem Kendali *Open Loop*

BAB IV. HASIL DAN PENGUJIAN

A. Pengujian waktu *sampling*

Pengujian waktu *sampling* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berapa besar pengaruh waktu *sampling* terhadap sistem kendali PID. Pengujian ini dilakukan dengan cara memutar tombol *knop* waktu searah jarum jam dengan nilai 2000 ms, 1000 ms, 500 ms, 250 ms, 100ms, 70 ms, 60 ms dengan nilai parameter  $K_p=1$   $K_i=4$   $K_d=0.3$ . Adapun tombol *knop* waktu sebelum di putar searah jarum jam. Hasil pengujian ini terdapat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian waktu *sampling*

| Periode <i>Input</i> (ms) | Frekuensi <i>Input</i> (Hz) | Keterangan                 |
|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 2000                      | 0,5                         | Berosilasi                 |
| 1000                      | 1                           | Overshoot                  |
| 500                       | 2                           | Sistem lambat              |
| 250                       | 4                           | Sistem lambat              |
| 100                       | 10                          | Sistem bekerja             |
| 70                        | 14,285                      | Sistem bekerja dengan baik |
| 60                        | 16,667                      | Berosilasi                 |

Hasil pengamatan tabel 3 dengan melakukan pendekatan kriteria *Nyquist* yaitu frekuensi *sampling* minimum adalah dua kali sinyal analog yang dikonversi. dengan nilai frekuensi *sampling* minimum yang dihasilkan 30,52 Hz. Perhitungan frekuensi *sampling* minimum dan hasil gambar pengujian waktu *sampling*

Waktu respon pada gambar 11 adalah siklus pada grafik dikalikan dengan waktu *sampling*. Dari respon yang terlihat pada gambar 11 diperoleh karakteristik dan spesifikasi waktu tunda (*delay time*) sebesar 315 ms, waktu naik (*rise time*) sebesar 385 ms, waktu penetapan  $\pm 5\%$  (*settling time*), kesalahan keadaan tunak (*steady state error*) sebesar 5%.

Hasil respon sistem kendali *open loop* pada gambar 11, *control output* tidak dipengaruhi oleh sistem (umpan balik *plant*), sinyal keluaran (respon) yang dihasilkan tidak mempengaruhi sinyal masukan pada sistem sehingga nilai yang telah ditetapkan belum dapat dijadikan sebagai acuan seberapa optimalnya sistem yang telah dirancang.

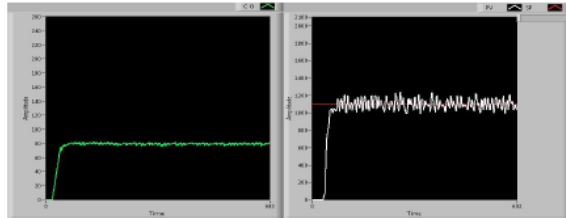
C. Pengujian Sistem Kendali PID

Pengujian sistem kendali PID dilakukan dengan tujuan mendapatkan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  yang sesuai dengan sistem. Langkah awal yang dilakukan adalah menghubungkan kabel serial dari komputer ke *plant*, kemudian *plant* diberikan catu daya sehingga *plant* sudah siap untuk digunakan.

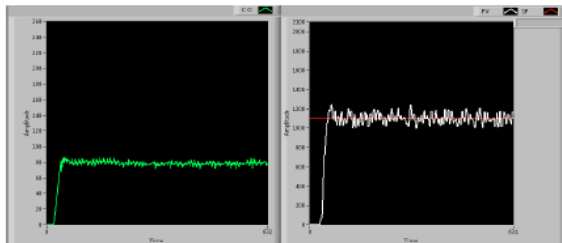
Proses selanjutnya memberikan waktu *sampling* sebesar 70 ms. Langkah berikutnya, pemberian nilai  $K_p = 1$ ,  $K_i = 3$   $K_d$  sebesar 0,1 sampai dengan 0,4. Nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  dikombinasikan dengan tujuan mendapatkan parameter yang sesuai dengan sistem. Setelah pemberian nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang dikombinasikan selanjutnya, menekan tombol *ON* untuk mengaktifkan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang diberikan ke sistem. Setelah diperoleh hasil maka, tombol *OFF* harus ditekan dengan

tujuan menonaktifkan nilai  $K_p$  dan  $K_i$  yang diberikan ke sistem.

Gambar 12 merupakan grafik respon kendali PID dengan parameter  $K_p = 1$   $K_i = 3$   $K_d = 0,3$  diperoleh karakteristik dan spesifikasi waktu tunda (*delay time*) sebesar 0,98 detik, waktu naik (*rise time*) sebesar 2,17 detik, waktu penetapan (*settling time*) sebesar 4,41 detik, kesalahan keadaan tunak (*steady state error*) sebesar 2,54%.



Gambar 12. Respon Kendali PID dengan Nilai  $K_p = 1$   $K_i = 3$   $K_d = 0,3$ .



Gambar 13. Respon Kendali PID dengan Nilai  $K_p = 1$   $K_i = 4$   $K_d = 0,3$ .

Pada gambar 13 merupakan grafik respon kendali PID dengan parameter  $K_p = 1$   $K_i = 4$   $K_d = 0,3$  diperoleh karakteristik dan spesifikasi waktu tunda (*delay time*) sebesar 0,77 detik, waktu naik (*rise time*) sebesar 0,95 detik, waktu penetapan (*settling time*) sebesar 1,99 detik, kesalahan keadaan tunak (*steady state error*) sebesar 2,14%.

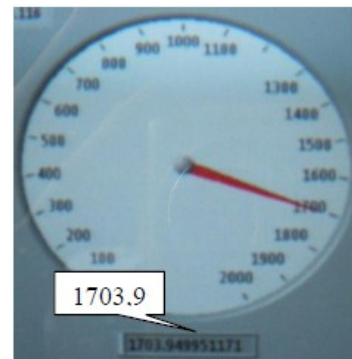
Hasil pengamatan respon kendali PID pada dengan konstanta  $K_p = 1$   $K_i = 3$  dengan nilai konstanta derivatif sebesar 0,1 sampai dengan 0,4 didapatkan karakteristik PID yang sesuai adalah pada konstanta  $K_p = 1$   $K_i = 3$   $K_d = 0,3$ .

Sedangkan pada pengamatan respon kendali PID dengan nilai konstanta  $K_p = 1$   $K_i = 4$  dan  $K_d$  sebesar 0.1 sampai dengan 0.4 didapatkan hasil yang sesuai adalah pada  $K_p = 1$   $K_i = 4$  dan  $K_d = 0,4$ , dengan membandingkan hasil respon terbaik maka sistem yang sesuai adalah dengan  $K_p = 1$   $K_i = 4$  dan  $K_d = 0,3$ .

#### D. Pengujian Kecepatan Motor DC Pada HMI dan *Plant*

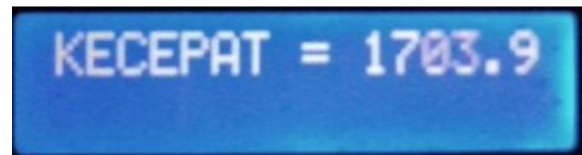
Pengujian kecepatan motor DC pada HMI dan *plant* bertujuan untuk mengetahui kondisi pemantauan pada layar komputer sama dengan kejadian pada *plant* sebenarnya. Langkah awal pengujian dilakukan dengan memberikan kecepatan secara bertahap kemudian diamati keadaan di *plant* dan layar komputer. Sebagai contoh dilakukan pengujian kecepatan motor 1700 rpm dengan cara memberikan sebuah nilai 1700 rpm pada

*setting point*. Pengamatan dapat dilakukan dengan melihat *speedometer* yang ditampilkan pada layar komputer, kemudian dilakukan pengamatan *plant* dengan melihat pada layar LDC. Gambar 14 menunjukkan hasil pengujian kecepatan motor DC pada HMI sebesar 1700 rpm.



Gambar 14. Kecepatan Motor 1700 rpm Pada HMI

Sedangkan gambar 15 menunjukkan hasil pengujian kecepatan motor DC pada *plant* sebesar 1700 rpm yang ditampilkan oleh LCD.



Gambar 15. Kecepatan Motor 1700 rpm Pada LCD

## BAB V. KESIMPULAN

Hasil perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilakukan pengujian, pengukuran dan analisa sistem yang telah dibuat didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada uji waktu sampling periode *input* 70 ms merupakan waktu *sampling* yang sesuai dengan *plant*.
2. Karakteristik kendali kecepatan motor DC pada HMI, Kendali PID pada parameter  $K_p = 1$   $K_i = 4$   $K_d = 0,3$  mampu untuk mengendalikan kecepatan motor dengan *time delay* sebesar 0,77 detik *rise time* sebesar 0,95 detik *settling time* sebesar 1,99 detik.
3. Pada pengujian beban bahwa semakin besar beban yang diberikan ke system maka kecepatan motor pun semakin berkurang, maka kontrol PID pun semakin lama untuk mencapai kesetabilan yang diinginkan.
4. Hasil pengujian kecepatan motor DC dengan HMI menunjukkan bahwa kecepatan motor yang ditampilkan pada HMI sudah sesuai dengan kondisi kecepatan pada *plant*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darma Adiantoro, Perancangan Sistem Monitoring Chiller berbasis PC, Hasil hasil penelitian EBN tahun 2008.
- [2] Eka Budiono, “Programmable Automation Controller (PAC) dengan LabVIEW 7.1 terkoneksi Mikrokontroler dan PLC” , Penerbit Gava Media, Yogyakarta, 2009.

- 
- [3] Ibrahim, dogan. “*Microcontroller Based Applied Digital Control*” ,Department of Computer Engineering Near East University, Cyprus, 2006.
  - [4] Ogata, Katsuhiko., “*Modern Control Engineering*” Penerbit : Prentice – Hall, 1985.
  - [5] Prof. Jogiyanto. “*Pengenalan Komputer*”., Penerbit Andi , Yogyakarta , 2005.
  - [6] Retna Prasetya, Catur Edi Wibowo, “*Interfacing Port Paralel dan Port Serial Komputer dengan Visual Basic 6.0.* “ ,Penerbit Andi, Jogjakarta, 2004.
  - [7] Setiawan, Iwan “*Kontrol PID Untuk Proses Industri*” , PT Elex Media Komputindo 2008.
  - [8] Sugiarto, Indar , Desain dan Implementasi Modul DAQ Labview, Jurusan Teknik Elektro, 2008 Universitas Kristen Petra Surabaya, Jurnal
  - [9] Zuhail. “*Dasar Tenaga Listrik*”, Penerbit ITB Bandung, 1980.
  - [10] ST Microelectronic. “Dual Full Bridge Driver L298”. Datasheet Archive. Italy, 2008.

# Perbandingan Kinerja Deteksi Multiuser Linier Dan Deteksi Multiuser Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Sistem DS-CDMA

Popy Maria<sup>1</sup>, Hadria Octavia<sup>2</sup>, Teguh Firmansyah<sup>3</sup>  
<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang  
<sup>3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

**Abstraksi** — Beberapa hal yang dapat menurunkan kapasitas dan kualitas sinyal informasi yang diterima pada sistem DS-CDMA (Direct Sequence Code Division Multiple Access) adalah interferensi, noise dan efek near-far. Pada umumnya efek near-far diatasi dengan menggunakan power control. Namun demikian power control tidak dapat mengatasi interferensi yang disebabkan oleh user lain pada kanal yang sama atau yang lebih dikenal dengan MAI (Multiple Access Interference). Pendekatan lain yang digunakan untuk mengatasi hal ini adalah dengan deteksi multiuser (MUD). Pada tugas akhir ini akan dibandingkan kinerja dari MUD linier yang terdiri dari decorrelating dan MMSE dengan MUD yang menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) dan mengacu pada deteksi konvensional. Jaringan syaraf tiruan ini menggunakan algoritma propagasi balik. Deteksi multiuser ini diaplikasikan pada output deteksi konvensional. Kinerja dari masing-masing detektor dilihat dari BER sebagai fungsi nilai SNR atau jumlah user pada kanal AWGN dan Rayleigh fading. Hasil simulasi pada kanal AWGN, menunjukkan bahwa MUD dengan JST mempunyai kinerja yang lebih baik. Untuk target BER  $10^{-3}$  pada kanal AWGN, MUD decorrelating mencapainya pada SNR 6.3 dB, MUD MMSE pada SNR 5.97 dB, dan MUD dengan JST pada SNR 5.89 dB sedangkan pada kanal Rayleigh, MUD decorrelating mencapainya pada SNR 11.74 dB, MUD MMSE pada SNR 10.91 dB, dan MUD dengan JST pada SNR 10.31 dB.

**Kata Kunci** : DS-CDMA, deteksi konvensional, MMSE, decorrelating, jaringan syaraf tiruan propagasi balik

**Abstract** — Several thing which can degrade capacities and quality of signal information in DS-CDMA (Direct Sequence Code Division Multiple Access) system is interference, noise and near-far-effect. Generally, power control is suggested to mitigate the near-far effect but can't mitigate MAI (Multiple Access Interference) and noise. One of way to overcome MAI and noise is MUD (Multiuser Detection). This final project will be compared the performance linier MUD which consist of decorrelating and MMSE and MUD with neural network back propagation and related to conventional detection. For implementation MUD is done to output of conventional detector. The metric for evaluating performance is the probability of bit error achieved at certain signal to noise ratio and number of users in AWGN and Rayleigh channel. The simulation result in AWGN channel to show the MUD with neural network performance is better. For BER target  $10^{-3}$  in AWGN channel MUD decorrelating get in SNR 6.3 dB, MUD MMSE in SNR 5.97 dB and MUD with neural network in SNR 5.89 dB and in Rayleigh channel, MUD decorrelating get in SNR 11.74 dB, MUD MMSE in SNR 10.91 dB and MUD with neural network in SNR 10 dB.

**Keyword** : DS-CDMA, conventional detection, MMSE, decorrelating, neural network back propagation

## 1. Pendahuluan

Sistem komunikasi selular dengan DS-CDMA (Direct Sequence Code Division Multiple Access), memiliki kapasitas maksimum yang terbatas karena adanya noise, interferensi dan efek near-far. Pada umumnya efek near-far diatasi dengan menggunakan power control sehingga semua MS akan mempunyai level daya yang sama ketika sinyal sampai di BTS. Namun demikian power control tidak dapat mengatasi interferensi yang disebabkan oleh user lain pada kanal yang sama atau yang lebih dikenal dengan MAI (Multiple Access Interference). MAI memiliki dampak

yang besar terhadap kualitas penerimaan apalagi kalau jumlah pengguna yang aktif semakin banyak, sehingga MAI akan melimpah dan mungkin saja menyebabkan komunikasi pengguna yang lemah akan terputus.

Detektor konvensional DS-CDMA merupakan deteksi single user atau sering juga disebut sebagai penerima matched filter yang menganggap interferensi dari sinyal pengguna yang lain pada kanal yang sama hanya sebagai Gaussian noise saja. Dalam kaitan dengan MAI dari pengguna lain, detektor konvensional ini tidak optimal. Pendekatan lain yang diperkenalkan untuk mengatasi hal ini adalah dengan deteksi multiuser (MUD). MUD mendeteksi data dengan

mempertimbangkan adanya interferensi yang berasal dari pengguna lain pada kanal.

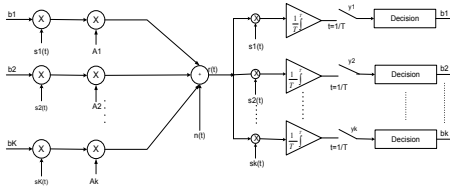
Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu metode dari sistem cerdas. Sistem cerdas ini merupakan sistem yang memiliki keahlian seperti manusia pada domain tertentu, mampu beradaptasi dan belajar agar dapat bekerja lebih baik jika terjadi perubahan lingkungan. Jaringan syaraf tiruan akan diaplikasikan pada *soft output* dari detektor konvensional.

Dalam tugas akhir ini akan dibandingkan kinerja dari deteksi multiuser linier yang terdiri dari decorrelating dan MMSE dengan deteksi multiuser yang menggunakan jaringan syaraf tiruan. Model sistem disimulasikan dengan Matlab 7.0. Dalam pengerjaannya sinyal yang dideteksi adalah sinyal baseband pada reverse channel dari sebuah sel pada sistem selular yang menerapkan sistem DS-CDMA sinkron. Penerima mengetahui urutan penyebaran kode spreading dari setiap *user*. Kinerja dilihat dari nilai probabilitas kesalahan bit sebagai fungsi nilai SNR atau jumlah user untuk kanal AWGN dan kanal *Rayleigh Fading*.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Sistem Penerima Konvensional

Pada sistem penerima konvensional (deteksi *single user*) salah satu user diidentifikasi sebagai user yang diinginkan, sedangkan yang lain dianggap sebagai interferensi. Sistem penerima seperti ini sering juga disebut sebagai penerima *matched filter*, yang *match* dengan sinyal *spreading* user yang diinginkan.



Gambar 1 Diagram Detektor Konvensional DS-CDMA

Sinyal terima baseband di penerima dapat dituliskan sebagai berikut:

$$r(t) = \sum_{k=1}^K A_k \sum_{i=1}^M b_k(i) s_k(t - iT - \tau_k) + n(t) \quad (1)$$

dimana :

- $A_k$  = Amplitudo sinyal dari pengguna ke- $k$  yang berhubungan dengan gain kanal  $c_k$  (diasumsikan real untuk penyederhanaan) dan daya yang ditransmisikan  $P_k$  yaitu:  
 $A_k = c_k \cdot P_k$
- $b_k$  = bit yang ditransmisikan oleh pengguna ke- $k$  yang mana  $b_k \in \{-1, +1\}$
- $T$  = periode bit
- $s_k(t)$  = *signature waveform* untuk menentukan pengguna ke- $k$ , yang terdiri dari *pseudo random sequence* dan *pulse shaping filter*:

$$s_k(t) = \frac{1}{T} \sum_{n=0}^{N-1} s_{n(k)} \cdot p(t - nT_c) \quad (2)$$

dimana  $s_{n(k)} \in \{-1, +1\}$  adalah elemen ke- $n$  dari *pseudo random sequence* dan  $p(t)$  merupakan *pulse shaping filter*, yang didefinisikan :

$$p(t) = \begin{cases} 1 & \text{untuk } t \in [0, T] \\ 0 & \text{untuk yanglainnya} \end{cases} \quad (3)$$

sebagai catatan bahwa:

$$\frac{1}{T_c} \int_0^T |p(t)|^2 dt = 1$$

$T_c$  = periode chip yang sama dengan  $T/N$ . Dari definisi diatas, *signature waveform* adalah real dan

$$\|s_k\|^2 = \int_0^T |s_k(t)|^2 dt = N \quad (4)$$

- $n(t)$  = *noise white Gaussian* dengan satuan *power spektral density*,  $\sigma^2$  adalah daya *noise original*. *Noise* di skala dengan  $N$ , karena kuadrat normalisasi dari *signature waveform* adalah  $N$ .
- $K$  merupakan jumlah pengguna dan  $M$  merupakan jumlah bit yang ditransmisikan.

Dengan asumsi menggunakan DS-CDMA dengan lintasan tunggal BPSK sinkron, sehingga  $\tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0$  dan jumlah bit setiap pengguna sama sehingga cukup mempertimbangkan satu interval bit saja, maka sinyal yang diterima dapat dituliskan:

$$r(t) = \sum_{k=1}^K A_k b_k s_k(t) + n(t), t \in [0, T] \quad (5)$$

Kemudian sinyal yang diterima (sesuai dengan persamaan 5) *despreader* dengan kode pengirimnya, setelah itu dilakukan suatu integrasi dan decision. Sehingga keluaran dari *matched filter* untuk pengguna ke- $k$  dapat dituliskan:

$$y_k = A_k b_k + \sum_{i=1, i \neq k}^K A_i b_i \rho_{ki} + n_k \quad (6)$$

dimana:

$\rho_{ki}$  merupakan korelasi silang antara pengguna ke- $i$  dengan ke- $k$

$$\rho_{ki} = \int_0^T s_k(t) s_i(t) dt \quad (7)$$

$n(t)$ : *Noise White Gaussian* dengan rata-rata nol dan varian  $\sigma^2$ .

$$n_k = \int_0^T n(t) s_k(t) dt \quad (8)$$

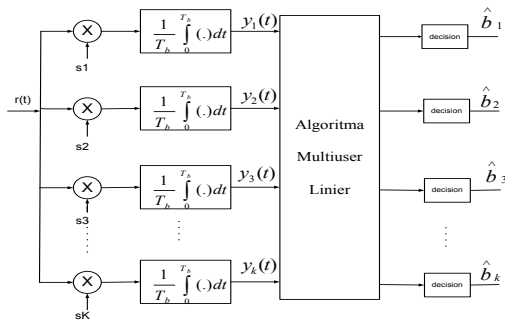
Dari persamaan (6) terlihat bahwa sinyal keluaran *matched filter* terdiri dari sinyal yang diinginkan, sinyal interferensi dan noise.

Penentuan data akhir pada deteksi *single user* dilakukan berdasarkan *soft decision*nya. Decision berfungsi untuk menentukan suatu nilai apakah bernilai 1 atau -1. Terlihat bahwa tiap cabang detektor hanya mendeteksi satu pengguna tanpa melihat pengguna lain. Tidak ada pembagian informasi atau pemrosesan sinyal bersama. Keberhasilan detektor ini hanya tergantung pada korelasi antar kode penebarannya saja.

**2.2. Sistem Penerima Multiuser DS CDMA**

Salah satu pendekatan untuk menanggapi masalah sinyal penginterferensi (MAI) adalah dengan deteksi multiuser. Prinsip utama deteksi multiuser adalah mendeteksi sinyal terima berdasarkan informasi dari semua sinyal user yang ditransmisikan secara serempak dan simultan.

Detektor multiuser linier digunakan bersamaan dengan penerima konvensional. Setelah sinyal terima didespreading dan diintegrasikan dengan *matched filter*, sinyal dideteksi dengan detektor multiuser. Hal ini dapat dilihat dari gambar (2).



**Gambar 2 Blok Penerima Multiuser DS CDMA**

Detektor multiuser melakukan beberapa transformasi pada vektor output dari *matched filter* untuk mendapatkan sinyal yang diinginkan. Vektor keluaran dari bank of *K matched filter* dapat ditulis sebagai berikut :

$$y = RAb + n \tag{9}$$

dimana :

$$y = [y_1, y_2, \dots, y_k]^T$$

$$R = \{\rho_{ki}\}, \text{ : Matrik korelasi silang}$$

$$A = \text{diag}[A_1, A_2, \dots, A_k]^T,$$

$$b = [b_1, b_2, \dots, b_k]^T$$

Pada detektor linier penerima harus mengetahui kode *spreading* dari pengguna yang diinginkan dan pengguna penginterferensi. Multiuser linier diaplikasikan pada output dari *matched filter*.

$$\hat{b}_k = \text{sgn}((Ly)_k) \tag{10}$$

dimana *L* merupakan algoritma multiuser linier

**A. Decorrelating**

Pada detektor linier *decorrelating* algoritma multiuser linier yang digunakan merupakan invers matrik korelasi silang antar kode *spreading* setiap pengguna.

$$\hat{b}_k = \text{sgn}((R^{-1}y)_k) \tag{11}$$

sehingga

$$\hat{b}_k = \text{sgn}((Ab + R^{-1}n)_k) \tag{12}$$

Dari persamaan (12) dapat dilihat bahwa algoritma *decorrelating* dapat menghilangkan MAI namun tidak dapat menghilangkan noise.

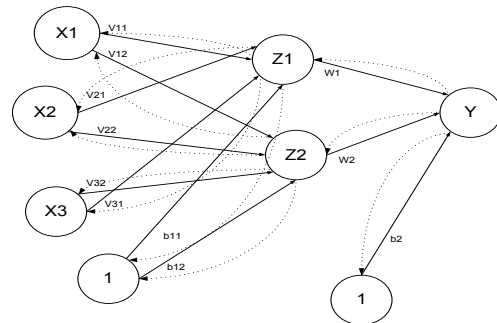
**B. MMSE**

Detektor MMSE merupakan linier *mapping* dengan meminimalkan rata-rata kesalahan kuadrat dari sinyal yang berbeda. Persamaan linier MMSE dapat dituliskan:

$$L_{MMSE} = \left( R + \frac{1}{SNR} \right)^{-1} \tag{13}$$

**2.3. JST Propagasi Balik**

Propagasi Balik (PB) merupakan salah satu metode pembelajaran terawasi pada jaringan syaraf tiruan(JST). JST-PB menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah yang mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu.



**Gambar 3 Blok Diagram JST Propagasi Balik**

Algoritma Propagasi Balik

1. Untuk sejumlah *x* data dan tiap-tiap pasangan elemen yang akan dilakukan pembelajaran sebagai berikut:

*Feedforward* :

- a. Tiap-tiap unit input ( $X_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) menerima sinyal  $x_i$  dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada di sebelumnya (lapisan tersembunyi).

- b. Tiap-tiap unit tersembunyi ( $Z_j, j = 1, 2, 3, \dots, p$ ) menjumlahkan sinyal-sinyal input terbobot

$$z\_in_j = b1_j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \tag{14}$$

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya:

$$z_j = f(z\_in_j) \tag{15}$$

dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan berikutnya (unit-unit output).

- c. Tiap-tiap unit output ( $Y_k, k = 1, 2, 3, \dots, m$ ) menjumlahkan sinyal-sinyal input terbobot.



$$y\_in_k = b2_k + \sum_{i=1}^p z_i w_{jk} \quad (16)$$

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya:

$$y_k = f(y\_in_k) \quad (17)$$

dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan berikutnya (unit-unit output). Galat (E) merupakan selisih antara nilai keluaran yang diinginkan (T) dengan nilai keluaran yang sesungguhnya.

$$E_k = T - y_k \quad (18)$$

Untuk tiap-tiap unit outputnya (k = 1, 2, 3, ..., m), hitung *Sum Square Error (SSE)* dengan persamaan berikut:

$$SSE = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m (E_k)^2 \quad (19)$$

*Backpropagation* :

- d. Tiap-tiap unit output (Y<sub>k</sub>, k = 1, 2, 3, ..., m) menerima target pola yang berhubungan dengan pola input pembelajaran, hitung informasi errornya:

$$\delta 2_k = (t_k - y_k) f'(y\_in_k) \quad (20)$$

$$\varphi 2_{jk} = \delta_k z_j \quad (21)$$

$$\beta 2_k = \delta_k \quad (22)$$

kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai w<sub>jk</sub>):

$$\Delta w_{jk} = \alpha \varphi 2_{jk} \quad (23)$$

hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai b<sub>2<sub>k</sub></sub>):

$$\Delta b 2_k = \alpha \beta 2_k \quad (24)$$

langkah (d) ini juga dilakukan sebanyak jumlah lapisan tersembunyi, yaitu menghitung informasi error dari suatu lapisan tersembunyi ke lapisan tersembunyi sebelumnya.

- e. Tiap-tiap unit tersembunyi (Z<sub>j</sub>, j = 1, 2, 3, ..., p) menjumlahkan *delta* inputnya (dari unit-unit yang berada pada lapisan berikutnya):

$$\delta\_in_j = \sum_{k=1}^m \delta 2_k w_{jk} \quad (25)$$

kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktivasinya untuk menghitung informasi error:

$$\delta 1_j = \delta\_in_j f'(z\_in_j) \quad (26)$$

$$\varphi 1_{ij} = \delta 1_j x_j \quad (27)$$

$$\beta 1_j = \delta 1_j \quad (28)$$

kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai v<sub>ij</sub>):

$$\Delta v_{ij} = \alpha \varphi 1_{ij} \quad (29)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai b<sub>1<sub>j</sub></sub>):

$$\Delta b 1_j = \alpha \beta 1_j \quad (30)$$

- f. Tiap-tiap unit output (Y<sub>k</sub>, k = 1,2,...,m) memperbaiki bias dan bobotnya (j = 1,2,...,p)

$$w_{jk} (baru) = w_{jk} (lama) + \Delta w_{jk} \quad (31)$$

$$b 2_k (baru) = b 2_k (lama) + \Delta b 2_k \quad (32)$$

Tiap-tiap unit tersembunyi (Z<sub>j</sub>, j = 1,2,...,p) memperbaiki bias dan bobotnya (i = 0,1,2,...,n):

$$b 1 (baru) = b 1_j (lama) + \Delta b 1_j \quad (33)$$

2. Hitung MSE untuk tiap epoch

$$MSE = \frac{1}{data} (\sum SSE) \quad (34)$$

Proses pembelajaran akan berhenti jika target MSE telah tercapai.

### 3. Model dan Sistem

#### 3.1 Blok pengirim DS-CDMA

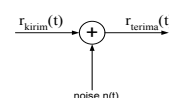
Blok pengirim DS CDMA terdiri dari:

1. Generator pembangkitan data
2. *Channel coding* digunakan untuk mengurangi kesalahan pengiriman bit dengan menambahkan sejumlah bit *redundan* kepada bit informasi yang dikirimkan. Channel coding yang digunakan adalah convolutional encoder dengan code rate R=1/3. Nilai generator polinomial yang digunakan adalah  
 $g_0 = 557_{(oktal)} = 101101111_{(biner)}$ ,  
 $g_1 = 663_{(oktal)} = 110110011_{(biner)}$ ,  
 $g_2 = 711_{(oktal)} = 111001001_{(biner)}$
3. Interleaver dirancang untuk menyebar pola urutan bit-bit yang sebenarnya, agar pengaruh dari *burst error* tidak menyebabkan pola error yang berurutan. Interleaver yang digunakan adalah block interleaver dengan ukuran matrik 32 x 18.
4. Mapping dengan menggunakan BPSK.
5. Spreading dengan menggunakan kode gold dengan panjang N = 31.

#### 3.2 Kanal Propagasi

##### 3.2.1 AWGN

AWGN dapat dimodelkan sebagai berikut:



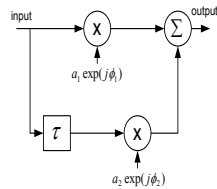
Gambar 4 Model Kanal AWGN

Hubungan antara daya noise dengan SNR adalah:

$$SNR = \frac{E_x}{\sigma^2} \implies \sigma^2 = \frac{1}{SNR} \quad (35)$$

**3.2.2 Rayleigh Fading**

Rayleigh fading menggunakan model 2-ray delay fading model. Pembangkitan generator Rayleigh menggunakan model Jakes.



**Gambar 5 Model 2-Ray Delay Fading**

Efek Doppler merupakan suatu gejala di mana frekuensi yang diterima receiver tidak sama dengan frekuensi yang dikirim oleh transmitter yang disebabkan pergeseran relatif antara pengirim dan penerima. Frekuensi yang diterima akan meningkat jika penerima bergerak mendekati pengirim dan menurun jika penerima bergerak menjauhi pengirim. Frekuensi Doppler maksimum adalah:

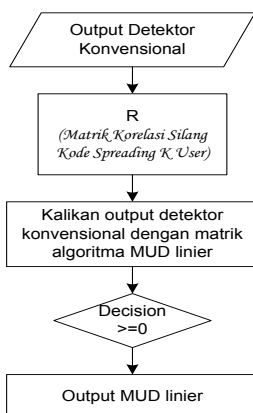
$$f_d = \frac{v \cdot f_c}{c} \quad (36)$$

di mana *v* adalah kecepatan penerima, *f<sub>c</sub>* adalah besarnya frekuensi pembawa dan *c* adalah kecepatan cahaya.

**3.3 Blok Penerima DS-CDMA**

**Blok penerima terdiri dari:**

1. Despreading dengan menggunakan kode yang identik dengan kode spreading
2. Detektor Multiuser Linier  
Detektor multiuser linier diaplikasikan pada output detektor konvensional atau output dari despreading.



**Gambar 6 Diagram alir MUD linier**

**3. Detektor Multiuser dengan JST-PB**

JST yang diaplikasikan pada sistem adalah JST dengan bobot yang telah terlatih. Proses latih

dengan menggunakan algoritma propagasi balik sedangkan untuk proses pengetesan hanya menggunakan algoritma propagasi balik.

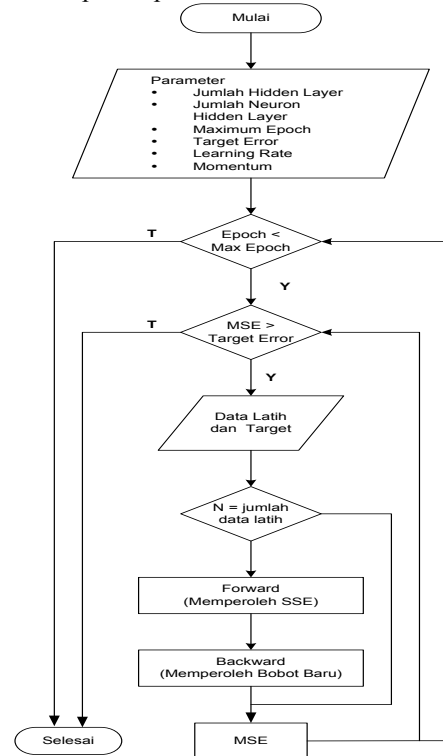
Beberapa hal yang perlu ditetapkan sebelum proses pelatihan dan pengetesan:

- 1) Inisialisasi bobot awal dilakukan secara random antara -1 s/d 1.
- 2) Fungsi aktivasi yang digunakan adalah sigmoid biner

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} \quad (37)$$

dengan  $f'(x) = \sigma'(x)[1 - \sigma(x)]$

- 3) Laju pembelajaran 0 s/d 1
- 4) Nilai momentum 0 s/d 1
- 5) Jumlah neuron input adalah 31 dengan neuron di lapis output 1

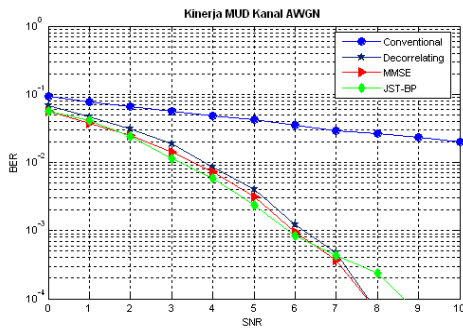


**Gambar 7 Diagram Latih JST Propagasi Balik**

4. *Deinterleaver* dilakukan dengan cara yang berbalik dengan proses *interleaver* dengan jumlah blok interleaver yang sama. Decoding dengan menggunakan *hard decision* viterbi decoder dengan menggunakan fungsi MATLAB vitdec. Prinsip kerja dari decoder viterbi adalah berdasarkan prinsip *maximum likelihood* decoding dan informasi akan diagram trellis encoder pengirim.
5. Perhitungan BER

**4. Hasil Dan Analisa**

**4.1 Simulasi Kinerja Pada Kanal AWGN**

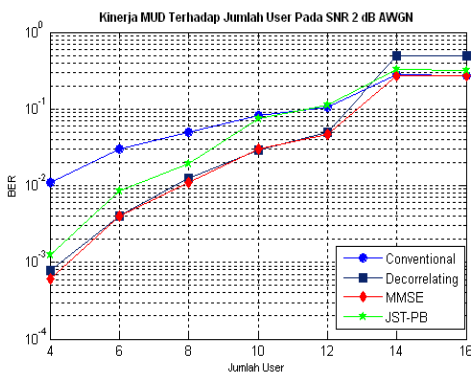


**Gambar 8 Kinerja Detektor Pada Kanal AWGN**

Gambar 8 menunjukkan perbandingan kinerja dari setiap detektor pada kanal AWGN dengan jumlah user aktif 10. Untuk detektor konvensional perubahan SNR tidak menunjukkan perbaikan sistem, grafik BER cenderung tetap, sedangkan penggunaan MUD dapat memberikan perbaikan sistem dengan bertambahnya SNR. Untuk mendapatkan target BER  $10^{-3}$ , detektor decorrelating mencapainya pada SNR 6.30 dB, detektor MMSE mencapai pada SNR 5.97 dB sedangkan dengan JST target dicapai pada SNR 5,89 dB.

Jika dibandingkan antara decorrelating, MMSE dan dengan JST, MUD dengan JST memberikan kinerja yang lebih baik. Terhadap decorrelating, MUD dengan JST membutuhkan SNR 0.41 dB lebih rendah dan terhadap MMSE 0.08 dB lebih rendah.

**4.2 Simulasi Pengaruh Jumlah User Pada Kanal AWGN**



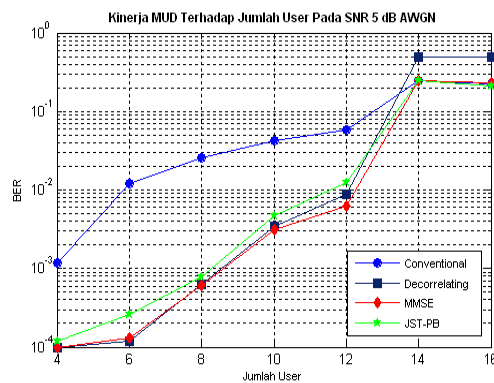
**Gambar 9 Pengaruh Jumlah User Pada SNR 2dB AWGN**

Gambar 9 menunjukkan pengaruh jumlah user pada SNR 2 dB terhadap BER sistem pada kanal AWGN. Dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah user yang aktif kinerja sistem semakin menurun. Namun demikian penggunaan MUD dan JST dapat memperbaiki kinerja. Untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$ , JST dapat mencapainya pada jumlah user aktif kurang dari 4 user, sedangkan MMSE dan decorrelating mencapai pada jumlah user aktif  $4.2 \approx 5$ . Untuk jumlah user lebih dari 14 terlihat nilai BER konstan.

Jumlah user 14 dapat disimpulkan merupakan titik jenuh sistem. Titik jenuh merupakan titik dimana perubahan BER untuk penambahan user tidak mengalami perubahan. Titik ini menunjukkan pengaruh jumlah user maksimum yang dapat ditangani sistem

untuk pemakaian kanal secara simultan dan serempak. Keempat detektor mengalami titik jenuh yang sama yaitu pada user 14. Hal ini karena keempat detektor disimulasikan pada sistem yang sama .

Gambar 10 menunjukkan pengaruh jumlah user pada SNR 5 dB terhadap BER sistem pada kanal AWGN. Untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$ , detektor konvensional dapat mencapainya untuk jumlah user kurang dari empat. Detektor dengan JST mencapainya pada jumlah user  $8.4 \approx 9$  user, dan detektor decorrelating dan MMSE pada jumlah user  $8.7 \approx 9$  user. Dapat dilihat bahwa terjadi penambahan kapasitas user sebesar  $\approx 2.25$  kali jika menggunakan MUD linier dan JST dibandingkan terhadap detektor konvensional. Titik jenuh sistem dicapai pada jumlah user 14.

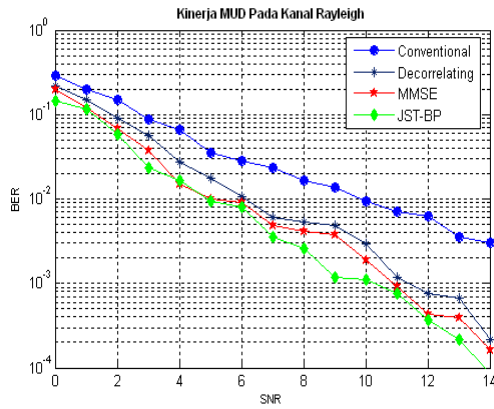


**Gambar 10 Pengaruh Jumlah User Pada SNR 5 dB AWGN**

Dengan kenaikan SNR juga dapat dilihat bahwa sistem juga mengalami perbaikan. Dapat dilihat sistem pada SNR 2 dB lebih sensitif terhadap penambahan jumlah user dibandingkan dengan sistem pada SNR 5 dB. Misalnya untuk jumlah user aktif 8, BER sistem dengan JST pada SNR 2 dB adalah 0.0193 sedangkan untuk SNR 5dB adalah 0.0008.

**4.3 Simulasi Kinerja Pada Kanal Rayleigh Fading**

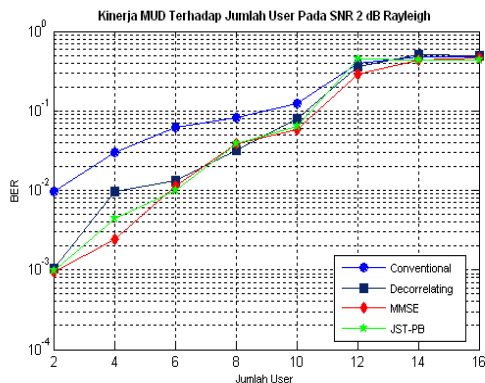
Gambar 11 menunjukkan kinerja setiap detektor pada kanal Rayleigh. Dapat dilihat bahwa setiap sistem melakukan perbaikan kinerja sebanding dengan pertambahan nilai SNR. Untuk mendapatkan target BER  $10^{-3}$ , detektor konvensional tidak dapat mencapainya sedangkan detektor decorrelating dapat mencapainya pada SNR 11.74 dB, MMSE pada SNR 10.91 dB, sedangkan detektor dengan JST dapat mencapainya pada SNR 10.31 dB.



Gambar 11 Kinerja Detektor Pada Kanal Rayleigh

Dibandingkan dengan kinerja pada kanal AWGN, kinerja pada kanal fading lebih jelek. Misalnya untuk detektor MMSE, target BER pada kanal AWGN diperoleh pada SNR 5.97 dB, sedangkan pada kanal Rayleigh diperoleh pada SNR 10.91 dB. Dari hal ini dapat dilihat bahwa pengaruh multipath fading sangat mempengaruhi kinerja sistem.

4.4 Simulasi Pengaruh Jumlah User Pada Kanal Rayleigh Fading

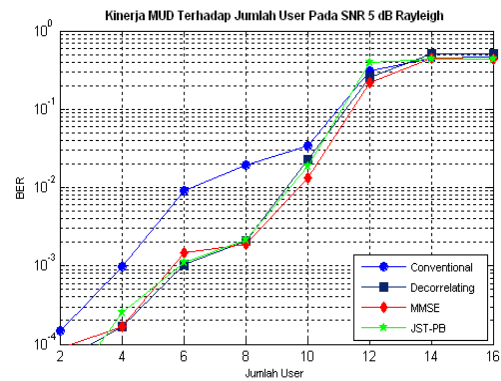


Gambar 12 Pengaruh Jumlah User Pada SNR 2dB Rayleigh

Gambar 12 menunjukkan kinerja MUD terhadap pengaruh jumlah user yang aktif. Untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  pada SNR 2 dB, detektor konvensional tidak dapat mencapainya, sedangkan untuk detektor MMSE, decorrelating dan MUD JST dicapai pada jumlah user 2. Namun demikian, dibandingkan dengan detektor konvensional, decorrelating dan MMSE, MUD dengan JST lebih cepat mencapai titik jenuh. JST mencapai titik jenuh pada jumlah user 12, sedangkan detektor konvensional, decorrelating dan MMSE titik jenuh dicapai pada jumlah user 14.

Gambar 13 diatas menunjukkan pengaruh jumlah user pada SNR 5 dB dari detektor multiuser. Dari grafik dapat dilihat untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$ , detektor konvensional dicapai pada jumlah user 4. Sedang untuk decorrelating, BER  $10^{-3}$  dicapai pada jumlah user 6 dan MMSE pada jumlah user  $5.6 \approx 6$ . Untuk JST, BER  $10^{-3}$  dicapai pada jumlah user 6. Jika dibandingkan terhadap detektor konvensional, penggunaan MUD linier dan

MUD dengan JST memberikan peningkatan jumlah user 1.5 kali lebih banyak.



Gambar 13 Pengaruh Jumlah User Pada SNR 2dB Rayleigh

5. Kesimpulan

Dari simulasi perbandingan kinerja detektor multiuser linier dan detektor multiuser dengan jaringan syaraf tiruan dapat disimpulkan:

1. Kinerja sistem dipengaruhi oleh SNR dan jumlah user yang aktif.
2. Pada kanal AWGN, untuk mendapatkan target BER  $10^{-3}$ , detektor decorrelating mencapainya pada SNR 6.3 dB, MMSE mencapainya pada SNR 5.97 dB sedangkan dengan JST target dicapai pada SNR 5.89 dB
3. Pada kanal Rayleigh fading, detektor dengan JST memberikan kinerja yang lebih baik dibanding yang lainnya. Untuk target BER  $10^{-3}$  pada kanal Rayleigh, MUD *decorrelating* mencapainya pada SNR 11.74 dB, MUD MMSE pada SNR 10,91 dB, dan MUD dengan JST pada SNR 10.31 dB.
4. Pengaruh jumlah user yang aktif pada saat yang bersamaan terhadap BER sistem pada SNR yang sama sangat mempengaruhi kinerja sistem. Pada SNR 2 dB untuk mendapat target BER  $10^{-3}$  pada kanal AWGN, MUD dengan JST dapat mencapainya pada jumlah user aktif kurang dari 4 user, sedangkan MMSE dan decorrelating mencapai pada jumlah user aktif  $\approx 5$ . sedangkan untuk kanal Rayleigh pencapaian target untuk detektor MMSE, decorrelating dan dengan JST dicapai pada jumlah user 2.
5. Untuk mendapatkan target BER  $10^{-3}$  pada SNR 5 dB, pada kanal AWGN detektor dengan JST mencapainya pada jumlah user 8.4  $\approx 9$ , detektor decorrelating dan MMSE pada jumlah user 8.7  $\approx 9$ . dan pada kanal Rayleigh target dicapai untuk decorrelating pada jumlah user 6, MMSE pada jumlah user  $5.6 \approx 6$  dan dengan JST dicapai pada jumlah user 6.

6. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan power kontrol yang tidak sempurna .
2. Penelitian juga dapat disimulasikan pada sistem DS CDMA asinkron.

3. Dapat dilakukan simulasi kinerja dengan detektor suboptimal non linier (SIC dan PIC) dan sistem yang adaptif.
4. Untuk deteksi dengan kecerdasan buatan dapat digunakan algoritma yang lain seperti algoritma genetik dan algoritma fuzzy.

## 7. Daftar Pustaka

- [1] Aditya Mahajan dan Ravi Agarwal. *Multiuser Detection in DS-CDMA*. Project Report Digital Signal Processing
- [2] Adriansyah, Nachwan Mufti. *Diktat Kuliah Sistem Komunikasi Bergerak*. STT Telkom: Bandung. 2003
- [3] H.Vincent Poor dan Sergio Verd'u. *Probability of Error in MMSE Multiuser Detection*. IEEE Transaction on Information Theory, vol. 43, no. 3, may 1997
- [4] Jhong Sam Lee dan Leonard E. Miller. *CDMA Systems Engineering Handbook*. Artech House: London. 1998
- [5] J.P. Cances dan V.Meghdadi. *Multiuser Detection for DS-CDMA transmission Systems using Neural Network Techniques*. Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges.
- [6] Kusumadewi, Sri. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab & Exel Link*. Graha Ilmu: Yogyakarta .2004
- [7] Muhamad Milchan, Suwadi, Tri Budi santoso,dkk. *Kinerja Multiuser Detection Pada Sistem Komunikasi DS-CDMA Sinkron Menggunakan Backpropagation Neural Network*. Jurnal. ITS Surabaya. 2002.
- [8] Nurhandono, David. *Analisis Kinerja Sub-optimal Linier Multiuser Detection Pada Sistem DS-CDMA*. Stttelkom. 2005
- [9] Rappaport, Theodore. *Wireless Communication*. New Jersey: Prentice-Hall. 1996
- [10] R. Michael Buehrer, Correal-Mendoza, dan Brian D.Woerner. *A Simulation Comparison of Multiuser Receivers for Cellular CDMA*. IEEE Transactions On Vehicular Technology, vol. 49, no. 4, July 2000.
- [11] Roger Peterson, Rodger Ziemer, dan Peter Borth. *Introduction to Spread Spectrum Communications*. New Jersey: Prentice-Hall. 1995
- [12] Xiao, Chengshan. *Rayleigh Channel Fading Simulator: Problems and Solutions*. University of Missouri: Columbia. 2003

## Cluster Server IPTV dengan Penjadwalan Algoritma Round Robin

Didik Aribowo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jend. Sudirman KM. 03 Cilegon

aribowo82@yahoo.co.id

**Abstrak** — Perkembangan teknologi informasi yang pesat, otomatis seiring juga dengan meningkatnya para pengguna yang terhubung pada jaringan internet. Berawal dari sebuah single server yang selalu mendapatkan request dari banyak user, perlahan tapi pasti akan terjadi overload dan crash sehingga berdampak pada request yang tidak dapat dilayani oleh single server. Desain arsitektur cluster dapat dibangun dengan menggunakan konsep network load balancing yang memungkinkan proses pengolahan data di share ke dalam beberapa komputer. Dalam penelitian ini menggunakan algoritma penjadwalan round robin sebagai solusi alternatif mengatasi permasalahan overload data pada server yang dapat mempengaruhi kinerja sistem IPTV. Untuk jumlah request yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5000, 15000, 25000, dan 50000 request. Dengan metode tersebut, maka performansi algoritma penjadwalan dapat diamati dengan menekankan pada parameter sebagai berikut, yaitu throughput, respon time, reply connection, dan error connection sehingga didapatkan algoritma penjadwalan terbaik dalam rangka optimalisasi cluster server IPTV. Secara otomatis dalam proses load balancing mampu mengurangi beban kerja setiap server sehingga tidak ada server yang overload dan memungkinkan server menggunakan bandwidth yang tersedia secara lebih efektif serta menyediakan akses yang cepat ke web browser yang dihosting. Implementasi webserver cluster dengan skema load balancing dapat memberikan alvalabilitas sistem yang tetap terjaga dan skalabilitas yang cukup untuk dapat tetap melayani setiap request dari pengguna.

**Kata Kunci** : IPTV, Load Balancing, Round Robin

**Abstract** — The rapid development of information technology, automatic as well as increasing the users who are connected to the Internet network. Starting from a single server that is always getting requests from many users, slowly but surely going to happen overload and crash which impacted on the request that can not be served by a single server. Design of cluster architectures can be built by using the concept of network load balancing which allows processing data into multiple computers share. In this study using round robin scheduling algorithm as an alternative solution to overcome problems of data overload on the server that can affect the performance of the IPTV system. To request the amount used in this study are 5000, 15000, 25000, and 50000 request. With this method, the performance of the algorithm can be observed penjadwalan with emphasis on the following parameters, namely throughput, response time, reply connection, and the connection error to obtain the best scheduling algorithms in order to optimize the IPTV server cluster. Automatically in the process of load balancing can reduce the workload of each server so that no server is overloaded and allows the server to use the available bandwidth more effectively and provide quick access to the web browser which is hosted. Implementation webserver cluster with load balancing schemes can provide alvalabilitas system is maintained and scalability enough to be able to continue to serve each request of the user.

**Keywords**: IPTV, Load Balancing, Round Robin

### 1. PENDAHULUAN

Internet menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting bagi seluruh lapisan masyarakat di dunia, baik itu bagi kalangan pelajar, ilmuwan, dan usahawan. Semakin meningkatnya trafik dalam internet menyebabkan beban kerja pada server penyedia layanan internet tersebut juga meningkat seiring dengan bertambahnya permintaan yang masuk, sehingga server tersebut akan kelebihan beban dalam waktu yang pendek, terutama untuk server yang menyediakan layanan yang populer. Sehingga untuk mengatasi

masalah kelebihan beban server tersebut, terdapat dua penyelesaian.

Pertama dengan meningkatkan server yang ada dengan server berkinerja tinggi, hal ini untuk sementara memang dapat menyelesaikan masalah yang ada sekarang, tetapi ketika permintaan meningkat lebih tinggi lagi maka akan dengan cepat kelebihan beban kembali, sehingga memerlukan peningkatan kembali, proses peningkatan ini sangat rumit dan memerlukan biaya yang besar. Cara kedua dengan membangun server yang mempunyai skalabilitas yang tinggi dengan membuat server yang di-cluster, dengan kata lain jika

beban kerja meningkat, kita dapat dengan mudah menambahkan sebuah server yang baru atau lebih ke dalam sistem cluster untuk memenuhi peningkatan permintaan yang terus-menerus bertambah [1].

Teknologi cluster dibutuhkan untuk beberapa server agar menjadi suatu sistem tunggal sumber daya komputasi yang melakukan pekerjaan besar dan dapat menangani berbagai permintaan dari pengguna dalam sistem. Pembahasan diawali dengan memberikan gambaran tentang penggabungan beberapa komputer di dalam jaringan komputer membentuk suatu computer cluster yang merupakan dasar dari konsep Linux Virtual Server (LVS) dilanjutkan dengan pembahasan tentang komponen pendukung, cara kerja, dan proses penjadwalan pada LVS [2]. Implementasi LVS dilakukan pada laboratorium komputer ditujukan untuk menganalisis kemampuan LVS dengan mengamati kinerja web server jaringan dengan menggunakan beberapa real server yang berbeda dan menggunakan metoda penjadwalan tertentu.

Algoritma penjadwalan yang digunakan dalam teknik load balancing ini yaitu Round Robin (RR). Algoritma penjadwalan tersebut tentunya memiliki karakteristik serta penerapan yang berbeda dalam penelitian ini. Oleh karena itu, keempat jenis algoritma tersebut akan diuji secara komprehensif untuk mendapatkan tingkat optimalisasi yang paling dinamis dan lebih menguntungkan secara kinerja maupun secara ekonomis dalam kelancaran distribusi ketika beban permintaan bervariasi banyak, karena semua permintaan tidak mungkin diarahkan hanya dengan ke server tunggal.

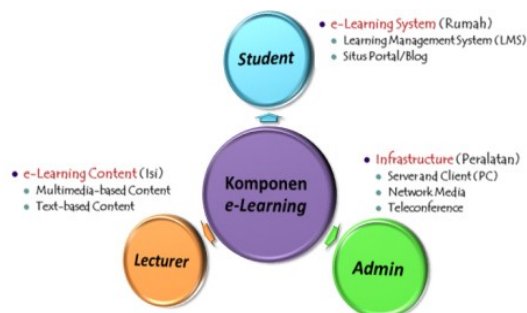
Dalam menunjang e-learning banyak aplikasi yang digunakan, salah satu yang digunakan adalah Internet Protocol Television (IPTV), yaitu layanan multimedia seperti televisi / video / audio / text / grafis / data yang disampaikan melalui jaringan berbasis IP yang dikelola untuk memberikan jaminan tingkat kualitas dalam hal layanan, keamanan, interaktivitas dan kehandalan [3].

Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan server cluster IPTV yang digabung dalam satu load balancer. Oleh karena itu perlu dikaji aspek-aspek performansi jaringan ketika kedua sistem ini dijalankan secara bersamaan, sehingga dapat dihasilkan sebuah rekomendasi untuk membangun sebuah server sesuai dengan keadaan yang diinginkan dan dapat mengakomodir seluruh kebutuhan metode pembelajaran jarak jauh dalam institusi pendidikan.

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

E-learning sebagai kegiatan belajar asynchronous melalui perangkat elektronik komputer yang memperoleh bahan belajar yang sesuai dengan kebutuhannya. E-learning menarik perhatian banyak kalangan, dan dipersepsikan sebagai salah satu bentuk sistem pendidikan terbuka dan jarak jauh (PTJJ) yang paling modern, canggih, dan feasible untuk dilaksanakan, jika suatu institusi memiliki infrastruktur dan konektivitas terhadap jaringan internet. Pemanfaatan e-learning dapat mengembangkan pembelajaran tatap muka dalam perguruan tinggi

konvensional untuk menjadi sistem pembelajaran yang fleksibel [4]. Untuk lebih mudah dalam memahami secara sederhana dengan apa saja yang terkait dengan komponen dari implementasi sebuah e-learning dapat di lihat pada tampilan gambar 1 di bawah ini.

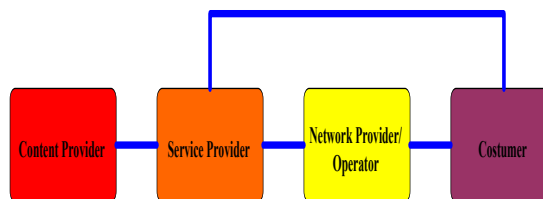


Gambar 1. Komponen e-learning

Dalam proses penyelenggaraan e-learning, maka dibutuhkan sebuah CMS (Course Management System), umumnya CMS dibangun berbasis web, yang akan berjalan pada sebuah web server dan dapat diakses oleh pesertanya melalui web browser (web client). Server biasanya ditempatkan di Universitas atau lembaga lainnya, yang dapat diakses darimanapun oleh pesertanya, dengan memanfaatkan koneksi internet.

Moodle merupakan aplikasi Course Management System (CMS) berbasis open source yang saat ini digunakan oleh universitas, lembaga pendidikan, bisnis dan instruktur individual yang ingin menggunakan teknologi web untuk pengelolaan pengajarannya. Di samping itu dengan menggunakan tool-tool yang ada pada Moodle dan fitur yang tersedia pada Moodle pengguna dapat membuat sebuah kelas yang efektif [5].

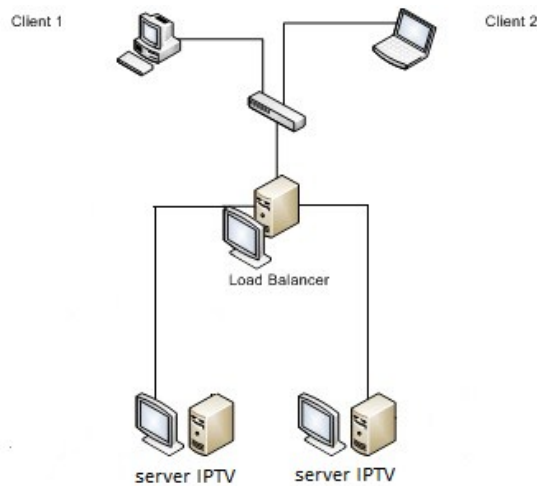
Internet Protocol Television (IPTV), menurut definisi yang dijelaskan dalam International Telecommunication Union Focus Group on IPTV menyebutkan bahwa IPTV didefinisikan, bahwa IPTV adalah layanan multimedia seperti televisi / video / audio / text / grafis / data yang disampaikan melalui jaringan berbasis IP yang dikelola untuk memberikan jaminan tingkat kualitas dalam hal layanan, keamanan, interaktivitas dan kehandalan [3]. IPTV merupakan teknologi yang menyediakan layanan konvergen dalam bentuk siaran radio dan televisi, video, audio, teks, grafik, dan data yang disalurkan ke pelanggan melalui jaringan protokol internet yang dijamin kualitas layanannya, keamanannya, kehandalannya, dan mampu memberikan layanan komunikasi dengan pelanggan secara 2 (dua) arah atau interaktif dan real time [6]. Seperti halnya yang tertera pada gambar 2 di bawah ini yang mendeskripsikan bagaimana domain sebuah IPTV tersebut.



Gambar 2. Empat pihak dalam rantai nilai IPTV

### 3. PERANCANGAN SISTEM

Pada penelitian ini akan dirancang *cluster* server IPTV dalam 1 *load balancer*. Dalam perancangan pada penelitian ini menggunakan 2 server IPTV berbasis sistem operasi windows, 2 komputer client dan 1 Pc *load balancer*.



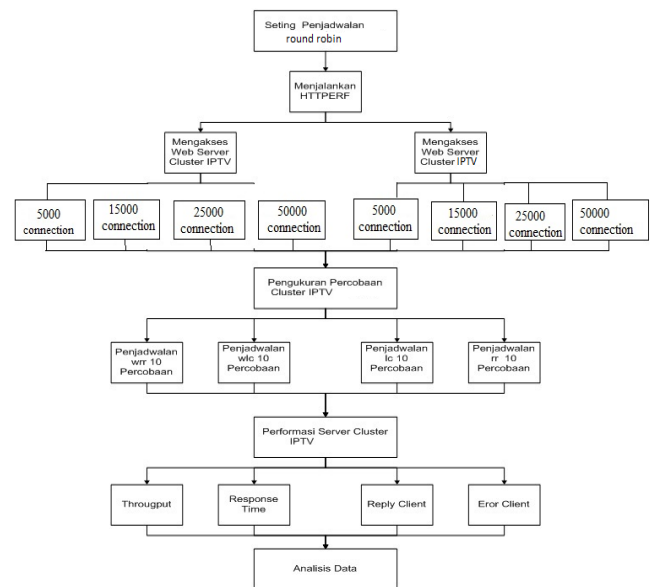
Gambar 3. Skema Topologi Jaringan

Pada gambar 3 skema topologi jaringan di atas secara sederhana dapat dijelaskan bahwa pada saat *client* ingin mengakses sebuah *content* atau aplikasi dari server *cluster* IPTV akan diarahkan oleh server *load balancer* kepada server yang ada, sesuai alamat IP yang telah diset pada masing-masing server untuk merespon permintaan dari *client* tersebut. Disini *client* akan mengakses situs IPTV dengan total request ke server sebanyak 5000, 15000, 25000 dan 50000 beban koneksi yang digunakan untuk mengukur performansi server seperti yang ditunjukkan dalam diagram alir perancangan pada gambar 4.

Pada penelitian ini ada 1 algoritma penjadwalan, yaitu :

#### Round Robin (rr)

Pada penjadwalan tipe rr, *manager* mendistribusikan *client request* sama rata ke seluruh *real server* tanpa memperdulikan kapasitas *server* ataupun beban *request*. Jika ada tiga *real server* (A,B,C), maka *request* 1 akan diberikan *manager* kepada server A, *request* 2 ke server B, *request* 3 ke server C dan *request* 4 kembali ke server A.



Gambar 4. Diagram alir pengukuran performansi server

### 4. IMPLEMENTASI

Pada bagian ini akan dilakukan pembahasan mengenai analisis data serta pembahasan mengenai hasil implementasi yang telah dilakukan pada bagian sebelumnya yaitu mengenai performansi cluster IPTV. Analisis dilakukan berdasarkan data yang didapat dari hasil transfer data antar server dan klien.

#### 4.1 Analisa Performansi Throughput pada Cluster Server IPTV.

Pengamatan throughput dilakukan dengan menggunakan tool httpperf pada sisi client yang terhubung dengan load balancer dari web server cluster IPTV. Sebelum pengujian throughput dari web server cluster IPTV diperoleh, terlebih dahulu menentukan penjadwalan untuk mengetahui performansi server ketika dilakukan pengaksesan web server IPTV dengan 5000, 15000, 25000, dan 50000 beban koneksi.

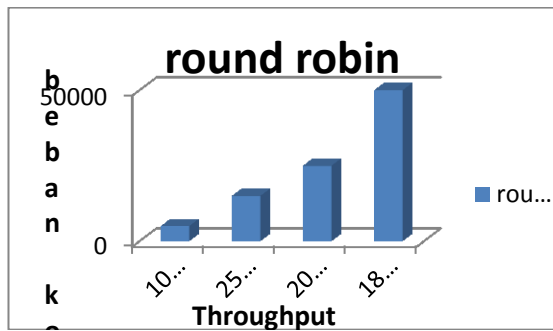
Tabel 1. *Throughput* dari *workload cluster server* IPTV

| Connection | Throughput (KB/s) |
|------------|-------------------|
|            | RR                |
| 5000       | 1021,99           |
| 15000      | 258,97            |
| 25000      | 202,62            |
| 50000      | 181,37            |

Berdasarkan data throughput yang diperoleh dari Tabel 1 dapat diamati, bahwa ketika pengaksesan cluster server IPTV dengan IP address 10.122.70.2 sebanyak 5000 connection dilakukan dari client menunjukkan algoritma penjadwalan rr menempati nilai throughput terbesar sebesar 1021,99 KB/s Kemudian pada pengaksesan cluster server IPTV dengan 15000 connection menunjukkan rr memperoleh throughput sekitar 258,97 KB/s. Sedangkan pada 25000 connection menunjukkan hal yang sama dimana rr memperoleh throughput sekitar 202,62 KB/s. Kemudian untuk 50000



beban koneksi, rr memperoleh throughput sekitar 181,37 KB/s.



Gambar 5. Throughput performansi server cluster IPTV

Untuk merepresentasikan perbedaan throughput cluster server IPTV dapat dilihat pada gambar 5, bahwa data pengukuran dan pengujian nilai throughput dari performansi cluster server IPTV yang diperoleh dapat dinyatakan bahwa semakin besar jumlah workload atau beban koneksi yang mengakses cluster server IPTV, maka throughput yang diterima akan semakin kecil karena web server secara bergantian memproses beban connection yang datang.

**4.2 Analisa Pengamatan Response Time pada Server IPTV**

Metode pengukuran untuk response time yang dilakukan sama dengan metode pengukuran pada performansi throughput cluster server IPTV yaitu dengan cara mengkonfigurasi algoritma penjadwalan pada load balancer, kemudian mengakses cluster server IPTV dengan 5000, 15000, 25000 dan 50000 beban koneksi.

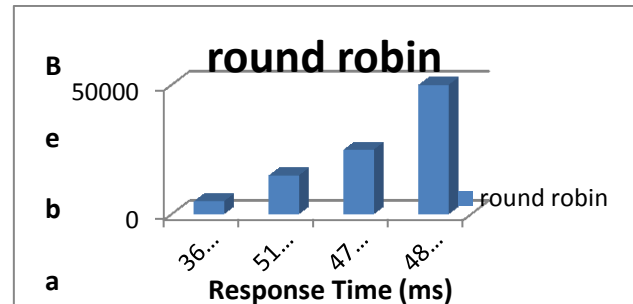
Tabel 2. Nilai rata-rata response time (ms) dari performansi cluster server IPTV

| Connection | Response Time (ms) |
|------------|--------------------|
|            | Rr                 |
| 5000       | 3641,18            |
| 15000      | 5153,61            |
| 25000      | 4714,43            |
| 50000      | 4829,7             |

Dari data hasil pengamatan pada tabel 2 dapat dilihat bahwa pada jumlah beban koneksi 5000, response time terbaik diperlihatkan oleh algoritma penjadwalan rr dengan response time 3641,18 (ms). Sedangkan untuk beban koneksi 15000, response time adalah 5153,61 (ms). Kemudian untuk beban koneksi 25000, response time adalah 4714,43 (ms). Sedangkan untuk beban koneksi 50000 sebagai response time adalah 4829,7 (ms).

Pada data hasil pengukuran dan pengujian yang ditunjukkan gambar 6, dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan semakin besar beban koneksi, maka response time akan semakin besar dan lama. Pada cluster server IPTV response time terbaik pada

penelitian ini adalah pada beban koneksi 5000, yaitu 3641,18 (ms). Pada beban koneksi 15000, response time adalah 5153,61 (ms). Sedangkan pada beban koneksi 25000, yaitu 4714,43 (ms). Pada beban koneksi 50000 terdapat performansi response time ada pada 4829,7 (ms).



Gambar 6. Performansi response time cluster server IPTV

**4.3 Analisa Reply dan Error Connection pada Server IPTV**

Reply client merupakan identifikasi seberapa banyak jumlah permintaan connection client yang mampu ditangani oleh cluster server IPTV. Sedangkan error connection merupakan identifikasi seberapa banyak jumlah permintaan connection client yang tidak mampu ditangani oleh cluster server IPTV.

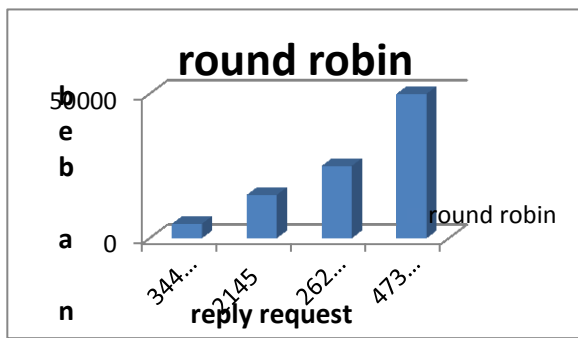
Tabel 3. Reply client cluster server IPTV

| Connection | Reply Request Client |
|------------|----------------------|
|            | Rr                   |
| 5000       | 3445,3               |
| 15000      | 2145                 |
| 25000      | 2628,4               |
| 50000      | 4738,4               |

Berdasarkan data pada tabel 3 terlihat bahwa algoritma penjadwalan rr pada beban koneksi 5000 adalah 3445,3. Pada beban koneksi 15000 adalah 2145 reply request client. Sedangkan pada beban koneksi 25000 adalah 2628,4 reply request client. Kemudian pada beban koneksi 50000 adalah 4738,4 reply request client. Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa untuk performansi reply request terbaik adalah pada beban koneksi 5000.

Untuk pengukuran dan pengujian dari data error connection yang dihasilkan oleh cluster server IPTV dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut.

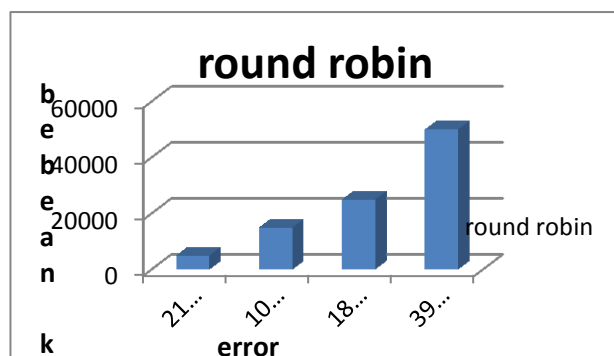
Dari data hasil pengujian tabel 4 terlihat bahwa hampir semua penjadwalan algoritma menunjukkan error connection. Pada beban koneksi 5000, error connection adalah 2112,1. Sedangkan pada beban koneksi 15000, error connection adalah 10527,2. Pada beban koneksi 25000, error connection adalah 18776. Sedangkan pada beban koneksi 50000, error connection adalah 39611,3.



Gambar 7. Jumlah client yang direply cluster server IPTV

Tabel 4. Error Connection client web server cluster IPTV

| Connection | Error Connection Client |
|------------|-------------------------|
|            | Wlc                     |
| 5000       | 2112,1                  |
| 15000      | 10527,2                 |
| 25000      | 18776                   |
| 50000      | 39611,3                 |



Gambar 8. Representasi error connection server IPTV

Pada gambar 8 merupakan representasi perbedaan error connection client cluster server IPTV dengan 5000, 15000, 25000 dan 50000 beban koneksi.

**5. PENUTUP**

Berdasarkan analisis serta penelitian yang telah dilakukan dari implementasi load balancing terhadap cluster server IPTV terdapat beberapa hal yang bisa disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemilihan algoritma penjadwalan pada load balancer yang tepat menentukan performansi sebuah server dan performansi jaringan.
2. Performansi cluster server IPTV berbasis load balancing pada penelitian ini diperoleh algoritma penjadwalan rr sebagai alternatif untuk melakukan unjuk kerja yang dapat diterapkan pada load balancer dengan lebih mengarahkan beban koneksi jaringan ke server dengan jumlah beban koneksi jaringan yang telah ditentukan.
3. Peningkatan request client yang terlalu besar akan menghasilkan error connection yang besar, jika tidak diikuti dengan penambahan web server.
4. Nilai sebuah bandwidth ikut mempengaruhi performan dari sebuah throughput yang didapatkan

oleh client, karena dengan tidak membatasi nilai bandwidth, maka performansi nilai throughput juga akan semakin besar, sehingga performansi keseluruhan terhadap suatu jaringan bisa dioptimalkan dengan maksimal.

5. Nilai throughput terbaik untuk cluster server IPTV dan diperoleh oleh algoritma penjadwalan rr pada saat beban koneksi 5000.
6. Nilai suatu response time dipengaruhi oleh nilai suatu throughput yang dihasilkan. Response time cluster server IPTV tergolong uninterrupted experience menurut standart ITU-T G.1030 11/2005, karena response time-nya dibawah 1 second.

**PUSTAKA.**

- [1] Youn, C., 2005, “ Perfomance Improvement of Cluster System by Server Status Information”, Departement of Internet Software, Honam University.
- [2] NAT Technology White Paper, Agustus, 2008, <URL: [http://www.h3c.com/portal/Products\\_\\_Solutions/Technology/Security\\_and\\_VPN/Technology\\_White\\_Paper/200808/613642\\_57\\_0.htm](http://www.h3c.com/portal/Products__Solutions/Technology/Security_and_VPN/Technology_White_Paper/200808/613642_57_0.htm)>.
- [3] MII, “IPTV Architecture”, <http://www.itu.int/ITU-T/IPTV/ events/ 072006/docs/ID/FGIPTV-ID-0048e.doc>
- [4] Greg Light, Roy Cox, 2001, “Learning & Teaching in Higher Education: The Reflective Professional”, Paul Chapman Publishing Ltd, London.
- [5] Cole, J. Foster, H., 2008., “Using Moodle: Teaching With The Popular Open Source Course Management System, 2nd edition”, O’Really. Community Press.
- [6] Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 30, 19 Agustus, 2009, “Penyelenggaraan Layanan Televisi Protokol Internet (Internet Protocol Television/IPTV) di Indonesia”.
- [7] Wenshong Zang., 1998, “Round-Robin scheduling”, [http://kb.linuxvirtualserver.org/wiki/Round-Robin\\_Scheduling](http://kb.linuxvirtualserver.org/wiki/Round-Robin_Scheduling)”.
- [8] Wenshong Zang., 1998, “Least-Connection scheduling”,, [http://kb.linuxvirtualserver.org/wiki/Least\\_Scheduling](http://kb.linuxvirtualserver.org/wiki/Least_Scheduling)”.

# Rancang Bangun Simultan Dual Band LNA dengan LC Resonator untuk CPE m-BWA pada frekuensi 2,3 GHz dan 2,6 GHz

Gunawan Wibisono<sup>1</sup>; Teguh Firmansyah<sup>2</sup>; Dwi Muji Raharjo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Universitas Indonesia. Kampus UI Depok, 461425. Email : gunawan@eng.ui.ac.id.

<sup>2</sup>Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Jl. Jendral Sudirman Km. 3 Cilegon, Email : teguh.firmansyah1@gmail.com

<sup>3</sup>Kementrian Perhubungan, Republik Indonesia. Email : dwi\_muji@yahoo.com.

**Abstrak** — Penelitian ini membahas rancang bangun rangkaian simultan dual band low noise amplifier (LNA) untuk customer premises equipment (CPE) mobile broadband wireless access (m-BWA) dengan menggunakan transistor HJFET 3210S01. Untuk dapat berfungsi secara dual band diusulkan dipergunakan LC Tank Resonator yang dirancang beresonansi pada frekuensi 2,3GHz dan 2,6 GHz. Rancangan dual band LNA diharapkan menghasilkan noise figure yang rendah, gain yang tinggi, stabil tanpa adanya osilasi, secara simultan. Hasil simulasi menunjukkan performansi yang baik. Kinerja pada frekuensi 2,3 GHz diantaranya gain ( $S_{21}$ ) = 17.386 dB, Input Return Loss ( $S_{11}$ ) = -31.598 dB, Noise Figure = 0.913 dB, VSWR = 1.054, bandwidth = 100 MHz. Sementara itu, kinerja pada frekuensi 2,6 GHz diantaranya gain ( $S_{21}$ ) = 16.732 dB, Input Return Loss ( $S_{11}$ ) = -32.147 dB, Noise Figure = 0.951 dB, VSWR = 1.051, bandwidth = 95 MHz. Selain itu, penggunaan LC tank resonator telah terbukti menghasilkan dual band LNA secara simultan.

**Kata Kunci** : LNA, dual band, simultan, LC Resonator

**Abstract** — This paper discusses the design of simultaneous dual-band low noise amplifier (LNA) for customer premises equipment (CPE) mobile broadband wireless access (m-BWA) by using HJFET 3210S01. It is proposed by used LC resonator tanks to resonate at a frequency 2.3 GHz and 2.6 GHz. The design of dual-band LNA is expected to obtain a low noise figure, high gain, stable and simultaneously. The simulation results show good performance at both frequency. Performance at 2.3 GHz are gain ( $S_{21}$ ) = 17.386 dB, Input Return Loss ( $S_{11}$ ) = -31.598 dB, Noise Figure = 0.913 dB, VSWR = 1.054, bandwidth = 100 MHz. Meanwhile, performance at 2.6 GHz are gain ( $S_{21}$ ) = 16.732 dB, Input Return Loss ( $S_{11}$ ) = -32.147 dB, Noise Figure = 0.951 dB, VSWR = 1.051, bandwidth = 95 MHz.

**Keywords** : LNA, dual band, simultaneous, LC Resonator

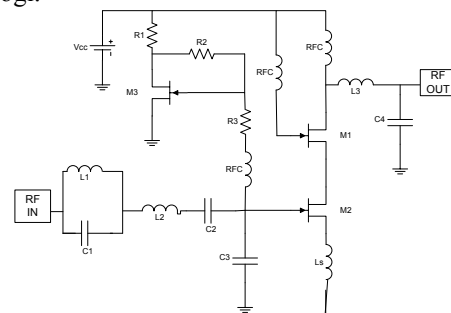
## I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan telekomunikasi saat ini telah melahirkan banyak standar baru teknologi akses nirkabel pita lebar (*mobile broadband wireless access BWA*), seperti : WiMAX dan LTE. Teknologi ini memiliki karakteristik *high data rate, wide bandwidth, global mobility, service portability, low-cost service*, koheren serta cakupan daerah yang luas dalam menunjang aplikasi multimedia. [1].

WiMAX dan LTE masing-masing mempunyai kemampuan transfer data hingga 70 Mbps dan 100 Mbps dengan *coverage* yang luas. Pemerintah Indonesia, melalui Dirjen Pos dan Telekomunikasi, telah menetapkan frekuensi kerja WiMAX 3,3 GHz untuk *fixed* WiMAX dan 2,3 GHz untuk *mobile*-WiMAX [2]. Sedangkan LTE direncanakan pada pita frekuensi 2,6 GHz.

Meningkatnya permintaan akan layanan nirkabel telah mendorong penelitian perangkat komunikasi nirkabel tunggal yang bisa mendukung operasi multi-standar [3]. Ketersediaan perangkat CPE m-BWA yang bisa beroperasi multi standar ini sangat menguntungkan

dan lebih efisien bagi pengguna, karena tidak perlu memiliki perangkat CPE m-BWA untuk setiap pilihan teknologi.



Gambar 1. Rangkaian Simultan Dual Band LNA (proposed)

Pada rangkaian RF front-end CPE m-BWA, *low noise amplifier* (LNA) memainkan peran yang sangat penting dalam mengatur noise sistem secara keseluruhan [5]. LNA merupakan perangkat penerima RF m-BWA yang digunakan untuk menguatkan sinyal dengan menekan noise menjadi kecil sebelum diteruskan ke blok rangkaian berikutnya.

Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk

menerapkan operasi dual-band pada LNA. Secara umum LNA dibagi menjadi empat kategori : (a) *parallel* LNA, (b) *switched* LNA, (c) *wideband* LNA dan (d) *concurrent* LNA [2]

Untuk mendapatkan fungsi dual band diantaranya dengan metode Switching [1],[2], dimana operasi kerja LNA dilakukan dengan mengubah mode operasi sesuai pita frekuensi yang dikehendaki pada satu waktu secara bergantian (tidak bisa bersamaan). Metode ini telah mampu membuat satu perangkat CPE bisa digunakan untuk fungsi dual band, namun *insertion loss* dan performansi *noise figure* sistem memburuk. Ini menjadi kendala jika pesawat penerima ingin digunakan untuk menerima dua frekuensi secara simultan karena cara kerjanya bergantian sesuai mode operasi yang dipilih [3].

Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Hashemi [3], dengan menerapkan LC paralel yang di seri dengan induktan pada inputan sebagai *matching impedansi* input sekaligus sebagai pembentuk respon dual band bisa menunjukkan kinerja dual band LNA yang berfungsi secara simultan. Pada output rangkaian LC seri di paralel dengan LC paralel untuk meningkatkan fungsi transfer, tetapi performansinya masih kurang baik, *noise figure* yang masih cukup tinggi.

Pada penelitian ini, diajukan rancangan rangkaian RF *dual-band* LNA yang bisa bekerja secara simultan dengan LC-resonator matching yang beroperasi pada frekuensi 2,3 GHz untuk mendukung layanan aplikasi mobile WiMAX dan frekuensi 2,6 GHz untuk layanan aplikasi mobile LTE.

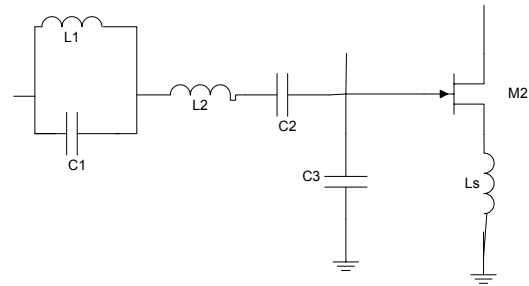
## II. RANCANG BANGUN SIMULTAN DUAL BAND LNA

Pada gambar 1 memperlihatkan rangkaian simultan dual band LNA. Dalam rancangan simultan dual band LNA seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 menggunakan topologi *concurrent cascode amplifier*, M2 berfungsi sebagai penguat utama sedangkan M1 difungsikan untuk meningkatkan kestabilan rangkaian penguat. Rangkaian bias aktif disusun sedemikian rupa sehingga menghasilkan tegangan yang selanjutnya diinjeksikan ke rangkaian *cascode* FET *amplifier* sebagaimana spesifikasi kerja transistor HJFET NE3210S01. Arus yang mengalir melalui LNA lewat L5 dan L6 sebagai bloking sinyal RF ditentukan oleh *current mirror* yang dibentuk oleh M2 dan M3.

### A. Impedance Matching Menggunakan LC Resonator

Untuk mendapatkan penyesuai input yang dapat menerima kedua frekuensi kerja yang diharapkan akan digunakan rangkaian paralel LC resonator yang di hubungkan dengan seri LC resonator. Rangkaian LC resonator bisa beresonansi pada dua frekuensi 2,3 GHz dan 2,6 GHz secara simultan. Gambar 2.2 menunjukkan rangkaian *input matching*.

Rangkaian *inductively-degenerated common source* LNA seperti ditunjukkan pada Gambar 2. sementara itu, impedansi input dari rangkaian dinyatakan oleh :



Gambar 2. Rangkaian *inductively-degenerated common source*

$$Z_{IN} = \left( j\omega C_1 + \frac{1}{j\omega L_1} \right)^{-1} + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} + \left( j\omega C_3 + \frac{1}{j\omega C_{gs} + j\omega L_s} \right)^{-1} + \frac{L_s}{C_{gs}} g_m \quad (1)$$

Pada saat resonansi pada frekuensi kerja, penjumlahan nilai reaktansi yang berasal dari komponen induktor dan kapasitor akan bernilai sebagai berikut

$$\left( j\omega C_1 + \frac{1}{j\omega L_1} \right)^{-1} + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} + \left( j\omega C_3 + \frac{1}{j\omega C_{gs} + j\omega L_s} \right)^{-1} = 0 \quad (2)$$

Sehingga jika (1) dan (2) disubstitusikan akan diperoleh impedansi input :

$$Z_{IN} = \frac{L_s}{C_{gs}} g_m \quad (3)$$

Setelah mendapatkan 2 fungsi tersebut, selanjutnya diketahui bahwa terminal input diharapkan bisa sesuai (*match*) dengan 2 frekuensi kerja yaitu 2,3 GHz ( $\omega_{low}$ ) dan 2,6 GHz ( $\omega_{high}$ ), sehingga diperoleh [12] :

$$\omega_{low,high} = \sqrt{\frac{b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2}} \quad (4)$$

Dengan nilai :

$$b = \omega_{low}^2 + \omega_{high}^2 = \omega_1^2 + \omega_2^2 + \omega_3^2 \quad (5)$$

$$c = \omega_{low}^2 \cdot \omega_{high}^2 = \omega_1^2 \cdot \omega_2^2 \quad (6)$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{L_1 C_1}}, \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{1}{L_A C_A}}, \quad \omega_3 = \sqrt{\frac{1}{L_A C_1}}$$

Dimana,

$$L_A = L_2 + L_s,$$

$$C_A = C_2 + C_3 + C_{gs}$$

Selanjutnya dengan persamaan tersebut nilai  $L_A$  dan  $C_A$  dapat dicari jika frekuensi dari LC Tank dalam rangkaian dan  $\omega_{12}$  memenuhi persamaan (5) dan (6) dan penyesuai input akan bekerja dengan baik. Fungsi dari dua induktor dan dua kapasitor memberikan frekuensi resonansi yang berbeda (pada 2,3 GHz dan 2,6 GHz). Ini memberikan penyesuaian yang lebih baik pada setiap bandwidth.

## III. ANALISA HASIL

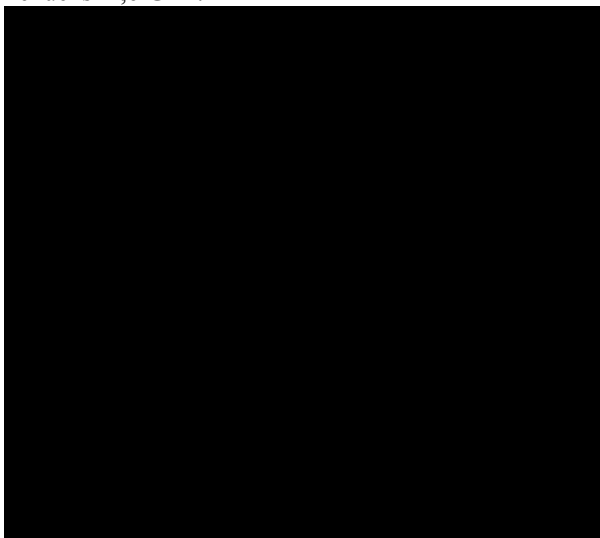
Nilai komponen untuk gambar 1, terlihat pada tabel 1. Sementara itu, hasil simulasi memperlihatkan rangkaian simultan dual band LNA dengan penyesuai impedansi LC resonator pada frekuensi kerja 2,3 GHz

dan 2,6 GHz masing-masing memiliki gain ( $S_{21}$ ) sebesar 17,386 dB dan 16,732 dB, sedangkan input *return loss*  $S_{(11)}$  sebesar -31,887 dB dan -33,881 dB seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

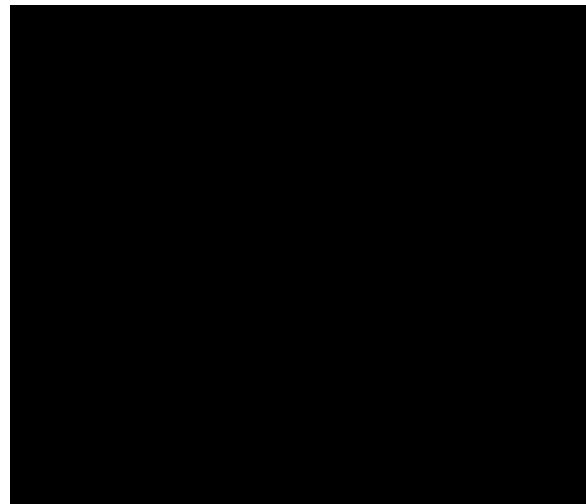
Tabel 1. Nilai Komponen

| Komponen | Nilai Komponen |
|----------|----------------|
| $V_{CC}$ | 3,5 V          |
| $R_1$    | 3 k $\Omega$   |
| $R_2$    | 50 $\Omega$    |
| $R_3$    | 100 k $\Omega$ |
| $L_1$    | 106 pH         |
| $L_2$    | 13,92 nH       |
| $L_3$    | 5 nH           |
| $L_S$    | 0,6 nH         |
| $C_1$    | 36 pF          |
| $C_2$    | 3,35 pF        |
| $C_3$    | 0,05 pF        |
| $C_4$    | 0,02 pF        |

Lebar *bandwidth* dihitung pada -10 dB input *return loss*. Rangkaian *dual band* LNA dengan penyesuai LC resonator memiliki *bandwidth* lebih besar daripada 100 MHz pada frekuensi 2,3 GHz dan  $\pm$  95 MHz pada frekuensi 2,6 GHz.

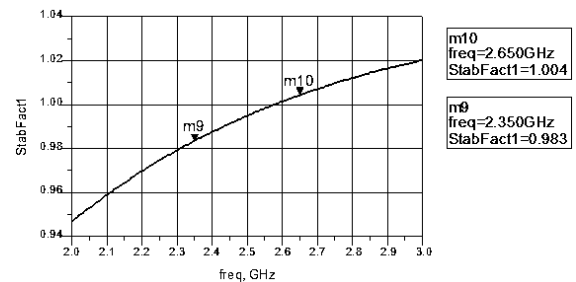


Gambar 3. Gain ( $S_{21}$ ) dual band LNA



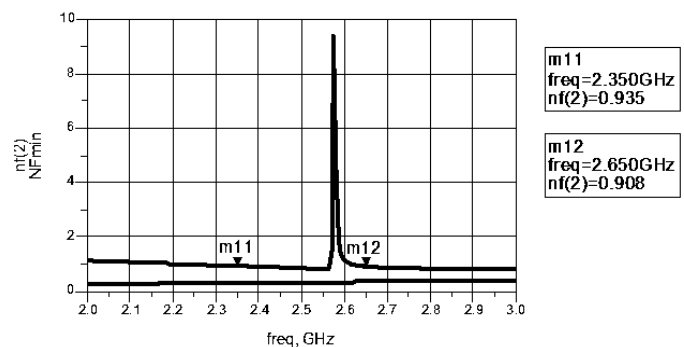
Gambar 4. Input *return loss* ( $S_{11}$ ) dual band LNA

Faktor kestabilan  $K > 1$  yaitu masing-masing bernilai 1,227 dan 1,308. Ini berarti transistor dalam kondisi yang stabil seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



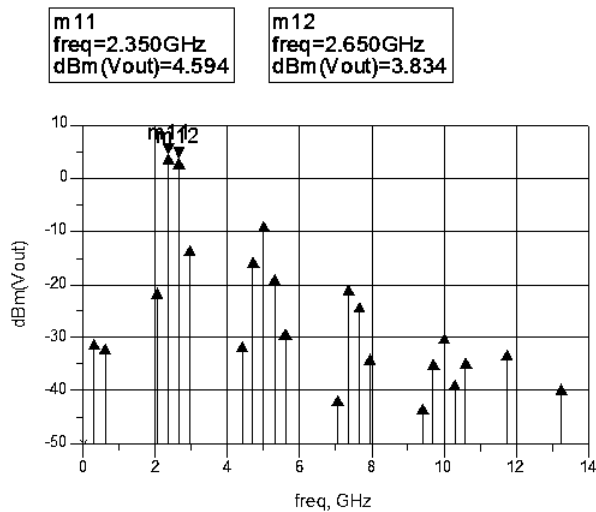
Gambar 5. *Stability factor* Dual Band LNA

Sementara itu, Nilai VSWR masing-masing 1.054 dan 1.051, sedangkan noise figure masing-masing 0,913 dB dan 0,951 dB seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Noise figure* dual band LNA

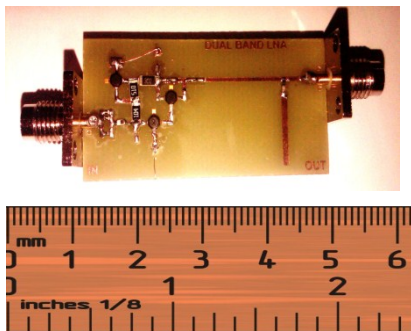
Pada Gambar 7 memperlihatkan rangkaian dual band LNA secara simultan bisa merespon input masukan dari simulasi sinyal generator pada kedua frekuensi kerjanya yaitu 2,3 GHz dan 2,6 GHz, sedangkan frekuensi lainnya di tolak



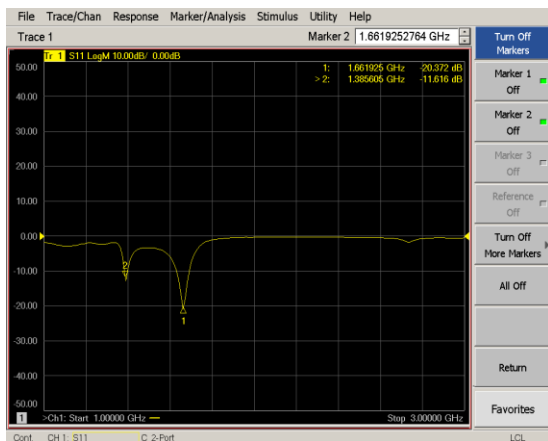
Gambar 7. Respon frekuensi Vout pada dual band LNA

IV. HASIL PABRIKASI DAN PENGUKURAN

Hasil pabrikan dual band LNA ditunjukkan pada Gambar 8. Pengukuran parameter-parameter dilakukan untuk melihat kinerja dual band LNA dengan menggunakan spektrum analyzer. Penguatan hasil pengukuran lebih rendah dibandingkan dengan hasil simulasi dan spesifikasi. Sedangkan input *return loss* masing-masing sebesar -11,616 dB dan -20,37 dB diperlihatkan pada Gambar 9.

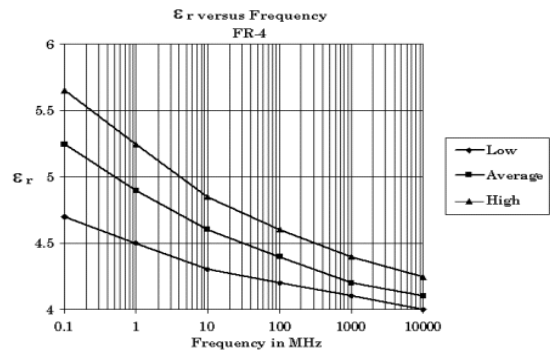


Gambar 8. Pabrikan dual band LNA



Gambar 9. Pengukuran input *return loss* (S11) dual band LNA

Secara umum hasil pabrikan simultan dual band LNA kinerjanya tampak menurun. Terdapat perbedaan yang sangat mencolok antara hasil rancangan (simulasi) dan hasil pabrikan seperti Tabel 3.1. Buruknya performansi dari hasil pabrikan simultan dual band LNA kemungkinan disebabkan kurang presisinya jalur PCB hasil pabrikan, penyolderan yang kurang baik pada komponen SMD yang berukuran sangat kecil, ketidak homogenan substrat (FR4), nilai toleransi dari komponen SMD dan nilai epsilon relatif substrat FR4 yang pada perhitungan simulasi konstanta dielektrik dianggap ideal yaitu 4.3 seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik perubahan epsilon relatif pada FR4 relatif terhadap perubahan frekuensi

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, telah berhasil di rancang bangun perangkat simultan dual band LNA untuk aplikasi m-BWA dengan menggunakan LC resonator sebagai penyesuai impedansi sekaligus pembentuk respon dual band pada frekuensi kerja 2,3 GHz dan 2,6 GHz. Hasil simulasi menunjukkan hasil performansi yang cukup baik dengan parameter masing-masing sebagai berikut : Gain (S21) = 17.386 dB/ 16.732 dB, Input Return Loss (S11) = -31.598 dB / -32.147 dB, Output Return Loss (S22) = -31.598 dB / -32.147 dB, Noise Figure = 0.913 dB/ 0.951 dB, VSWR = 1.054 / 1.051, bandwidth = 100 MHz / ± 95 MHz.

Penggunaan topologi *cascode amplifier* menunjukkan peningkatan kestabilan dari rangkaian dual band LNA. Dari simulasi dan perhitungan didapatkan faktor kestabilan pada masing-masing frekuensi kerja 2,3 GHz dan 2,6 GHz yaitu 1,227 dan 1,308. Hal ini berarti transistor dalam kondisi stabil.

Sementara itu, penggeseran frekuensi kerja dan menurunnya performansi dimungkinkan karena pengaruh dari nilai toleransi komponen, kualitas penyolderan yang kurang baik, mengingat keterbatasan kemampuan dalam penyolderan komponen SMD yang sangat kecil secara manual serta ketidakhomogenan dari bahan substrat mikrostrip

REFERENCES

[1] Z.Li et al ., " A Dual Band CMOS Front end With Two Gain Mode for Wireless LAN Applications, " IEEE JSSC, Vol. 39,pp.2069-2073.NOV .2004.  
 [2] Ruey-Lue Wang, Ciao-Ning Cai, Chien Hsuan Liu,Hung-Hsi Chien, Chung-Chin Chuang, Yi-Shu Lin, Yan-Kuin Su, A Dual-band current-

- reused LNA with the switching of LC-resonances, Fourth International Conference on Innovative Computing, Information and Control, IEEE 2009.
- [3] A. Ismail, and A. Abidi, "A 3 to 10GHz LNA Using a Wideband LC ladder Matching Network," ISSCC Dig. Tech. Papers, pp.384, 2004.
- [4] Lini Lee<sup>1</sup>, Roslina Mohd Sidek, S. S. Jamuar<sup>1</sup> and Sabira Khatun, Design of a Dual-Band Low Noise Amplifier (LNA) Utilizing Positive Feedback Technique, *4th Student Conference on Research and Development (SCOReD 2006), Shah Alam, Selangor, MALAYSIA, 27-28 June, IEEE 2006.*
- [5] Hossein Hashemi, Ali Hajimiri, Concurrent Multiband Low Noise Amplifiers – Theory, Design and Applications, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2002.
- [6] D. M Pozar, Microwave Engineering, 2<sup>nd</sup>ed. New York : Wiley, 1998.
- [7] Irwan Fauzi, Perencanaan Rangkaian RF Penerima CPE Mobile WiMAX pada 2.3GHz., 2009.
- [8] Hongyun Xie, Lijian He, Pei Shen, Junning Gan, Jia Li, Yiwen Huang, Lu Huang, Wanrong Zhang, A Novel Dual-band Power Amplifier for Wireless Communication, International Conference on Communication Software and Networks, IEEE 2009.
- [9] RF, RFIC & Microwave Theory, Design.
- [10] Rowan Gilmore, Les Besser, Practical RF Circuit Design for Modern Wireless System Vol. II, Artech House, 2003.
- [11] Peter Vizmuller, RF Design Guide Systems, Circuits, and Equations, Artech House, 1995.
- [12] Xinzhong Duo, Li-Rong Zheng, Mohammed Ismail and Hannu Tenhunen, A Concurrent Multi-Band LNA for Multi-Standard Radios, IEEE 2005.

# Desain Awal Instrumen untuk Sistem Pengukuran Kecepatan Denyut Nadi

Rocky Alfanz

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten

Email: rocky.alfanz@ft-untirta.ac.id

**Abstrak** — Kecepatan denyut nadi (*Pulse Wave velocity/PWV*) menggambarkan seberapa cepat denyut tekanan darah melakukan perjalanan dari satu titik ke titik lain dalam tubuh manusia. Dari perhitungan kecepatan denyut nadi, dapat diketahui seberapa keras jantung telah bekerja. Denyut nadi yang terlalu cepat, terlalu lambat, atau tidak beraturan dapat berarti gangguan pada jantung. Sebuah diagram skematik desain alat pengukuran *PWV* yang terdiri dari sensor, penguat dan penyaring sinyal, instrument khusus untuk akuisisi data, serta sistem pengolah telah di rancang. Pengukuran *PWV* dilakukan dengan menghitung jarak antara gelombang berjalan ( $\Delta D$ ) di bagi dengan selisih perbedaan waktu yang di tempuh gelombang gerak pada jarak tersebut ( $\Delta T$ ).

**Kata Kunci** : kecepatan denyut nadi (*Pulse Wave Velocity/PWV*), kardiovaskular, sensor, sistem data akuisisi, disain instrumen.

**Abstract** — Speed pulse (*Pulse wave velocity / PWV*) describes how fast the blood pressure pulse to travel from one point to another within the human body. Calculation speed of the pulse, it can be seen how hard the heart has to work. Pulse rate that is too fast, too slow, or irregular heart can mean interference. A schematic diagram of the *PWV* measurement tool design consists of sensors, signal amplifiers and filters, specialized instruments for data acquisition, serta processing system has been designed. *PWV* measurement is done by calculating the distance between wave ( $\Delta D$ ) divided by the difference in the travel time difference *at a distance the wave motion* ( $\Delta T$ ).

**Keywords** : speed pulse (*Pulse Wave Velocity / PWV*), cardiovascular, sensors, a data acquisition system, the design of the instrument.

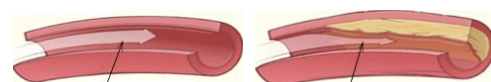
## I. PENDAHULUAN

Tekanan darah tinggi merupakan faktor penting yang mempengaruhi risiko kardiovaskular. Umumnya komponen penilaian untuk tekanan darah dapat di lihat dari perbedaan denyut tekanan antara puncak dan lembah dari tekanan sistolik dan tekanan diastolik gelombang tekanan darah, masing-masing. Hal inilah yang saat ini dapat di jadikan acuan paling mudah untuk mengetahui resiko factor kardiovaskular. Kecepatan denyut gelombang (*Pulse Wave Velocity/PWV*) merupakan index yang penting untuk mengetahui resiko disfungsi kardiovaskular dan dipergunakan sebagai peringatan awal untuk kemungkinan terjadinya factor resiko tersebut. Bahkan, pada beberapa populasi pasien, hal ini merupakan faktor yang paling penting untuk mengukur tekanan darah [1].

Denyut merupakan pemeriksaan pada pembuluh nadi atau arteri. Nadi adalah denyut nadi yang teraba pada dinding pembuluh darah arteri yang berdasarkan sistolik dan diastolik dari jantung. *PWV* menggambarkan seberapa cepat denyut tekanan darah melakukan perjalanan dari satu titik ke titik lain dalam tubuh manusia. Setiap kali jantung berdenyut, sebuah gelombang melakukan perjalanan dari jantung ke dinding arteri di dalam aliran darah [2]. Hal inilah yang menjadi dasar untuk pengukuran kecepatan denyut nadi

(*PWV*). Pengukuran denyut nadi ini merupakan metode noninvasive, tentu saja hal ini mempermudah untuk mengetahui kekakuan denyut nadi, sehingga didapatkan suatu standar yang lebih optimal berhubungan dengan keakurasian, reproduksibilitas, pengukuran relatif mudah, dan biaya rendah [3, 4]. Denyut merupakan pemeriksaan pada pembuluh nadi atau arteri.

Pengukuran dan pemeriksaan denyut pada pembuluh nadi atau arteri dapat dilakukan pada beberapa titik denyut misalnya denyut arteri radialis pada pergelangan tangan, arteri brachialis pada lengan atas, arteri karotis pada leher, arteri poplitea pada belakang lutut, arteri dorsalis pedis atau arteri tibialis posterior pada kaki.



(a) Arteri (b) arteri yang tersumbat  
Gambar 1. Perbedaan laju aliran darah antara arteri yang normal dan yang terhambat.

(Source: [www.health-news-and-information.com](http://www.health-news-and-information.com))

Dari denyut nadi, dapat diketahui seberapa keras jantung bekerja, dan dapat pula untuk menentukan diagnosa sehingga segera dapat diketahui jika adanya kelainan-kelainan pada seseorang. Dengan adanya pengetahuan tentang denyut nadi, tipe penyakit



kardiovaskular dapat di dioagnosa berdasarkan perbedaan ketajaman, amplitude dan ritme dari denyutnya. Faktor dari efek kardiovaskular ini dapat berupa volume stroke dari hati, kepatuhan jaringan jantung dan karakter ejeksi jantung sistolik. Berbagai penyakit yang berhubungan dengan kardiovaskular dapat didiagnosis berdasarkan berbagai jenis bentuk denyut kardiovaskular [5].

Variasi tekanan di dalam arteri akan mempengaruhi pergerakan dinding arteri, ketika tekanan meningkat, pergerakan dinding arteri menurun. Dengan mengukur tekanan darah dan kecepatan radial dari dinding arteri adalah mungkin untuk mengevaluasi modulus elastis dan memperkirakan elastisitas dinding arteri. Elastisitas arteri (kepatuhan) ditentukan sebagai rasio perubahan volume ( $\Delta V$ ) untuk mengubah tekanan ( $\Delta P$ ). Persamaan ini untuk menghitung Elastisitas arteri

$$C = \Delta V / \Delta P$$

Volume dapat digantikan oleh luas penampang,  $\Delta A$  [6]. Sifat elastis dan geometris dari arteri juga menentukan seberapa cepat denyut tekanan perjalanan melalui sistem kardiovaskular. Berikut beberapa persamaan dari literature untuk menghitung PWV:

*Moens korteweg:*  $PWV^2 = E.h / 2 r . \rho$ ,

*Bergel correction:*  $PWV^2 = E.h / 2 r . \rho (1 - \sigma^2)$

*Bramwell & Hill:*  $PWV^2 = \Delta P.V / \Delta v . \rho$ ;

*Distensibility:*  $\Delta V / \Delta P.V = \Delta = 1 / \rho PWV^2$

Keterangan:

- E = Young's modulus
- h = ketebalan dinding
- r = jari-jari vessel
- $\rho$  = densitas darah
- $\sigma$  = angka poisson = transversal / longitudinal strain
- $\Delta P, \Delta V$  = perubahan dalam tekanan dan volum,
- V = besaran volum,
- $\rho$  = densitas darah

## II. METODOLOGI

Menurut konsep hydromechanics, dengan tekanan yang sama, jika aterosklerosis akan membuat luas penampang pembuluh menjadi lebih kecil, maka hal ini akan dapat meningkatkan kecepatan aliran darah. Jika diperoleh hasil nilai PWV yang besar, hal ini menandakan adanya kondisi yang serius untuk sclerosis vaskuler. Umumnya, pengukuran PWV dilakukan dengan menggunakan dua titik pengukuran pembuluh darah, yang didefinisikan sebagai rasio jarak transmisi gelombang denyut dan denyut waktu transmisi gelombang [7]. Oleh karena itu, untuk desain alat pengukuran PWV ini diperlukan suatu sensor untuk mengukur kondisi pembuluh arteri agar di dapatkan sinyal pengukur untuk mendapatkan akuisisi waktu dan

mendapatkan perbedaan waktu dari sinyal gelombang denyut. Pengukuran jarak transmisi sinyal dari dua titik juga diperlukan. Pengukuran indeks PWV dapat dihitung kemudian dengan mendefinisikan:

Kecepatan yang lebih tinggi = kekakuan lebih tinggi.

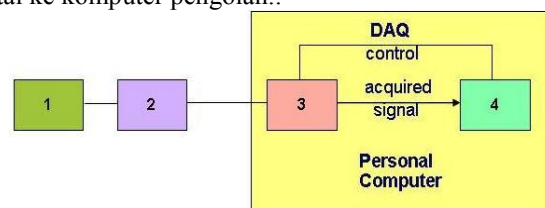
Kecepatan yang lebih tinggi = distensibilitas lebih rendah

Tingginya indeks PWV (Pulse Velocity gelombang) menunjukkan adanya kekakuan pembuluh arteri yang lebih tinggi, hal ini akan membuat infleksiabilitas dari dinding arteri meningkat, karena energi dari denyut etiap tekanan darah tidak dapat disimpan dalam dinding pembuluh yang fleksibel.

Secara umum denyut nadi jantung yang normal yakni sekitar 60-100 kali setiap menit, sedang denyut jantung yang lambat kurang dari 60 kali per menit dan yang cepat lebih dari 100 kali per menit. Jadi sangat penting untuk mengetahui jika ada sesuatu yang berbeda dari kecepatan denyut nadi (PWV) normal secara rutin. Desain alat pengukur kecepatan denyut nadi (PWV) yang non-invasif, akurat, mudah digunakan sehari-hari dan rendah biaya tentu akan sangat membantu dalam pencegahan resiko kardiovaskular secara dini.

## III. PREPARASI DESAIN INSTRUMENT PWV

Sebuah diagram skematik dari peralatan yang digunakan untuk desain alat pengukuran PWV ditunjukkan pada Gambar 2. Untuk pengukuran sensor klip digunakan sensor dengan karakteristik reflektif sensor seperti yang tertera pada Gambar 2, blok 1. Alat khusus untuk memperkuat dan menyaring sinyal dirancang pada blok 2. Sebuah instrument khusus untuk akuisisi data di desain di blok 3, yang di gunakan untuk mendigitalkan sinyal lokal dan mengirimkan data digital ke komputer pengolah.:

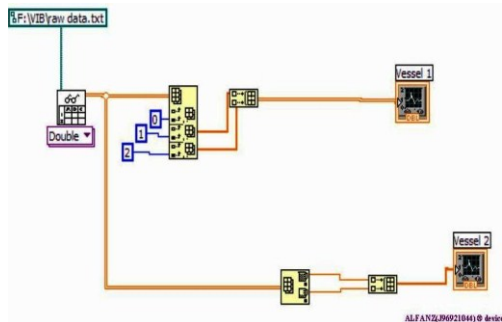


Gambar 2. Desain riset untuk diagram blok instrument pengukur PWV

Sinyal dari sensor diperkuat oleh penguat sinyal dan kemudian sinyal diarahkan ke papan system akuisisi data dan analog-ke-digital konversi berlangsung. Setelah data diperoleh dan diterima adalah mungkin untuk memproses dan memanipulasinya. Perangkat lunak pada blok 4 yang digunakan terdiri dari program-program berikut: program utama untuk akuisisi data, program untuk analisis sinyal, program untuk perhitungan.

**IV. PERANGKAT DESAIN ALAT PENGUKUR PWV**

Perangkat untuk mengukur kecepatan denyut gelombang dalam SOFTWARE LabVIEW 8.5 pembuluh darah terdiri dari:



Gambar 3. Diagram skematik peralatan yang digunakan untuk desain alat pengukuran PWV.

**4.1. Sensor**

Sebuah analisa sinyal yang digunakan sebagai sensor penerima. Sensor yang digunakan adalah CNY 70 sensor sebuah perangkat yang mengukur kuantitas fisik dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat dibaca oleh pengamat atau dengan instrumen. Sensor ini merupakan jenis reflektif optikal sensor, yang mencakup infrared emitter infra merah dan fototransistor yang terbungkus dalam kotak tembus cahaya. Jika sensor tidak ideal, beberapa jenis penyimpangan akan teramati. Penyimpangan ini dapat diklasifikasikan sebagai kesalahan sistematis atau kesalahan acak. Kesalahan sistematis terkadang dapat dikompensasikan dengan cara semacam strategi kalibrasi. Kebisingan adalah kesalahan acak yang dapat dikurangi dengan pemrosesan sinyal, seperti penyaringan, biasanya dengan mengorbankan sifat dinamis dari sensor.

**4.2. Amplifier dan Penyaringan**

Umumnya, sebuah amplifier adalah salah satu perangkat yang dapat mengubah, biasanya meningkatkan amplitudo sinyal, berupa sinyal tegangan atau arus. Hubungan input ke output dari sebuah amplifier dapat dinyatakan sebagai fungsi dari frekuensi input atau disebut fungsi transfer amplifier, dan besarnya fungsi transfer disebut gain. Sebuah perangkat terkait yang menekankan konversi sinyal dari satu jenis yang lain adalah sensor. Penguat dihubungkan dengan filter, yang melakukan fungsi pemrosesan sinyal.

**4.3. Akuisisi Data Sistem.**

Sebuah sistem akuisisi data (DAQ) adalah perangkat yang dirancang untuk mengukur dan log beberapa parameter. Tujuan dari sistem akuisisi data umumnya analisis data login dan perbaikan obyek pengukuran. Sistem akuisisi data biasanya berbasis elektronik, dan terbuat dari hardware dan software. Bagian hardware terbuat dari sensor, kabel dan komponen elektronik (di antaranya memori adalah tempat informasi disimpan). Bagian perangkat lunak terbuat dari logika akuisisi data

dan perangkat lunak analisis (dan beberapa utilitas lain yang dapat digunakan untuk mengkonfigurasi logika atau untuk memindahkan data dari memori akuisisi data ke laptop atau ke komputer mainframe). Dalam desain ini, Akuisisi data sistem yang digunakan merupakan perangkat khusus dari Nasional Instrumen yang terhubung oleh rangkaian untuk memperkuat dan menyaring denyut yang melalui dari sinyal 1 untuk sinyal 2.

**4.4. Microprocessor.**

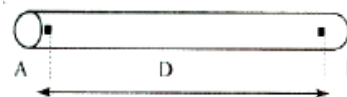
Mikroprosesor menerima potongan jumlah data sementara data percobaan ini sampling dan kemudian melanjutkan dengan perhitungan puncak, melalui, dan gelombang.

**4.5. Penentuan Kecepatan gelombang Pulse (PWV)**

Untuk menentukan pengukuran PWV, Setelah merekam sinyal denyut gelombang di jari subjek dan kapal lengan, mikroprosesor menerima total ribu keping data, dan hasil perhitungan dengan perolehan puncak, melalui, dan alat pengukur. Perangkat lunak berupa paket program blok LabVIEW digunakan untuk akuisisi data, analisis sinyal, dan perhitungan

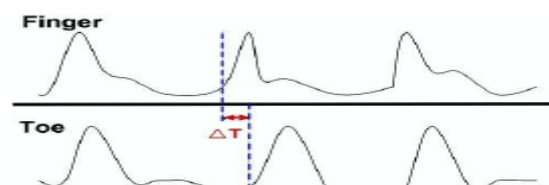
**V. PENGUKURAN KECEPATAN DENYUT NADI (PWV)**

Penentuan variasi tekanan di dalam arteri mempengaruhi pergerakan dinding arteri. Ketika tekanan meningkat, gerakan dinding arteri akan menurun.



Gambar 4. Prinsip komputasi untuk PWV: A= titik di jari, B=titik di lengan bawah, and D= Jarak antara dua titik sensor

Pengukuran kecepatan denyut nadi di sini di desain dengan cara menghitung perbedaan kecepatan antara dua gelombang yang berjalan yang telah di deteksi melalui dua sensor seperti yang terilustrasi pada gambar 4 (yang di letakkan di jari dan di lengan). PWV di definisikan sebagai jarak antara gelombang berjalan ( $\Delta D$ ) di bagi dengan selisih perbedaan waktu yang di tempuh gelombang gerak pada jarak tersebut ( $\Delta T$ ) seperti yang terdapat pada Gambar 5. Tekanan pembuluh arteri yang tepat dan pengukuran aliran dilakukan untuk memperkirakan dan menghitung karakteristik atau gelombang refleksi tekanan di dua lokasi terpisah jarak meskipun ada kemungkinan ada masalah konseptual dengan istilah "refleksi gelombang" dalam sistem arteri.



Gambar 5. Gelombang selisih perbedaan waktu tempuh antara denyut di titik jari dan titik di pergelangan tangan.

Contoh perhingan data PWV:

- $\Delta$  Distance (From point 1 to 2) : 30cm
- T1 : 102ms
- T2 : 67ms

$$\begin{aligned} \text{PWV} &= \Delta D / \Delta T \\ &= 30\text{cm} / (102 - 67)\text{ms} \\ &= 0.85\text{cm/ms} \end{aligned}$$

$$\text{PWV} = 8.5\text{m/s}$$

## VI. KESIMPULAN

Dari perhitungan kecepatan denyut nadi, dapat diketahui seberapa keras jantung telah bekerja. Denyut nadi yang terlalu cepat, terlalu lambat, atau tidak beraturan dapat berarti gangguan pada jantung.

Sebuah diagram skematik desain alat pengukuran PWV yang terdiri dari sensor, penguat dan penyaring sinyal, instrument khusus untuk akuisisi data, serta sistem pengolah telah dirancang.

Pengukuran PWV dilakukan dengan menghitung jarak antara gelombang berjalan ( $\Delta D$ ) dibagi dengan selisih perbedaan waktu yang ditempuh gelombang gerak pada jarak tersebut ( $\Delta T$ )

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lakatta EG. Cardiovascular aging research: the next horizons. *J Am Geriatr Soc.* 1999;47:613–625.
- [2] Gary F. Mitchell, Marc A. Pfeffer, Peter V. Finn, and Janice M. Pfeffer, Comparison of techniques for measuring pulse-wave velocity in the rat, *Journal of Applied Physiology*, Vol. 82, No. 1, pp. 203-210, January 1997.
- [3] P. Boutouyrie and S. J. Vermeersch, "Reference values for arterial stiffness' collaboration. Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: "establishing normal and reference values", *European Heart Journal*, vol. 31, no. 19, pp. 2338–2350, 2010. View at Publisher · View at Google ScholarS.
- [4] Laurent, J. Cockcroft, L. van Bortel, et al., "European network for non-invasive investigation of large arteries. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications," *European Heart Journal*, vol. 27, no. 21, pp. 2588–2605, 2006.].
- [5] Bates B (1995) A Guide to Physical Examination, 6th edition, J.B. Lippincott Company, Philadelphia, USA.
- [6] Pythoud F, Stergiopoulos N & Meister J J (1994) Modelling of the wave transmission properties of large arteries using nonlinear elastic tube. *Journal of Biomechanics* 27: 1379–1381.
- [7] Chen, Y.K, et al, 'A New Dual Channel Pulse Wave Velocity Measurement System', *Proceeding of the Fourt IEEE Symposium on Bioinformatics and Bioengineering System (BIBE04)*, 2004
- [8] Vishay Semiconductors, document number: 83751, Rev. 1.8, 30 July 2012

## Analisis Efektifitas Bandwidth Menggunakan Ipcop (Studi Kasus : Balai Besar Teknologi Energi)

Viva Arifin<sup>1</sup>, R. Inge Fitriana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Informatika UIN Syarif Hidayatullah Jakarta; viva\_arifin@uinjkt.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Informatika UIN Syarif Hidayatullah Jakarta; freezyfizz@gmail.com

**Abstrak** — Pada Balai Besar Teknologi Energi (B2TE) kerap mengalami masalah koneksi. Masalah koneksi dapat mengganggu jalannya aktifitas komunikasi. Untuk menanggulangi masalah tersebut, maka perlu adanya pengaturan bandwidth. Salah satu pengaturan bandwidth yang dapat menurunkan beban bandwidth adalah menggunakan pemakaian dua jalur modem ADSL. Pada IPCop pembatasan bandwidth menggunakan Advanced Proxy yaitu dengan download throttling. Pada B2TE total bandwidth pada jaringan antarmuka GREEN adalah 2 Mbps, kemudian dibatasi setiap host/pengguna untuk mengunduh adalah 512 Kbps. Begitu juga pada jaringan antarmuka BLUE bandwidth yang disediakan adalah 512 Kbps, dan untuk setiap pengguna dibatasi untuk mengunduh adalah 512 Kbps. Traffic shaping digunakan untuk membatasi kecepatan lajur. Maksimal kecepatan dibatasi hanya sampai 1 Mbps, sedangkan untuk mengunduh 512 Kbps. Hal ini untuk mencegah para pengguna mengunduh data secara berlebihan yang mengakibatkan pemborosan bandwidth.

**Kata kunci** : Bandwidth, IPCop

**Abstract** — At the Center for Energy Technology (B2TE) often experience connection problems. Connection problems can disrupt the communication activities. One of such problems, hence the need for bandwidth settings. One of the settings that can reduce the load of bandwidth bandwidth usage is to use two ADSL modem lines. Restrictions on bandwidth using IPCop Advanced Proxy is to download throttling. At B2TE total bandwidth on the network interface GREEN is 2 Mbps, then limited each host / user to download is 512 Kbps. So also the BLUE network interface bandwidth provided is 512 Kbps, and for each user is limited to 512 Kbps download. Traffic shaping is used to limit the speed lane. Limited to a maximum speed of 1 Mbps, while for mengunduh 512 Kbps. This is to prevent users to download data in excess resulting in wastage of bandwidth.

**Keywords**: Bandwidth, IPCop

### 1. PENDAHULUAN

Bandwidth internet di Indonesia saat ini sangatlah mahal disebabkan minimnya bandwidth internasional yang disediakan oleh pemerintah, sehingga suatu perusahaan harus dapat secara bijak menggunakan bandwidth yang tersedia dengan sebaik mungkin. Dengan bandwidth tersebut harus bisa melayani ratusan pengguna yang ingin menggunakan internet secara bersamaan. Jika tidak diatur, kemungkinan besar lalu lintas dan bandwidth akan penuh ketika digunakan oleh beberapa pengguna sekaligus, maka diperlukan suatu sistem manajemen lalu lintas dan bandwidth dengan menggunakan IPCop sebagai alatnya. IPCop adalah suatu distribusi Linux yang digunakan sebagai alat yang memiliki kemampuan untuk mengatur bandwidth dalam jaringan lokal

### 2. LANDASAN TEORI

#### a. Definisi Analisis

Analisis adalah suatu kegiatan untuk memahami seluruh informasi yang terdapat pada suatu kasus, mengetahui isu apa yang sedang terjadi, dan

memutuskan tindakan apa yang harus segera dilakukan untuk memecahkan masalah.

#### b. Konsep Bandwidth

Istilah *bandwidth management* sering dipertukarkan dengan istilah *traffic control*, yang dapat didefinisikan sebagai pengalokasian yang tepat dari suatu bandwidth untuk mendukung kebutuhan atau keperluan aplikasi atau suatu layanan jaringan. Istilah *bandwidth* dapat didefinisikan sebagai kapasitas atau daya tampung suatu *channel* komunikasi (medium komunikasi) untuk dapat dilewati sejumlah arus informasi atau data dalam satuan waktu tertentu. Umumnya *bandwidth* dihitung dalam satuan bit, kbit atau bps (*byte per second*). Pengalokasian *bandwidth* yang tepat menjadi salah satu metode dalam memberikan jaminan kualitas suatu layanan jaringan atau yang biasa disebut dengan istilah *Quality Of Services* (Saptono, 2010).

*Bandwidth* sebagai salah satu media yang menentukan performa dari suatu jaringan karena *bandwidth* merupakan media pembawa informasi. *Bandwidth* menjadi faktor batasan dalam transfer data,

hal ini dapat terjadi disebabkan kemampuan dari suatu perangkat jaringan yang tidak mendukung atau kesalahan dalam penggunaannya. Contoh : Sebuah PC memiliki NIC dengan spesifikasi 10/100 kbps, terkoneksi kedalam jaringan menggunakan media kabel UTP dan *bandwidth internet* yang dimiliki adalah sebesar 32 Kbps, dan user akan mengirim data sebesar 100 KB maka yang terjadi adalah data yang dikirim akan memakan waktu yang cukup lama untuk sampai pada komputer tujuan.

*Bandwidth* sebagai media yang membawa paket data dalam suatu jaringan. Transfer data yang terjadi tergantung dari jarak, waktu, dan perangkat yang digunakan, misalkan sebuah komputer desktop memiliki NIC dengan kemampuan mengirim data sebesar 100 Mbps namun bukan berarti data yang mengalir 100 Mbps. Hal ini disebut sebagai *throughput* dan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : Perangkat Jaringan, Tipe atau jenis data yang mengalir, Topologi Jaringan, Jumlah pengguna dalam jaringan, Jumlah komputer, Komputer server, Kondisi power (listrik)

c. Sistem Operasi Linux Ubuntu

Ubuntu merupakan salah satu distribusi Linux yang berbasis Debian. Proyek Ubuntu resmi disponsori oleh *Canonical Ltd* yang merupakan perusahaan milik seorang kosmonot asal Afrika Selatan Mark Shuttleworth. Nama Ubuntu diambil dari nama sebuah konsep ideologi di Afrika Selatan, "Ubuntu" berasal dari bahasa kuno Afrika, yang berarti "rasa perikemanusiaan terhadap sesama manusia".

Tujuan dari distribusi Linux Ubuntu adalah membawa semangat yang terkandung di dalam Filosofi Ubuntu ke dalam dunia perangkat lunak.

Ubuntu adalah Sistem operasi lengkap berbasis Linux, tersedia secara bebas dan mempunyai dukungan baik yang berasal dari komunitas maupun tenaga ahli profesional.

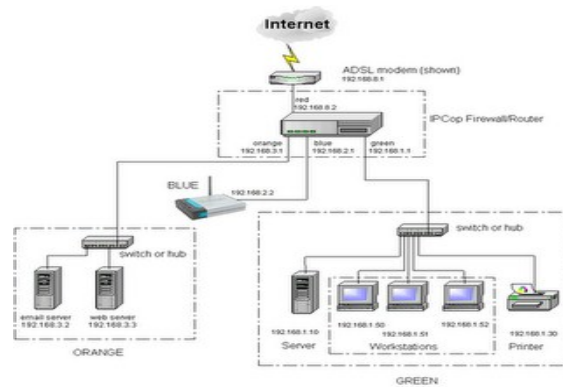
d. IPCop

IPCop adalah suatu distribusi *open source* Linux yang menyediakan fitur *simple-to-manage firewall appliance* berbasis perangkat keras PC.

IPCop juga merupakan suatu *stateful firewall* dibuat berdasarkan pada Linux *netfilter framework*. IPCop sangat sederhana, dan memiliki fitur *user-managed* atau pengaturan pengguna untuk mekanisme peningkatan keamanannya. Bahkan cenderung mudah dipahami untuk yang para pemula, dan handal untuk yang sudah berpengalaman. "The Bad Packet Stop Here" merupakan slogan yang diusung untuk menjadikan IPCop sebagai *firewall* yang handal.

e. Konfigurasi IPCop

Jaringan antarmuka atau *Network interface* IPCop terdefinisi atas empat macam yaitu RED, GREEN, BLUE dan ORANGE.

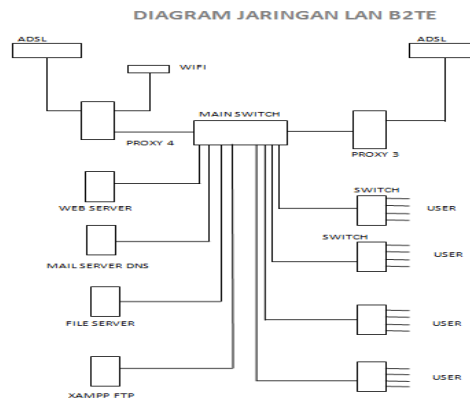


Gambar 1. Contoh Konfigurasi RED, ORANGE, BLUE, GREEN

3. IMPLEMENTASI IPCop

a. Topologi Jaringan B2TE

Jaringan di B2TE menggunakan topologi *STAR*. Sebuah *main switch* dengan kapasitas 1 GB menghubungkan 2 buah *proxy server*, *web server*, *mail server*, *file server*, *xampp* dan *ftp*. Satu port terhubung dengan sebuah konverter *fiber optic-RJ45* dan port-port lainnya terhubung dengan empat buah *switch* yang masing-masing terhubung dengan pengguna di bagian divisi berbeda di B2TE.



Gambar 2. Topologi Jaringan di B2TE

Terdapat dua jalur modem ADSL di B2TE yang masing-masing sebesar 2 MB dihubungkan dengan komputer yang berfungsi sebagai *proxy server*. *Proxy server* digunakan sebagai *gateway* atau jembatan dari terjadinya transaksi data antara *internet* (modem) dan jaringan lokal. Penggunaan *proxy server* bertujuan agar *web browser* tidak langsung mengakses halaman *web*, namun dengan *queue* atau antrian. Seperti sebuah *cache*, *proxy server* dapat menyimpan halaman *web* yang pernah diakses untuk kemudian jika ada yang mengakses halaman tersebut lagi, *web* tersebut dapat diakses dengan lebih cepat. Hal ini juga berpengaruh terhadap *bandwidth* yang digunakan, terutama disaat pemakaian pengguna yang bersamaan karena dapat menghemat pemakaian *bandwidth*. Aplikasi yang digunakan sebagai *proxy server* adalah IPCop, sebuah sistem operasi berbasis linux.

Pada Gambar 2. terhubung dengan jaringan *wi-fi*. Jaringan ini telah tersedia dan dikelola oleh kawasan

PUSPIPTEK, sehingga B2TE tidak ikut mengontrol jaringan ini.

Seorang pengguna hendak mengakses *web* B2TE dengan alamat 118.96.8.xxx port 80. Secara umum port ini akan di blok oleh *server* untuk mengurangi akses yang tidak diinginkan. Namun port tersebut beserta email dan ftp, yaitu port 443 dan 21 telah dimodifikasi pada IPCop agar dapat di akses oleh jaringan eksternal.

Keuntungan menggunakan dua jalur modem adalah *Fail Over Redudancy*, yaitu jika satu jalur down atau rusak, maka semua pengguna akan di arahkan ke jalur yang lainnya karena masih berfungsi baik. Penggunaan dua jalur ADSL ini juga bermanfaat menurunkan beban *bandwidth* dari sekian banyaknya pengguna.

b. Fitur-fitur IPCop

Untuk mengakses IPCop cukup dengan memasukkan alamat IP yang terhubung dengan jaringan antarmuka GREEN atau *hostname* dari IPCop *server*, yaitu port 445 (menggunakan *https/secure*) atau 81 (dialihkan ke 445). Untuk akses IPCop di B2TE telah dimodifikasi portnya, sehingga menjadi <https://118.96.8.xxx:4445>.

Untuk mengganti port tersebut menggunakan *command line*:

```
$/usr/local/bin/setreservedports 4445
```



Gambar 3. Tampilan Home IPCop

c. Tampilan Fitur-fitur IPCop

1. *SSH Client* (Gambar 4)

Memperbolehkan IPCop diakses dari jaringan eksternal. Jika fitur ini diaktifkan, maka IPCop akan dapat diakses secara *remote* dari jaringan luar. Pada gambar 4, *Port default* untuk *SSH Client* IPCop adalah 222.

2. *Services* (Gambar 5)

Pada gambar 5, menampilkan layanan apa saja yang sedang berjalan dan yang tidak berjalan beserta besarnya pemakaian layanan pada jaringan lokal B2TE.

3. *Memory/swapfile* (Gambar 6)

Pada gambar 6, menampilkan besar, ukuran, dan pemakaian RAM *cache* dan *Swap* pada IPCop.

4. *Disk Usage* (Gambar 7)

Menampilkan besar penggunaan ruang penyimpanan pada IPCop. Pada gambar 7, memperlihatkan alat penyimpanan /dev/root yang diakses dari /(root) dengan kapasitas 8084 MB telah terpakai 6009 MB, sehingga persentase menjadi 76% pemakaian.

5. *Routing Table* (Gambar 8)

Pada gambar 8 terlihat daftar tabel *routing* yang masuk melewati IPCop

6. Tabel ARP (Gambar 9)

Pada gambar 9, mengidentifikasi *MAC address* dari *host* tujuan untuk menghubungkan jaringan lokal dengan jaringan luar.

7. *Traffic Graph* (Gambar 10)

Menunjukkan grafik dari lalu lintas masuk dan keluar. Setiap jaringan antarmuka masing-masing ditampilkan terpisah. Setiap gambar menampilkan grafik lalu lintas per hari, minggu, bulan dan tahun dengan mengklik gambar tersebut. Pada gambar 10, menunjukkan grafik lalu lintas pemakaian per hari yang mulai meningkat dari pukul 8.00 hingga 20.00.

8. *Proxy Graph* (Gambar 11)

Menampilkan lalu lintas melalui layanan *proxy* IPCop. Informasi yang ditampilkan berguna untuk melihat apakah ukuran *proxy* sesuai dengan beban yang berjalan. Pada gambar 11, memperlihatkan informasi berupa tanggal dan waktu grafik dibuat, durasi analisis, kecepatan, tanggal dan waktu mulai dan berhenti grafik, dan domain

9. *Connections Menu* (Gambar 12)

IPCop menggunakan Linux Netfilter atau fasilitas *IPTables firewall* untuk memelihara *firewall* tetap terjaga, yang berguna menelusuri koneksi yang menuju dan berasal dari seluruh alamat jaringan antarmuka IP, berdasarkan tujuan dan asal alamat IP dan port, sebagaimana status dari koneksi itu sendiri. Pada gambar 12, menunjukkan protokol yang digunakan, sumber dan tujuan berakhirnya paket. Untuk melihat DNS lookup klik pada sebuah alamat IP.

10. *Dialup* (Gambar 13)

Digunakan jika akses *internet* menggunakan modem analog, ISDN atau koneksi DSL. B2TE menggunakan jalur Speedy sebagai koneksi *internet*. Fitur *Dialup* memindahkan *dial up* dari modem Speedy ke dalam IPCop agar memudahkan koneksi akses eksternal. Disebut juga dengan PPPoE.

Keterangan pada gambar 13, [a] Inisiasi layanan ISP yang digunakan adalah Speedy, [b] Untuk memindahkan *dialup* ke IPCop masukkan nama pengguna dari Speedy beserta *password* yang telah mereka berikan, gunakan metode PAP or CHAP, [c] lalu masukkan DNS primer dan sekunder dari Speedy tersebut

11. *Hostname* (Gambar 14).

Pada DNS *proxy* di IPCop kita dapat memasukkan nama-nama *host* yang ingin kita monitor secara manual dalam jaringan lokal. Bisa berupa perangkat lokal atau perangkat *internet* yang ingin kita ambil alih. Pada gambar 14, terdapat daftar alamat IP beserta *hostname* serta domain yang telah dibuat oleh B2TE yang di monitor sendiri oleh B2TE.

12. *Traffic shaping* (Gambar 15)

Mengizinkan kita untuk memberi prioritas pada perpindahan lalu lintas IP melalui *firewall*, atau

disebut juga dengan *WonderShaper* yang dibuat untuk memperkecil waktu jeda ketika melakukan ping, memastikan SSH merespon dengan baik ketika dalam keadaan sedang mengunduh ataupun sedang mengunggah. Pada Gambar 15, kecepatan *downlink* dibatasi hingga 1024 kbit/sec sedangkan kecepatan *uplink* dibatasi hingga 512 kbit/sec.

13. *Advanced proxy* (Gambar 16)  
Sebuah *add-ons* atau fitur tambahan untuk menggantikan fitur bawaan IPCop yaitu *Web Proxy server*. *Proxy server* akan membuat *cache* dari halaman *internet* yang pernah dibuka sebelumnya, sehingga jika ada 3 komputer mengakses halaman *web* yang sama maka hanya dibutuhkan satu paket yang ditransfer dari *internet*. Hal ini dapat menghemat *internet* akses di jaringan B2TE. Pada gambar 16, hanya diaktifkan pada lajur jaringan GREEN yaitu jaringan lokal. Port dan *email* admin perlu diisi agar mudah menangani jika terjadi masalah.
14. *Cache management* (Gambar 17)  
Pada gambar 17 untuk menentukan besar ruang *disk memory* dan *harddisk* yang dipakai untuk penyimpanan halaman *web cache* pada *Advanced Proxy*.
15. *Time Restriction* (Gambar 18)  
Admin dapat membatasi pemakaian *internet* pada hari dan jam tertentu dengan mencentang hari dan jam yang ingin ditentukan dengan *Time Restriction*. Pada gambar 18, akses 24 jam setiap hari tanpa transfer limit (batasan transfer) namun ada pembatasan mengunduh untuk jaringan GREEN sebesar 2048 kbit/s dan jaringan BLUE 512 kbit/s.
16. *URL filter* (Gambar 19)  
Digunakan untuk memblokir tema dari situs-situs yang tidak ingin para pengguna untuk dapat mengaksesnya. Pada gambar 19, dengan mencentang tema yang dipilih seperti porno, edukasi dewasa dan jual-beli.
17. *URL Filter Access Control* (Gambar 20)  
Jika ada pengguna yang mencoba mengakses situs-situs yang tidak diijinkan akan keluar pesan seperti pada gambar 20.
18. *Port forwarding* (Gambar 21)  
*Router* berbasis NAT seperti IPCop menolak semua permintaan data yang berasal langsung dari *internet*. Hal ini untuk menjaga LAN komputer tetap aman dari akses yang tidak diinginkan. Di B2TE terdapat beberapa layanan lokal seperti *web server*, *FTP server*, *mail server*, *File server*. *Port forwarding* meneruskan permintaan untuk layanan *internet* yang telah ditentukan, misalnya *web server* kepada mesin atau PC tertentu pada jaringan. Akses *internet* menjadi aman dan lebih mudah dikontrol. Pada gambar 21, menunjukkan port-port yang akan boleh diteruskan beserta alamat tujuannya.
19. *Proxy logs* (Gambar 22)  
Pada gambar 22, menampilkan file-file yang telah dibuat *cache* dari *web proxy server*
20. *Firewall logs* (Gambar 23)

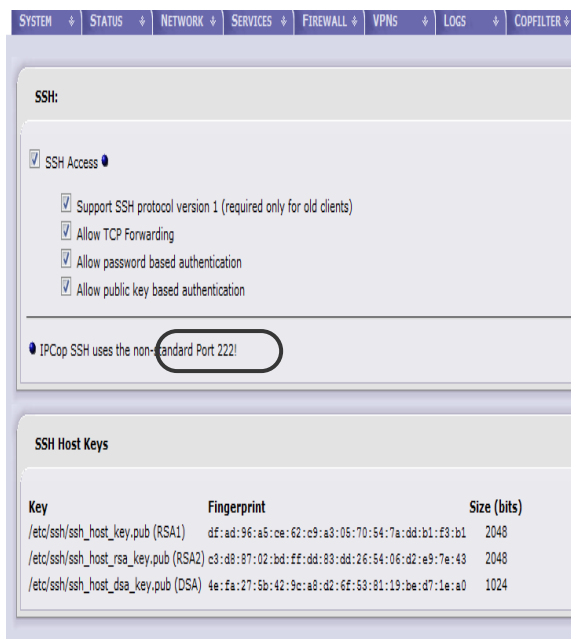
Pada gambar 23, menampilkan paket data yang diblok oleh IPCop *firewall*, waktu kejadian, IP sumber dan IP tujuan, port tujuan, dan protokol yang digunakan paket tersebut.

21. *URL Filter logs* (Gambar 24)
22. *System logs* (Gambar 25)  
Kita dapat melihat catatan sistem. Setiap kategori dapat dilihat pada menu dropdown:  
[1]. IPCop – tampilan standar IPCop seperti profil data PPP dan sambungan terhubung atau terputus dari modem *dialup*.  
[2]. RED – lalu lintas yang melewati tampilan tersebut yang membawa PPP kepada IPCop. Termasuk didalamnya data string yang dikirim, dan yang diterima dari modem dan jaringan antarmuka lainnya. Merupakan sumber yang sangat berguna ketika situasi gagal tersambung.  
[3]. DNS – menampilkan log aktifitas *dnsmasq*, bagian dari layanan penyedia domain.  
[4]. *DHCP server* – menampilkan log aktifitas *DHCP server* pada IPCop.  
[5]. SSH – menampilkan rekaman pengguna yang *log in* dan *log out* IPCop *server* lewat jaringan via antarmuka SSH.

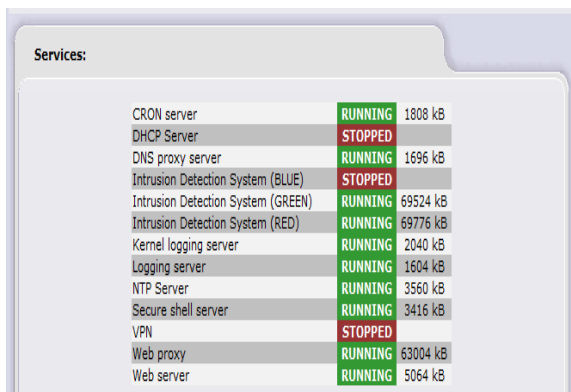
#### 4. ANALISIS PEMAKAIAN BANDWIDTH

1. Terbatasnya sumber *bandwidth* yang dimiliki B2TE, maka dibutuhkan suatu pengaturan dari penggunaan *bandwidth* tersebut. IPCop sebagai OS *Router* digunakan untuk membantu melakukan pengaturan penggunaan pengguna *bandwidth* dan sebagai alat pengawas lalu lintas penggunaan pengguna *bandwidth*. IPCop diharapkan dapat memberikan informasi kepada *administrator* dalam pengaturan penggunaan *bandwidth*.
2. Pada B2TE pemakaian *bandwidth* dapat dilihat pada menu Status – *Traffic Graph*.  
Pada gambar 26, contoh lalu lintas pemakaian *bandwidth* di B2TE.  
[a]. Warna biru menandakan lalu lintas yang masuk dalam byte per detik. Lalu lintas terbesar terjadi antara jam 10.00 hingga jam 20.00.  
[b]. Warna hijau menandakan lalu lintas yang masuk.
3. Pada gambar 27, adalah tampilan lalu lintas per minggu, bulan, dan tahun 2011. Menunjukkan besarnya *bandwidth* yang terpakai selama berlangsung, dan pemakaian terbesar hingga 300 Kbps.
4. Pada gambar 28, Tampilan GREEN *Traffic* per tahun
5. Pada gambar 29, TCP Access Grafik *Proxy*, menunjukkan tampilan pemakaian grafik di B2TE.
6. Pada gambar 30, TCP Transfer dan Rata-rata Durasi Grafik *Prox*. Keterangan dari Gambar 30 pemakaian akses TCP beserta *cache* yang dihasilkan. Dari sini terlihat pemakaian *bandwidth* yang efektif. Kemudian gambar dibawah transfer TCP dan total durasi pemakaian keseluruhan TCP yang berjalan pada B2TE.

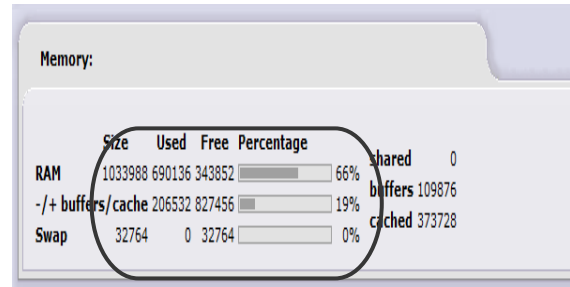
7. Pada gambar 31 *Download Throttling*, Pembatasan *bandwidth* dapat dilihat pada menu *Advanced Proxy* di bagian *download throttling* seperti pada Gambar 31 Pada B2TE total *bandwidth* pada jaringan antarmuka GREEN adalah 2 Mbps, kemudian dibatasi setiap *host*/pengguna untuk mengunduh adalah 512 Kbps. Begitu juga pada jaringan antarmuka BLUE *bandwidth* yang disediakan adalah 512 Kbps, dan untuk setiap pengguna dibatasi untuk mengunduh adalah 512 Kbps.
8. Pada gambar 32 *Traffic shaping*, maksimal kecepatan dibatasi hanya sampai 1 Mbps, sedangkan untuk mengunggah 512 Kbps. Hal ini untuk mencegah para pengguna mengunduh data secara berlebihan yang mengakibatkan pemborosan *bandwidth*.



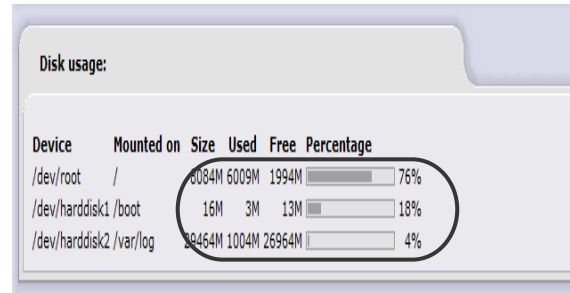
Gambar 4. SSH Client yang diaktifkan



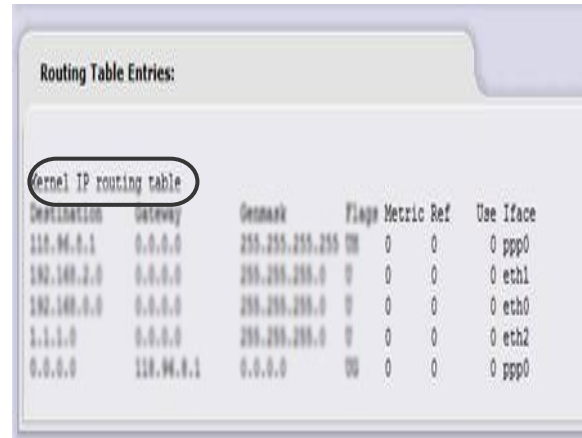
Gambar 5. Services yang berjalan pada IPCop B2TE



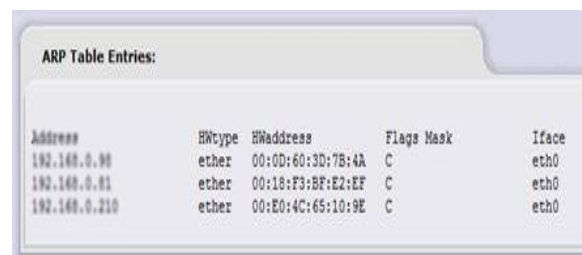
Gambar 6. Pemakaian memory pada menu



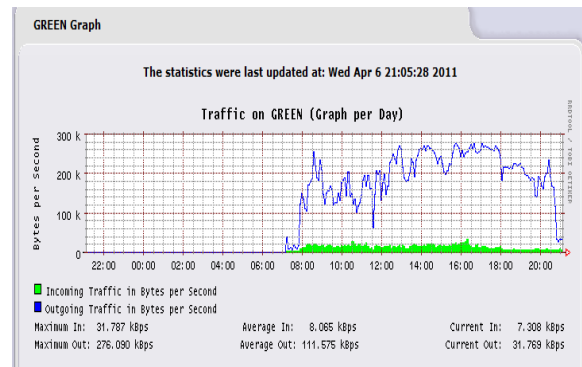
Gambar 7. Disk Usage



Gambar 8. Routing Table

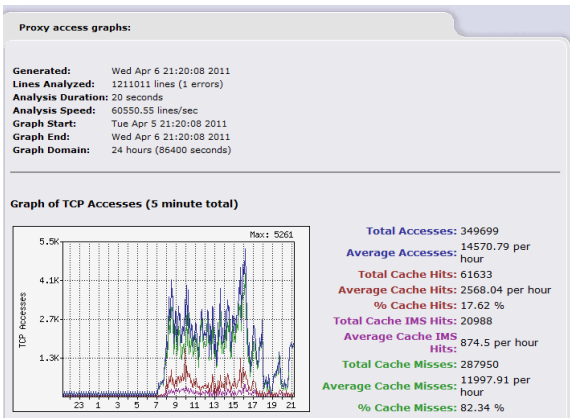


Gambar 9. ARP Table Entries



Gambar 10. Grafik Lalu lintas per hari





Gambar 11. Grafik Proxy

**Current hosts:**

| Host IP address | Hostname    | Domain name     | Action                              |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------------------------------|
| 192.168.0.9     | b2te        | bppt.go.id      | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 192.168.0.9     | kamera      | b2te.bppt.go.id | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 192.168.0.8     | mail        | b2te.bppt.go.id | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 192.168.0.9     | pinjam      | b2te.bppt.go.id | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 192.168.0.9     | putaka      | b2te.bppt.go.id | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 192.168.0.9     | repo        | b2te.bppt.go.id | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 192.168.0.2     | server/b2te | local           | <input type="checkbox"/>            |
| 192.168.0.9     | time        | b2te.bppt.go.id | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 192.168.0.9     | webserver   | b2te.bppt.go.id | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 192.168.0.9     | www         | b2te.bppt.go.id | <input checked="" type="checkbox"/> |

Legend:  Enabled (click to disable)  Disabled (click to enable) Edit Remove

Gambar 14. Hostname

Legend: LAN INTERNET DMZ Wireless IPCop VPN

| Protocol | Expires (Secs) | Connection Status | Original Source IP:Port | Original Dest. IP:Port | Expected Source IP:Port | Expected Dest. IP:Port | Marked      | Use |
|----------|----------------|-------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------|-----|
| udp (17) | 27             |                   | 0.0.0.0:68              | 255.255.255.255:67     | 255.255.255.255:67      | 0.0.0.0:68             | (UNREPLIED) | 1   |
| tcp (6)  | 17             | TIME_WAIT         | 118.96.8.238:41179      | 79.140.171.9:80        | 79.140.171.9:80         | 118.96.8.238:41179     | (ASSURED)   | 1   |
| tcp (6)  | 25             | TIME_WAIT         | 118.96.8.238:41178      | 79.140.171.9:80        | 79.140.171.9:80         | 118.96.8.238:41178     | (ASSURED)   | 1   |
| tcp (6)  | 26             | TIME_WAIT         | 118.96.8.238:41179      | 79.140.171.9:80        | 79.140.171.9:80         | 118.96.8.238:41179     | (ASSURED)   | 1   |
| tcp (6)  | 23             | TIME_WAIT         | 118.96.8.238:41183      | 79.140.171.9:80        | 79.140.171.9:80         | 118.96.8.238:41183     | (ASSURED)   | 1   |
| tcp (6)  | 105            | TIME_WAIT         | 118.96.8.238:41087      | 79.140.171.9:80        | 79.140.171.9:80         | 118.96.8.238:41087     | (ASSURED)   | 1   |

Gambar 12. Connections Menu

**Profiles:** Profile: 1. Speedy

**Connection:** Interface: PPPoE, USB: usb-ohci, Idle timeout (mins): 0, Connect on IPCo restart:

**Reconnection:** Persistent, In case reconnection fails, switch to profile: 1. Speedy, Dial on Demand for DNS: , Holdoff time (in seconds): 30, Maximum retries: 10

**Additional PPPoE settings:** Service name: Speedy, Concentrator name: Speedy

**Authentication:** User name: 123456789@user, Password: \*\*\*\*\*

**DNS:** Automatic, Primary DNS: 202.134.196.159, Secondary DNS: 202.134.0.159

Gambar 13. Dialup

**Settings:** Traffic Shaping, Download speed (kbit/sec): 1024, Uplink speed (kbit/sec): 512

**Add service:** Priority: Medium, Port: , Protocol: TCP, Enabled:

**Traffic shaping services:**

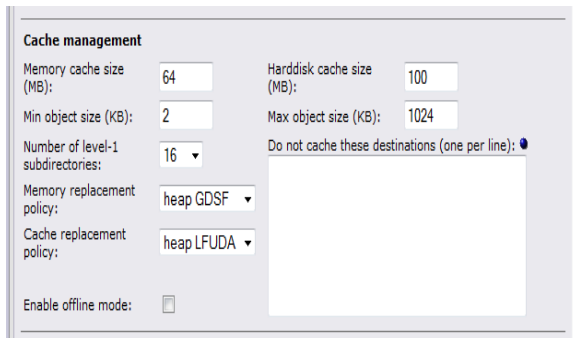
| Priority | Port | Protocol | Action                              |
|----------|------|----------|-------------------------------------|
| High     | 3128 | tcp      | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Medium   | 21   | tcp      | <input checked="" type="checkbox"/> |

Gambar 15. Traffic shaping

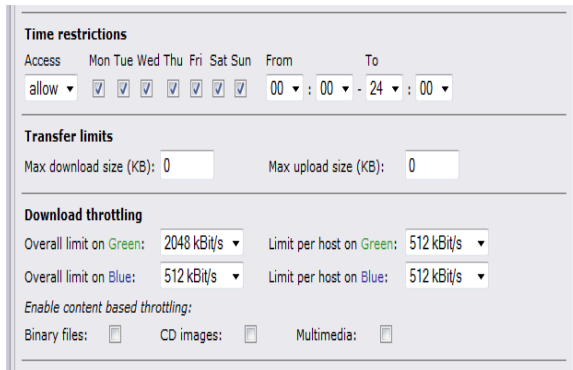
**advanced web proxy modification LUSCA\_HEAD**

**Common settings:** Enabled on Green: , Transparent on Green: , Proxy port: 3128, Visible hostname: Proxy3, Cache administrator: admin@b2te.bppt.go.id, Error messages language: English

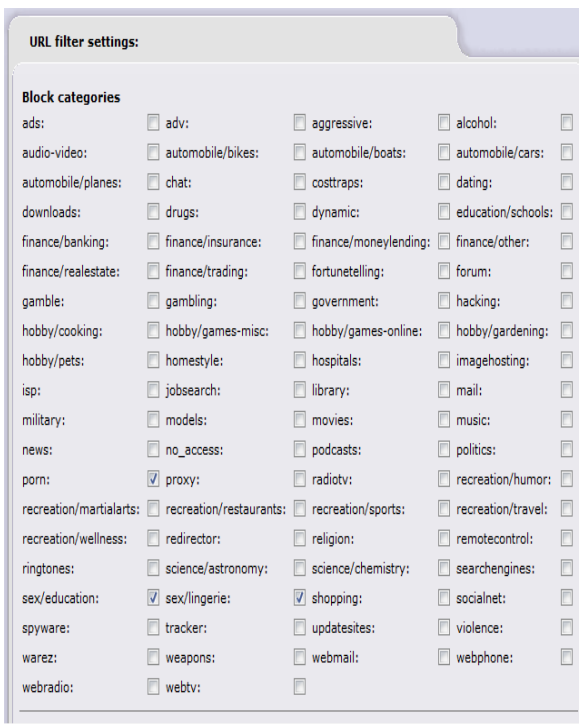
Gambar 16. Advanced Proxy



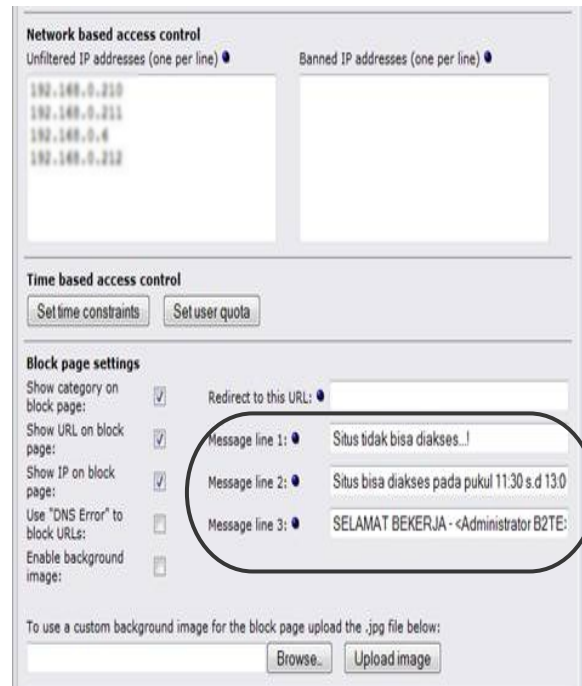
Gambar 17. Cache Management



Gambar 18. Time Restriction



Gambar 19. URL Filter Setting

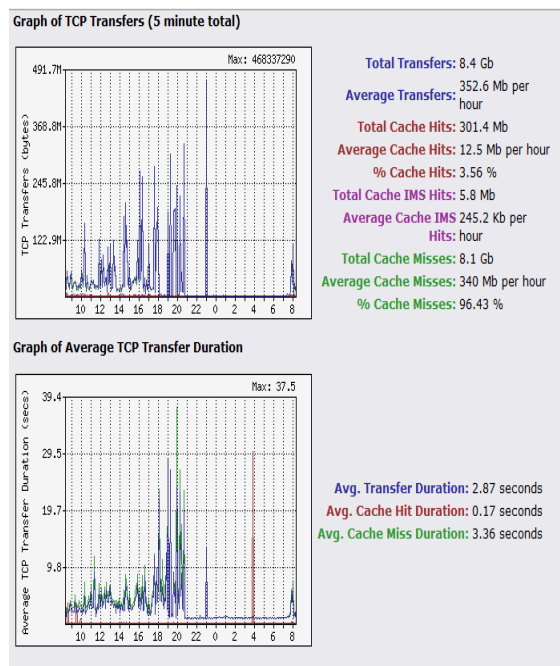


Gambar 20. URL Filter Access Control



Gambar 21. Port forwarding





Gambar 28. TCP Transfer dan Rata-rata Durasi Grafik Proxy

**Time restrictions**

Access: allow, Mon, Tue, Wed, Thu, Fri, Sat, Sun, From: 00:00, To: 24:00

**Transfer limits**

Max download size (KB): 0, Max upload size (KB): 0

**Download throttling**

Overall limit on Green: 2048 kBit/s, Limit per host on Green: 512 kBit/s  
 Overall limit on Blue: 512 kBit/s, Limit per host on Blue: 512 kBit/s

Enable content based throttling:  
 Binary files:  CD images:  Multimedia:

Gambar 29. Download Throttling

**Settings:**

Traffic Shaping  
 Downlink speed (kbit/sec): 1024  
 Uplink speed (kbit/sec): 512

**Add service**

Priority: Medium, Port: , Protocol: TCP, Enabled:

**Traffic shaping services**

| Priority | Port | Protocol | Action  |
|----------|------|----------|---|
| High     | 3128 | tcp      | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| Medium   | 21   | tcp      | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |

Gambar 30. Pembatasan Download pada Traffic shaping

- Keunggulan dari IPCop yang utama adalah *Port Forwarding*, dimana dengan ini seorang admin dapat mengakses jaringan lokal dari jaringan eksternal.
- Untuk lebih menjamin keamanan, *monitoring* dan efektifitas pembagian *bandwidth internet* maka bisa dirancang mekanisme pengaksesan *internet* melalui *tunnel* khusus seperti VPN atau lainnya.
- Bisa dikembangkan *web interface* kondisi lalu lintas dan penggunaan *bandwidth internet* secara umum agar pengguna bisa melihat dan memantau kondisi jaringan. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan informasi kepada pengguna tentang ada waktu kapan jaringan penuh sehingga diharapkan bisa merubah pola atau waktu pengaksesan *internet* oleh pengguna.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Dempster, Barrie, 2006, *Configuring IPCop Firewalls*, Published by Packt Publishing
- [2] Geier, Jim. 2005, *Wireless Networks First-Step*, ANDI Yogyakarta, Jakarta
- [3] Jhonsen, Jhon Edison, 2005, *CCNA : Membangun Wireless LAN*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta
- [4] Kurniawan, Davit, 2008, *TCP/IP Bagian 1*, Prasimax Technology Development Center, Jakarta
- [5] Mulyana, Edi S. 2005, *Pengenalan Protokol Jaringan Wireless Komputer*, ANDI Yogyakarta, Jakarta
- [6] Poerwo, Doddy, 2005, *Aplikasi Manajemen Bandwidth Akses Internet Pada Local Area Network*, Tugas Akhir STT Telkom, Bandung.
- [7] Purbo, Onno W dan Taufan, Riza, 2002, *Manajemen Jaringan TCP/IP*, Elex Media Komputindo, Jakarta
- [8] Rangkuti, 2005, *Jaringan Komputer*, LSP Telematika, Jakarta
- [9] <http://www.ipadd.de/binary-v14.html>, (akses : 15 April 2011)
- [10] <http://www.ipcop.org/index-pn.php>, (akses : 18 April 2011)

**5. KESIMPULAN**

1. IPCop sebagai manajemen sumber *bandwidth* mampu memberikan jaminan kepada pengguna untuk mendapatkan sumber *bandwidth* yang sesuai dengan kebutuhan *bandwidth* B2TE.

## Perancangan *Concurrent Multiband Power Amplifier* Kelas E

Gunawan Wibisono<sup>1</sup>, Ferri Julianto<sup>2</sup>, Teguh Firmansyah<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Elektro, Universitas Indonesia. <sup>3</sup>Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

**Abstrak** — Pada penelitian ini dirancang *High efficiency Concurrent Multiband RF Power Amplifier Class-E* dengan teknologi CMOS 0.18um type N, yang beroperasi pada frekuensi GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz, WIMAX 2300 Mhz, dan LTE 2600 Mhz, dengan menggunakan dua metode perancangan. Rancangan pertama menggunakan metode *multiband Class-E Power Amplifier* yang konvensional, dan perancangan kedua dengan menambahkan rangkaian *Driver Stage* untuk menghasilkan *Insertion loss (S<sub>21</sub>)* yang lebih besar. *input matching* dan *output matching* dirancang dengan menggunakan komponen lumped. Hasil dari perancangan ini diperoleh nilai *Insertion loss (S<sub>21</sub>)* bernilai lebih besar dari 15 dB dan *Return loss (S<sub>11</sub>)* dibawah -15 dB, Tegangan supply 5 Volt, *Power Added Efficiency* >50%.

**Kata Kunci** : Butler Matriks, Perubahan fasa, pembagi daya.

**Abstract** — In this study designed *High efficiency concurrent Multiband RF Power Amplifier Class-E* with 0.18um CMOS technology type N, which operates pada frekuensi GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz, 2300 MHz WiMAX, and LTE 2600 MHz, using two methods of design. The first draft using *ePower Multiband Amplifier Class-conventional*, and the design by adding a second circuit for generating *Stage Driver Insertion loss (S<sub>21</sub>)* is greater. *matching input and output matching* designed using lumped components. Results obtained from this design nilai *Insertion loss (S<sub>21</sub>)* is larger than 15 dB and *return loss (S<sub>11</sub>)* below -15 dB, voltage supply 5 Volt, *Power Added Efficiency* > 50%.

**Keyword** : Butler matrix, phase Changer, power divider.

### I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi wireless jaringan pita lebar atau *broadband* yang begitu pesat dan tingkat kebutuhan aplikasi pengguna yang begitu beragam, mengharuskan perkembangan pula pada perangkat RF (radio frekuensi) yang dapat bekerja pada beberapa channel frekuensi sekaligus. Dibutuhkan sebuah *transceivers* yang mampu beroperasi pada *multiband* untuk meningkatkan efisiensi sekaligus mendukung perkembangan berbagai jenis standar komunikasi nirkabel seperti GSM, 3G, WIMAX dan LTE. Salah satu bagian dari *transceivers* adalah *Power Amplifier*, *Power amplifier* adalah bagian dari *transmitter* yang berfungsi untuk menguatkan sinyal keluaran sebesar-besarnya, bagian ini yang paling membutuhkan daya paling besar dari perangkat RF. *Power amplifier Class-E* dipilih karena diharapkan memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dan termasuk kelas *amplifier non-linier*. Sebagian besar jurnal atau makalah menjelaskan tentang perancangan *single-band* [7], *dual-band* [6] ataupun *wideband* [1, 8] dengan beragam metode. *Wideband Power Amplifier* diusulkan oleh [8] agar mampu beroperasi pada beberapa frekuensi yang berbeda dengan *bandwidth* yang lebar. Kinerja yang dihasilkan pada [8] *S<sub>21</sub> Insertion loss* sebesar 9-11 dB pada 2-4 GHz, *S<sub>11</sub> Return Loss* sebesar -10 dB sampai -4 dB pada 2-4 GHz, efisiensi yang dihasilkan sebesar 50%-60%. Penggunaan *wideband Power Amplifier* ini memiliki kelemahan berupa penguatan terhadap frekuensi yang tidak diinginkan sehingga meningkatkan interferensi, oleh karena itu

dibutuhkan filter yang baik untuk meminimalisasi interferensi tersebut,

Tujuan perancangan *Power Amplifier* ini adalah untuk mendapatkan frekuensi *multiband* pada 900 MHz untuk aplikasi GSM, 1800 MHz untuk aplikasi GSM, 2300 MHz untuk aplikasi WIMAX, dan 2600 MHz untuk aplikasi LTE. Dengan nilai *S<sub>11</sub>* < -15 dB, *S<sub>21</sub>* > 15 dB, *VSWR* < 2. Perancangan *Power Amplifier* ini dirancang dengan metode *concurrent multiband power amplifier* menggunakan Mosfet 0.18 um type N, untuk meningkatkan *Gain* digunakan *Driver Stage* pada rangkaian bias untuk mengaktifkan Mosfet ON dan OFF. Perancangan PA ini disimulasikan dengan *Advance Design System (ADS)*. Hasil simulasi yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi *Power Amplifier Class-E* yang *conventional* dengan menggunakan komponen lumped.

### II. PERANCANGAN BUTLER MATRIKS

Tahap awal dalam perancangan adalah menentukan spesifikasi design. Spesifikasi *multi band class-E power amplifier* yang dirancang bekerja pada frekuensi kerja 900 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz, dan 2600MHz, menggunakan MOSFET 0.18um type N, *gain* > 15 dB, efisiensi >50%, tegangan supply <5 volt, arus *I<sub>DS</sub>* 100 - 150 mA, dan *return loss* < -15 dB dengan daya keluaran sebesar 100mWatt dari masukan daya RF sebesar 5-20 mWatt. Spesifikasi dari *multi band class-E power amplifier* yang diinginkan

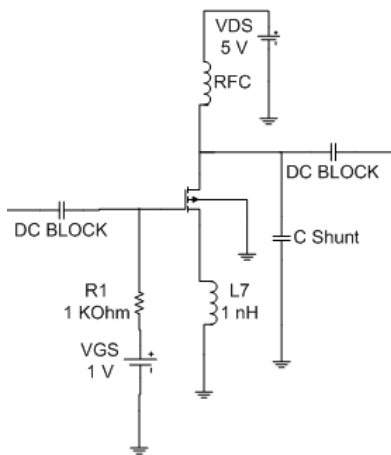
pada perancangan ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi *multi band class-E power amplifier*

| Parameter                    | Nilai    |          |          |          |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                              | 900 MHz  | 1800 MHz | 2300 MHz | 2600 MHz |
| Frekuensi Operasi            | 900 MHz  | 1800 MHz | 2300 MHz | 2600 MHz |
| Frekuensi Tengah             | 950 MHz  | 1850 MHz | 2350 MHz | 2650 MHz |
| Gain                         | > 15 dB  | > 15 dB  | > 15 dB  | > 15 dB  |
| Tegangan Suplai ( $V_{DS}$ ) | < 5 V    | < 5 V    | < 5 V    | < 5 V    |
| Input Return of Loss         | < -15 dB | < -15 dB | < -15 dB | < -15 dB |

Rancangan ini menggunakan CMOS 0.18um TYPE N. Mosfet ini menggunakan jenis type-N yang dirancang untuk bekerja pada frekuensi tinggi. Alasan mengapa menggunakan teknologi CMOS 0.18um type N ini adalah karena mosfet ini memiliki fitur dimensi dan ukuran transistor/mosfet jauh lebih kecil, sehingga pengembangan ke arah *system on a chip* untuk RFIC menjadi lebih baik secara jumlah dan ukuran.

Rangkaian DC bias pada perancangan ini menggunakan *supply* tegangan bias DC  $V_{DS} = 5 V$  dan  $V_{GS} = 1 V$  dengan arus  $I_{DS} = 100-200 mA$ .



Gambar 1. Bias DC mosfet untuk amplifier Class-E

Setelah diperoleh nilai bias, maka disimulasikan Loadpull untuk mencari nilai impedansi nya. Sehingga dapat di matching. Hasil Simulasi Load-Pull optimum pada masing-masing band frekuensi terlihat pada Table 2.

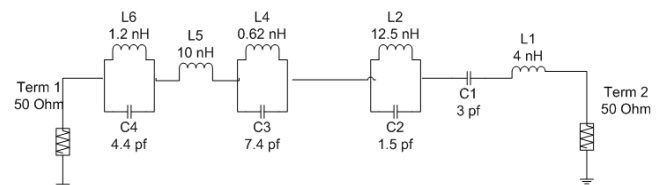
Tabel 2. Hasil Simulasi Load-Pull optimum pada masing-masing band frekuensi

| Frekuensi operasi | PAE (%) | Impedance       | Power Delivered (dBm) |
|-------------------|---------|-----------------|-----------------------|
| 900 MHz           | 74.62 % | 29.716 + J9.893 | 28.57                 |

|          |         |                  |       |
|----------|---------|------------------|-------|
| 1800 MHz | 72.89 % | 18.491 + J7.274  | 30.23 |
| 2300 MHz | 72.10 % | 19.327 + J17.367 | 28.42 |
| 2600 MHz | 71.20 % | 17.299 + J11.498 | 29.67 |

Rangkaian matching ini bertujuan untuk menyesuaikan antara impedansi yang ada pada konektor (50 ohm) dengan impedansi pada transistor, baik pada input maupun output dari rangkaian. Penyesuaian nilai impedansi (Z) ini bertujuan untuk mengurangi *return of loss* yang terjadi, selain itu penyesuaian impedansi dapat memperbaiki kinerja dari transistor tersebut.

Pada power amplifier class-A, B dan C kita dapat secara langsung mendesign rangkaian input dan output matching pada impedansi tertentu yang dapat ditentukan dengan simulasi load pull. Namun prinsip dasar dari power amplifier class-E berbeda dengan kelas amplifier lainnya, pada class-E power amplifier transistor membutuhkan nilai beban yang spesifik pada fundamental frekuensi. Kinerja multiband dari rangkaian class-E power amplifier ini dihasilkan dari rangkaian input matching yang beresonansi pada frekuensi center, yaitu 950 MHz, 1850 MHz, 2350 MHz, dan 2650 MHz. Desain resonator yang merupakan kombinasi dari rangkaian LC yang dipasang seri dan paralel. Untuk rangkaian input matching, terlihat pada Gambar 2.

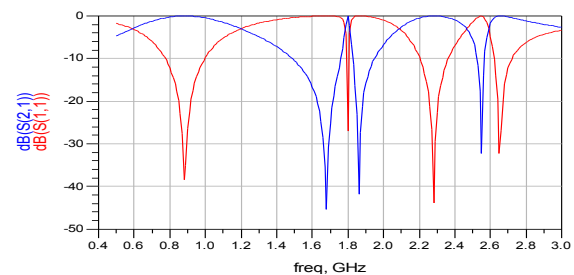


Gambar 2. Rangkaian input matching

Impedansi rangkaian input matching dapat dijelaskan pada persamaan berikut ini:

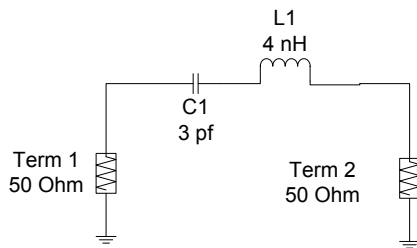
$$Z = \left(j\omega C + \frac{1}{j\omega L}\right)^{-1} + j\omega L + \left(j\omega C + \frac{1}{j\omega L}\right)^{-1} + \left(j\omega C + \frac{1}{j\omega L}\right)^{-1} + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \quad (1)$$

Hasil simulasi input matching terlihat pada Gambar 3. Dibawah ini.



Gambar 3. Simulasi rangkaian input matching

Sementara itu, untuk rangkaian output matching, terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan Output matching

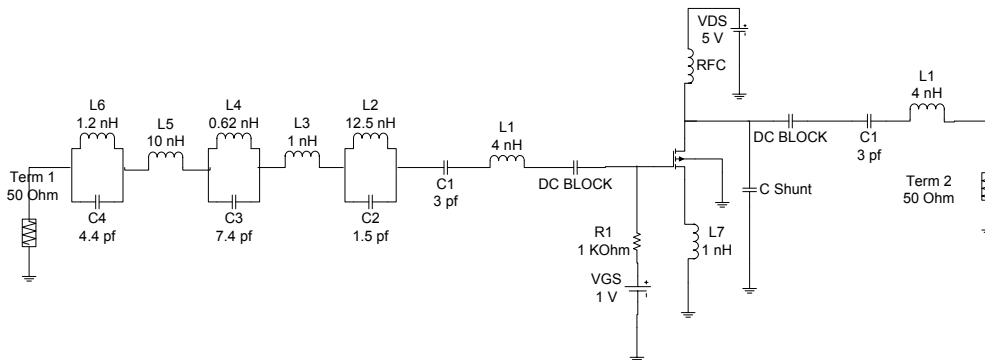
Impedansi rangkaian output matching dapat dijelaskan pada persamaan berikut ini:

$$Z = j\omega L + \frac{1}{j\omega C} + R \tag{2}$$

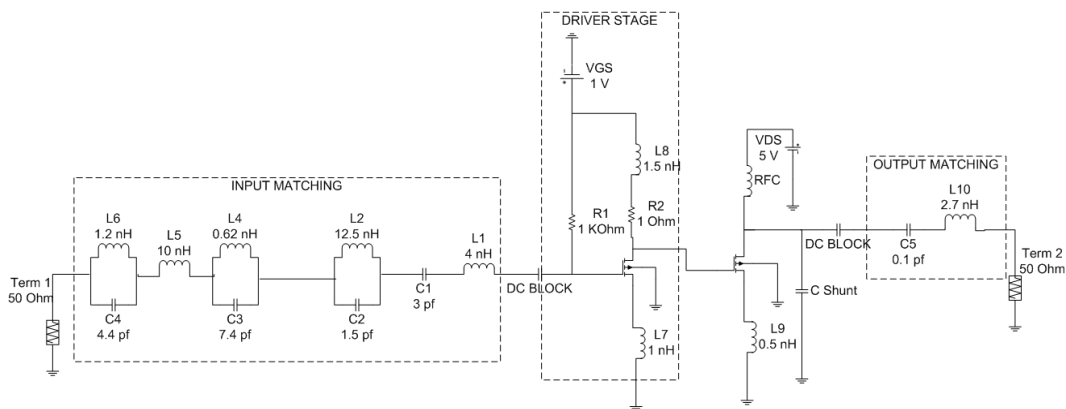
Rangkaian lengkap multiband PA terlihat pada Gambar 5. Sementara pada gambar 6 memperlihatkan rangkaian dengan driver stage.

### III. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

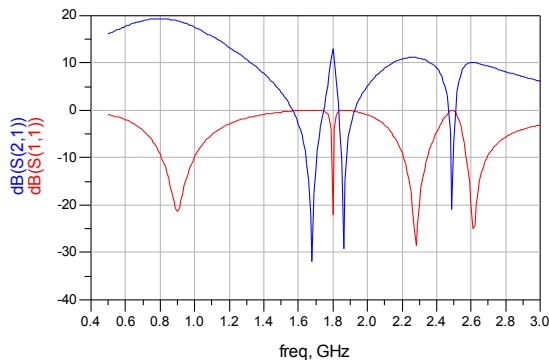
Pada bagian ini akan dibahas kinerja dari Multiband Power Amplifier yang didesain menggunakan software ADS untuk kemudian dianalisa kinerjanya. Gambar 7. memperlihatkan nilai return loss dan gain pada multiband power amplifier Kelas E.



Gambar 5. Rangkaian lengkap multiband power amplifier Kelas E.

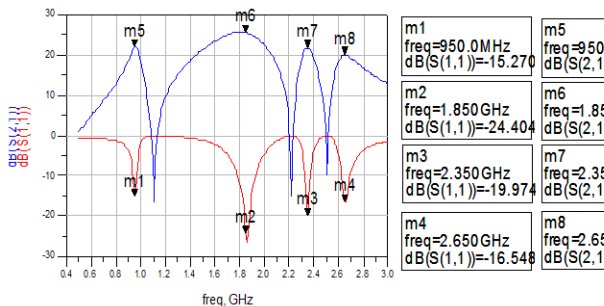


Gambar 6. Rangkaian lengkap multiband power amplifier Kelas E dengan Driver stage.



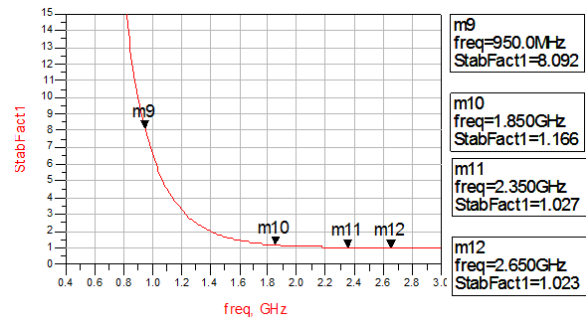
Gambar 7. Hasil  $S_{11}$  dan  $S_{21}$  Multiband Power Amplifier Class-E

Seperti terlihat pada gambar 7 hasil  $S_{11}$  rata-rata pada tiap band  $< -15$  dB dan berdasarkan hasil simulasi *return loss* ( $S_{11}$ ) sudah sesuai dengan target yang diharapkan. Namun untuk  $S_{21}$  (Gain) pada beberapa band frekuensi masih dibawah target yang diharapkan yaitu  $S_{21} > 15$  dB. Gambar 8 memperlihatkan nilai *return loss* dan gain pada multiband power amplifier Kelas E dengan ditambahkan driver amplifier.



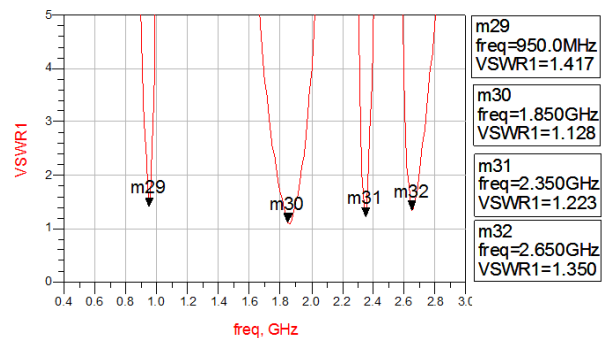
Gambar 8. Hasil  $S_{11}$  dan  $S_{21}$  Multiband Power Amplifier Class-E dengan driver amplifier

Nilai *Gain* pada masing-masing frekuensi telah mencukupi spesifikasi yang diharapkan, yaitu minimal nilai  $> 15$  dB pada frekuensi kerjanya. Untuk dapat mengetahui apakah multiband power amplifier yang telah dirancang telah memenuhi kriteria kestabilan atau tidak, dapat dilihat dari nilai faktor kestabilan  $K$ . Nilai dari parameter kestabilan  $K$  diharapkan bernilai lebih besar dari satu. Jika kondisi tersebut telah terpenuhi maka dapat dikatakan bahwa multiband power amplifier dalam keadaan *unconditionally stable*. Dari gambar 4.5 dapat kita lihat bahwa nilai  $K$  pada range frekuensi 1800 – 2600 MHz mendekati angka kestabilan yaitu antara 0.847 – 0.963, hal ini menandakan bahwa pada range frekuensi tersebut tidak dapat memenuhi angka kestabilan yaitu 1. Sedangkan pada range frekuensi 900 MHz telah memenuhi angka kestabilan diatas 1 yaitu bernilai 4.457.



Gambar 8. Nilai Kestabilan Multiband Power Amplifier Class-E.

VSWR pada rangkaian ideal bernilai satu. Semakin VSWR mendekati satu rangkaian semakin baik. Dari gambar 9 tampak bahwa hasil simulasi rangkaian bernilai mendekati satu pada frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz dan 2600 MHz. Dalam hal ini, dapat kita katakan hasil simulasi rangkaian ini mempunyai VSWR yang baik karena secara keseluruhan, nilai VSWR mendekati nilai satu.



Gambar 9. Nilai VSWR Multiband Power Amplifier.

Pada tabel 3 memperlihatkan nilai perbandingan kinerja dari Power Amplifier Class-E yang didesign, dengan hasil yang lain.

Tabel 3. Perbandingan hasil perancangan

| Parameter     | Propose                                      |         |         |         |   |         |         |         |
|---------------|--|---------|---------|---------|---|---------|---------|---------|
|               | Conventional Concurrent Multiband Class-E PA |         |         |         | Concurrent Multiband Class-E PA Dengan Driver Stage |         |         |         |
|               | 0.95   | 1.85    | 2.35    | 2.65    | 0.95  | 1.85    | 2.35    | 2.65    |
| $f_0$ (GHz)   | 0.95   | 1.85    | 2.35    | 2.65    | 0.95  | 1.85    | 2.35    | 2.65    |
| $S_{21}$ (dB) | 17,720                                       | 12,402  | 10,517  | 9,588   | 21,934  | 25,581  | 21,798  | 19,977  |
| $S_{11}$ (dB) | -27,638                                      | -32,818 | -25,070 | -21,059 | -15,270   | -24,404 | -19,974 | -16,584 |
| VSWR          | 1,087  | 1,047   | 1,118   | 1,194   | 1,417   | 1,128   | 1,223   | 1,350   |
| Stab Fact     | 1,034  | 1,008   | 1,005   | 1,004   | 8,092   | 1,166   | 1,027   | 1,023   |
| PAE (%)       | 86.81%                                       |         |         |         | 52.98%  |         |         |         |

Hasil seperti pada tabel 3 menunjukkan bahwa nilai *multiband Power Amplifier Class-E* yang diusulkan masih tergolong lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Penurunan nilai Power Added Efficiency hasil simulasi disebabkan oleh karena rangkaian Driver Stage membutuhkan daya yang cukup besar untuk melakukan penguatan, sehingga akan menurunkan efisiensi dari rangkaian power amplifier.



## IV. KESIMPULAN

Telah dirancang Concurrent Multiband Power Amplifier Class-E yang bekerja pada frekuensi kerja 900 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz, dan 2600 MHz untuk aplikasi GSM, WIMAX, dan LTE. Dari hasil simulasi, ditunjukkan bahwa multiband power amplifier class-E ini telah mencapai kinerja yang diharapkan sesuai spesifikasi yang ditetapkan.

## PERNYATAAN

Penelitian ini dibiayai dari Program Penelitian Strategis Nasional, Dikti, tahun 2012, dengan kontrak nomor.3393/H2.R12/HKP.05.00/2012

## REFERENSI

- [1] Mark P. Van der heijden, Mustafa Acar, and Jan S. Vromans. "A Compact 12-watt High-Efficiency 2.1-2.7 GHz Class-E GaN HEMT Power Amplifier for Base Stations". IEEE. 2009.
- [2] Sugijono, Erwin. "Perancangan Dual Band High Power Amplifier Untuk Mobile WIMAX dan LTE Pada Frekuensi 2,35 GHz dan 2,65 GHz". Depok: Universitas Indonesia 2011.
- [3] Firmansyah, Teguh. "Perancangan Dielectric Resonator Oscillator Untuk Mobile WiMAX Pada Frekuensi 2,3 GHz Dengan Penambahan Coupling  $\lambda/4$ ". Depok: Universitas Indonesia 2010.
- [4] Hella M. Mona, Mohammed Ismail. *RF CMOS Power Amplifier: Theory, Design and Implementation*. New York: Kluwer Academic Publisher. 2002.
- [5] Pozar, David M. *Microwave and RF Design of Wireless Systems*. New York: Wiley and Sons, 2000.
- [6] Seung Hun Ji, Gyu Seok Sik Cho, Jae W. Lee and Jaeheung Kim. "836 MHz/1.95 GHz Dual – Band Class-E Power Amplifier Using Composite Right/Left-Handed Transmission Lines". Korea: Hankuk Aviation University 2006.
- [7] S.A.Z Murad, R.K. Pokharel, H. Kanaya dan K. Yoshida. "A 2.4 GHz 0.18- $\mu\text{m}$  CMOS Class-E Single-Ended Power Amplifier without Spiral Inductors". IEEE. 2010.
- [8] Paul Saad , Christian Fager , Haiying Cao, Herbert Zirath, and Kristoffer Andersson . "Design of a Highly Efficient 2–4-GHz Octave Bandwidth GaN-HEMT Power Amplifier". IEEE. 2010.
- [9] Choi Hing Cheung. "RF Power Amplifier – Class F Power Amplifier". Hongkong: The Chinese University of Hongkong.
- [10] A. Diet, M. Villegas, G. Baudoin, F. Robert. "A Methodology for Multi-Band Class E RF PA Gain". IEEE. 2010.

# **PEDOMAN BAGI PENULIS JURNAL SETRUM**

Jurnal SETRUM adalah jurnal ilmiah untuk publikasi penelitian dan pengembangan di bidang :

1. Sistem Kendali
2. Sistem Tenaga Listrik
3. Elektronika dan Instrumentasi
4. Telekomunikasi
5. Komputer

## **Sistematika Penulisan**

1. Naskah pada kertas ukuran A4 dengan batas atas, batas kanan, batas bawah, dan batas kiri masing-masing 2 cm. Naskah terdiri atas bagian judul, bagian abstrak, dan bagian isi makalah.
2. Bagian judul berisi judul yang ringkas tidak lebih dari 12 kata tanpa singkatan jika menggunakan bahasa Indonesia dan 10 kata tanpa singkatan jika menggunakan bahasa Inggris. Bagian judul disertai nama (para) penulis tanpa gelar, instansi/ perguruan tinggi, dan email penulis utama dan/atau penulis lainnya. Bagian Judul diketik dengan huruf Times New Roman ukuran 16, cetak tebal, dan rata tengah. Bagian Judul disajikan dalam satu kolom.
3. Bagian abstrak ditulis dengan font Times New Roman ukuran 10, cetak miring, dan rata kanan-kiri. Abstrak disajikan dalam dua bahasa, yaitu bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Abstrak disertakan dengan kata kunci. Bagian abstrak disajikan dalam satu kolom. Bagian abstrak harus memuat inti permasalahan yang dikemukakan, metode pemecahannya, dan hasil-hasil yang diperoleh serta kesimpulan dan tidak lebih dari 200 kata.
4. Bagian isi diketik dengan huruf Times New Roman ukuran 10, rata kanan-kiri, dan disajikan dalam dua kolom. Bagian isi terdiri atas bab Pendahuluan, Metode, Hasil & Pembahasan, Kesimpulan, dan Daftar Pustaka. Tiap bab diawali dengan penomoran romawi kapital dan tiap sub bab diawali dengan penomoran numerik. Kata-kata atau istilah asing ditulis dengan huruf miring
5. Gambar atau foto harus dapat dicetak dengan tajam dan jelas. Gambar atau foto warna hanya tersedia pada edisi elektronik. Gambar dan tabel dapat dimasukkan ke dalam bagian isi atau terpisah dalam lampiran tersendiri. Untuk kejelasan penempatan dalam jurnal, gambar dan tabel harus diberi nomor sesuai dengan nomor urut gambar pada tulisan tersebut, misalnya Gambar 1 atau Tabel 1. Gambar dan tabel harus disertakan judul. Penulisan nomor dan judul gambar diletakkan setelah gambar dan penulisan nomor dan judul tabel diletakkan sebelum tabel.
6. Persamaan diketik dan diberi nomor disebelah kanan, misalnya (1). Satuan yang digunakan adalah satuan internasional (EGS atau MKS) atau yang lazim ada cabang ilmunya. Angka desimal pada data numerik harus mengacu kepada sistem internasional yaitu dengan menggunakan titik.
7. Rujukan dan daftar pustaka ditulis dengan menggunakan metode Vancouver.
8. Naskah dikirim ke redaksi melalui email.

ISSN 2301-4652



9 772301 485253

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jend. Sudirman km. 3 Kota Cilegon, Banten  
Phone: 0254-395502 ext. 15 Fax: 0254-395440