

## HARDWARE AND SOFTWARE DEVELOPMENT OF MOBILE ELECTROCARDIOGRAM (ECG) SYSTEM

Iwan Tutuka Pambudi<sup>1),2)</sup>, Rony Febryanto<sup>1)</sup>, Harry Prihanto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Teknologi Farmasi dan Medika, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)  
Jl. M.H. Thamrin No.8, Jakarta 10340; e-mail: iwanp@webmail.bppt.go.id

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN (STT-PLN)  
Kampus Menara PLN, Jln Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta Barat 11750  
e-mail: iwanpambudi@yahoo.co.jp

### ABSTRACT

*This paper proposes a mobile electrocardiogram (ECG) system based on microcontroller technology. A portable device was developed to acquire ECG signals and transmit them using GSM network. ECG is an electrical recording of the heart which is used by physician in regular medicine practice to monitor the condition of the heart of the patient and to detect abnormalities because of heart disease. Using this mobile ecg system patients in a rural or remote area can be telemonitored. And this system is an ongoing project therefore improvements are still required to enhance the system performance.*

**Keywords:** *Electrocardiography, portable device, telemonitoring,*

### 1. PENDAHULUAN

Menurut Thabrani (2000) pelayanan kesehatan di Indonesia masih tertinggal dibandingkan dengan negara-negara berkembang lainnya. Sebagian besar indikator status kesehatan diantara negara-negara ASEAN dan Cina maka indikator status kesehatan Indonesia adalah terburuk. Salah satunya adalah populasi per dokter di Indonesia sebesar 7120, di Filipina 6570, di Thailand 6290, di Malaysia 1930, di Singapore 1410, dan di China 1010. Selain rasio dokter terhadap penduduk yang masih tinggi, penyebaran dokter tidak merata di Indonesia, sebagian besar berada di kota-kota besar, sehingga daerah-daerah pedesaan dan terpencil masih kekurangan dokter.

Oleh karena itu diperlukan suatu sistem pelayanan kesehatan masyarakat yang menggunakan telekomunikasi untuk dapat memonitor sinyal fisiologis manusia yang terpenting yaitu *electrocardiography*. Makalah ini mengusulkan *telemonitoring* untuk ECG dengan menggunakan *portable device*, yang mana masih dalam tahap pengembangan.

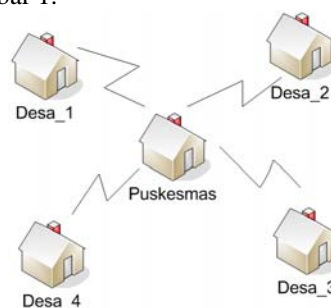
Pemanfaatan peralatan elektronik dan telekomunikasi di bidang kesehatan memungkinkan untuk mengirim dan memproses sinyal *electrocardiogram* (ECG) dari tubuh manusia. Sinyal ini sangat penting untuk di monitor dan di analisa. Bagi pasien yang mengidap penyakit jantung diperlukan diagnosis yang cepat dan akurat.

Perekaman sinyal ECG dilakukan dengan beberapa cara: Pertama dengan menggunakan divais ECG yang dilakukan dalam jangka waktu singkat pada saat pemeriksaan oleh tenaga medis, Kedua dengan perekaman kontinu selama 24 jam kemudian dianalisa yang dikenal dengan metode *Holter monitoring*. Kelemahan cara pertama adalah tidak diperolehnya diagnosa yang lengkap, dan

kekurangan cara kedua adalah tidak dimungkinkannya pengambilan tindakan segera jika terjadi sesuatu yang fatal. Ketiga adalah dengan mengirimkan langsung sinyal ECG dari pasien dalam jangka waktu beberapa menit atau beberapa jam secara *real time* lalu sinyal tersebut dimonitor oleh staf medis yang berbeda tempat dengan pasien untuk dianalisa, cara ini disebut *telemonitoring*.

### 2. HARDWARE

Sistem yang diusulkan disini adalah suatu sistem monitoring ECG yang sebisa mungkin dapat mengatasi masalah kekurangan dokter di pedesaan dengan menggunakan jaringan GSM. Sistem ini ditujukan bagi puskesmas yang melayani pelayanan kesehatan untuk beberapa desa yang tersebar disekitarnya dengan radius beberapa kilometer dan kondisi infrastruktur yang minim, seperti terlihat pada gambar 1.



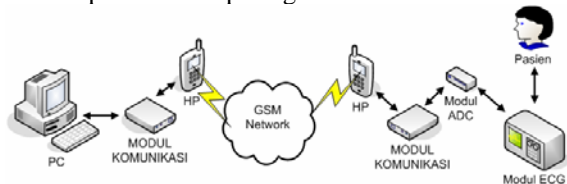
**Gambar 1.** Satu Puskesmas melayani beberapa desa

Jika di salah satu desa diperlukan analisa ECG terhadap seorang pasien, sedangkan jarak tempuh cukup jauh dengan kondisi jalan yang berat untuk menuju ke seorang dokter di puskesmas. Maka di tiap desa bisa dilakukan pengambilan sinyal ECG dan dikirim melalui jaringan GSM ke Puskesmas rujukan. Setelah sinyal ECG diterima di

PC maka sinyal tadi dapat di analisa oleh dokter puskesmas.

### 2.1 Modul-modul yang dikembangkan

Di Puskesmas terdapat komputer yang terhubung ke modul komunikasi dan telpon selular. Sedangkan di setiap desa ada modul komunikasi, modul *analog to digital converter* (ADC) dan modul ECG seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Modul<sup>2</sup> yang terdapat di Puskesmas dan di suatu desa

### 2.2 Pemrosesan dan pengiriman sinyal

Tenaga medis atau operator dapat menekan tombol 1 pada modul komunikasi untuk membentuk koneksi antara Modul Komunikasi 1 dan 2, setelah koneksi terbentuk PC dapat memerintahkan Modul ADC untuk mulai melakukan sampling dengan mengirimkan karakter "S" yang artinya START sampling.

Modul ADC yang telah aktif menerima sinyal analog dari ECG dan kemudian mengubahnya ke sinyal analog dengan level tegangan 0-5 VDC. Sinyal yang telah diperkuat ini, diumpankan ke salah satu port input analog ADC 8 bit. Setelah proses sampling selesai akan dihasilkan data 8 bit (1 BYTE) pada port output digital ADC. Data 8 bit inilah yang kemudian diambil oleh mikrokontroler pada Modul ADC dan dikirimkan melalui port serial RS-232.

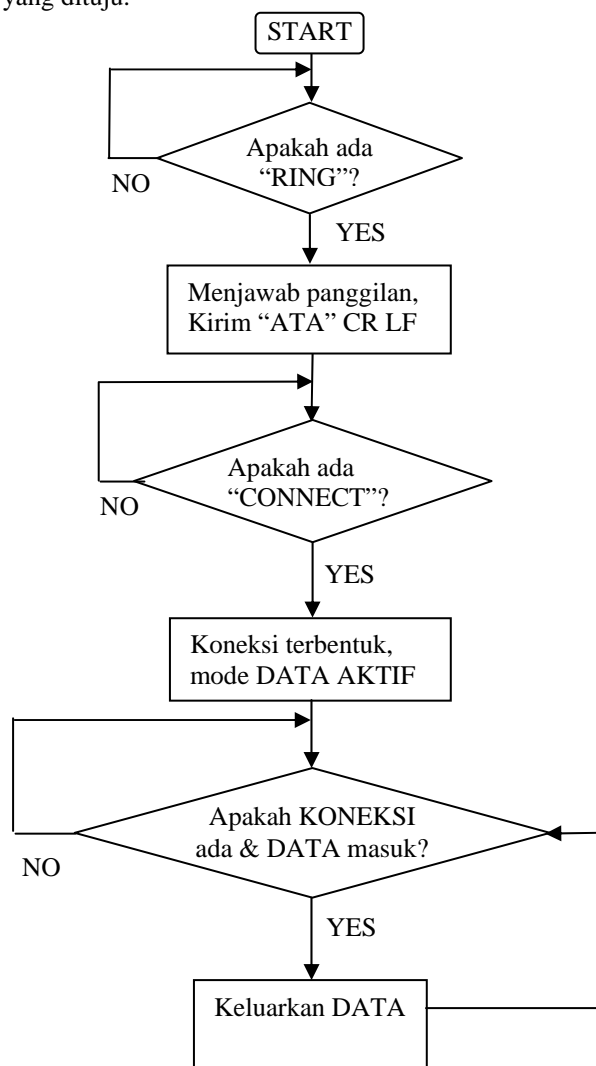
Data dari Modul ADC tersebut akan diterima oleh Modul Komunikasi 2 dan kemudian dikirimkan ke Modul Komunikasi 1 melalui jalur komunikasi GSM. Data tersebut kemudian akan ditampilkan pada layar PC dalam bentuk grafik.

Untuk menon-aktifkan modul ADC, PC cukup mengirimkan karakter "X" yang artinya STOP sampling bagi Modul ADC. Setelah proses pengambilan data selesai, operator dapat menekan tombol 2 untuk memutuskan koneksi. Tombol 3 digunakan untuk me-RESET Modul Komunikasi setelah selesai digunakan.

### 2.3 Modul komunikasi

Modul Komunikasi memiliki spesifikasi sebagai berikut: (1) dua buah serial port dengan baud rate 19200 bps ke HP dan 9600 bps ke PC, (2) mendukung komunikasi full duplex, (3) memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan menjawab panggilan yang masuk, (4) masuk ke mode data setelah koneksi terbentuk, (5) Mode data untuk saling bertukar data, (6) tombol 1: melakukan panggilan ke no hp yg telah ditentukan, (7) tombol 2: memutus koneksi apabila transfer data telah selesai, (8) tombol 3: tombol RESET.

Gambar 3 memperlihatkan flowchart pada program modul komunikasi. Modul komunikasi saat aktif, akan menunggu apakah ada panggilan masuk, berupa "RING". Jika panggilan tersebut ada, Modul Komunikasi akan mengirimkan "ATA" CR LF untuk menjawab panggilan tersebut sehingga terbentuk koneksi. Setelah koneksi terbentuk (string "CONNECT" terdeteksi) maka device-device yang terkoneksi telah dapat saling bertukar data secara FULL DUPLEX. Tombol 2 digunakan untuk memutuskan koneksi yang ada, dengan cara mengirimkan "+++". Sedangkan Tombol 1 digunakan untuk melakukan panggilan ke no HP remote device yang dituju, dengan cara mengirimkan "ATDT XXX". XXX adalah NO HP yang dituju.



Gambar 3. Flowchart modul komunikasi

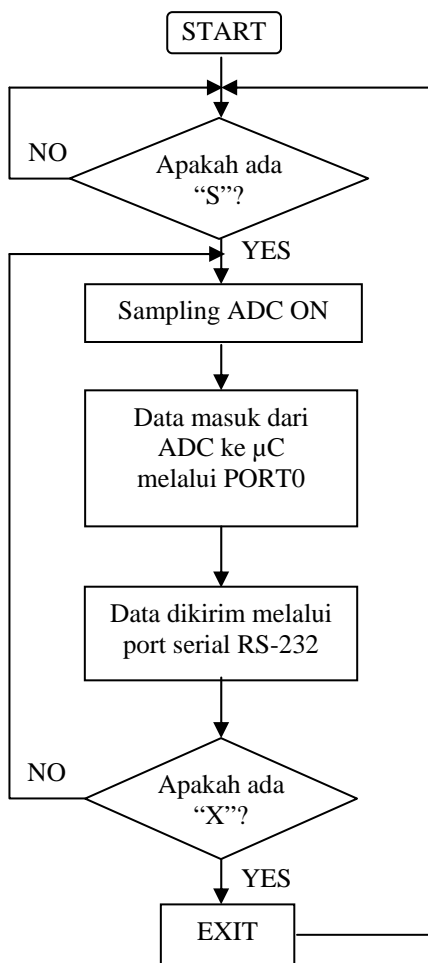
### 2.4 Modul ADC

Modul ADC seperti terlihat pada gambar 4 memiliki spesifikasi sebagai berikut: (1) satu buah input analog dari ECG, (2) signal Conditioning dengan output 0-5V, (3) sampling ADC 1.5kHz, (4) output serial RS-232 dengan baud rate 9600 bps.



Gambar 4. Modul ADC

Gambar 5 menggambarkan flowchart fungsi utama yang dikerjakan oleh modul ADC.



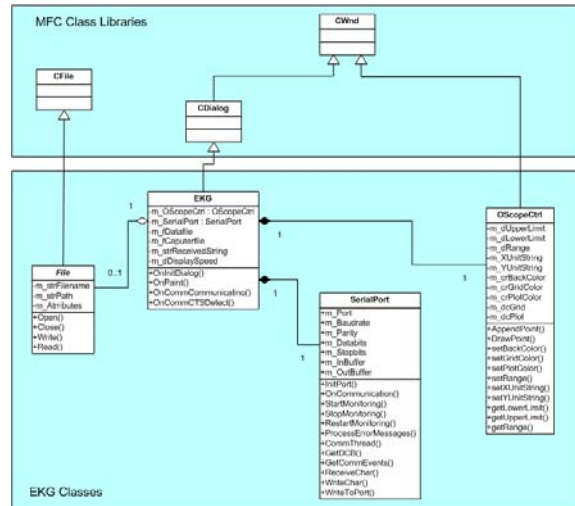
Gambar 5. Flowchart modul ADC

Modul ADC saat aktif, akan menunggu karakter “S” yang merupakan perintah START bagi modul ADC untuk mulai melakukan sampling sinyal analog, dan mengeluarkan hasilnya dalam bentuk BYTE. Data BYTE ini akan diambil oleh mikrokontroler melalui PORT0, kemudian data BYTE tersebut akan langsung dikirim melalui port serial RS-232 Mikrokontroler dengan baud rate 9600 bps. Mikrokontroler akan mendeteksi apakah ada

karakter “X” yang merupakan perintah STOP sampling bagi modul ADC.

### 3. SOFTWARE

Program ECG dibangun dengan alat bantu Microsoft Visual Studio 2003. Kelas-kelas yang digunakan dapat digambarkan sebagaimana gambar 6.

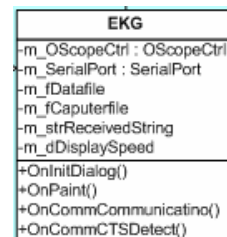


Gambar 6. Diagram class ECG

Program ECG terdiri dari 3 kelas utama: ECG, SerialPort dan OscopeCtrl, dan 1 kelas pembantu: File. Sebagian besar kelas-kelas tadi merupakan turunan dari kelas-kelas di pustaka MFC. ECG sendiri merupakan turunan kelas Cdialog dan OscopeCtrl merupakan turunan kelas CWnd. Sedangkan kelas File merupakan turunan kelas Cfile. Agak berbeda dengan ketiga kelas yang lain, kelas SerialPort merupakan kelas yang tidak diturunkan dari pustaka MFC, tetapi ia masih menggunakan kelas DCB (termasuk kelas MFC) sebagai membranya.

#### 3.1 Class ECG

Class ECG seperti terlihat pada gambar 7 merupakan kelas *container* untuk kelas-kelas pengontrol lainnya seperti OscopeCtrl, SerialPort dan File.



Gambar 6. Diagram class ECG

Semua operasi User Interface ke kelas-kelas lainnya diproses melalui kelas ini. Member Function utama kelas ini adalah:

**a) OnInitDialog**

Melakukan inisiasi semua kontrol Class yang menjadi membrnya. Proses ini terkait dengan GUI kontrol-kontrol membrnya, juga setting awal properti kontrol-kontrolnya.

Termasuk di dalamnya adalah setting awal m\_OscopeCtrl (instance/obyek dari kelas OscopeCtrl) dan m\_SerialPort (instance/obyek dari kelas SerialPort).

**b) OnSize**

Menangani perubahan ukuran window dari ECG, yang tentu saja mempengaruhi tampilan kontrol-kontrol lainnya. Sehingga member function ini diperlukan untuk meng-adjust property-property GUI dari kontrol-kontrol membrnya.

**c) OnCommunication**

Saat m\_SerialPort telah diinisiasi, dan siap melakukan penerimaan data, maka setiap event yang terkait serial port akan ditangkap oleh member function ini. Hal terpenting adalah menangkap setiap karakter data yang memiliki format "XX;", dimana XX adalah bilangan Hexadecimal.

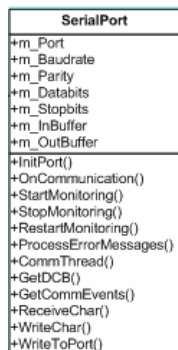
Oleh karena itu, member function ini juga melakukan parsing dan konversi data Hexadecimal ke decimal dan kemudian diterjemahkan menjadi data voltase.

**d) OnCTSdetect**

Bila ada event "Clear To Send" dari Serial Port, maka member function ini akan dijalankan. Tidak ada hal penting yang dilakukan, kecuali untuk mengontrol buffer.

**3.2 Class SerialPort**

Class SerialPort seperti terilustrasi pada gambar 7 bertugas melakukan pengiriman dan penerimaan data dari Serial Port. Semua data member-nya mengalami proses inisiasi di fungsi InitPort(). Sedangkan fungsi InitPort sendiri dipanggil oleh kelas ECG.



**Gambar 7.** Diagram class SerialPort

Fungsi-fungsi utamanya adalah:

**a) InitPort**

Melakukan inisiasi: nomor port, baudrate, parity, databits, stopbits dan ukuran buffer.

**b) OnCommunication**

Menangkap semua event Serial Port, memproses error dan memproses input.

**c) StartMonitoring, StopMonitoring, RestartMonitoring**

StartMonitoring dan StopMonitoring digunakan untuk menjalankan dan memberhentikan thread dari Serial Port. Thread tersebut bila dijalankan akan terus-menerus memonitor port Serial yang ditentukan.

**3.3 Class OScopeCtrl**

Class OScopeCtrl khusus menampilkan data plot ke layar. Setiap penambahan data baru, akan menggeser layar ke kiri, dan menambahkan data di pinggir sebelah kanan, seperti layaknya tampilan Oscilloscope dan fungsi utamanya:

**AppendPoint & DrawPoint**

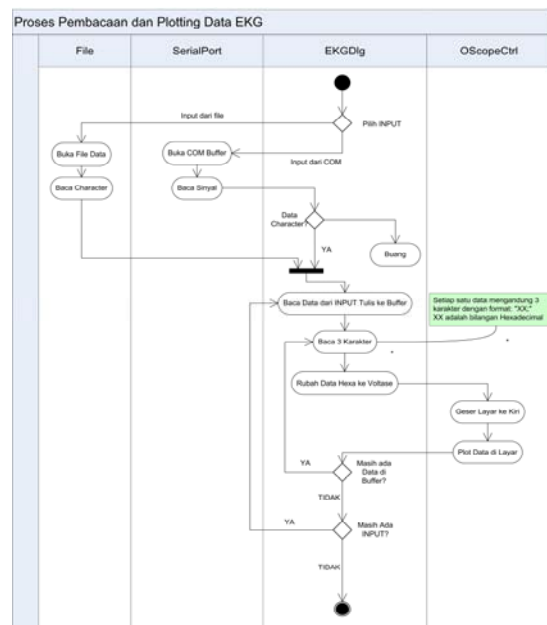
AppendPoint dan DrawPoint pada prinsipnya memiliki fungsi yang sama, yaitu menampilkan data ke grafik. Perbedaannya adalah AppendPoint akan menggambar data sambil menggeser layar ke kiri, sedangkan DrawPoint hanya menggambar saja.

**3.4 Class File**

Kelas ini turunan biasa dari kelas CFile dari pustaka MFC. Tidak hal khusus yang ditambahkan. Keberadaannya di program ini untuk memudahkan proses baca/tulis file data saja.

**3.5. Proses Diagram Plotting Data ECG**

Secara umum proses pembacaan data dan kemudian dilanjutkan dengan plotting ke layar merupakan rangkaian proses yang meliputi ke-4 kelas di atas. Alur prosesnya adalah sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 8.



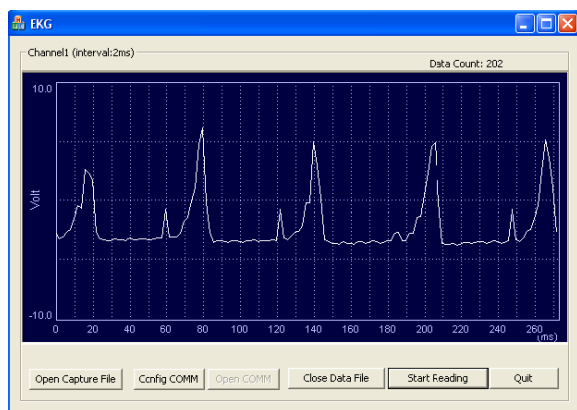
**Gambar 8.** Diagram Plotting Data ECG

#### 4. HASIL PERCOBAAN

Sinyal ECG adalah sinyal analog yang didapat melalui elektroda-elektroda yang ditempelkan ke tubuh manusia (pasien), lalu diteruskan ke modul ADC untuk diubah menjadi sinyal digital. Sinyal ini diproses di modul komunikasi untuk di transmisikan ke jaringan GSM melalui handphone.

Yang terpenting dari sinyal ECG adalah bagian kompleks QRS, bagian ini adalah bentuk gelombang yang menunjukkan apakah sinyal ECG normal atau abnormal. Sinyal ECG terdiri dari komponen-komponen: (a) gelombang awal P; (b) puncak negatif Q; (c) puncak positif R; (d) puncak negatif S; (e) gelombang T

Di puskesmas sinyal ECG diterima oleh handphone kemudian dikirim ke modul komunikasi untuk diproses dan dikirim ke PC untuk ditampilkan di monitor seperti terlihat pada gambar 9.



Gambar 9. Tampilan ECG pada monitor

#### 5. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dapat dilihat sinyal ECG yang diperoleh dari tubuh pasien. Sinyal ini dapat direkam di PC selama koneksi antara 2 modul komunikasi. Sinyal yang terekam ini dapat ditampilkan dilain waktu jika dokter di puskesmas ingin menganalisisnya kembali.

Tetapi pada gambar 9 masih ada kekurangan pada penampilan puncak negatif Q dan S, dimana kedua puncak negatif tersebut masih belum jelas terlihat.

Perbaikan dan pengembangan masih terus berjalan yang baik disisi hardware dan disisi software, terutama untuk menampilkan sinyal ECG agar dibuat lebih sempurna, lebih detil, tampilan jangka waktu perekaman sinyal, detil besarnya tegangan ECG, tampilan data-data pasien, disediakannya kolom diagnosa dokter, data saat perekaman ECG.

Proyek *mobile ECG system* yang dikembangkan ini masih berjalan, maka perbaikan masih terus dilakukan untuk meningkatkan performa dari sistem ini.

#### PUSTAKA

- [1] Thabrany, H., October 2000, "Managed Health Care in Indonesia", *The Electronic Journal of the Indonesian Medical Association*, II(1).
- [2] -----, World Development Report, 1993
- [3] Field, M. J., 1996, "*Telemedicine: A Guide to Assessing Telecommunications for Health Care*", Committee on Evaluating Clinical Applications of Telemedicine, Institute of Medicine (IoM), National Academic Press, Washington D.C
- [4] Daja, N. et al., 2001, *ECG, Annals of the Academy of Studenica 4*.
- [5] Pambudi, I. T. et al., Electrocardiogram (ECG) Transmission by Mobile Phone, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi (SNTI) 2006*, Universitas Tarumanagara, Jakarta.
- [6] Shanit, D., et al., Telecardiology: supporting the decision-making process in general practice, *Journal of Telemedicine and Telecare*, 2:7-13, 1996.
- [7] Miao, Y., et al., Design and Application of Embedded System Based on ARM7 LPC2104 Processor in Telemedicine, *Proceeding of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27<sup>th</sup> Annual Conference*, Shanghai, China, 2005.

#### BIODATA PENULIS

**Iwan Tutuka Pambudi**, memperoleh gelar Diplomingenieur (Dipl.-Ing.) dari Bergische Universitaet Gesamthochschule (BUGH) Wuppertal, Germany tahun 1995. Kemudian tahun 2001 lulus Master of Engineering (MEng) dari Nagoya Institute of Technology, Japan. Lalu tahun 2004 memperoleh gelar Doctor of Philosophy in Engineering (PhD) dari Tohoku University, Japan. Saat ini sebagai Peneliti di Pusat Teknologi Farmasi dan Medika, BPPT. Dan staf pengajar (lektor) di Jurusan Teknik Elektro, STT-PLN, Jakarta.

**Rony Febryanto**, memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Universitas Diponegoro tahun 2002. Saat ini sebagai Peneliti di Pusat Teknologi Farmasi dan Medika, BPPT, Jakarta.

**Harry Prihanto**, memperoleh gelar Bachelor of Engineering (BEng) dari Yamanashi University, Japan, tahun 1992. Kemudian menyelesaikan Master of Engineering (MEng) dari Nagaoka University of Technology, Japan, tahun 1996. Saat ini sebagai Peneliti di Pusat Teknologi Farmasi dan Medika, BPPT. Dan mahasiswa program doktor di University of Electro-Communications, Tokyo, Japan.