

# Pengembangan Instrumentasi *Remote* Berbasis *Green Technology*

F. Yudi Limpraptono<sup>1,\*</sup>, Irmalia Suryani Faradisa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

\* E-mail : fyudil@yahoo.com

**Abstrak.** Instrumentasi laboratorium adalah peralatan yang sangat diperlukan dalam kegiatan penelitian dan praktek laboratorium, khususnya untuk pendidikan bidang teknologi. Instrumentasi *remote* (*remote instrumentations*) berbasis web adalah inovasi baru dalam teknologi peralatan instrumentasi yang dapat diakses dari jarak jauh melalui jaringan internet. Perkembangan instrumentasi *remote* telah dimulai sejak lahirnya teknologi internet dan saat dikembangkannya laboratorium *remote*. Arsitektur sistem laboratorium *remote* yang banyak dipublikasikan, sebagian besar berbasiskan komputer, yang dilengkapi dengan peralatan instrumentasi berbasis komputer dengan perangkat lunak LabVIEW. Kekurangan sistem laboratorium *remote* berbasis komputer PC adalah biaya investasi perangkat keras dan perangkat lunak yang sangat mahal. Selain itu, pada saat ini disain sistem komputer harus mendukung era komputer hijau atau *green computing* yang menuntut peningkatan efisiensi sistem. Untuk menjawab beberapa isu tersebut maka dalam paper ini akan dibahas pengembangan instrumentasi *remote* berbasis web untuk mendukung laboratorium *remote*. Prototype instrumentasi *remote* yang direalisasikan berupa sebuah osiloskop dan generator frekuensi berbasis sistem *embedded* Raspberry PI yang memiliki spesifikasi: sangat efisien, biaya rendah, daya rendah, dan mendukung era komputer hijau. Dari hasil-hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa aplikasi instrumentasi *remote* berbasis web dapat berjalan dengan baik pada beberapa browser seperti Mozilla Firefox, Google Chrome, internet Explorer dan Opera. Rangkaian signal generator dapat berfungsi dengan baik dalam range 0 sampai dengan 120MHZ. Dengan akurasi pembangkitan frekuensi mendekati 100%. Rangkaian oscilloscope dapat bekerja dalam range 0 – 5MHZ. Efisiensi sistem mencapai lebih dari 90% jika dibandingkan dengan sistem berbasis komputer.

**Kata Kunci:** *Instrumentasi Remote, Sistem Embedded, Green Computing*

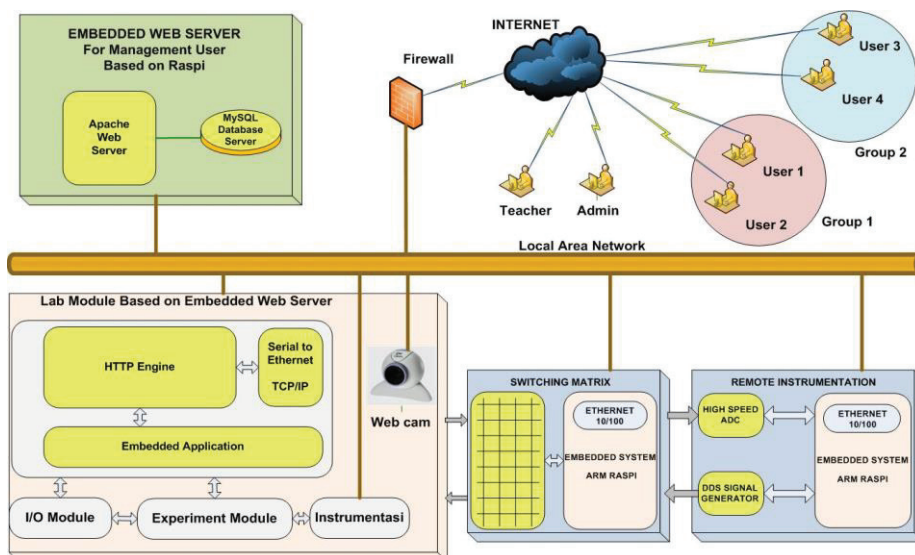
## 1. Pendahuluan

Pada akhir abad ke 20 laboratorium *remote* adalah bidang riset yang sangat aktif dalam pengembangan e-learning, dan jumlah universitas yang mengaplikasikan laboratorium *remote* semakin meningkat[1]. Ada beberapa keuntungan penggunaan laboratorium *remote*, yaitu kinerja laboratorium semakin meningkat dan lebih efisien karena mahasiswa dapat memanfaatkan peralatan laboratorium selama 24 jam penuh. Laboratorium *remote* menciptakan sistem belajar mandiri[2], memungkinkan digunakan oleh mahasiswa difabel[3], mendukung berbagi sumber daya dan kolaborasi antar laboratorium. Berbagai teknologi pemrograman berbasis web telah diaplikasikan untuk memberikan lingkungan laboratorium *remote* yang nyaman, seperti socket, applet, ajax, corba, labview, dll.[3]. Pada umumnya disain sebuah laboratorium *remote* terdiri dari beberapa bagian: pertama adalah aplikasi manajemen laboratorium *remote*, kedua adalah modul eksperimen dan ketiga adalah peralatan instrumentasi[2]. Manajemen laboratorium *remote* berfungsi untuk manajemen hak akses pengguna dan berfungsi untuk manajemen modul eksperimen dan peralatan instrumentasi. Modul eksperimen adalah obyek eksperimen yang dapat dikontrol secara *remote* dan dilengkapi dengan kamera berbasis web untuk pengamatan modul eksperimen. Peralatan instrumentasi adalah divais yang digunakan untuk pengukuran atau pembangkitan sinyal seperti *oscilloscopes*, *frequency generators*, dll. Pada saat ini peralatan instrumentasi yang banyak digunakan adalah peralatan instrumentasi konvensional atau menggunakan instrumentasi virtual berbasis LabVIEW. Hasil review jurnal dapat disimpulkan bahwa sebagian besar proyek laboratorium *remote* menggunakan komputer *desktop*, dimana biaya investasi sangat mahal. Selain itu kebutuhan energi listrik untuk peralatan laboratorium *remote* berupa komputer server, monitor dan sistem pendingin sangat besar. Sebuah komputer desktop memerlukan

daya listrik rata-rata sebesar 60 sampai dengan 100 watts [4]. Konsumsi energi komputer memberikan kontribusi dalam meningkatkan emisi gas rumah kaca. Setiap personal komputer memproduksi sekitar satu ton karbondioksida setiap tahun[5]. Dari latar belakang yang telah diuraikan diatas, tujuan dari riset ini adalah merancang dan mengimplementasikan instrumentasi *remote* untuk mendukung laboratorium *remote*, dengan spesifikasi sistem yang efisien dan ramah lingkungan. Pengembangan sistem instrumentasi meliputi disain *oscilloscope* dan *signal generator*. Sistem instrumentasi diimplementasikan dengan teknologi sistem embedded berbasis Raspberrry Pi dengan tujuan meningkatkan efisiensi sistem dan mendukung era *Green IT*.

## 2. Arsitektur Laboratorium Remote

Sistem instrumentasi *remote* dirancang berbasis web dan dapat diintegrasikan dengan laboratorium jauh sistem *embedded* yang telah direalisasikan dan dipublikasikan dengan judul paper “*New Architecture of Remote Laboratories Multiuser based on Embedded Web Server*”[6]. Diagram blok arsitektur laboratorium *remote* ditunjukkan pada Gambar 1. Arsitektur sistem merupakan sebuah laboratorium *remote multiuser* yang terdiri dari sebuah sever berbasis sistem *embedded* yang berfungsi sebagai manajemen laboratorium jauh dan dilengkapi dengan beberapa modul percobaan , instrumentasi *remote* dan *matrix switch*.



Gambar 1. Diagram Arsitektur Laboratorium Remote

## 3. Disain Instrumentasi Remote

Disain sistem instrumentasi *remote* terdiri dari sebuah sistem *embedded* berbasis Raspberrry Pi, sebuah modul DDS (*direct digital synthesis*) berbasis chip AD9850 dan sebuah akuisisi data kecepatan tinggi berbasis chip AD775, diagram sistem ditunjukkan pada Gambar 2. Raspberrry Pi berfungsi sebagai web server yang akan melayani pengguna laboratorium *remote* dan berfungsi pula untuk mengontrol unit DDS dan akuisisi data. Raspberrry Pi berbasis *system on a chip* (SoC) Broadcom BCM2835, yang berisikan sebuah prosesor ARM1176JZF-S 700MHz, dengan kapasitas RAM 512MB dan dilengkapi dengan SD card berkapasitas sampai 8GB. Raspberrry Pi dilengkapi juga dengan GPIO, Ethernet port 10/100Mbps dan USB port[7]. Sistem operasi yang digunakan adalah embedded Linux Raspbian yang dilengkapi dengan aplikasi server web Apache dan server basis data MySQL.

Modul sinyal generator menggunakan AD9850, merupakan chip yang digunakan untuk DDS kecepatan tinggi dan pengkonversi digital ke analog performansi tinggi. AD9850 menyediakan *32-bit frequency tuning word*, yang akan menghasilkan keluaran frekuensi dengan resolusi 0.0291 Hz untuk masukkan clock referensi sebesar 125 MHz. Rangkaian AD9850 bisa membangkitkan frekuensi keluaran sampai setengah dari frekuensi clock referensi atau sekitar 62.5MHz. Rangkaian DDS circuitry pada dasarnya adalah pembagi frekuensi digital yang ditentukan dari clock referensi dibagi

$2^N$  angka *tuning word*. Hubungan frekuensi keluaran, clock referensi dan data *tuning word* AD9850 ditentukan dengan persamaan [8]:

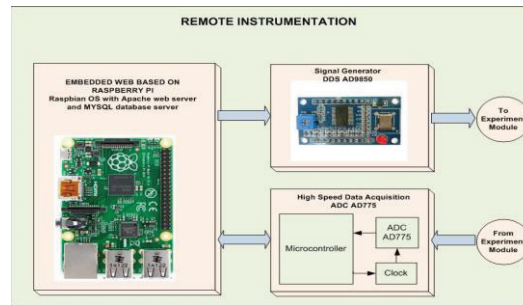
$$f_{out} = (\Delta Phase \times CLKIN) / 2^{32} \quad (1)$$

dimana :

$\Delta Phase$  adalah nilai 32-bit *tuning word*

$CLKIN$  frekuensi clock referensi dalam MHz

$f_{out}$  adalah frekuensi sinyal keluaran dalam MHz

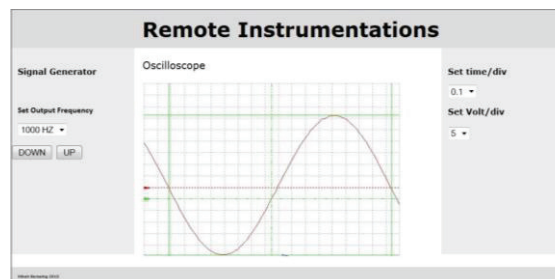


Gambar 2. Diagram sistem Instrumentasi *Remote*

Disain osiloskop digital menggunakan akuisisi data kecepatan tinggi berbasis AD775. Chip AD775 adalah sebuah chip ADC CMOS, daya rendah, data keluaran 8-bit dengan kecepatan sampling 20MSPS. Fitur dari chip AD775 menggunakan *pipelined/ping pong two-step flash architecture* yang akan memberikan kecepatan *sampling* yang tinggi sampai diatas 35 MHz, dengan konsumsi daya yang rendah (60mW)[9].

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Aplikasi instrumentasi remote berbasis web dibuat dengan bahasa pemrograman PHP dan Python. Aplikasi berfungsi untuk mengontrol perangkat keras sistem instrumentasi seperti seting frekuensi yang diinginkan pada sinyal generator atau seting *time/div* dan *volt/div* pada osiloskop. Selain itu aplikasi menghasilkan tampilan grafik pada layar monitor client. Gambar tampilan web instrumentasi remote ditunjukkan pada Gambar 3. Pengujian aplikasi instrumentasi remote dilakukan dengan cara menjalankan aplikasi web di berbagai macam browser. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa aplikasi dapat berjalan pada beberapa macam web browser seperti Mozilla Firefox, Google Chrome, internet Explorer dan Opera.



Gambar 3. Tampilan Aplikasi Web Instrumentasi *Remote*

Pengujian rangkaian sinyal generator dilakukan dengan cara mengukur akurasi data frekuensi yang dihasilkan pada rentang frekuensi antara 0 sampai dengan 120 MHz. Pengujian diambil 10 sampel dari rata-rata hasil pengukuran. Hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa akurasi rata-rata

frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian sinyal generator adalah sebesar 99,99%. Hasil pengujian akurasi sinyal generator ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Akurasi Sinyal Generator

No.	Frekuensi Uji (Hz)	Hasil Pengukuran Frekuensi rata-rata (Hz)	Akurasi (%)
1	100	100	100
2	1000	1000	100
3	10000	10000	100
4	100000	100000	100
5	1000000	1000001	99,99
6	10000000	10000010	99,99
7	30000000	30000010	99,99
8	50000000	50000001	99,99
9	100000000	100000010	99,99
10	120000000	120000002	99,99
		<b>Rata-rata</b>	<b>99,99</b>

Pengujian rangkaian osiloskop dilakukan dengan cara mengukur akurasi data frekuensi yang dibaca pada rentang frekuensi antara 0 sampai dengan 5MHz. Pengujian diambil 10 sampel dari rata-rata hasil pengukuran. Hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa akurasi rata-rata frekuensi yang dapat dibaca oleh rangkaian osiloskop adalah sebesar 76%. Akurasi data cenderung menurun dengan kenaikan frekuensi. Hasil pengujian akurasi osiloskop terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Akurasi Osiloskop

No.	Frekuensi Uji (Hz)	Hasil Pengukuran Frekuensi rata-rata (Hz)	Akurasi (%)
1	1	1	100
2	10	9,9	99
3	100	95	95
4	1000	850	85
5	10000	7500	75
6	100000	70000	70
7	500000	375000	75
8	1000000	600000	60
9	3000000	1650000	55
10	5000000	2500000	50
		<b>Rata-rata</b>	<b>76</b>

Sesuai dengan konsep dari *Green IT*, maka ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam membangun sistem berbasis IT, antara lain meningkatkan kinerja sistem, menurunkan konsumsi energi, menghemat ruang dan menurunkan biaya sistem [5]. Berikut ini akan dibahas perbandingan kebutuhan daya sistem, dimensi atau ukuran ruang yang dibutuhkan dan biaya yang diperlukan untuk membangun sebuah server web berbasis komputer PC maupun berbasis sistem tertanam. Data diambil dari berbagai referensi dan analisa perbandingan dinyatakan dalam bentuk grafik.

Dari hasil penelitian komunitas *green computing*, menyatakan bahwa kebutuhan daya sebuah PC memerlukan daya antara 60 sampai dengan 100 Watt [4], atau rata-rata sekitar 80Watt. Sedangkan sistem tertanam Raspberry Pi memiliki spesifikasi arus maksimum adalah 700mA dengan tegangan 5V [7], sehingga kebutuhan daya maksimum adalah sekitar 3,5Watt. Sedangkan dimensi atau ukuran fisik dari server web berbasis PC dengan *casing type* ATX adalah 9cm x 35,5cm x 35,5cm, atau memiliki volume 11.342cm<sup>3</sup>, sedangkan ukuran dimensi Raspberry Pi adalah 7cm x 9cm x 4cm atau memiliki volume 252cm<sup>3</sup>. Ditinjau dari biaya investasi server web berbasis PC dengan spesifikasi CPU menggunakan *prosesor core i3* harga rata-rata adalah sekitar \$300, sedangkan server web berbasis Raspberry Pi biaya investasi rata-rata adalah sekitar \$35. Tabel 3. menunjukkan rekap

perbandingan kebutuhan daya, dimensi dan biaya serta prosentasi efisiensi yang dapat dihemat. Sistem dengan server web tertanam dapat menghemat konsumsi daya sekitar 95,63%, penghematan ruang atau dimensi sistem sampai 97,78% dan penghematan biaya sampai 88,33%.

Tabel 3. Perbandingan Kebutuhan Daya, Dimensi dan Biaya

No.	Parameter Efisiensi	Server Web PC	Server Web Tertanam	Penghematan (%)
1.	Konsumsi daya	80Watt	3,5Watt	95.63%
2.	Ukuran fisik	9cm x35,5cm x 35,5cm (11.342cm <sup>3</sup> )	7cmx9cmx4cm (252cm <sup>3</sup> )	97,78%
3.	Biaya sistem	\$300	\$35	88.33%

## 5. Kesimpulan

Hasil penelitian menyajikan pengembangan instrumentasi *remote* berbasis web untuk mendukung laboratorium *remote*. Prototipe instrumentasi *remote* terdiri dari sebuah osiloskop dan generator frekuensi yang memiliki spesifikasi yang sangat efisien: biaya rendah, daya rendah, dan mendukung era komputer hijau. Dari hasil-hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa :

- Aplikasi instrumentasi *remote* berbasis web dapat berjalan dengan baik pada beberapa browser seperti Mozilla Firefox, Google Chrome, internet Explorer dan Opera.
- Rangkaian signal generator dapat berfungsi dengan baik dalam range 0 sampai dengan 120MHZ. Dengan akurasi pembangkitan frekuensi mendekati 100%.
- Rangkaian oscilloscope dapat bekerja dalam range 0 – 5MHz dengan akurasi pembacaan sinyal 76%. Akurasi data menurun dengan kenaikan frekuensi masukkan.
- Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa penerapan *web server* tertanam Raspberry Pi dalam sistem laboratorium jauh dapat menghemat konsumsi daya sampai 95,63%, penghematan ruang sebesar 97,78% dan penurunan biaya sistem sampai 88,33%.

## 6. Referensi

- [1] J. Garcia-Zubia, I. Angulo, J. Irurzun, P. Orduna, J. Ruiz, U. Hernandez, M. Castro, and E. San-Cristobal, "Easily Integrable Platform for the Deployment of a Remote Laboratory for Microcontrollers," *Int. J. Online Eng. IJOE*, vol. 6, no. 3, pp. pp. 26–31, Jul. 2010.
- [2] L. Gomes and S. Bogosyan, "Current Trends in Remote Laboratories," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 56, no. 12, pp. 4744–4756, Dec. 2009.
- [3] J. Garcia-Zubia, D. Lopez-de-Ipiña, and P. Orduña, "Evolving towards better architectures for remote laboratories: a practical case," *Int. J. Online Eng. IJOE*, vol. 1, no. 2, Aug. 2005.
- [4] M. Kazandjieva, B. Heller, O. Gnawali, P. Levis, and C. Kozyrakis, "Green enterprise computing data: Assumptions and realities," in *Green Computing Conference (IGCC), 2012 International*, 2012, pp. 1–10.
- [5] S. Murugesan, "Harnessing Green IT: Principles and Practices," *IT Prof.*, vol. 10, no. 1, pp. 24–33, 2008.
- [6] F. Y. Limpraptono, A. A. P. Ratna, and H. Sudibyoy, "New Architecture of Remote Laboratories Multiuser based on Embedded Web Server," *Int. J. Online Eng. IJOE*, vol. 9, no. 6, pp. pp. 4–11, Nov. 2013.
- [7] Raspberry, "Raspberry Pi Quick Start." [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org), 2013.
- [8] Analog Devices, "Datasheet, 125MHz Complete DDS Synthesizer." 2004.
- [9] Analog Devices, "Datasheet, AD775 8-Bit 20MSPS Sampling A/D Converter." 1993.