

# **PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI PENGELOLAAN LIMBAH XIV**

## **TEMA SEMINAR**

**Pengembangan IPTEK Pengelolaan Limbah yang Inovatif,  
Handal, berkelanjutan dan Berwawasan Lingkungan  
Guna Meningkatkan Daya Saing Bangsa**



**05 Oktober 2016**

**Gedung IASTH Universitas Indonesia  
Salemba – Jakarta**

**Penyelenggara**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN  
Dan  
Program Studi Ilmu Lingkungan - UI**

**Diterbitkan Desember 2016**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas karunia-Nya Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XIV dapat diterbitkan. Seminar ini terselenggara atas kerjasama antara Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN dengan Program Studi Ilmu Lingkungan – Universitas Indonesia. Seminar dengan tema “Pengembangan IPTEK Pengelolaan Limbah yang Inovatif, Handal, Berkelanjutan dan Berwawasan Lingkungan Guna Meningkatkan Daya Saing Bangsa” telah dilaksanakan pada tanggal 5 Oktober 2016 di Gedung IASTH It.3 Universitas Indonesia, Salemba.

Seminar diselenggarakan sebagai media sosialisasi hasil penelitian dan pengembangan di bidang limbah radioaktif dan non radioaktif. Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XIV dijadikan sebagai media tukar menukar informasi dan pengalaman, ajang diskusi ilmiah, peningkatan kemitraan di antara peneliti, akademisi, dan praktisi industri, mempertajam visi pembuat kebijakan dan pengambil keputusan, serta peningkatan kesadaran kolektif terhadap pentingnya pengelolaan limbah yang inovatif, handal, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Prosiding ini memuat karya tulis dari berbagai hasil penelitian mengenai pengelolaan limbah radioaktif, industri dan lingkungan. Makalah telah melalui proses evaluasi dari tim editor. Makalah dikelompokkan menjadi empat kelompok, yaitu kelompok pengelolaan limbah, disposal, lingkungan, dan perundang-undangan. Makalah-makalah tersebut berasal dari para peneliti di lingkungan BATAN, BAPETEN dan BPPT serta dosen dan mahasiswa di lingkungan UI, UNDIP, dan UNS.

Semoga penerbitan prosiding ini dapat digunakan sebagai data sekunder dalam pengembangan penelitian dimasa akan datang, serta dijadikan bahan acuan dalam kegiatan pengelolaan limbah. Akhir kata kepada semua pihak yang telah membantu, kami ucapkan terima kasih.

Jakarta, Desember 2016

Kepala  
Pusat Teknologi Limbah Radioaktif  
Badan Tenaga Nuklir Nasional

Ir. Suryantoro, MT

## **SUSUNAN TIM EDITOR**

Ketua	: Dr. Budi Setiawan	- BATAN
Anggota	: 1. Dr. Sigit Santoso	- BATAN
	2. Dr. Heny Suseno	- BATAN
	3. Drs. Gunandjar, SU	- BATAN
	4. Ir. Aisyah, MT	- BATAN
	5. Dr. Djoko Hari Nugroho	- BAPETEN
	6. Dr. Ir. Mohammad Hasroel Thayib, APU	- UI
	7. Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA	- UI

## SUSUNAN PANITIA

<b>Pengarah</b>	:	1. Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional	- BATAN
		2. Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan UI	- UI
<b>Penanggung Jawab</b>	:	Ir. Suryantoro, MT	- BATAN
<b>Penyelenggara</b>			
Ketua	:	Budiyono, ST	- BATAN
Wakil Ketua	:	Moch. Romli, S.ST, MKKK	- BATAN
Sekretaris	:	1. Enggartati Budhy Hendarti, A.Md	- BATAN
		2. Pricillia Azhani, STP., M.Si.	- UI
		3. Titik Sundari, A.Md	- BATAN
Anggota	:	1. Widya Handayani, SE	- BATAN
		2. Sugianto, ST	- BATAN
		3. Wezia Berkademi, SE, M.Si	- UI
		4. M. Nurhasim, S.ST	- BATAN
		5. Eri Iswayanti, A.Md	- BATAN
		6. Agustinus Muryama, ST	- BATAN
		7. Budi Arisanto, A.Md	- BATAN
		8. Azhar Firdaus, S.Sos.I, M.Si	- UI
		9. Risdiyana, A.Md	- BATAN
		10. Adi Wijayanto, ST	- BATAN
		11. Arifin Istavara, S.ST	- BATAN
		12. CH. Susiana Atmaja, A.Md	- BATAN
		13. Imam Sasmito	- BATAN
		14. Moh. Cecep Cepi H., S.ST	- UI
		15. Parjono, ST	- BATAN
		16. Siswanto	- BATAN
		17. Sariyadi	- BATAN
		18. Maulana	- BAPETEN
		19. Drs. Hendro	- BATAN
		20. Sunardi, ST	- BATAN
		21. Gatot Sumartono, ST	- BATAN
		22. Ir. Eko Madi Parmanto	- BATAN
		23. Alphana Fridia Cessna, ST., M.Si	- UI
		24. Rukiaty	- BATAN
		25. Ade Rustiadam, S.ST	- BATAN
		26. Ajrieh Setiawan, S.ST	- BATAN
		27. Suparno, A.Md	- BATAN
		28. Suhartono, A.Md	- BATAN

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	i
Susunan Tim Editor .....	ii
Susunan Panitia .....	iii
Daftar Isi .....	iv
1 Pengembangan Teknologi Pengolahan Limbah Radioaktif Pra-Disposal : Imobilisasi Limbah Radioaktif Uranium Menggunakan Abu Batubara Sebagai Bahan Matriks <i>Synroc</i> .. <b>Gunandjar dan Yuli Purwanto</b>	1
2 Pengelolaan Limbah Cair Dengan Pendekatan Konsep Eko-Efisiensi: Analisis Hubungan Antara Penerapan Program <i>Cleaner Production</i> Di Area Produksi Dengan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) .....	14
<b>Wahyu Wikandari, Roekmijati Widaningroem Soemantojo, Tri Edhi Budhi Soesilo</b>	
3 Pengolahan Limbah <i>Methylen Blue</i> Secara Fotokatalisis Dengan TiO <sub>2</sub> Dimodifikasi Fe Dan Zeolit .....	29
<b>Agus Salim Afrozi, Rahmat Salam, Auring R, Asep Nana S</b>	
4. Kinerja Konsorsium Bakteri Dari Sungai Opak Yogyakarta Dalam Reduksi Nitrat Dengan Sumber Karbon Yang Berbeda .....	37
<b>Hanies Ambarsari, Miswanto</b>	
5. Pengelolaan Limbah Radioaktif Hasil Dekontaminasi Di Instalasi Produksi Radioisotop Paska Berhenti Operasi .....	45
<b>Suhaedi Muhammad, Nazaroh, Rr.Djarwanti,RPS</b>	
6. Pemanfaatan Limbah Oli Bekas Sebagai Bahan Bakar Pembantu Peledakan (ANFO) Pada Kegiatan Pertambangan Batubara (Kasus Pemanfaatan Limbah Oli Bekas di PT. JMB Group) .....	52
<b>Danang Widiyanto</b>	
7. Sistem Pemurnian Helium Pada Reaktor Daya Experimental (RDE) Tipe HTR-10.....	60
<b>Aisyah, Yuli Purwanto</b>	
8. Pengolahan Limbah Daun Jati Kering Dari Desa Leyangan, Ungaran Menjadi Pulp Kering Dengan Proses Soda .....	68
<b>Linda Kusumaningrum, Heny Kusumayanti</b>	
9 Pembuatan Zat Warna Alami Dari Buah Mangrove <i>Spesies Rhizophora Stylosa</i> Sebagai Pewarna Batik Ramah Lingkungan Dalam Skala Pilot Plan .....	76
<b>Paryanto, Wusana Agung Wibowo, Moch Helmy Aditya</b>	
10 Konsentrasi Faktor Pada Bioakumulasi Plutonium Oleh Siput Macan ( <i>Babylonia Spirata L.</i> ) Di Perairan Teluk Jakarta .....	82
<b>Murdahayu Makmur , Muhammad Qowi Fikri, Defri Yona, Syarifah Hikmah JS</b>	
11. Pengaruh Koefisien Distribusi <sup>137</sup> Cs Pada Keselamatan Calon Tapak Fasilitas Disposasi Limbah Radioaktif .....	93
<b>Budi Setiawan, Dadang Suganda</b>	
12. Kajian Pengolahan Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Beberapa Adsorben .....	105
<b>Mirawaty, Gustri Nurliati</b>	

13	Studi Eksperimen Difusi Boron Dalam Bentonit Terkompaksi Dalam Kondisi Reduksi Oleh Fe .....	113
	<b>Mas Udi, Noria Ohkubo</b>	
14	Pengolahan Limbah Uranium Cair Dengan Resin Anion Amberlite IRA-400 Cl Dan Imobilisasi Resin Jenuh Menggunakan Polimer .....	118
	<b>Dwi Luhur Ibnu Saputra, Wati, Nurhayati</b>	
15	Studi Pemanfaatan Zeolit Sebagai Bahan Penopang Asam Oksalat Untuk Dekontaminasi Permukaan Aluminium .....	124
	<b>Sutoto</b>	
16	Karakteristik Limbah Radioaktif Tingkat Rendah Dan Sedang Reaktor Daya Eksperimental HTR-10 .....	129
	<b>Kuat Heriyanto</b>	
17	Pengembangan Penerapan Sistem Pengawasan Dalam Rangka Pencegahan Masuknya <i>Scrap Metal</i> Terkontaminasi Zat Radioaktif ke Dalam Wilayah Hukum Republik Indonesia .....	136
	<b>Nanang Triagung Edi Hermawan</b>	
18	Pengawasan Zirkon Di Indonesia .....	145
	<b>Moekhamad Alfiyan</b>	
19	Polimorfisme XPD23 Pada Pekerja Radiasi Medik .....	151
	<b>Wiwin Mailana, dan Yanti Lusiyantri</b>	
20	Pengukuran Radiasi Dan Konsentrasi <i>Naturally Occuring Radioactive Materials</i> (NORM) Pada Lahan Calon Tapak PLTU Batubara Kramatwatu Serang Banten .....	155
	<b>Sucipta, Risdiyana S., Arimuladi SP.</b>	
21	Perhitungan Jumlah Limbah Paska Dekomisioning Reaktor Triga Mark II Bandung .....	165
	<b>Sutoto, Kuat Heriyanto, Mulyono Daryoko</b>	
22	Fenomena Distribusi Radionuklida Kontaminan Pada Air Kanal Fasilitas KH-IPSB3 Pasca Perbaikan Filter <i>Skimer</i> .....	173
	<b>Titik Sundari, Darmawan Aji, Arifin</b>	
23	Difusi Radiocesium Oleh Tanah Urugan Sebagai Bahan Penutup Fasilitas Disposal Demo di Kawasan Nuklir Serpong : Karakterisasi <i>Dry Density</i> Tanah Permukaan di Lokasi Fasilitas Disposal Demo .....	179
	<b>Nurul Efri Ekaningrum, Budi Setiawan</b>	
24	Uji Integritas Kelongsong Bahan Bakar Nuklir Bekas Reaktor Dengan Metode Uji Cicip ..	186
	<b>Dyah Sulistyani Rahayu, Darmawan Aji</b>	
25	Verifikasi Penggunaan Library Origen 2.1 Untuk Perhitungan Inventori Teras Reaktor Tipe HTGR 10 MWth .....	194
	<b>Anis Rohanda, Jupiter S. Pane, Amir Hamzah</b>	
26	Penentuan Densitas Boron Karbida (B <sub>4</sub> C) Menggunakan Autopiknometer Dan Secara Metrologi .....	199
	<b>Torowati, Mu`nisatun, S., Yatno Dwi Agus</b>	
27	Evaluasi Pengukuran Tingkat Kontaminasi Permukaan Material Terkontaminasi Untuk Tujuan Klierens (Studi Kasus : Limbah Pelat Logam Hasil Dekomisioning Fasilitas Pemurnian Fosfat Pt. Petrokimia Gresik) .....	205
	<b>Moch Romli, Mas'udi , Sugeng Purnomo, M. Nurhasyim, T. Sulistiyo H.N., Suhartono, Imam Sasmito, L. Kwin P</b>	

28	Evaluasi Tahanan Pembumian Instalasi Penyalur Petir Pada Stasiun Meteorologi Kawasan Nuklir Serpong .....	212
	<b>Adi Wijayanto, Arief Yuniarto, Budihari</b>	
29	Evaluasi Pengendalian Dosis Radiasi Pada Kegiatan <i>Dismantling</i> Dan Pengondisian Zat Radioaktif Terbungkus Yang Tidak Digunakan .....	217
	<b>Suhartono, Moch Romli, Arie Budianti, Adi Wijayanto, Mahmudin</b>	
30	Penerimaan Dosis Radiasi Sebagai Indikator Keselamatan Dalam Proses Pengolahan Limbah Radioaktif Tahun 2015 .....	224
	<b>L.Kwin Pudjiastuti, Hendro, Suhartono, Arie Budianti</b>	
31	Penerapan Nilai Batas Lepas Radioaktivitas ke Badan Air di Kawasan Nuklir Serpong ..	230
	<b>Arif Yuniarto, Aepah Nurbiyanti, Ambar Winansi, Ritayanti</b>	
32	Analisis Kegagalan Proses Pembangkit Uap Pada Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif Cair .....	241
	<b>Budiyono, Sugianto</b>	
33	Jaminan Mutu Layanan Evaluasi Dosis Perorangan Dengan <i>TLD Barc</i> di PTKMR-Batan ..	250
	<b>Nazaroh, Rofiq Syaifudin, Sri Subandini Lolaningrum, dan Nina Herlina</b>	
34	Perancangan Sistem Kendali <i>VAC Off-Gas</i> Pada Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif berbasis Programable Logic Control .....	260
	<b>Sugianto, Budiyono, Arifin Istavara</b>	
35	Uji Kelayakan Operasi Genset BRV20 RSG-Gas Setelah Dilakukan Perbaikan .....	268
	<b>Teguh Sulisty</b>	
36	Analisis Sistem Ventilasi Fasilitas Produksi 131I di PTRR-BATAN.....	278
	<b>Mulyono, Hermanto, Sofyan Sori, Sriyono</b>	
37	Aplikasi <i>Scada</i> Dengan Media Komunikasi Nirkabel 2.4 Ghz Untuk Pengendali Operasi Fasilitas Kanal Hubung Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir Bekas (KHIPSB3)	283
	<b>Parjono , Budiyono</b>	
38	Pembuatan Dan Pengujian <i>Burner</i> Pada Tungku Peleburan Timbal Untuk Fabrikasi <i>Shielding</i> Sumber Radioaktif Bekas Terbungkus .....	292
	<b>Arifin Istavara, Jonner Sitompul, Sugianto</b>	
39	Aplikasi Reaktor Pada <i>Capacitor Bank</i> Sebagai Peredam Harmonik Catu Daya Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif .....	299
	<b>Jonner Sitompul, Sugianto</b>	

## **APLIKASI SCADA DENGAN MEDIA KOMUNIKASI NIRKABEL 2.4 GHz UNTUK PENGENDALI OPERASI FASILITAS KANAL HUBUNG PENYIMPANAN SEMENTARA BAHAN BAKAR NUKLIR BEKAS (KHIPSB3)**

**Parjono , Budiyono**

*Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-Badan Tenaga Nuklir Nasional  
Kawasan Puspiptek Serpong Gedung 50, Tangerang Selatan, Banten 15310  
E-mail: jono@batan.go.id*

### **ABSTRAK**

**APLIKASI SCADA DENGAN MEDIA KOMUNIKASI NIRKABEL 2.4 GHz UNTUK PENGENDALI OPERASI FASILITAS KANAL HUBUNG PENYIMPANAN SEMENTARA BAHAN BAKAR NUKLIR BEKAS.** Peralatan fasilitas Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir Bekas dioperasikan untuk menjamin keselamatan manusia dan lingkungan. Operasi peralatan dalam memenuhi Batas Kondisi Operasi yang aman harus terkendali dan terpantau dengan baik. Peralatan dikendalikan dan dipantau dari lokasi terpisah yang berjarak 500 meter. Kedua lokasi belum terdapat jaringan kabel *Unshielded Twice Pair* maupun fiber optic. Oleh karena itu, kendali dan monitoring peralatan mengimplementasikan teknologi *Programmable Logic Controller* yang terintegrasi dengan sistem SCADA. Sistem mengaplikasikan jaringan nirkabel 2,4 Ghz sebagai media komunikasi sistem SCADA. Pemilihan jaringan nirkabel 2.4 Ghz atau *Wifi Standard wireless-G 802.11g*, karena media tersebut dapat mengirim dan menerima data sampai dengan 54 Mbps serta memiliki toleransi pemakaian dan gangguan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan frekuensi 5.8 GHz. Sistem diaplikasikan dalam rangka efisiensi, mempermudah pengawasan dan pengendalian, serta akuisisi data.. Metode dilakukan dengan pemasangan *Accesst point* dan *Client Bridge*, pengujian kualitas layanan jaringan atau *Quality of service (QoS)* dan uji fungsi aplikasi menggunakan *MTU-SCADA software Simatic Wincc Flexible*. Hasil pengujian kualitas layanan jaringan nirkabel didapat nilai *delay 4,35 milisecond* dan *packet loss 0%*. Nilai tersebut termasuk dalam katagori dan degradasi sangat bagus berdasarkan standar TIPHON. Aplikasi jaringan berfungsi dengan baik sehingga pengawasan, pengendalian dan akuisisi data (SCADA) untuk pengoperasian peralatan di IPSB3 gedung 38 dapat dilakukan secara baik dan optimal dari gedung 51.

Kata kunci : Bahan bakar nuklir bekas, PLC, SCADA, Nirkabel, QoS

### **ABSTRACT**

**APPLICATION OF SCADA USING WIRELESS COMMUNICATION MEDIA 2.4 GHz FOR CONTROLLING THE OPERATION OF TRANSFER CHANNEL INTERIM STORAGE FOR SPENT FUEL FACILITY.** *Interim storage facility equipment installation Used Nuclear Fuel operated to ensure the safety of humans and the environment. operating equipment to meet safe limits Operating Conditions should be controlled and monitored. Equipment is controlled and monitored from a separate location within 500 meters. Both locations have not been there Twice Pair Unshielded cable networks and fiber optic. Therefore, control and monitoring equipment to implement technology Programmable Logic Controller integrated with SCADA systems. Apply system 2.4 Ghz wireless network as communication media SCADA system. Selection of a 2.4 Ghz wireless network or Wifi-G 802.11g wireless standard, because the media can send and receive data at up to 54 Mbps and has a user tolerance and lower interference than the 5.8 GHz frequency. The system was applied in the context of efficiency, facilitate supervision and control, and data acquisition .. The method is done by mounting Accesst point and Client Bridge, testing the quality of network services or Quality of service and function testing of applications using MTU- SCADA Simatic Wincc Flexible software. Results of testing the quality of wireless network services obtained value of 4.35 millisecond delay and packet loss 0%. This value is included in the category and the degradation is very good by the standards TIPHON. Testing of the SCADA system with 2.4 GHz wireless communication media have been installed to work properly and optimally.*

Keywords: spent fuel, programmable logic control, SCADA, Wireless, QoS

### **PENDAHULUAN**

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) adalah suatu sistem yang berbasis komputer yang berfungsi untuk pengawasan, pengontrolan dan pengumpulan data dalam suatu proses. Sistem SCADA terdiri atas antarmuka

(*Human-Machine Interface*) unit jarak jauh yang menghubungkan beberapa sensor pengukuran untuk pengawasan dan *Programmable Logic Controller (PLC)*. SCADA merupakan piranti otomatis pemulih gangguan yang dapat dilakukan seketika atau menangani gangguan secara langsung (*real time*) dari jarak



jauh. SCADA mengumpulkan data yang diperoleh dari RTU (*remote terminal unit*) pada MTU (*master terminal unit*) dan mengeksekusi perintah terhadap sistem yang sedang berjalan. Terdapat dua elemen penting yang berperan dalam SCADA, yaitu proses sistem yang dipantau dan jaringan peralatan HMI (*human machine interface*). Dilihat dari karakteristik sistem kontrolnya, sistem SCADA terbagi menjadi dua, yaitu *open loop* (komunikasi jarak jauh) dan *closed loop* (komunikasi jarak dekat). Perbedaan diantara keduanya terletak pada alat komunikasi yang digunakan, dimana pada sistem kontrol *open loop*, sistem SCADA menggunakan jaringan WAN (*wireless area network*) yang dilengkapi sistem radio sebagai pengirim dan penerima sinyal dari ribuan I/O dimana pengontrolan bisa dilakukan dari jarak ribuan kilometer. Sedangkan untuk *closed loop*, sistemnya mirip dengan DCS (*distributed control system*), dimana sistem ini merupakan unit pengumpul dan kontrol data yang ditempatkan pada area terbatas. Sistem komunikasi menggunakan DCS yang merupakan jaringan LAN (*local Area Network*). Sistem SCADA sangat bergantung pada jumlah RTU didalam pengumpulan dan pengiriman datanya. Ketepatan dan efisiensi waktu memungkinkan proses operasi peralatan IPSB3 menjadi lebih optimal dan aman.

Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Bekas (IPSB3) merupakan suatu fasilitas penerima dan menyimpan bahan bakar nuklir bekas dari Reaktor Serba Guna GA Siwabessy (RSG-GAS) serta menyimpan bahan teradiasi lain yang berasal RSG-GAS, Instalasi Produksi Radioisotop, dan Instalasi Radiometalurgi. Dalam menjamin keselamatan pekerja dan lingkungan maka operasi peralatan harus memenuhi syarat batas kondisi operasi yang aman. Kondisi peralatan dan parameter operasi di dalam fasilitas harus dipantau dan dikendalikan. Pengendalian dan pemantauan dilakukan terhadap sistem *ventilation and air conditioning (VAC)*, sistem purifikasi, sistem pendingin kolam, sistem Pusat Buangan Terpadu (PBT), sistem *demineralized water*, dan sistem air kolam penyimpanan.

Fasilitas peralatan IPSB3 harus dapat dikendalikan dan dipantau dari ruang kendali di Gedung 51 yang berjarak sekitar 500 meter dari ruang kendali utama Gedung 38. Antara kedua gedung tidak ada kabel *Unshielded Twice Pair* maupun *fiber optic* sebagai media komunikasi. Oleh karena itu diperlukan teknologi dalam menjalankan fungsi pemantauan, pengendalian, dan pengambilan serta pengumpulan data-data kondisi operasi peralatan. Teknologi yang diaplikasikan harus memiliki kestabilan dan kehandalan yang tinggi. Nirkabel 2.4 Ghz sebagai

media komunikasi SCADA dipilih untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pemilihan jaringan nirkabel 2.4 Ghz atau Wifi Standard wireless-G 802.11g beralasan karena media tersebut dapat diinstal dengan mudah, dapat mengirim dan menerima data sampai dengan 54 Mbps serta memiliki toleransi pemakaian dan gangguan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan frekuensi 5.8 GHz [1].

Makalah ini menguraikan tentang aplikasi SCADA menggunakan jaringan nirkabel 2.4 Ghz dalam pengendalian dan pemantauan peralatan proses di fasilitas penyimpanan bahan bakar nuklir bekas.

## TEORI

Komunikasi SCADA diatur melalui suatu protokol karena kebanyakan sensor dan kontrol tidak dapat menghasilkan/menerjemahkan protokol komunikasi. RTU dibutuhkan sebagai jembatan komunikasi antara sensor dan jaringan SCADA. RTU mengubah masukan sensor ke format protokol dan mengirimnya ke master SCADA. Selain itu RTU juga menerima perintah dalam format protokol dan memberikan sinyal listrik yang sesuai ke relai kontrol yang bersangkutan. Pada umumnya jarak antara RTU dengan MTU cukup jauh sehingga diperlukan media komunikasi antara keduanya. Cara yang paling umum dipakai adalah komunikasi serat optik (*Optical Fiber Communication*). Sistem SCADA melakukan pelaporan status berbagai macam sensor baik analog maupun digital melalui sebuah komputer khusus yang sudah di buat HMI-nya atau HCI-nya (*human computer interface*). Akses ke kontrol ini bisa dilakukan secara lokal maupun berbasis *Web* atau sudah tersedia panel-panel kontrol *touch screen* yg telah tertanam software didalamnya. Pada pengontrolan data dilakukan pada ruang kendali utama (RKU), semua pengontrolan yang terjadi pada proses dapat ditambahkan pada satu sistem SCADA terpusat. Artinya kita dapat melakukan semua pengontrolan pada suatu sistem dengan sistem HMI (*Human Machine Interface*). *Master Terminal Unit (MTU)* memiliki SCADA Software yang memiliki fitur-fitur antara lain, *HMI (Human Machine Interface)*, *Graphics Display*, *Alarms*, *History Graph*, dan *Data Base*,

## Jaringan Nirkabel

Jaringan Wifi atau *Wireless Fidelity* tidak menggunakan kabel, akan tetapi masih mempunyai topologi yang mendefinisikan bagaimana piranti nirkabel berinteraksi dengan *layer physical* pada model OSI. Teknologi Wi-Fi memiliki standar yang ditetapkan IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*). Jaringan

berbasis nirkabel standard 802.11 menggunakan komunikasi *spectrum* yang menyebar secara berurutan pada frekuensi 2.4 GHz, dimana piranti tersebut berkomunikasi satu sama lain menggunakan dua dasar topologi yaitu *ad hoc* dan *infrastructure* [2].

Jaringan Ad Hoc terdiri dari dua atau lebih perangkat *nirkabel* yang berkomunikasi secara langsung satu sama lain. Sinyal yang dihasilkan oleh *interface adapter* Jaringan Wifi adalah berarah *Omni* keluar ke rentang jangkauan yang dipengaruhi oleh faktor-2 lingkungan, dan juga sifat dari piranti yang terlibat. Jangkauan ini disebut sebagai suatu area layanan dasar (BSA – *basic service area*). Jaringan *infrastructure* menggunakan suatu piranti Wifi yang disebut *Access Point (AP)* sebagai suatu *bridge* antara perangkat nirkabel dan jaringan kabel *standard*. *Access Point* yang berisi *transceiver wireless compliant* adalah suatu unit yang menghubungkan ke jaringan *Ethernet* atau jaringan kabel lain oleh suatu kabel. Jika ada piranti *Wifi* lain masuk dalam jangkauan nirkabel *Access Point* ini maka ia bisa saling komunikasi dengan jaringan kabel, layaknya mereka terhubung dengan kabel.

Standard nirkabel G 802.11g merupakan pengembangan dari 802.11b dengan laju kecepatan sampai 54 Mbps serta jangkauan yang lebih pendek. Beberapa jenis perangkat nirkabel *G* dikuatkan dengan teknologi yang bisa

mencakup area lebih luas seperti dengan penambahan antenna *grid* atau *flat panel*

**Quality of Service**

*Quality of Service (QoS)* merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu layanan [3]. QoS digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu servis. QoS didesain untuk membantu *end user* menjadi lebih produktif dengan memastikan bahwa *user* mendapatkan kinerja yang handal dari aplikasi-aplikasi berbasis jaringan. Diantara komponen-komponennya adalah *jitter*, *delay*, dan *loss packet*.

*Jitter* merupakan variasi *delay* antar paket yang terjadi pada jaringan berbasis IP. Besarnya nilai *jitter* akan sangat dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya tumbukan antar paket (*congestion*) yang ada dalam jaringan tersebut. Semakin besar beban trafik di dalam jaringan akan menyebabkan semakin besar pula peluang terjadinya *congestion*, dengan demikian nilai *jitter*-nya akan semakin besar. Semakin besar nilai *jitter* akan menyebabkan nilai QoS semakin turun. Kategori kinerja jaringan berbasis IP dalam *jitter* versi *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON)* dikelompokkan menjadi empat kategori seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Jitter

Kategori Degradasi	Peak Jitter
Sangat bagus	0 ms
Bagus	75 ms
Sedang	125 ms
Jelek	225 ms

*Jitter* dihitung dengan persamaan 1 :

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasy Delay}}{\text{Total Packet yang diterima}} \dots\dots\dots (1)$$

*Delay* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sebuah paket data terhitung dari saat pengiriman

oleh *transmistter* sampai pada saat diterima oleh *reciverer*. *Delay* dihitung dengan persamaan 2:

$$\text{Delay(Latency)} = \frac{\text{Jumlah waktu ping}}{\text{Banyaknya jumlah ping}} \dots\dots\dots (2)$$

Standar QoS Versi TIPHON untuk katagori *Delay (Latency)* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Performansi jaringan berdasarkan *delay/latensi*

Kategori Latency	Besar Delay
Sangat Bagus	< 150 ms
Bagus	150 s/d 300 ms
Sedang	300 s/d 450 ms
Jelek	> 450 ms

Kualitas terbaik dalam pengiriman paket data ke tujuan adalah saat LAN/WAN memiliki jumlah paket yang hilang (*losses*) paling kecil [4].

Nilai *Packet loss* /Kongesti dapat dihitung dengan persamaan 3 :

$$Packet\ loss = \frac{Packet\ Transmitter - Paket\ Reciver}{Packet\ Transmitter} \times 100\% \dots\dots 3$$

Di dalam implementasi jaringan IP, nilai *packet loss* ini diharapkan minimum. Secara umum terdapat empat kategori penurunan performansi jaringan dengan versi TIPHON-

*Telecommunications and internet protocol harmonization over networks* [5], yaitu sebagai terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Performansi jaringan IP berdasarkan *packet loss*

Kategori Degredasi	Packet Loss
Sangat bagus	0
Bagus	3 %
Sedang	15 %
Jelek	25 %

**METODOLOGI.**

Metode yang digunakan adalah dengan memasang *Outdoor CPE (Customers Premises Equipment)* 2.4 Ghz Engenius 21611P di gedung 38 (IPSB3) sebagai *Acces Point* dan pemasangan *Outdoor CPE 2.4 Ghz UBNT NanoStation2* di gedung 51 Bidang Pengembangan Fasilitas Limbah (BPFL) sebagai *Client Bridge*. Konfigurasi sistem SCADA yang dipasang ditunjukkan pada Gambar 1.

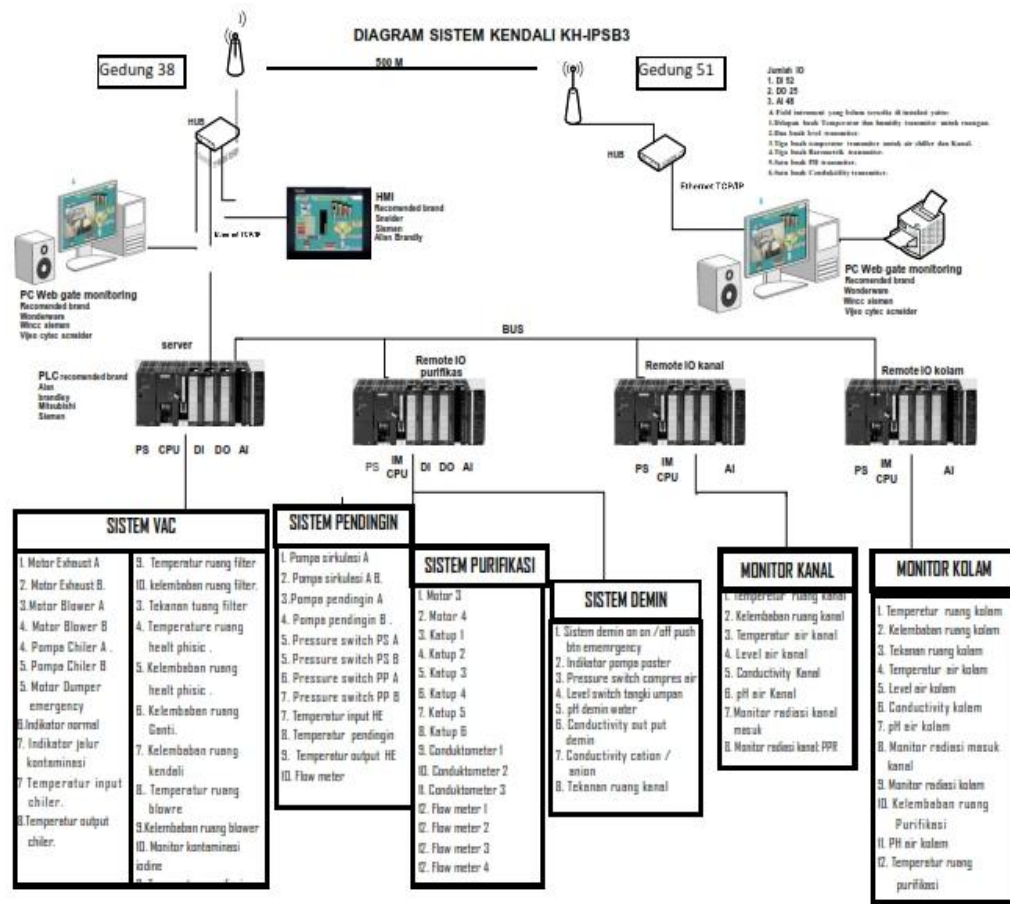
Pengujian dilakukan terhadap kualitas layanan jaringan dan pengujian aplikasi. Pengujian kualitas layanan jaringan dilakukan pada posisi komputer tersambung dengan *CPE Client Bridge* dengan menggunakan aplikasi *Ping.exe* buatan Microsoft. Pengujian meliputi kualitas layanan antar *CPE acces point* dan *CPE client Bridge*. Parameter kualitas layanan meliputi, *Delay(Latency)* dan *Packet Loss* dengan standar *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*

(TIPHON) Pengujian Aplikasi dilakukan dengan *MTU-SCADA Software Simatic Wincc Flexible*.

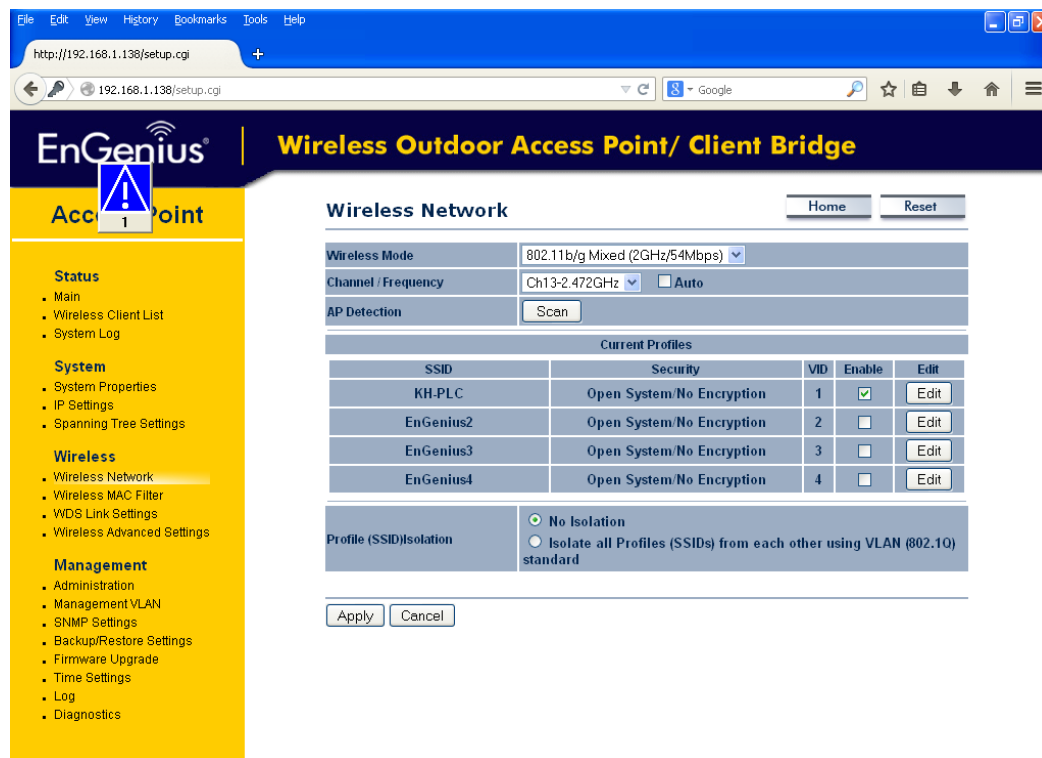
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Konfigurasi *Acces Point* Dan *Client Bridge***

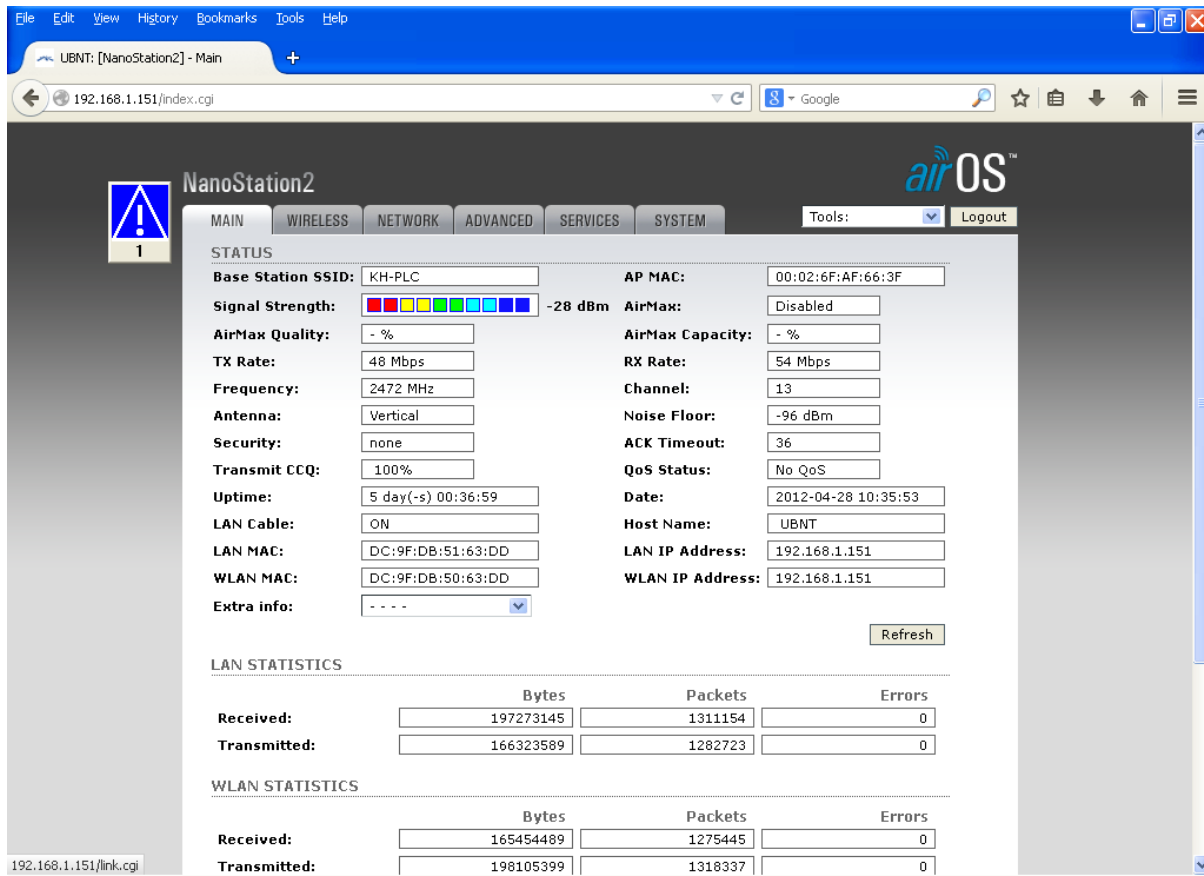
Hasil konfigurasi *Acces Point* dan *Client Bridge* di IPSB3 dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Gambar 2 menunjukkan bahwa konfigurasi *CPE Engenius ECB 2611P* sebagai *accest point*, dengan IP 192.168.1.138, *SSID KH-PLC*. Frekuensi di atur pada posisi 2,472 Ghz atau *channel 13*. Dipilihnya frekwensi tersebut karena tidak banyak digunakan sebagai fasilitas *Hot Spot* di lingkungan sekitar Gedung 38. Sehingga meminimalkan adanya *interfrensi* signal antar *CPE- CPE* yang ada lingkungan sekitar.



Gambar 1. Konfigurasi Sistem SCADA



Gambar 2. Konfigurasi CPE EnGenius ECB 2611P di Gedung 38



Gambar 3. Konfigurasi CPE UBNT NanoStation2 di Gedung 51.

Gambar 3, menunjukkan konfigurasi CPE UBNT NNS2 yang ada di gedung 51 sebagai Client Bridgedengan IP 192.168.1.151. Konfigurasi menggunakan antenna internal sebagai penguat signal untuk meminimalkan gangguan signal latar (noise).CPE telah berhasil terhubung dengan acces point yang ada di Gedung 38 dengan TX maksimal 48 Mbps.Acces pointkemudian dihubungkan dengan unit RTU yang ada di gedung 38 dan perangkat client bridge UBNT NNS2 dihubungkan dengan komputer yang dilengkapi dengan MTU SCADA software Simatic Wincc Flexible beserta runtime filenya.

### Pengujian QoS jaringan Nirkabel

Hasil uji Delay antar CPE di lokasi gedung 51 terhadap acces point yang ada di

Gedung 38 ditunjukkan pada Tabel 4. Pengujian dilakukan pada beban 1472 bytes waktu terendah 2 milisecond dan waktu tertinggi 15 milisecond. Delay dihitung dengan persamaan 2:

$$\begin{aligned}
 \text{Delay(Latency)} &= \frac{87 \text{ ms}}{20} \\
 &= 4.35 \text{ milisecond}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan standar TIPHON, nilai delay 4,35 milisecond adalah termasuk dalam katagory latency “sangat bagus”, karena besar delay <150 ms. Sehingga dengan delay time 4,35 milisecond setiap perintah dari master terminal unit di gedung 51 akan cepat direspon oleh remote terminal unit yang ada di gedung 38, begitu juga sebaliknya setiap perintah dari master terminal unit akan direspon secara cepat oleh remote terminal unit.

Tabel 4. Uji Delay (latency)

Ping ke	Ping time (ms)	Ping ke	Ping time (ms)
1	3	11	3
2	4	12	3
3	5	13	3
4	3	14	2
5	2	15	14
6	2	16	15
7	3	17	3
8	3	18	2
9	3	19	2
10	9	20	3

Selain uji delay untuk mengetahui kecepatan respon jaringan, juga dilakukan uji packet loss. Hasil pengujian packet loss ditunjukkan pada Tabel 5. Data pengujian menunjukkan bahwa keseluruhan paket yang dikirim melalui jaringan tidak ada yang hilang artinya paket yang dikirim sama dengan paket yang diterima atau packet loss = 0%.

Berdasarkan standar TIPHON termasuk dalam katagori degradasi “sangat bagus”. Seluruh paket data yang berasal dari remote terminal unit di gedung 38 akan dikirim sempurna ke master terminal unit di gedung 51, begitu juga sebaliknya data dari master terminal unit akan dikirim sempurna ke remote terminal unit.

Table 5. Data Uji Packet Loss

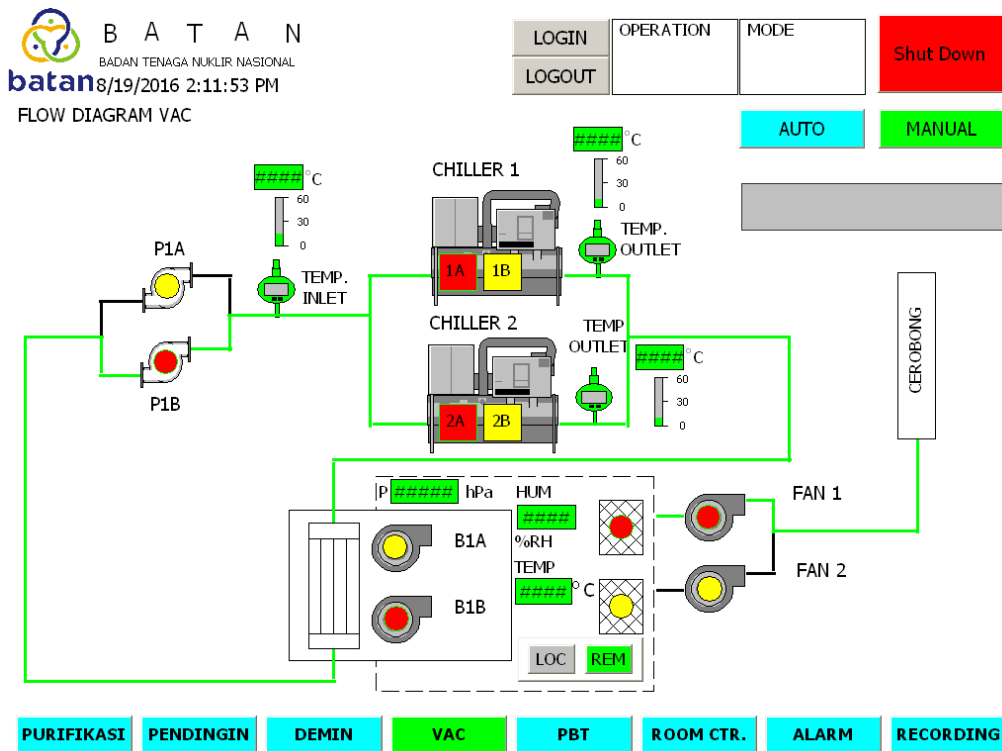
Ping ke	Ping time (ms)	Packet Loss	Ping ke	Ping time (ms)	Packet loss
1	3	0	11	3	0
2	4	0	12	3	0
3	5	0	13	3	0
4	3	0	14	2	0
5	2	0	15	14	0
6	2	0	16	15	0
7	3	0	17	3	0
8	3	0	18	2	0
9	3	0	19	2	0
10	9	0	20	3	0

### Pengujian Aplikasi MTU-SCADA

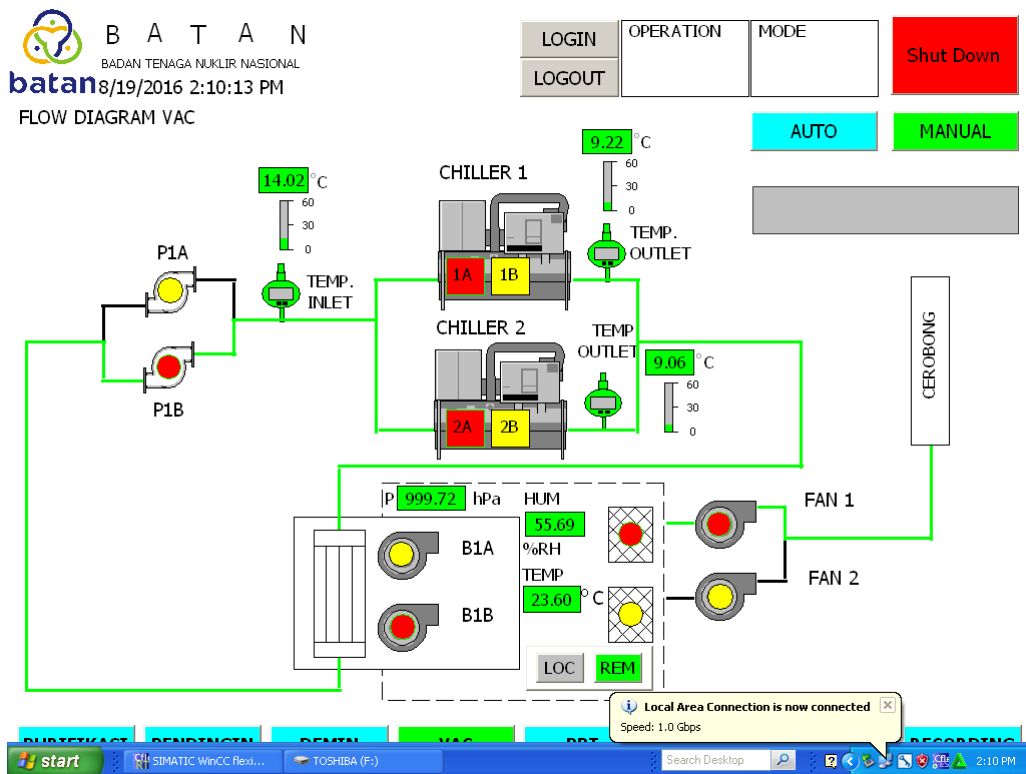
Pengujian aplikasi MTU-SCADA dilakukan untuk memastikan bahwa sistem SCADA dapat berfungsi dengan baik. Sistem SCADA yang menggunakan media komunikasi jaringan nirkabel 2,4 Ghz dapat menjalankan fungsinya dalam proses pemantauan, pengontrolan, pengambilan dan pengumpulan data-data kondisi operasi di IPSB3 dari MTU di gedung 51. Gambar pengujian layer panel pada kondisi offline dan Online ditunjukkan pada

Gambar 4 dan Gambar 5.

Gambar 4 adalah tampilan layer VAC Panel MTU-SCADA yang ada di gedung 51. Pada pengujian ini komputer MTU-SCADA terputus (offline) dengan CPE UBNT NNS2 sebagai client bridge. Walaupun file runtime nya dapat berjalan pada software Simatic Wincc Flexible tetapi tidak menampilkan ada data-data sistem ventilasi dari remote terminal unit yang ada di gedung 38, dengan ditandai simbol “#####”. Artinya bahwa sistem SCADA tidak dapat berfungsi.



Gambar 4. Layer Panel VAC offline



Gambar 5. Layer Panel VAC online

Gambar 5, adalah tampilan *layer* panel VAC MTU-Scada di gedung 51 dalam kondisi *online*. Pada pengujian ini perangkat jaringan nirkabel 2.4 Ghz difungsikan dan dihubungkan dengan komputer MTU SCADA. Terlihat bahwa data-data kondisi operasi sistem ventilasi yang ada di RTU di gedung 38 ditampilkan secara *online* dan *realtime* di komputer MTU-SCADA yang ada di gedung 51. Selain itu pengontrolan, pengendalian dan pengambilan data sistem ventilasi yang ada di gedung 38 dapat dilakukan di gedung 51 dengan sistem SCADA.

### KESIMPULAN

Dari bahasan diatas dapat disimpulkan bahwa jaringan antara gedung 38 dan gedung 51 yang berjarak 500 meter dibangun menggunakan media nirkabel 2.4 Ghz dalam implemen. Jaringan telah memenuhi standar TIPHON dengan nilai *Delay (latency)* 4,35 *miliscond* katagori "Sangat Bagus" dan *packet loss* 0% juga termasuk dalam degradasi "sangat bagus". Aplikasi SCADA berfungsi dengan baik sehingga pengawasan, pengendalian dan akuisisi data (SCADA) untuk pengoperasian peralatan di IPSB3 gedung 38 dapat dilakukan secara baik dan

optimal dari gedung 51.

### DAFTARPUSTAKA:

1. T.D.Purwanto, "Analisa Kinerja Wireless Radius Server Pada Perangkat *Access Point* 802.11g (Studi Kasus Di Universitas Binadarma)".
2. Szymanski, "Throughput and QoS Optimization in Nonuniform," 2008.
3. Muhammad Khoirul Umam, L. Budi Handoko, M.Kom "Analisis Kinerja Jaringan WLAN menggunakan metoda Action Research pada dinas Perhubungan Komunikasi dan Informasi Kabupaten Pematang". Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nusantoro
4. F. "Analisis Quality Of Service (Qos) Jaringan Lan Pada Universitas Bina Darma," 2011.
5. D.Sugianto, "Analisis Kualitas Layanan Jaringan Intranet(Qos) Di PT. Pelabuhan Indonesia (Persero) Palembang," 2013.