

Perancangan Jaringan Nirkabel untuk Infrastruktur Monitoring Deformasi Bendungan Sermo

Addin Suwastono¹, Bambang Sutopo², Litasari³

Abstract— Wireless local area networks is used by Sermo's GNSS-CORS to renew its reference position from Department of Engineering Universitas Gadjah Mada's CORS.

The problem is, that wireless local area network should meet the bandwidth requirement and the operation should not break the frequency usage regulation in Indonesia.

This reseach was conducted to study the bandwidth needs of Sermo's dam deformation monitoring system, to design the topology, and calculating EIRP of all wireless network link in the system that meet the regulations of the Ministry of Communications and Information Republik of Indonesia. Wireless local area networks was built to connect Sermo, Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada and Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak's office.

Design implementation and testing of broadband wireless equipment at unlicence frequency of 2.4 GHz (Motorola PTP 100) and 5.8 GHz (Motorola Motorola PTP and PTMP 5750AP/5760SM 58 300) resulted in 2.22 Mbps bandwidth that is much greater than that required, 128.7 kbps, and the average round trip delay of 19.2 ms. Antenna alignment information can be used as a reference for wireless communications equipment maintenance.

Intisari— Jaringan area lokal nirkabel diperlukan GNSS-CORS Waduk Sermo untuk membaharui posisi referensinya dari CORS Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Permasalahan yang muncul adalah jaringan area lokal nirkabel harus memenuhi kebutuhan *bandwidth* dan tidak melanggar regulasi penggunaan frekuensi di Indonesia.

Penelitian yang dilakukan adalah melakukan studi kebutuhan *bandwidth* sistem *monitoring* deformasi bendungan, merancang topologi jaringan nirkabel, dan menerapkan EIRP *link* jaringan nirkabel yang memenuhi regulasi Kementerian Komunikasi dan Informatika RI. Jaringan area lokal nirkabel digunakan untuk menghubungkan area Sermo, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, dan Kantor Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak.

Implementasi rancangan dan pengujian menggunakan peralatan nirkabel pita lebar dengan frekuensi bebas 2,4 GHz (Motorola PTP 100) dan 5,8 GHz (Motorola PTMP 5750AP/5760SM dan Motorola PTP 58300) menghasilkan *bandwidth* 2,22 Mbps dan *round trip delay* rerata 19,2 ms. Data perarahan antena yang dihasilkan digunakan dalam perawatan peralatan komunikasi nirkabel.

Kata Kunci— nirkabel, *monitoring* deformasi bendungan, perarahan antena, EIRP

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sistem pemantauan deformasi bendungan secara *real time* dengan menggunakan sensor secara tiga dimensi dan satu dimensi baik untuk *static* dan *dynamic movements* sangat penting dilakukan. Sebagai langkah uji coba, sebuah kegiatan penerapan teknologi pemantauan deformasi bendungan berbasis stasiun aktif GPS/GNSS – CORS (*Global Positioning System/Global Navigation Satellite System - Continously Operating Reference Stasion*) akan diimplementasikan di bendungan Sermo di desa Hargowilis, kecamatan Kokap, kabupaten Kulon Progo, propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kegiatan ini merupakan kerjasama penelitian antara Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia melalui Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak dengan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Untuk mendukung implementasi infrastruktur *monitoring* deformasi bendungan Sermo diperlukan daya dukung sistem komunikasi data yang handal. Mengingat letak peralatan atau infrastruktur *monitoring* bendungan tersebut tersebar di beberapa titik di area waduk Sermo dan sistem *monitoring* harus dapat diakses oleh pada pemangku kepentingan di kantor Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak di Janti Yogyakarta, maka diperlukan perancangan komunikasi data nirkabel yang sesuai dengan kebutuhan tersebut.

II. SISTEM MONITORING DEFORMASI BENDUNGAN SERMO

Sistem *monitoring* deformasi bendungan Sermo berbasis GNSS CORS, menggunakan 3 sensor utama yaitu: (a) *Robotic Monitoring Station*, (b) GPS GNSS untuk *monitoring station* dan *reference station*, dan (c) AWLR (*Automatic Water Level Recorded*) [9]. Terdapat empat area di Sermo yang akan digunakan untuk menempatkan peralatan *monitoring* deformasi bendungan Sermo yaitu:

- Area Kantor DMU (*Dam Monitoring Unit*), di area ini akan ditempatkan *Robotic Monitoring Station* dan GPS GNSS *monitoring station*.
- Area *Upstream* dan *Downstream*, di sini akan ditempatkan 18 prisma titik pengamatan pergerakan deformasi.
- Area *Intake*, di sini akan ditempatkan AWLR, IPcam dan sebuah prisma pengamatan deformasi.
- Area Stasiun Klimatologi, di sini akan ditempatkan sebuah GPS GNSS *reference* dan sebuah prisma pengamatan deformasi.

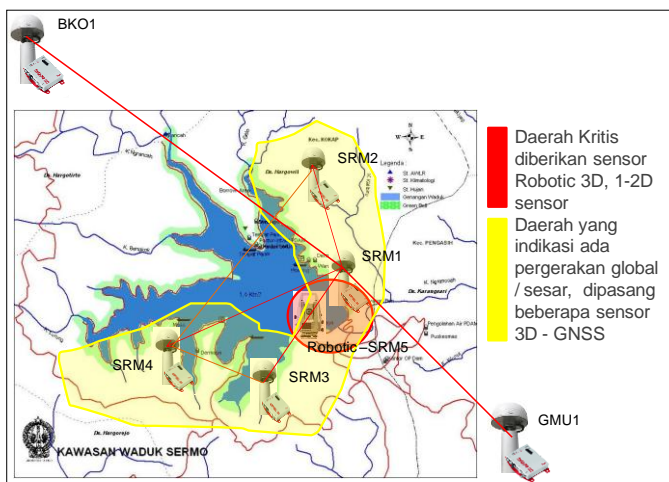
Pemantauan deformasi bendungan pada dasarnya adalah mengamati pergerakan 3 dimensi (pergerakan dalam sumbu x, y dan z) pada beberapa titik pengamatan yang sudah ditentukan pada tubuh bendungan [10]. Pemantauan dilakukan oleh

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA

Robotic Monitoring Station. Peralatan ini mengukur jarak titik-titik pengamatan secara periodis dan mengolahnya menjadi informasi pergerakan titik ukur tersebut.

Robotic Monitoring Station kemudian secara logikal diikatkan dengan sistem posisi global dengan GPS/GNSS yang dipasang di atasnya. GPS/GNSS akan memberikan posisi global yang terstandart sehingga pergerakan titik-titik ukur dapat direferensikan pada posisi global yang didapatkan tersebut.

Untuk mendapatkan informasi posisi GPS yang presisi, secara ideal diperlukan beberapa titik penerima GPS di area waduk sermo, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 1 dengan kode SRM1 sampai dengan SRM5 dan BKO1. Koreksi diferensial terhadap posisi global yang diterima oleh GPS yang dipasang di area Sermo akan diberikan oleh stasiun CORS (*Continuously Operating Reference System*) yang dimiliki oleh Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik UGM, yang ditunjukkan dengan kode GMU1 [9].



Gbr. 1 GNSS-CORS sebagai referensi *monitoring* deformasi bendungan studi kasus di Waduk Sermo[9]

TABEL I
PENEMPATAN PERALATAN

Nama Peralatan	Lintang			Bujur			Elevasi (m)
	Deg	Min	Sec	Deg	Min	Sec	
AWLR	7	49	3,3	110	7	0,5	203
GPS GNSS Monitoring Station	7	49	39,3	110	7	38,4	185
GPS GNSS Reference Station	7	49	2,8	110	6	59,9	196
IPcam	7	49	3,3	110	7	0,5	203
Prisma 1 & 2 & 3	7	49	28,9	110	7	25,9	160
Prisma 4 & 5	7	49	28,9	110	7	25,9	160
Prisma 6 & 7	7	49	29,3	110	7	25,3	160
Prisma 8 & 9	7	49	29,4	110	7	25,3	160
Prisma 10 & 11 & 12	7	49	29,4	110	7	25,1	160
Prisma 13 & 14	7	49	29,5	110	7	25,1	159
Prisma 15	7	49	29,9	110	7	24,7	159
Prisma 16	7	49	29,9	110	7	24,6	159
Prisma 17 & 18	7	49	30	110	7	24,4	159
Robotic Mon Station	7	49	39,3	110	7	38,4	185

Posisi peralatan *monitoring* deformasi bendungan Sermo ditunjukkan dalam Tabel 1.

III. TOPOLOGI JARINGAN KOMUNIKASI DATA NIRKABEL UNTUK Mendukung INFRASTRUKTUR *MONITORING* DEFORMASI BENDUNGAN SERMO

Rancangan topologi jaringan komunikasi data nirkabel untuk mendukung infrastruktur *monitoring* deformasi bendungan Sermo dalam penelitian ditunjukkan dalam Gbr. 2, dan di dalamnya area yang akan dikoneksikan dikelompokkan menjadi:

1. Fakultas Teknik UGM Yogyakarta
2. Area Kantor Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak (BBWS- SO) Janti Yogyakarta
3. Area Kantor DMU (Dam *Monitoring* Unit) Sermo
4. Area Kantor Klimatologi Sermo
5. Area Kantor Pelayanan Waduk Sermo
6. Area Bangunan Intake Sermo

Jaringan komunikasi data nirkabel dibentuk untuk menghubungkan peralatan pemantau deformasi bendungan yang dipasang di area waduk Sermo, server dan CORS di Fakultas Teknik UGM dan server di Kantor Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak. *Link* dari Fakultas Teknik UGM ke DMU Sermo, dalam penelitian ini merupakan lintasan yang

kritis karena jaraknya cukup jauh dan melintasi area kota Yogyakarta yang padat dengan frekuensi jaringan nirkabel lain.

Koneksi yang dibuat untuk *link* tersebut adalah *point to point* dan dalam kondisi *line of sight*. *Link* kedua yaitu antara Fakultas Teknik UGM dan Kantor BBWS SO dibuat dengan koneksi *point to point* dan dalam kondisi *line of sight*. *Link* jaringan komunikasi data nirkabel yang ketiga adalah koneksi *point to multi point* dan juga dalam kondisi *line of sight* untuk menghubungkan peralatan *monitoring* deformasi bendungan di area waduk Sermo.

IV. CARA PENELITIAN

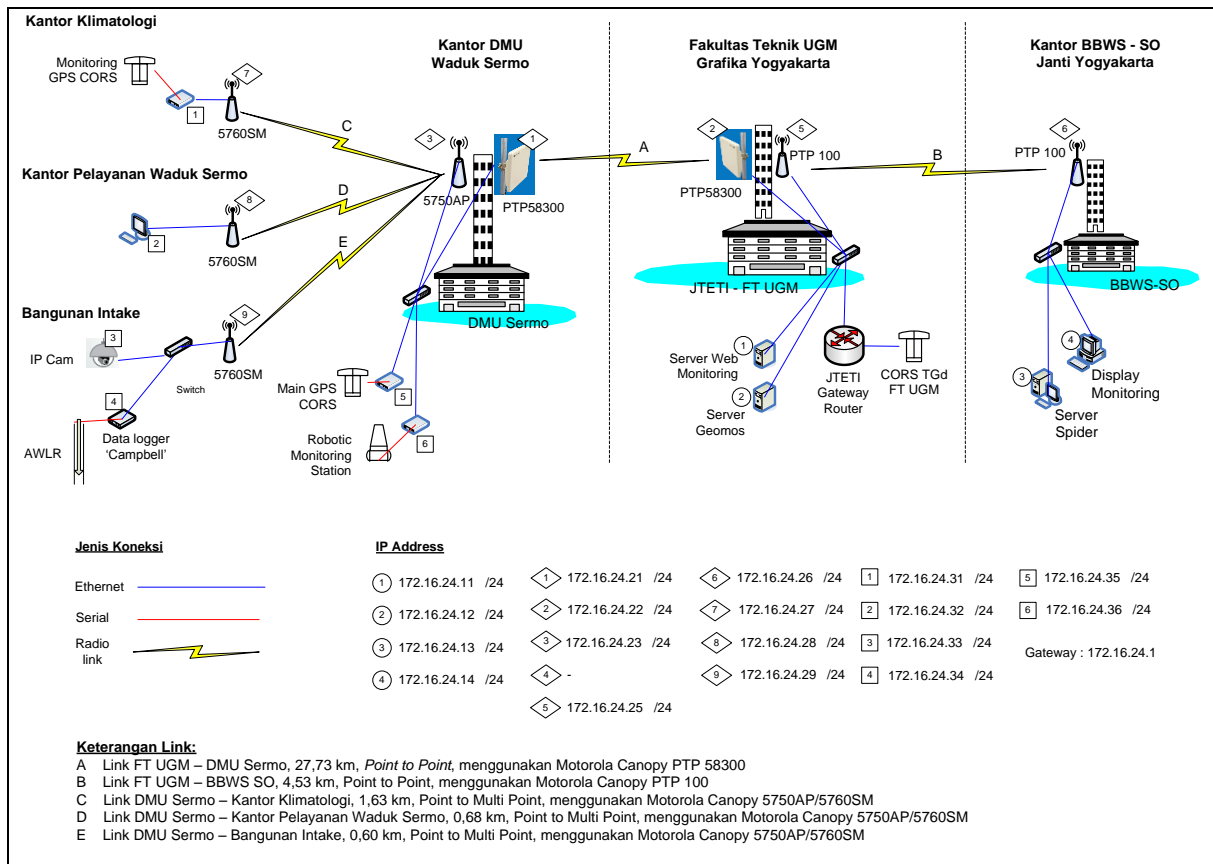
A. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Dokumen spesifikasi teknis peralatan *monitoring* deformasi bendungan yang akan dipasang.
2. Dokumen spesifikasi peralatan komunikasi untuk menunjang infrastruktur pemantauan deformasi bendungan Sermo yang akan dipasang.
3. Buku-buku referensi dan literatur yang menunjang pengembangan sistem komunikasi nirkabel berbasis TCP/IP.

B. Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan berupa perangkat keras dan perangkat lunak seperti disebutkan dalam Tabel II.



Gbr. 2 Topologi Jaringan Komunikasi Data Nirkabel Sermo

TABEL II
PERALATAN PENELITIAN

No	Nama Peralatan
1	Komputer dengan spesifikasi minimal Pentium Dual Core, memori 2 Gbyte, dengan sistem operasi Windows XP, dan protokol ICMP (ping)
2	Perangkat lunak Radio Mobile versi 7.9.4 untuk sistem operasi Windows
3	N-LOS <i>Point to Point Radio Transceiver</i> - Motorola Canopy PTP-58300
4	<i>Point to Point Radio Transceiver</i> - Motorola Canopy PTP-100
5	<i>Access Point Transceiver</i> – Motorola Canopy 5750AP
6	<i>Subscriber Module Transceiver</i> - Motorola Canopy 5760SM
7	Sensor <i>Monitoring</i> 3 Dimensi Presisi Tinggi - <i>Robotic Monitoring Station</i> Leica-TM30-0.5" dan Prisma Target untuk <i>monitoring</i> - GPR112
8	GNSS-CORS <i>Main Monitoring Receiver</i> - GRX1200+ dan CHOKE-RING GNSS Antenna - AT504GG
9	GNSS 3D <i>Monitoring Sensor</i> - Javad Delta G3T GNSS Basic (GPS+Glonass)
10	<i>Automatic Water Level Recorded</i> dan antar muka Campbell Datalogger CRX1000
11	Ipcam D-Link DCS-5220

C. Jalan Penelitian

Kebutuhan *bandwidth* komunikasi data yang diperlukan oleh sistem *monitoring* deformasi bendungan Sermo ditunjukkan dalam Tabel III.

TABEL III
KEBUTUHAN BANDWIDTH

No	Nama Peralatan	Protokol	Jenis Data	Bandwidth
1	<i>Robotic Monitoring Station</i> Leica-TM30-0.5	Serial	Teks	9,9 Kbps
2	GNSS-CORS <i>Main Monitoring Receiver</i> - GRX1200+	Serial	Teks	9,9 Kbps
3	GNSS 3D <i>monitoring sensor</i> - Javad Delta G3T	Serial	Teks	9,9 Kbps
4	<i>Automatic Water Level Recorded</i> - Radar System SDI-12 output dan Interface Campbell Datalogger CRX1000	Serial	Teks	9,9 Kbps
5	Ipcam D-Link DCS-5220	TCP/IP	Image	128,57 Kbps
	Jumlah			168,17 Kbps

Hal non-teknis yang memberikan pertimbangan dalam penempatan peralatan untuk mendukung infrastruktur *monitoring* deformasi bendungan Sermo ini adalah:

1. Peralatan harus ditempatkan di area yang dikelola oleh Kementerian Pekerjaan Umum dalam hal ini Unit Pengelola Waduk Sermo - Konservasi Sumber Daya Air - Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak.
2. Display *Monitoring* harus ditempatkan di Kantor Konservasi Sumber Daya Air - Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak di Janti Yogyakarta, karena para pemangku kepentingan yang akan menggunakan informasi data *monitoring* berada di kantor tersebut, dan

di Sermo yaitu di area Kantor Pelayanan Waduk Sermo juga harus dapat memantau data *monitoring* untuk keperluan verifikasi data oleh staf lapangan.

3. Regulasi dari Komandan Lapangan Udara Adisucipto dalam hal pendirian tower komunikasi di area seputar bandara Adisucipto dan Janti Yogyakarta adalah hanya maksimal setinggi 20 meter.
4. Penempatan peralatan perlu memperhatikan aspek pengamanan fisik alat dari resiko hilang.
5. Penempatan peralatan perlu dekat dengan sumber tegangan listrik yang dimiliki oleh Kantor Unit Pengelola Waduk Sermo dan listrik di area Sermo sering mati tanpa pemberitahuan dari pihak PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara).

Link Kantor DMU Sermo – Fakultas Teknik UGM diimplementasikan dengan *radio transceiver point to point* Motorola Canopy PTP58300. Perarahan antenna disimulasikan dengan Radio Mobile dengan variabel perancangan diasumsikan sebagai berikut :

1. Konfigurasi : *Master-Slave*
(master dipasang diposisi FT UGM)
2. *RF Band* : 5.725-5.875 MHz
3. *Transmit power*: 12 dBm
4. *Receiver Tracehold*: -87 dBm
5. *Line Lost* : 0 dB
6. *Antenna type* : flat/yagi
7. *Antenna Gain* : 23 dBi
8. *Antenna Height* di DMU: 40meter di atas tanah
9. *Antenna Height* di JTETI: 36meter di atas tanah

Link Fakultas Teknik UGM – Kantor Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak diimplementasikan dengan *radio transceiver point to point* Motorola Canopy PTP100 Perarahan antenna disimulasikan dengan *Radio Mobile* dengan variabel perancangan diasumsikan sebagai berikut :

1. Konfigurasi : *Master-Slave*
(master dipasang diposisi FT UGM)
2. *RF Band* : 2.400-2.4835 MHz
3. *Transmit power*: 17 dBm (0,05 W)
4. *Receiver Tracehold*: -86 dBm
5. *Line Lost* : 0 dB
6. *Antenna type* : flat/yagi
7. *Antenna Gain* : 19 dBi (Antenna + reflector)
8. *Antenna Height* di JTETI: 36meter di atas tanah
9. *Antenna Height* di BBWS: 20meter di atas tanah

Link antenna di Area Waduk Sermo, diimplementasikan dengan *radio transceiver point to multi point* Motorola Canopy 5750AP dan Motorola Canopy 5760SM. Perarahan antenna disimulasikan dengan *Radio Mobile* dengan variabel perancangan diasumsikan sebagai berikut:

TABEL IV
PENEMPATAN PERALATAN DAN PERARAHAN KOMUNIKASI DATA NIRKABEL

No	Nama Link	Jarak	Koordinat	Peralatan Nirkabel yang Dipasang	Perarahan	Transmit Power dan Ketinggian
1	Kantor DMU Sermo	27,73 km	7°49'39,73" S; 110°07'39,96" E	Motorola PTP58300	Azimut 75,7°, Elevasi -0,228°	12 dBm, 40 m
	Fakultas Teknik UGM			Motorola PTP58300		Azimut 255,7°, Elevasi 0,021°
2	Fakultas Teknik UGM - Kantor BBWS-SO	4,53 km	7°45'59,43" S; 110°22'18,59" E	Motorola PTP-100	Azimut 114,3°, Elevasi -0,374°	17 dBm, 36 m
				Motorola PTP58300		Azimut 294,3°, Elevasi 0,333°
3	Kantor DMU Sermo	0	7°49'39,73" S; 110°07'39,96" E	Motorola 5750AP	Azimut 313,2°, Elevasi -6°	23 dBm, 40 m
	- Stasiun Klimatologi	1,63 km	7°49'03,53" S; 110°07'01,11" E	Motorola 5760SM	Azimut 133,2°, Elevasi 3,2°	23 dBm, 8 m
	- Kantor Pelayanan	0,68 km	7°49'22,93" S; 110°07'25,74" E	Motorola 5760SM	Azimut 140,0°, Elevasi 6,6°	23 dBm, 8 m
	-Intake	0,60 km	7°49'26,08" S; 110°07'26,18" E	Motorola 5760SM	Azimut 135,2°, Elevasi 8,4°	23 dBm, 4 m

Motorola Canopy 5750AP

1. Konfigurasi : *Master* (dipasang diposisi DMU)
2. *RF Band* : 5.725-5.850 MHz
3. *Transmit power*: 23 dBm
4. *Receiver Tracehold*: -86 dBm
5. *Line Lost* : 0 dB (integrated transmitter)
6. *Antenna type* : flat/yagi
7. *Antenna Gain* : 7 dBi
8. *Antenna Height* di DMU: 40 meter di atas tanah

Motorola Canopy 5760SM

1. Konfigurasi : *Slave* dipasang di Klimatologi, Kantor Pelayanan dan Intake
2. *RF Band* : 5.700-5.800 MHz
3. *Transmit power*: 23 dBm (0,1995W)
4. *Receiver Tracehold*: -86 dBm
5. *Line Lost* : 0 dB (integrated transmitter)
6. *Antenna type* : flat/yagi
7. *Antenna Gain* : 7 dBi
8. *Antenna Height* di Klimatologi : 8 m di atas tanah
9. *Antenna Height* di Kantor Pelayanan: 8 m di atas tanah
10. *Antenna Height* di Intake : 4 meter di atas tanah

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan komunikasi data nirkabel untuk mendukung infrastruktur *monitoring* deformasi bendungan Sermo telah memenuhi persyaratan regulasi penggunaan frekuensi radio pita lebar 2,4 GHz dan 5,8 GHz yang ditetapkan Kementerian Komunikasi dan Informasi RI, yaitu dengan pengaturan *transmit power* seperti ditunjukkan dalam Tabel IV.

Implementasi peralatan di lapangan telah berhasil dilakukan menggunakan data koordinat dan perarahan dalam Tabel IV dan secara keseluruhan sistem *monitoring* deformasi bendungan Sermo telah berhasil dikoneksikan dan dioperasikan.

TABEL V
PENGUJIAN KONEKSI MENGGUNAKAN ICMP

Koneksi	PING sukses	PING Rate	Rerata Round Trip Time
FT UGM – DMU	Ya	100%	10 ms
FT UGM – BBWS SO	Ya	100%	20 ms
FT UGM – Sta. Klimatologi	Ya	100%	22 ms
FT UGM – Kantor Pelayanan	Ya	100%	22 ms
FT UGM - Intake	Ya	100%	22 ms
Rata-rata			19,2 ms

Pengujian koneksi dengan ICMP didapatkan bahwa semua link sudah terkoneksi dengan baik dan *round trip delay* maksimum adalah 22 ms dan rata-rata 19,2 ms.

Pengujian *throughput* dilakukan menggunakan perangkat lunak JPERF pada koneksi nirkabel antara DMU dengan FT UGM didapatkan nilai *throughput* rerata 2,22 Mbit/sec. Hal ini dapat disimpulkan bahwa *throughput* jaringan nirkabel pendukung infrastruktur *monitoring* deformasi bendungan Sermo telah sesuai dengan yang diharapkan yaitu harus lebih dari 128,57 Kbps.

VI. KESIMPULAN

Topologi jaringan komunikasi data nirkabel untuk mendukung infrastruktur *monitoring* deformasi bendungan Sermo telah berhasil dibuat dan diimplementasikan, serta sistem *monitoring* deformasi bendungan Sermo sudah dapat beroperasi menggunakan jaringan komunikasi data nirkabel tersebut.

Peralatan komunikasi data nirkabel yang ada dapat dimanfaatkan seluruhnya untuk membentuk *local area network* mendukung peralatan *monitoring* deformasi bendungan yang digunakan dengan kemampuan *bandwidth* 2,22 Mbps melebihi dari yang dipersyaratkan yaitu minimal 128,7 Kbps.

Data perarahan antenna sudah digunakan dalam implementasi dan sangat membantu pemasangan antenna di site. Data perarahan dapat digunakan untuk perawatan apabila antenna bergeser atau pemasangan baru antenna penggantian bila terjadi kerusakan.

REFERENSI

- [1] Atunggal, D., Ma'aruf, B., and Yan, A., 2010, *Pembuatan Sistem Pemantauan Pergerakan Titik Hasil Penentuan Posisi Metode NTRIP RTK Menggunakan Komunikasi Data Berbasis TCP-IP*, Prosiding Seminar Nasional GNSS-CORS Pengembangan dan Aplikasinya di Indonesia.
- [2] Coude, R., 2012– [Online] [http://www.g3tvu.co.uk/ Radio_Mobile.htm](http://www.g3tvu.co.uk/Radio_Mobile.htm), Radio Mobile
- [3] Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi, 2000, *Penggunaan Bersama (Sharing) Pita Frekuensi 2400-2483,5 MHz Antara Wireless LAN – Akses Internet Bagi Penggunaan Diluar Gedung (Outdoor) dan Microwave Link*, No. 241/DIRJEN/2000
- [3] Haykin, S., and Moher, M., 2005, *Modern Wireless Communications*, Pearson Education, 19-81.
- [4] Kementerian Pekerjaan Umum RI., 2012, Bendungan Sermo. [Online]. Available : http://www.pu.go.id/satminkal/dit_sda/data%20buku/buku%20sda/yogyakarta.pdf
- [5] Menteri Komunikasi dan Informasi, 2009 *.Penataan Pita Frekuensi Radio Untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (Wireless Broadband) Pada Frekuensi 5,8GHZ*, No. 26/PER/M.KOMINFO/06/2009
- [6] Nuhidayat, M. Z. and Bahri, S., 2010, *Aplikasi Continues Operating Station (CORS) untuk Pertambangan di PT. Adaro Indonesia*, Prosiding Seminar Nasional GNSS-CORS Pengembangan dan Aplikasinya di Indonesia.
- [7] Parziale, L., Britt, D. T., Davis, C., Forrester, J., Liu, W., Matthews, C., and Rosselot, N., 2006, *TCP/IP Tutorial and Technical Overview*, IBM Corporation, edisi 8, 19-27
- [8] Sari, A., Sunantyo, A. , Aries, R., and Subhianto, F., 2010, *Studi Penggunaan Metode RTK-NTRIP dengan Provider Mobile Internet Protokol Telkomsel, XL, dan Indosat untuk Pengecekan Titik Dasar Teknik Orde-4 di Desa Banyuraden Gamping Sleman DIY*, Prosiding Seminar Nasional GNSS-CORS Pengembangan dan Aplikasinya di Indonesia.
- [9] Sunantyo, A., Lelono, K.B.S., Darmawan, A.A. and Djawahir, 2010a, *Sosialisasi Pemasangan Peralatan Instrumentasi Bendungan Sermo, Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak - PT Almega Geosystems – Fakultas Teknik UGM, FT UGM.*
- [10] Sunantyo, A., Lelono, K.B.S., Darmawan, A.A. and Djawahir, 2010b, *Site Plan Pekerjaan Pemasangan Peralatan Monitoring Bendungan Sermo, BBWS SO - PT Almega Geosystems – Fakultas Teknik UGM, FT UGM.*