

Sistem Telekomunikasi Nirkabel Pada Teknologi Pemantauan Untuk Budidaya Laut Di Wakatobi

Salasi Wasis Widyanto ¹⁾

^{1),2),3)} *Loka Perekayasaan Teknologi Kelautan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan
Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia
Jl. Ir. Soekarno No. 3 Patuno, Wangi-wangi, Wakatobi, Sulawesi Tenggara
Email : abuyumna26@gmail.com*

Abstrak. Sistem telekomunikasi terdiri dari beberapa komponen utama yang tidak bisa dipisahkan satu sama lain yaitu sumber informasi, perangkat *transceiver*, media transmisi, dan perangkat *receiver*. Sistem yang diimplementasikan pada teknologi pemantauan untuk budidaya laut ini mengolah informasi berupa data numerik sensor dan data visual video melalui media gelombang radio menggunakan perangkat transmisi nirkabel. Teknologi nirkabel dipilih karena implementasi di bidang kelautan melazimkan adanya gangguan hilir mudik kapal nelayan yang tidak memungkinkan aplikasi perangkat transmisi berbasis kabel. Selain itu, penerapan teknologi nirkabel pada aktivitas *streaming* video belum banyak dilakukan, baik di area darat maupun di lingkungan laut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksplorasi-observasi terintegrasi yang dilanjutkan dengan metode eksperimental di lapangan. Hasil dari perpaduan kinerja sistem telekomunikasi nirkabel pada teknologi pemantauan untuk budidaya laut yang dikembangkan menunjukkan bahwa perangkat transmisi data *transceiver* *Customer-Premise Equipment (CPE) TL-WA5210G 2,4 GHz* dan antena *omnidirectional 2,4 GHz 15 dBi* bisa bekerja secara optimal dalam mendukung transfer data numerik sensor maupun data visual video sesuai jarak pancar yang diekspektasikan.

Kata kunci: informasi, nirkabel, receiver, transceiver, transmisi.

1. Pendahuluan

Sistem telekomunikasi terdiri dari beberapa komponen utama yang tidak bisa dipisahkan satu sama lain. Komponen-komponen utama tersebut bekerja saling sinergi dan kolaboratif melalui fungsi dan tugasnya masing-masing membentuk kinerja terpadu yang menghasilkan ekspektasi ideal yang diinginkan. Beberapa komponen tersebut adalah sumber informasi, perangkat *transceiver*, media transmisi, dan perangkat *receiver*. Sistem telekomunikasi yang diimplementasikan pada teknologi pemantauan untuk budidaya laut ini mengolah informasi berupa data numerik sensor-sensor parameter kualitas air laut seperti *Dissolved Oxygen (DO)*-temperatur, konduktivitas, turbiditas, dan *pH*. Selain itu juga mengolah data visual video dari *Closed-Circuit Television (CCTV)/ Internet Protokol (IP) Camera* melalui media transmisi gelombang radio menggunakan perangkat transmisi nirkabel. Teknologi nirkabel dipilih karena implementasi di bidang kelautan melazimkan adanya gangguan hilir mudik kapal nelayan yang tidak memungkinkan aplikasi perangkat transmisi berbasis kabel. Selain itu, penerapan teknologi nirkabel pada aktivitas *streaming* video belum banyak dilakukan, baik di area darat maupun di lingkungan laut. Dua faktor inilah yang menjadi latar belakang penulis untuk melakukan penelitian yang berkaitan dengan sistem telekomunikasi nirkabel pada perikanan teknologi pemantauan untuk budidaya laut yang diimplementasikan di Kabupaten Wakatobi, Provinsi Sulawesi Tenggara.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah dalam rangka mencari perangkat transmisi terbaik sesuai dengan kebutuhan jarak jangkauan dan daya pancarnya. Perangkat transmisi ini diharapkan bisa menjembatani transfer data dari sensor-sensor parameter kualitas air laut dan transfer data visual hasil baca *CCTV/IP Camera* yang dipancarkan dari stasiun pemantau, sehingga dapat diterima dengan baik oleh stasiun induk, tanpa adanya gangguan *noise* yang signifikan.

Metodologi dalam penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data dalam bentuk metode eksplorasi-observasi terintegrasi berupa penjelajahan melalui internet mengenai perangkat transmisi dengan cara memilah-milah beberapa jenis antena dan *transceiver data* yang cocok. Selain itu dilakukan pula metode observasi melalui wawancara dengan narasumber ahli dan melihat langsung beberapa perangkat yang sudah dipilih berdasarkan eksplorasi yang telah dilakukan. Metode yang

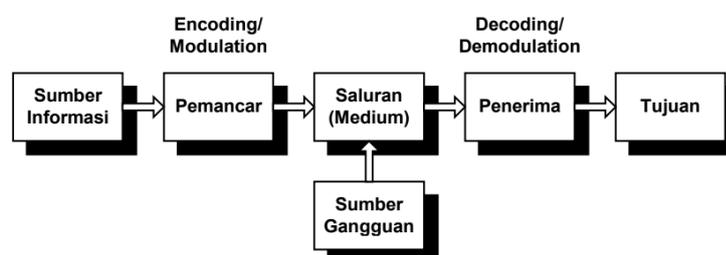
dilakukan kemudian adalah metode eksperimental di lapangan melalui ujicoba perangkat transmisi yang telah dipilih yang meliputi ujicoba jangkauan *wifi router*, kejelasan tampilan output video, dan pola radiasi antenna.

Sumber informasi dalam sebuah sistem telekomunikasi merupakan agregat dasar yang akan ditransmisikan. Informasi merupakan sebuah data, baik berupa keterangan, pemberitahuan, atau berita yang diolah atau di modifikasi sedemikian rupa sehingga memiliki manfaat bagi penerima informasi. Bentuk-bentuk sumber informasi sangat beragam dan bervariasi. Diantara bentuk sumber informasi sebagaimana disebutkan dalam Undang-Undang Republik Indonesia nomor 36 tahun 1999 tentang telekomunikasi mengenai definisi telekomunikasi misalnya adalah suara/bunyi, gambar, perpaduan suara dan gambar, tanda-tanda/isyarat, dan tulisan/teks.^[1] Komunikasi suara merupakan jenis komunikasi yang paling umum digunakan berupa informasi yang disampaikan melalui perantara suara untuk didengarkan. Contoh komunikasi jenis ini adalah *radio broadcasting*. Seiring dengan perkembangan teknologi, komunikasi suara tidak lagi berdiri sendiri, namun sudah dipadukan dengan gambar sekaligus seperti televisi dan *video phone*. Bentuk informasi dalam bentuk isyarat misalnya adalah informasi elektrik/listrik yang berbentuk besaran elektrik (arus dan tegangan listrik). Sedangkan informasi dalam bentuk data teks yang merupakan satu kesatuan yang terdiri dari susunan huruf baik huruf besar maupun huruf kecil serta beberapa simbol yang termasuk didalamnya, atau data numerik/angka yang terdiri dari kombinasi bit 0 sampai 9, atau data file yang terdiri dari gabungan data teks, numerik, dan gambar, semua itu tersimpan pada bits dengan sistem pengkodean yang biasa dipergunakan adalah *ASCII (American Standard Code for Information Interchange)* dan *Unicode*. Informasi yang berisi kombinasi data teks, numerik, dan gambar biasanya terdapat pada *handphone* dan komputer dalam bentuk aplikasi tertentu misalnya *Short Message Service (SMS)*, *Whats App (WA)*, *Blackberry Messenger (BBM)*, *Line*, *Facebook (FB)*, *email*, dan lain-lain.

Media transmisi adalah media yang menghubungkan antara pengirim dan penerima informasi (data). Mengingat jarak yang jauh, maka data terlebih dahulu diubah menjadi kode/isyarat, dan isyarat inilah yang akan dimanipulasi dengan berbagai macam cara untuk diubah kembali menjadi data. Bentuk media transmisi adalah jenis jalur yang menghubungkan pengiriman data dari pemancar/pengirim ke penerima. Media transmisi digunakan pada beberapa peralatan elektronika untuk menghubungkan antara pengirim dan penerima supaya dapat melakukan pertukaran data. Bentuk-bentuk media transmisi diantaranya adalah *Copper Media*, *Optical Media*, dan *Unguided Media/Wireless Network*. *Copper media* adalah media transmisi data yang terbuat dari bahan tembaga. Data yang dikirim melalui kabel, bentuknya adalah sinyal-sinyal listrik (tegangan atau arus) digital. *Copper media* terdiri dari *coaxial cable* (kabel koaksial) dan *twisted-pair cable* (kabel pasangan berpilin). Kabel Koaksial (*Coaxial Cable*) adalah kabel dua konduktor yang mana satu konduktor berada di rongga luar mengelilingi satu konduktor tunggal yang dipisahkan oleh bahan isolator. Kabel jenis ini memiliki impedansi transmisi yang konstan serta tidak menghasilkan medan magnet, sehingga cocok untuk mentransmisikan sinyal frekuensi tinggi. *Twisted pair cable* pada dasarnya merupakan sepasang kabel tembaga yang diputar bersama-sama berbentuk spiral dan dibungkus dengan lapisan plastik. *Twisted pair cable* ini pada dasarnya dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu Kabel *UTP (Unshielded Twisted Pair)* dan *STP (Shielded Twisted Pair)*. Diameter *Twisted Pair* sekitar 0,4 mm hingga 0,8 mm. *Optical Media* atau *Fiber Optic Cable* (Kabel Serat Optik) adalah saluran transmisi atau sejenis kabel yang terbuat dari serat kaca atau plastik halus yang dapat mentransmisikan sinyal cahaya dari satu tempat ke tempat lainnya. *Unguided Media* atau *wireless* adalah media yang menggunakan sistem gelombang elektromagnetik dalam mentransmisikan informasi dari pengirim ke penerima tanpa ada perangkat fisik yang menuntunnya. Media transmisi *wireless* menggunakan gelombang radio frekuensi tinggi. Biasanya gelombang elektromagnetik dengan frekuensi 2.4 GHz dan 5 GHz. Data-data digital yang dikirim melalui *wireless* ini akan dimodulasikan ke dalam gelombang elektromagnetik ini. *Unguided Media* ini diantaranya adalah frekuensi radio, gelombang mikro (*microwave*), inframerah, dan satelit. Frekuensi radio adalah media transmisi yang menggunakan gelombang elektromagnetik dengan kisaran frekuensi diantara 3 kHz hingga 300 GHz. Gelombang mikro atau *microwave* adalah media transmisi yang menggunakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (*Super High Frequency*) yaitu frekuensi yang berada di kisaran 3 GHz hingga 30 GHz dengan panjang gelombang sekitar 1 mm hingga 1 m untuk mentransmisikan sinyal dari pengirim ke penerima. Infra Merah atau

infrared adalah media transmisi yang menggunakan radiasi elektromagnetik dari panjang gelombang yang lebih panjang dari cahaya tampak tetapi lebih pendek dari radiasi gelombang radio. Satelit adalah jenis media transmisi yang menggunakan satelit sebagai penerima sinyal dari stasiun bumi dan memancarkannya ke stasiun bumi lainnya. Kendala dari media ini adalah masalah jarak, *bandwidth*, dan mahal biaya.^[2,3] Kualitas dan kemampuan suatu media transmisi pada umumnya tergantung pada beberapa faktor penting yaitu *bandwidth* (lebar pita), *noise*, radiasi, dan *attenuation*. *Bandwidth* yaitu lebar cakupan frekuensi yang digunakan oleh sinyal dalam media transmisi dengan satuan *Hertz*. *Noise* adalah gangguan yang terjadi pada saat transmisi data melalui media transmisi tertentu yang tidak diinginkan oleh pengirim maupun penerima. Radiasi ialah kebocoran sinyal dari media karena adanya karakteristik listrik yang tidak diinginkan pada media yang bersangkutan. Adapun *attenuation* adalah tingkat kehilangan energi saat perambatan sinyal atau pelemahan sinyal pada saat perambatan.^[3]

Perangkat transmisi terdiri dari perangkat *transceiver* (pemancar) dan perangkat *receiver* (penerima). Perangkat *transceiver* atau *transmitter* (*Tx*) merupakan rangkaian dengan tugas dan fungsi mengubah informasi yang akan dikirimkan menjadi bentuk sinyal yang sesuai dengan media yang akan dilaluinya. Misalnya perangkat *microphone* berfungsi mengubah getaran suara menjadi sinyal listrik dan perangkat pemancar radio berperan untuk mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik. Sedangkan perangkat *receiver* (*Rx*) memiliki tugas dan fungsi untuk mengubah kembali sinyal yang diterima dari media komunikasi ke bentuk semula (informasi awal). Kinerja transmitter dan receiver harus terpadu dan merupakan pasangan modulasi-demodulasi yang sesuai.^[4] Prinsip kerja sebuah sistem telekomunikasi dimulai dengan stimulasi pesan berupa data atau informasi yang akan dikirim (*text, data, voice, picture, music, picture and video*). Pesan tersebut lalu diubah menjadi bentuk biner atau bit yang kemudian di-*encode* menjadi sinyal oleh perangkat *encoder*. Sinyal tersebut lalu dikirimkan melalui media *transmitter* yang telah ditentukan saat membuat konfigurasi jaringan, sehingga sinyal dapat diterima oleh stasiun penerima. Di stasiun penerima, sinyal di-*decode* dalam bentuk yang sesuai dengan format aslinya oleh perangkat *receiver*, sehingga pesan bisa diterima seperti data atau informasi yang telah dikirim.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Telekomunikasi ^[5]

2. Pembahasan

Sumber data dan informasi yang diambil oleh sistem telekomunikasi nirkabel pada teknologi pemantauan untuk budidaya laut merupakan data parameter kualitas air laut yang diambil dari hasil baca sensor temperatur-*DO*, turbiditas, konduktivitas, dan *pH*. Sensor digunakan untuk mengkonversi besaran fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diukur secara otomatis dan akhirnya dikirimkan ke komputer atau mikroprosesor untuk pengolahan.^[6] Sensor temperatur berfungsi sebagai pengubah dari besaran fisis suhu yang dideteksi oleh bagian *Integrated Circuit (IC)* yang peka terhadap suhu menjadi besaran tegangan, dimana perubahan suhu berbanding lurus dengan perubahan tegangan output. Sensor turbiditas berfungsi mengubah intensitas cahaya menjadi sinyal tegangan. Besarnya tegangan atau arus listrik tergantung besar kecilnya radiasi yang dipancarkan oleh sumber cahaya.^[7] Sensor konduktivitas menerjemahkan banyaknya ion pada mineral dalam cairan/larutan menjadi besarnya kemampuan cairan dalam menghantarkan arus listrik. Sensor *DO* berperan sebagai pengubah tekanan oksigen yang mengalir dalam membran menjadi arus listrik. Semakin banyaknya oksigen yang masuk ke dalam membran, maka pembacaan arus listrik pada rangkaian sistem *DO* meter menjadi semakin tinggi.^[8] Dan sensor *pH* berfungsi memicu terjadinya kesetimbangan pertukaran ion antara dua fase

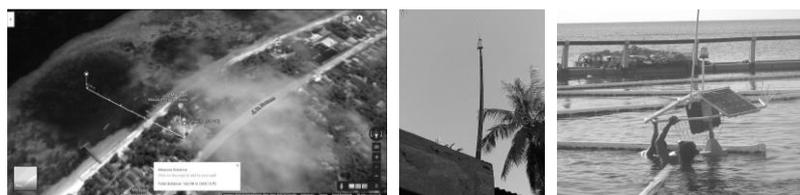
dinding kaca *bulb* (Molekul SiO_2) dengan larutan berisi ion H_3O^+ , sehingga menghasilkan beda potensial (tegangan listrik) diantara keduanya.^[9] Semua informasi data dari parameter sensor kualitas air laut diubah dalam bentuk informasi listrik dan diolah secara digital, selanjutnya dikirim-terimakan melalui perangkat transmisi (*Tx-Rx*), baik melalui kabel maupun nirkabel.



Gambar 3. Sensor-sensor dan *IP Camera* yang diaplikasikan sebagai sumber data masukan

Selain sumber informasi dari hasil baca sensor-sensor parameter kualitas air laut, data juga diambil dari hasil baca *IP Camera*. Sensor gambar yang dimiliki oleh kamera/CCTV jenis ini adalah *CCD* (*Charge-Coupled Device*) atau *CMOS* (*Complimentary Metal-Oxide Semiconductor*) yang berfungsi mengubah cahaya menjadi elektron. Nilai *pixel* akan didapatkan dari setiap sel gambar hasil baca sensor gambar tersebut, lalu dikirimkan ke dalam sebuah *chip* dan melewati *Analog to Digital Converter* (*ADC*) sehingga berubah menjadi nilai digital yang bisa ditransmisikan.^[10]

Media transmisi yang menjadi garapan dalam penelitian ini adalah *unguide media* atau *wireless*. Frekuensi yang bekerja pada sistem telekomunikasi nirkabel yang dibuat adalah $2,4\text{ GHz}$. Berdasarkan klasifikasi frekuensi yang telah dibahas pada bagian studi pustaka, gelombang pada frekuensi tersebut termasuk dalam jenis gelombang elektromagnetik kategori gelombang radio. Gelombang radio mempunyai rentang yang cukup lebar dan dimanfaatkan untuk mentransmisikan sinyal hingga jarak yang sangat jauh. Jarak yang akan dipantau oleh sistem telekomunikasi nirkabel pada teknologi pemantauan untuk budidaya laut tidak terlalu jauh yaitu hanya kisaran $160,98\text{ meter}$ ($528,15\text{ ft}$) dari stasiun induk. Dipilih frekuensi $2,4\text{ GHz}$ karena sinyalnya lebih kuat dan mempunyai daya cakupan lebih luas, sementara frekuensi ini tidak banyak penggunaannya di Wakatobi, sehingga tidak khawatir adanya interferensi dan gangguan yang berarti.

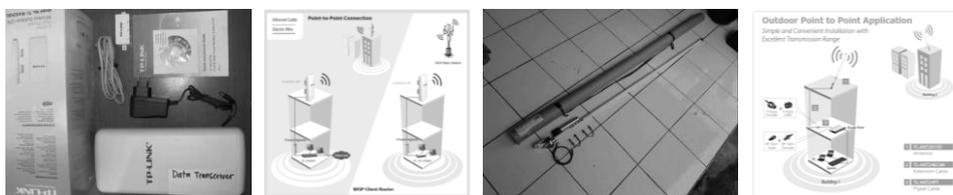


Gambar 4. Lokasi dan jarak *Tx-Rx* dari stasiun pemantau dengan stasiun induk

Perangkat *transmitter* dan *receiver* yang diaplikasikan dalam penelitian ini adalah perpaduan antara *data transceiver* model $2,4\text{ GHz High Power Wireless Outdoor CPE TL-WA5210G}$ dan $2,4\text{ GHz } 15\text{ dBi Outdoor Omni-directional Antenna TL-ANT2415D}$. Kedua perangkat ini bekerja pada frekuensi $2,4\text{ GHz}$ yang memiliki kelebihan, sinyalnya lebih kuat dan mempunyai daya cakupan lebih luas, sehingga sangat direkomendasikan bagi jaringan nirkabel jarak jauh. Perangkat ini memiliki fitur *Wireless Access Point*, *Wireless Internet Service Provider (WISP) Client*, penguatan antena yang tinggi, dan *casing* yang tahan terhadap cuaca. Berbekal penguatan (*gain*) antena dual polarisasi sebesar 12 dBi , daya output yang tinggi, dan sensitivitas tinggi *receiver*-nya, piranti ini dapat memperluas jangkauan transmisi secara signifikan hingga 15 km untuk operasi jarak jauh di luar ruangan, atau bahkan 52 km dengan dukungan *gain* antena yang lebih tinggi untuk memberikan koneksi nirkabel yang lebih stabil.. *Casing TL-WA5210G* yang terbuat dari material bahan tahan cuaca luar dan panas ($-30^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$) memberikan perlindungan maksimal pada perangkat yang ada di

dalamnya dan *Access Point (AP)* tetap bisa berjalan, meski dalam kondisi cuaca buruk yang ekstrim. Selain itu, *built-in* perlindungan penangkal petir hingga 4000 V dan desain proteksi *Electrostatic Discharge (ESD)* hingga 15 KV juga membantu untuk mencegah badai petir/lonjakan listrik, sehingga menjamin operasional yang handal.^[11]

Antena *Omni-directional Outdoor TL-ANT2415D* yang bekerja pada frekuensi 2.4 Hz dengan *gain* sebesar 15 dBi memiliki fitur yang lengkap, yaitu operasional 15 dBi *Omni-directional* pada jangkauan nirkabel yang sangat luas, tersedianya konektor *N female*, kompatibel dengan sebagian besar peralatan nirkabel, desainnya *weather proof*, cocok untuk beragam kondisi cuaca, dan *mounting kit* yang disediakan memungkinkan pemasangan yang mudah pada berbagai lingkungan. *TL-ANT2415D* beroperasi pada pita frekuensi 2,4 – 2,5 GHz dan menyediakan operasi *broadcast* ke segala arah sebesar 15 dBi, guna memperluas jangkauan nirkabel dan meningkatkan kinerja nirkabel. Antena dari konektor *N female* menjamin kompatibilitas yang lebih luas dengan sebagian besar peralatan nirkabel. Selain itu, desain *weather proof* menjamin perangkat dapat bekerja secara normal dalam berbagai kondisi lingkungan luar.^[12]



Gambar 5. *TL-WA5210G CPE* dan Antena *TL-ANT2415D* beserta koneksi *point to point* keduanya

Pengujian sederhana terhadap pasangan perangkat *CPE* dan antena dilakukan untuk menguji jarak jangkauan wifi router dan tingkat kejelasan tampilan output pada radius pengujian 50 meter hingga 800 meter. Pengujian sampai jarak 800 meter karena aplikasi dalam teknologi pemantauan untuk budidaya laut hanya pada jarak sekitar 160 meter dari stasiun induk.

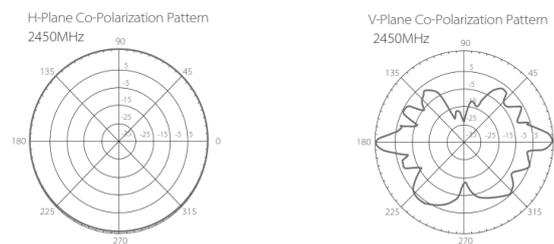


Gambar 6. Uji jarak jangkau wifi dan uji tingkat kejelasan tampilan output video hingga radius 800 m

Antena *omnidirectional* memancarkan dan menerima sinyal dari segala arah dengan daya yang sama. Untuk menghasilkan cakupan area yang luas, *gain* antena *omnidirectional* harus memfokuskan dayanya secara horizontal, dengan mengabaikan pola pancaran ke atas dan ke bawah. Dengan demikian, keuntungan dari antena jenis ini adalah dapat melayani jumlah pengguna yang lebih banyak dan biasanya digunakan untuk posisi pengguna yang melebar. Kesulitannya adalah pada pengalokasian frekuensi untuk setiap sel agar tidak terjadi interferensi. Direktivitas antena *omnidirectional* berada dalam arah vertikal.^[13]

Pola radiasi (*radiation pattern*) adalah salah satu parameter antena yang digunakan untuk menguji dan mengukur kinerja atau performa antena yang akan digunakan. Pola radiasi didefinisikan sebagai pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antena pada medan jauh sebagai fungsi arah. Pola radiasi dapat disebut sebagai pola medan (*field pattern*) apabila yang digambarkan adalah kuat medan dan disebut pula pola daya (*power pattern*) apabila yang digambarkan *pointing vector*.^[14] Bentuk pola radiasi antena *omnidirectional* digambarkan seperti bentuk kue donat (*doughnut*) dengan pusat berimpit. Kebanyakan antena ini mempunyai polarisasi vertikal, meskipun tersedia juga

polarisasi horisontal. Pada pengukuran pola radiasi, dibutuhkan dua buah antenna dimana antenna tersebut berperan sebagai R_x dan T_x . Prosedur pengukuran pola radiasi dimulai dengan menyusun antenna pemancar dan pengirim disusun saling berhadapan (*point to point*). Antenna diuji dengan *spectrum analyzer* sebagai sinyal pengirim dan antenna pemancar dihubungkan dengan *signal generator* sebagai sinyal penerima menggunakan daya pancar 0 dBm. Antenna pemancar yang digunakan dalam pengukuran ini yaitu antenna *Omni-directional Outdoor TL-ANT2415D*. *Signal generator* dan *spectrum analyzer* dinyalakan dengan frekuensi 2450 MHz sebagai frekuensi kerja antenna. Antenna diputar searah sumbu azimuth dan elevasi per 10^0 . Hasil pengukuran adalah level daya terima antenna uji yang diperoleh dalam satuan dBm. Level daya terima yang terbaca pada dicatat. Hasil pengukuran arah azimuth dan elevasi dicatat sebanyak 360^0 . Untuk melihat pola radiasi *H-plane*, antenna disusun menjadi bentuk vertikal, sedangkan untuk melihat pola radiasi *V-plane*, antenna disusun menjadi bentuk horizontal. Masing-masing pola radiasi diukur setiap 10^0 perputaran antenna. Pola radiasi h-plane dan v-plane dari antenna *omni-directional TL-ANT2415D* ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Pola radiasi antenna *omni-directional TL-ANT2415D*

3. Kesimpulan

Hasil dari perpaduan kinerja sistem telekomunikasi nirkabel pada teknologi pemantauan untuk budidaya laut yang dikembangkan menunjukkan bahwa perangkat transmisi data transceiver *CPE TL-WA5210G 2,4 GHz* dan antenna omnidirectional 2,4 GHz 15 dBi bisa bekerja secara optimal dalam mendukung transfer data numerik sensor maupun data visual video sesuai jarak pancar yang diekspektasikan. Pemilihan *range* frekuensi 2,4 GHz cocok diimplementasikan di Wakatobi karena tidak ada interferensi dan gangguan yang berarti dari pengguna di sekitarnya.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada jajaran pimpinan Loka Perekayasaan Teknologi Kelautan beserta seluruh pegawai yang turut andil dalam proses penyusunan makalah ini.

Daftar Pustaka

- [1]. Presiden RI. 1999. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 1999 Tentang Telekomunikasi. <https://ppidkemkominfo.files.wordpress.com/2012/11/uu-no-36-tahun-1999-tentang-telekomunikasi.pdf>, diakses tgl 4 Januari 2019.
- [2]. Yulianto, B, 2016. Bentuk-Bentuk Media Transmisi Dalam Telekomunikasi. Politeknik Negeri Padang, Sumatra Barat.
- [3]. Kho, D, 2018. Pengertian Media Transmisi dan Jenis-jenis Media Transmisi. <https://teknikelektronika.com/pengertian-media-transmisi-jenis-jenis-media-transmisi/>, diakses tgl 4 Januari 2019.
- [4]. Budi, A, Haritman E, 2014. Dasar Sistem Telekomunikasi. Jurusan Pendidikan Teknik Elektro-FPTK, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- [5]. Marpanaji, E, 2010. Sistem Telekomunikasi. Universitas Negeri Yogyakarta. http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Sistel_01_Pengantar%20Sistel.pdf, diakses tgl 3 Januari 2019.
- [6]. Palimbunga, R.L, 2017. Sistem Monitoring Keasaman Air Berbasis Jaringan Nirkabel Wifi IP. Universitas Sanat Dharma, Yogyakarta.

- [7]. Kautsar M, Isnanto R. R, Widiyanto E.D, 2015, “Sistem Monitoring Digital Penggunaan dan Kualitas Kekeuhan Air PDAM Berbasis Mikrokontroler ATmega328 Menggunakan Sensor Aliran Air dan Sensor Fotodiode”, in Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, Vol. 3, No. 1, Januari 2015.
- [8]. Katznelson, R. *Tailoring of Data Quality Objectives to Specific Monitoring Questions. in: Proceedings of the First National Monitoring Conference of the National Water Quality Monitoring Council, “Monitoring: Critical Foundations to Protecting Our Waters”*, July 7-9, 1998, Reno, NV., 1998.
- [9]. R.G. Bates, 1965. *Determination of pH*, Wiley, New York.
- [10]. Axis Communications, 2010. *CCD and CMOS Sensor Technology Technical White Paper*. https://www.axis.com/files/whitepaper/wp_ccd_cmos_40722_en_1010_lo.pdf, diakses tgl 9 Januari 2019.
- [11]. TP-Link Technologies, 2019. *2.4 GHz High Power Wireless Outdoor CPE TL-WA5210G*. https://www.tp-link.com/lk/products/details/cat-37_TL-WA5210G.html, diakses tgl 9 Januari 2019.
- [12]. TP-Link Technologies, 2019. *2.4 GHz 15 dBi antenna omnidirectional para exteriors TL-ANT2415D*. https://www.tp-link.com/ar/products/details/cat-5691_TL-ANT2415D.html, diakses tgl 9 Januari 2019.
- [13]. Fahmi, A, Setiabudi, D, 2016, “Prototype Antena Omnidirectional Mikrostrip Patch Array Sebagai Penguat Transmitter Radar Pesawat Terbang Pada Frekuensi 1030 Mhz”, Teknik Elektro Universitas Jember, in Jurnal ROTOR, Edisi Khusus No. 2, Desember 2016.
- [14]. Rosauli, D, 2012. Laporan Proyek Akhir Tahun 2012. <http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/76/jbptppolban-gdl-devirosaul-3782-3-bab2--2.pdf>, diakses tgl 9 Januari 2019.