

DESAIN HARDWARE DAN PROTOKOL REMOTE CONTROL PADA TRACKING ANTENNA SYSTEM DENGAN MANUAL TRACKING

Herti Miawarni ^{1*}, Dwi Edi Setyawan ², Eko Setijadi ³

¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya
Jl. Ahmad Yani 114, Surabaya, Jawa Timur, 60231

^{2,3} Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, 60111

*Email: herti_mia@ubhara.ac.id

Abstrak

Tracking antenna system untuk penerima televisi terrestrial, baik yang memiliki kemampuan *auto-tracking* maupun *manual tracking*, keduanya membutuhkan *remote control* sebagai komunikasi antara pengguna dengan sistem. Pada *Tracking antenna system* dengan *manual tracking*, *remote control* adalah sarana bagi pengguna untuk memberi perintah agar sistem mengetahui kapan harus bekerja untuk melakukan proses *tracking* dan kapan harus berhenti. *Remote control* pada *tracking antenna system* tentu membutuhkan protokol dan desain *hardware* pendukung yang handal agar komunikasi dari pengguna menuju sistem dapat berjalan dengan lancar. *Paper* ini mengimplementasikan protokol dan desain *hardware* pendukung untuk komunikasi antara pengguna dengan sistem. Protokol disusun dengan cara sesederhana mungkin, yaitu dengan memanfaatkan *timer counter* pada mikrokontroler. Hasil uji coba menunjukkan bahwa protokol yang telah disusun dapat bekerja dengan baik pada *prototype*. Hal ini dibuktikan dari hasil uji coba pada sisi transmitter. Rerata prosentase kesesuaian antara desain protokol dengan realisasi pada *prototype* mencapai 93,79 %. Sementara jarak maksimum *remote control* adalah 14 meter.

Kata kunci: televisi, tracking antenna system, manual tracking, remote control, protokol.

Abstract

The tracking antenna systems for terrestrial television receivers with auto-tracking capabilities and manual tracking, both of them are require remote control as communication between users and the system. On the tracking antenna system with manual tracking, the remote control is a tool so the user can tell to the system about when to start tracking and when to stop tracking. Remote control on the tracking antenna system certainly requires reliable protocol and hardware design. So that communication between the user and the system can run fluently. This paper implements hardware and protocols designs for communication between users and the system. The protocol is arranged in the simplest way possible by utilizing the timer counter feature on the microcontroller. The test results show that the protocols that have been designed can work well on the prototypes. This is evidenced by the trial results on the transmitter side. The average percentage of conformity between protocol designs and the prototype realization reach 93.79%. While the maximum distance of the remote control is 14 meters.

Keywords: television, tracking antenna system, manual tracking, remote control, protocol.

PENDAHULUAN

Tracking antenna system dengan *manual tracking* adalah teknologi tepat guna bagi pengguna TV untuk mendapatkan kualitas

video optimal. Teknologi ini umumnya telah banyak dijual ke masyarakat dalam bentuk produk antena rotator yang dilengkapi dengan *remote control*. Meskipun demikian, desain produk umumnya dirancang untuk antena *outdoor* yang dimungkinkan untuk diaplikasikan pada *indoor*. Dengan kata lain, produk bukan murni didesain untuk antena *indoor*. Disamping itu, fungsi tombol pada *remote control* hanya sebatas untuk putar ke kiri (*pan left*) dan putar ke kanan (*pan right*). Fungsi tersebut digunakan untuk mengubah arah azimuth antena saja. Sementara, pada antena *indoor*, dibutuhkan fungsi yang tidak hanya dapat mengubah arah azimuth saja, tetapi juga arah elevasi. Untuk itu, pada penelitian ini, dilakukan desain *tracking antenna system* dengan *manual tracking*. Namun fokus penelitian hanya dibatasi pada desain hardware dan protocol *remote control* untuk mendukung proses *tracking*.

Ada berbagai macam protocol untuk komunikasi data pada *remote control* khususnya yang menggunakan cahaya infrared. Semisal PHILIPS, NEC, Toshiba, IRCP dan lain-lain (Mandai dkk, 1990). Adapun protokol yang lebih baru dari penelitian sebelumnya adalah kombinasi infrared dengan protocol USB (Jianjun dkk, 2010). Protokol infrared yang sudah ada terus dikembangkan dan dikombinasikan dengan protokol lain semisal bluetooth pada smartphone (sai dkk, 2016) dan juga protocol zig bee (Jinsoo dkk, 2008). Sedangkan komunikasi data menggunakan infrared yang paling sederhana adalah sebatas On-Off atau tanpa protokol (Kumar dkk, 2017). Namun pada penelitian ini, digunakan protokol sederhana dengan pertimbangan antara lain, jumlah fungsi tombol yang digunakan untuk proses *tracking*, kesederhanaan algoritma dan mikrokontroler yang digunakan.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk membangun desain *hardware* dan protokol sederhana untuk jumlah fungsi tombol yang sedikit, dengan algoritma yang tidak terlalu membebani mikrokontroler.

METODE

Paper ini berisi desain sistem dan realisasi *remote control* berbasis infrared pada *tracking antenna system* yang mencakup desain *hardware* dan protokol, baik dari sisi *transmitter* maupun *receiver*.

• Skenario Remote Control

Untuk menjalankan proses *tracking*, dalam penelitian ini dibutuhkan 6 fungsi dasar pada *remote control* antara lain seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Fungsi dasar pada *remote control*

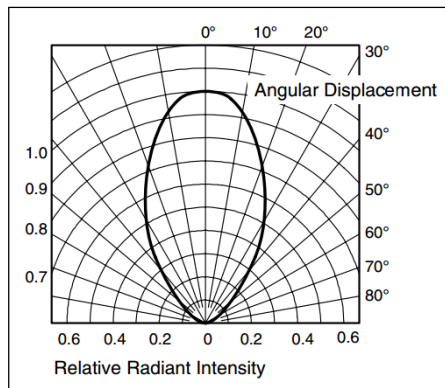
Fungsi Tombol		Deskripsi Fungsi
1	H+	H+ (Horizontal +) mengatur sudut arah azimuth antena.
2	H-	H- (Horizontal -) mengatur sudut arah azimuth antena.
3	V+	V+ (Vertical +) mengatur sudut arah elevasi antena.
4	V-	V- (Vertical -) mengatur sudut arah elevasi antena.
5	S1	Spesial fungsi 1
6	S2	Spesial fungsi 2

• Desain Pada Sisi Transmitter

Untuk merealisasikan 6 fungsi pada *remote control*, maka dibutuhkan desain *hardware* pada sisi *transmitter*. Adapun komponen utama pada sisi *transmitter* adalah TSAL 6200. Komponen ini merupakan LED (*Light Emitting Diode*) yang memancarkan cahaya inframerah dengan panjang gelombang kurang lebih 940 nm dan sudut pancar cahaya secara efektif sebesar 40°. Gambar 1 menunjukkan bentuk fisik komponen dan Gambar 2 menunjukkan sudut pancar cahaya pada TSAL 6200.

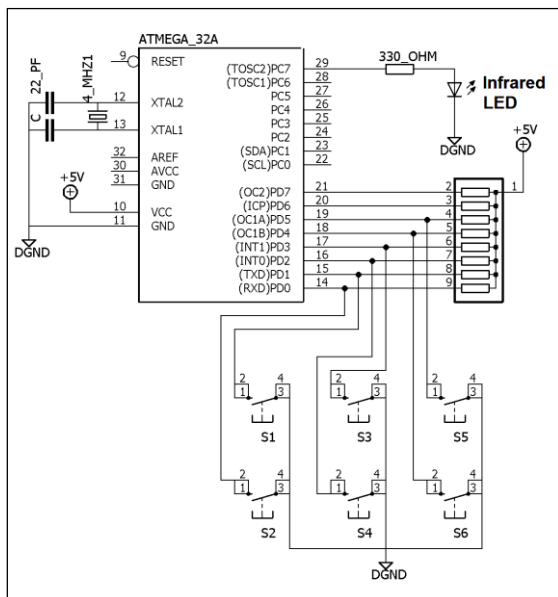


Gambar 1. Bentuk fisik Infrared LED TSAL 6200.



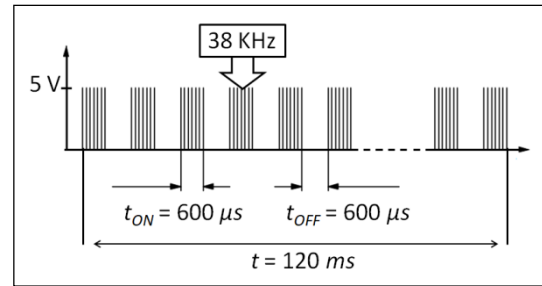
Gambar 2. Sudut pancar cahaya pada TSAL 6200 (Vishay, 2014).

Adapun komponen yang lain adalah tombol dan mikrokontroler AT-Mega 32A sebagai pembangkit frekuensi 38 KHz sekaligus komponen yang menjalankan protokol komunikasi. Frekuensi 38 KHz dipilih dengan alasan ketersediaan komponen yang ada dipasaran khususnya komponen pada sisi receiver. Gambar 3 menunjukkan desain hardware secara lengkap.



Gambar 3. Desain Hardware Pada Sisi Transmitter

Agar isyarat perintah yang dikirim dari sisi transmitter dapat diterima dengan baik pada sisi receiver, maka dibutuhkan protokol yang handal, sederhana dan efektif sesuai dengan kebutuhan. Gambar 4 menunjukkan desain protokol.



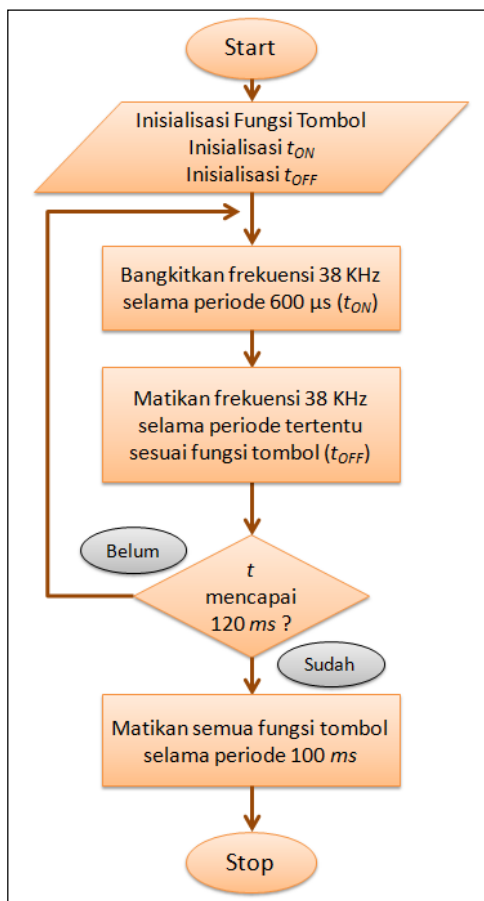
Gambar 4. Desain Protokol Pada Sisi Transmitter

Tabel 2. Konfigurasi t_{OFF} pada 6 Fungsi Tombol

Fungsi Tombol	Konfigurasi t _{OFF}
1 H+	t _{OFF} = 600 μs t _{ON} = 600 μs
2 H-	t _{OFF} = 900 μs t _{ON} = 600 μs
3 V+	t _{OFF} = 1400 μs t _{ON} = 600 μs
4 V-	t _{OFF} = 2400 μs t _{ON} = 600 μs
5 S1	t _{OFF} = 3400 μs t _{ON} = 600 μs
6 S2	t _{OFF} = 5400 μs t _{ON} = 600 μs

Pada protokol tersebut, frekuensi 38 KHz ditumpangkan pada modulasi OOK (*On Off Keying*) dengan periode ON selama 600 μ s dan periode OFF selama minimum 600 μ s. Dalam penelitian ini, periode ON diinisialisasikan sebagai t_{ON} , sementara periode OFF diinisialisasikan sebagai t_{OFF} . Protokol dikirim melalui rentang waktu total 120 *milisecond*. Karena fungsi tombol dibatasi hanya 6 (H+, H-, V+, V-, S1 dan S2), maka dalam desain, terdapat 6 konfigurasi t_{OFF} seperti pada tabel 2.

Untuk menjalankan protocol yang telah didesain, maka dibutuhkan algoritma untuk menjalankan protokol tersebut. Algoritma ini disusun dan tertanam pada mikrokontroler AT-Mega 32 A pada sisi *transmitter*. Gambar 5 menunjukkan *flowchart* algoritma.



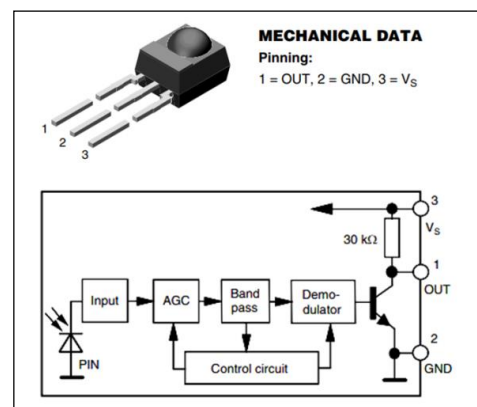
Gambar 5. Algoritma Protokol.

Alur algoritma diawali dengan inisialisasi tombol, inisialisasi t_{ON} dan t_{OFF} . Kemudian mikrokontroler membangkitkan

frekuensi 38 KHz selama selang periode 600 μ s. Kemudian frekuensi 38 KHz dimatikan selama selang periode t_{OFF} sesuai konfigurasi pada tabel 2. Ketika waktu total (t) belum mencapai 120 *milisecond*, maka terjadi pengulangan t_{ON} dan t_{OFF} . Namun jika sudah mencapai 120 *milisecond*, maka serangkaian protokol dinyatakan selesai dikirim. Untuk memberi jeda antar proses pengiriman saat ini dengan pengiriman selanjutnya, maka system pada sisi *transmitter* diberi jeda *break* selama 100 ms.

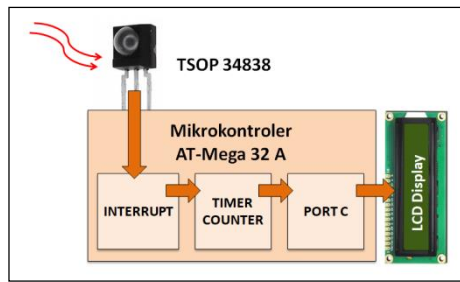
• Desain Pada Sisi Receiver

Agar 6 fungsi *remote control* dapat diterima dengan baik pada sisi *receiver*, maka dibutuhkan desain dan algoritma untuk menyesuaikan dengan protokol pada sisi *transmitter*. Adapun komponen utama pada sisi *receiver* adalah TSOP 34838. Komponen ini merupakan miniatur sebuah rangkaian penerima inframerah yang umum digunakan pada aplikasi *remote control*. Dalam satu kemasan kecil tertanam beberapa komponen antara lain, photodiode, filter infrared, demodulator dan rangkaian pendukung lainnya. Keunggulan komponen ini adalah kebal terhadap sinar inframerah yang dihasilkan oleh cahaya lampu ruangan. Gambar 6 menunjukkan bentuk fisik dan blok diagram TSOP 34838.



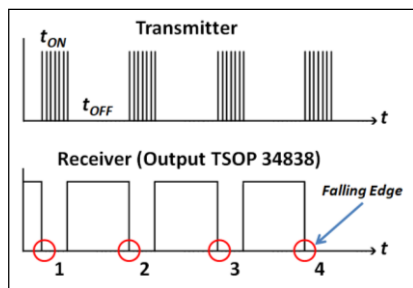
Gambar 6. Bentuk Fisik dan Blok Diagram TSOP34838 (Vishay, 2008).

Komponen utama yang lain pada sisi *receiver* adalah mikrokontroler AT-Mega 32A yang berfungsi mengolah sinyal inframerah yang diterima oleh TSOP 34838 dan kemudian menterjemahkan protokol menjadi informasi perintah. Gambar 7 menunjukkan blok desain *hardware* pada sisi *receiver*.



Gambar 7. Blok Desain Hardware Pada Sisi Receiver.

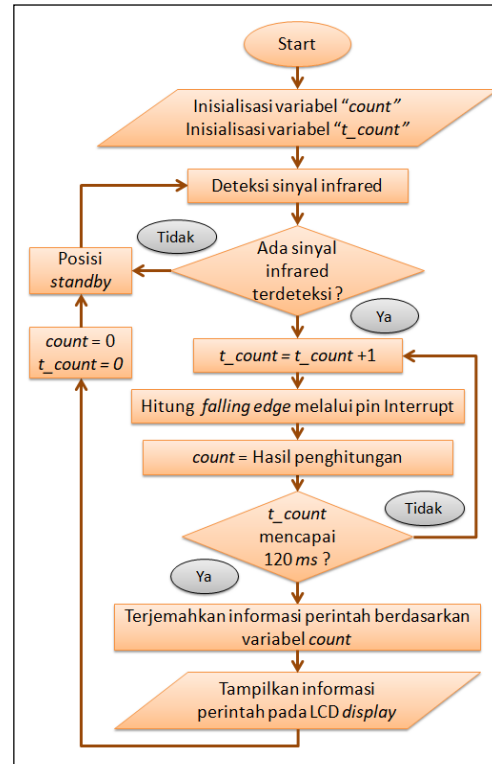
Interrupt, timer counter dan PORT C adalah beberapa dari sekian banyak fitur pada mikrokontroler 32 A yang berperan penting dalam menterjemahkan protokol menjadi informasi perintah. Prinsip kerja sisi receiver dalam menterjemahkan protokol adalah dengan cara menghitung jumlah pulsa pada output TSOP 34838. Jika misal pada sisi transmitter ditekan tombol H-, maka konfigurasi yang berlaku adalah, periode t_{ON} selama 600 μs dan periode t_{OFF} selama 900 μs (Tabel 2). Pada sisi penerima, transisi antara t_{ON} dan t_{OFF} akan dilakukan penghitungan. Output TSOP 34838 akan mendeskripsikan periode t_{OFF} dalam bentuk sinyal pulsa dengan logika High. Sebaliknya periode t_{ON} dideskripsikan sebagai sinyal pulsa dengan logika Low. Gambar 8 menunjukkan respon output TSOP 34838 terhadap periode t_{ON} dan t_{OFF} . Kemudian, transisi antara High dan Low (Falling Edge) pada output TSOP 34838 akan dihitung oleh timer counter melalui pin interrupt pada mikrokontroler. Hasil penghitungan dan terjemahan isyarat perintah akan ditampilkan pada LCD display melalui PORT C.



Gambar 8. Respon Output TSOP 34838

Agar sisi receiver dapat menterjemahkan protokol menjadi informasi perintah secara akurat, maka dibutuhkan

algoritma yang didesain agar sesuai dengan protokol pada sisi transmitter. Algoritma ini disusun dan tertanam pada mikrokontroler AT-Mega 32 A pada sisi receiver. Gambar 9 menunjukkan flowchart algoritma.



Gambar 9. Algoritma Pada Sisi Receiver.

Alur algoritma diawali dengan inisialisasi variable. Variabel *count* didefinisikan sebagai hasil penghitungan secara akumulasi. Sementara *t_count* didefinisikan sebagai pewaktu bagi proses penghitungan. Sesuai desain protokol pada sisi transmitter, maka *t_count* pada sisi receiver dibatasi hanya sampai 120 milisecond. Dengan kata lain, nilai *t_count* akan berubah antara 0 hingga 120 pada setiap milisecond. Kemudian sistem akan mendeteksi ada atau tidaknya sinyal inframerah yang dikirim oleh transmitter. Jika tidak terdeteksi, maka sistem dalam kondisi standby atau dapat diartikan tidak menjalankan proses apapun. Namun jika terdeteksi, maka proses penghitungan dimulai. Nilai variabel *t_count* akan berubah secara kontinyu dari 0 dan berhenti saat mencapai 120 pada setiap milisecond. Diwaktu yang bersamaan, Fitur timer counter pada mikrokontroler akan menghitung dan mengakumulasi jumlah falling

edge sinyal infrared yang diterima. Hasil akumulasi akan digunakan sebagai nilai variable *count*. Proses ini berjalan secara berulang hingga nilai variabel $t_count = 120$. Setelah itu, dilakukan proses terjemah informasi perintah berdasarkan hasil akhir nilai variable *count*. Nilai variable *count* akan ditampilkan pada LCD *display*. Langkah akhir dari alur algoritma adalah dilakukan reset terhadap nilai variable *count* dan t_count .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, desain *hardware* dan protokol diimplementasikan kedalam *prototype* dengan output LCD *display*. Uji kinerja pada sisi *transmitter* dan ketelitian dalam menterjemahkan informasi perintah pada sisi *receiver* perlu untuk dilakukan uji coba.

• Uji Coba Pada Sisi *Transmitter*

Uji coba pada sisi *transmitter* dilakukan untuk menguji kinerja sistem khususnya pada sisi *transmitter*. Secara spesifik, hal yang diuji adalah kesesuaian antara desain protokol dengan hasil realisasi protokol. Uji coba dilakukan dengan cara melakukan pengamatan menggunakan alat ukur *oscilloscope*. Tabel 3 menunjukkan hasil uji coba.

Kinerja sistem pada sisi *transmitter* dinyatakan baik jika protokol hasil pengamatan pada *oscilloscope* sesuai dengan desain protokol. Dengan demikian, kinerja sistem pada sisi *transmitter* dinilai dari prosentase kesesuaian dengan mengikuti aturan (1).

$$P_k = 100 - P_e \quad (1)$$

Dalam hal ini, prosentase kesesuaian (P_k) yang dinyatakan dalam persen (%) adalah selisih antara nilai prosentase sempurna 100 dengan prosentase error protokol yang diinisialisasikan sebagai P_e . Nilai ini dicari dengan menggunakan aturan (2)

$$P_e = \frac{abs[tp - td]}{td} \times 100\% \quad (2)$$

Dalam hal ini, tp adalah penjumlahan t_{ON} dan t_{OFF} pada desain dengan. Sementara td adalah penjumlahan t_{ON} dan t_{OFF} dari hasil pengamatan menggunakan *oscilloscope*. Satuan untuk td dan tp adalah *microsecond* (μs).

Dari hasil uji coba pada Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa prosentase error protokol berkisar antara 3.75 % hingga 6.25 % atau dinyatakan dalam prosentase kesesuaian berkisar antara 83.75 % hingga 96.25 % dengan rata-rata 93.79 %. Prosentase error protokol akan selalu ada mengingat semua elemen pembentuk protokol mulai dari pembangkitan frekuensi 38 KHz hingga pengaturan t_{ON} dan t_{OFF} ditulis pada *syntax* program mikrokontroler yang suatu waktu dapat terganggu oleh beban algoritma. Namun hal ini dapat diabaikan karena rerata prosentase kesesuaian sebesar 93.79 % dirasa cukup untuk menjalankan fungsi dasar *remote control* dengan baik. Dengan demikian, dapat dipastikan bahwa sistem khususnya pada sisi *transmitter* memiliki kinerja yang baik.

• Uji Coba Kinerja Protokol

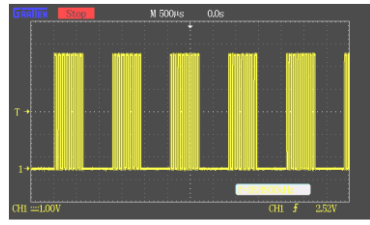
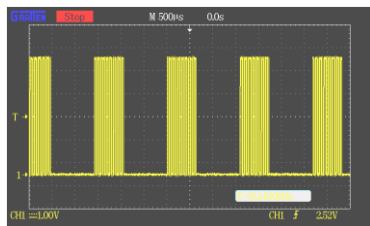
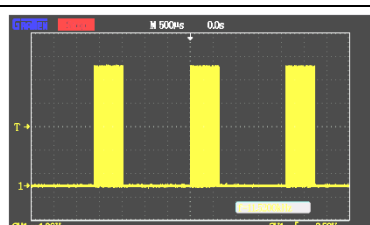

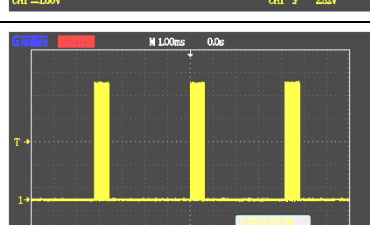
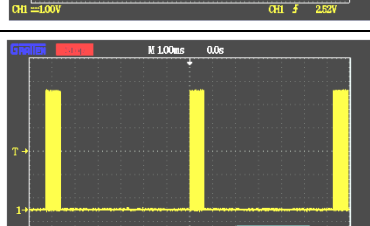
Desain protokol memiliki pengaruh terhadap daya yang dipancarkan oleh *transmitter*. Sementara, daya pancar berpengaruh terhadap jarak maksimum *transmitter* dengan *receiver*. Uji coba kinerja protokol penting dilakukan tidak hanya untuk mengetahui jarak maksimum *transmitter* dengan *receiver*, tetapi juga mengetahui jarak ideal, yaitu jarak ketika sistem memiliki prosentase kinerja yang maksimal.

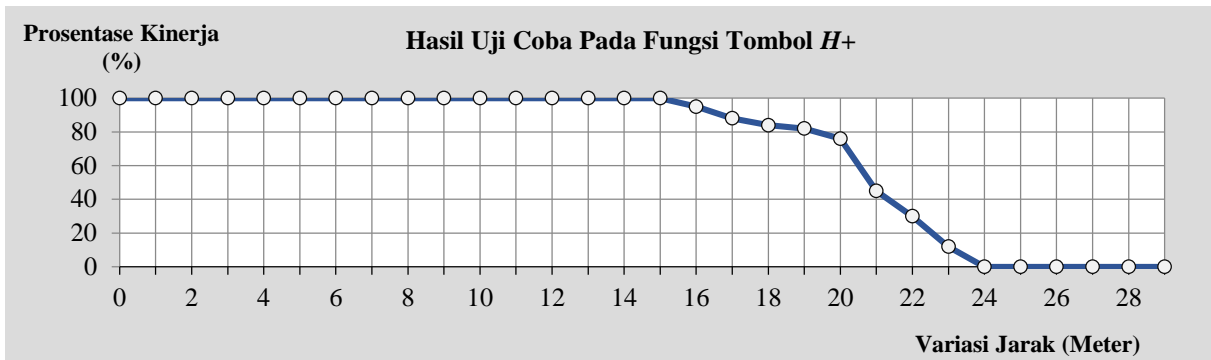
Uji coba dilakukan pada beberapa variasi jarak mulai dari 1 meter hingga 30 meter pada lingkungan *indoor*. Uji coba dilakukan sebanyak 100 kali pada masing-masing 6 fungsi tombol. Kinerja sistem pada dinyatakan baik jika prosentase kinerja mencapai 100 %, yang artinya dari 100 kali uji coba, sebanyak 100 kali pula sistem pada sisi *receiver* dapat menterjemahkan sinyal perintah dengan benar dan akurat. Dalam hal ini, prosentase kinerja mengikuti aturan (3). Prosentase kinerja diinisialisasikan sebagai pk dengan satuan %. Jumlah uji coba diinisialisasikan sebagai $\sum trial$ dan jumlah keberhasilan sistem dalam menterjemahkan sinyal perintah diinisialisasikan sebagai $\sum true$.

$$pk = (\sum trial / \sum true) \times 100\% \quad (3)$$

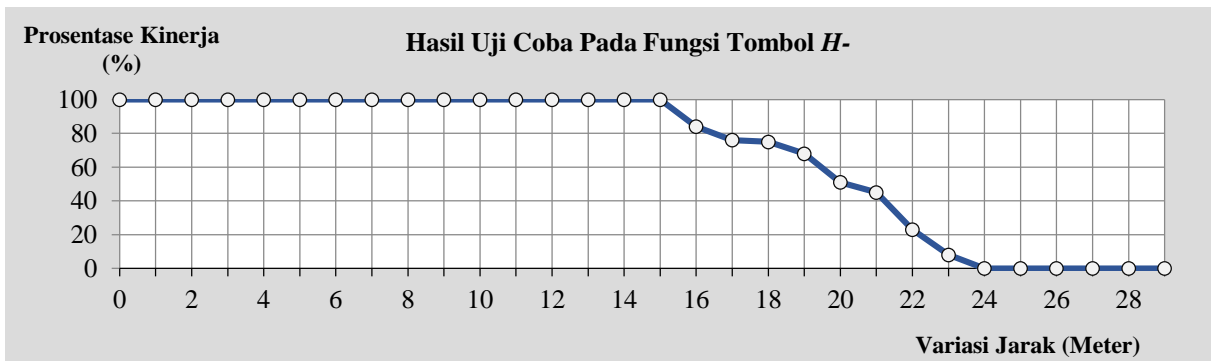
Secara urut, Grafik pada Gambar 10, 11, 12, 13, 14 dan 15 menunjukkan hasil uji coba pada 6 fungsi tombol (H+, H-, V+, V-, S1 dan S2).

Tabel 3. Hasil Uji Coba Pada Sisi *Transmitter*.

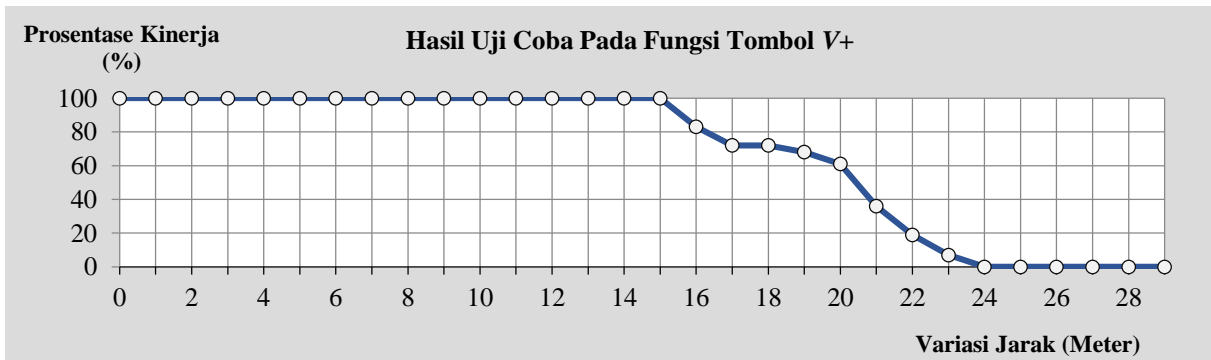
Uji Coba pada Fungsi	Pengamatan Menggunakan Oscilloscope				Prosentase Error Protokol P_e (%)	Prosentase Kesesuaian P_k (%)	
	Tampilan Pada Oscilloscope	t_d		t_p			
		t_{ON}	t_{OFF}	t_{ON}			t_{OFF}
H+		600 μ s	600 μ s	650 μ s	625 μ s	6,25 %	83,75 %
H-		600 μ s	900 μ s	950 μ s	925 μ s	5 %	95 %
V+		600 μ s	1400 μ s	650 μ s	1450 μ s	5 %	95 %
V-		600 μ s	2400 μ s	625 μ s	2500 μ s	4.17 %	95.84 %
S1		600 μ s	3400 μ s	625 μ s	3500 μ s	3.13 %	96.87 %
S2		600 μ s	5400 μ s	625 μ s	5600 μ s	3.75 %	96.25 %
Rerata Prosentase Kesesuaian (%)						93.79 %	



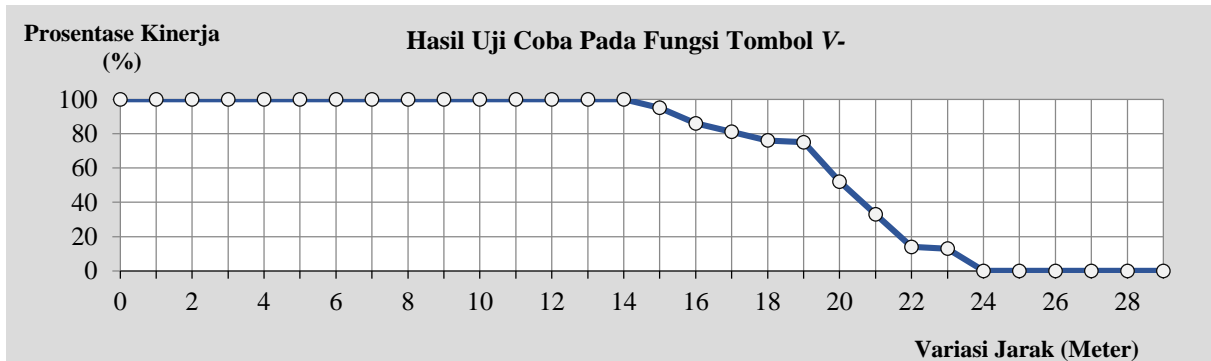
Gambar 10. Hasil Uji Coba Pada Fungsi Tombol H+.



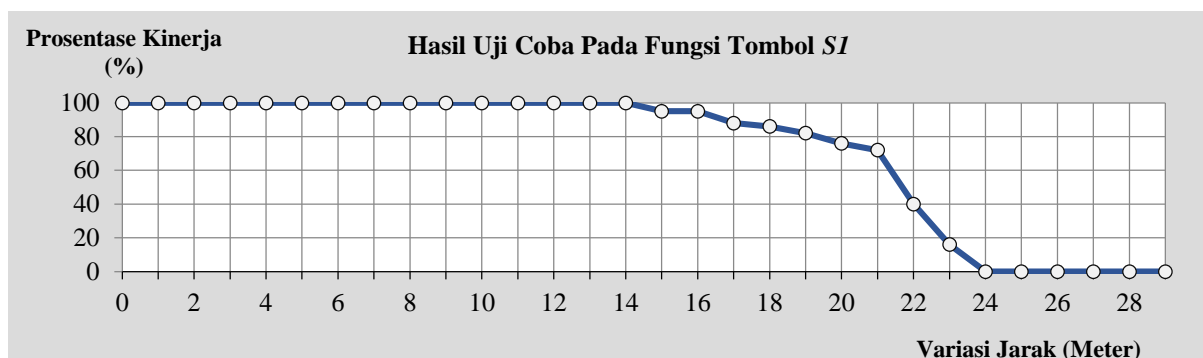
Gambar 11. Hasil Uji Coba Pada Fungsi Tombol H-..



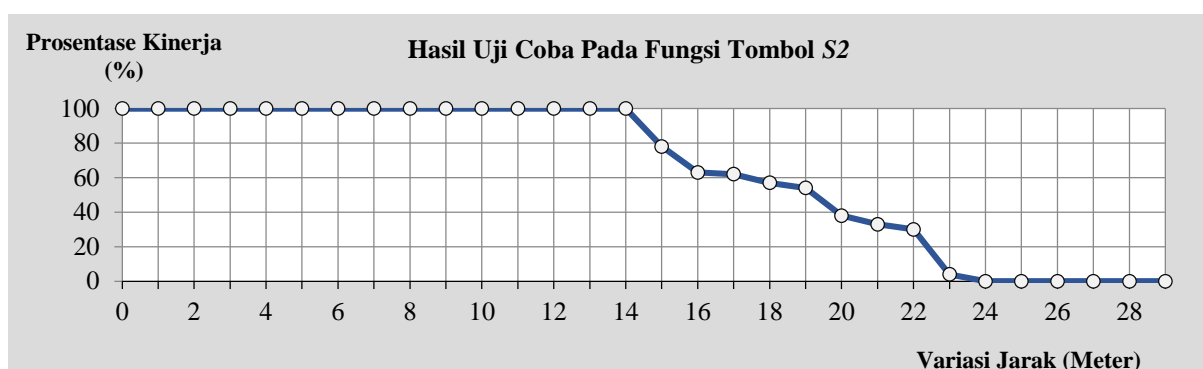
Gambar 12. Hasil Uji Coba Pada Fungsi Tombol V+.



Gambar 13. Hasil Uji Coba Pada Fungsi Tombol V-.



Gambar 14. Hasil Uji Coba Pada Fungsi Tombol S1.



Gambar 15. Hasil Uji Coba Pada Fungsi Tombol S2.

Hasil uji coba pada Gambar 10, 11 dan 12 menunjukkan bahwa, sistem pada sisi *receiver* memiliki prosentase kinerja yang baik pada jarak antara 1 hingga 15 meter. Sementara untuk jarak antara 16 meter hingga 23 meter, terjadi penurunan prosentase kinerja. Pada jarak > 23 meter, sistem pada sisi *receiver* sudah tidak dapat menerima sinyal perintah. Sementara, hasil uji coba pada Gambar 13, 14 dan 15 menunjukkan bahwa, sistem pada sisi *receiver* memiliki prosentase kinerja yang baik pada jarak maksimum 14 meter. Perbedaan hasil uji coba ini merupakan efek perbedaan t_{ON} pada sisi *transmitter* yang secara otomatis menurunkan daya yang ditransmisikan. Sehingga daya yang diterima pada sisi *receiver* juga menurun. Dengan demikian, dari uji coba pada sisi *receiver*, dapat diketahui bahwa sistem memiliki kinerja yang baik pada maksimum jarak 14 meter antara *transmitter* dan *receiver*. Jarak 14 meter sangat cukup untuk kebutuhan *remote control* pada peralatan elektronik.

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mengusulkan desain hardware dan protokol *remote control* yang dikhususkan untuk *tracking antenna system*. Hasil uji coba menunjukkan bahwa, sistem khususnya pada sisi *transmitter* memiliki kinerja yang baik dengan rerata prosentase kesesuaian antara desain dengan realisasi pada *prototype* sebesar 93,79 %. Uji coba kinerja protokol menunjukkan bahwa, jarak maksimum *remote control* adalah 14 meter. Jarak 14 meter sangat cukup untuk kebutuhan *remote control* pada peralatan elektronik.

Hal yang belum dilakukan pada *paper* ini adalah, uji coba variasi t_{ON} terhadap daya efektif yang dipancarkan oleh LED infrared. Hal ini perlu dilakukan karena daya pancar berpengaruh terhadap jarak. Hal yang perlu untuk dilakukan adalah uji coba komparasi dengan berbagai standar protokol semisal PHILIPS, NEC, Toshiba, IRCP dan lain-lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM), Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia (KEMENRISTEK DIKTI) atas dukungan Pendanaan Penelitian Tahun Anggaran 2018 pada Skema Penelitian Kerjasama Antar Perguruan Tinggi (PEKERTI) yang dilaksanakan oleh Universitas Bhayangkara Surabaya (UBHARA) dengan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, dengan nomor kontrak penelitian: 009/SP2H/LT/K7/KM/2018, pada tanggal 26 Februari 2018. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Pusat TIK dan Robotika ITS, dan Laboratorium Teknik Elektro UBHARA Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Jianjun, L.v., Zhishu, Li., Mingyi, Mao. 2010. A New USB Home Appliances Based on PC And Infrared Remote Control Protocol. *International Conference on Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering*. Vol. 6, Issue 3.
- Jinsoo, H., Intark, H., and Park, K. R. 2008. ZigBee-based IR remote control repeater and its control message frame format. *IEEE International Symposium on, Vilamoura*, pp. 1-4.
- Kumar, S., Nallathambi, M., Nattudurai, S., Selvakumar, P. 2017. Control of Home Appliances Using Point-N-Press Techniques. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*. Vol. 6, Issue 3.
- Mandai, K., Miyauchi, K., Sugimoto, M., et al. 1990. An Advanced Infrared Remote Control Sensor. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. Vol. 36, No. 3: 669-677.
- Sai, P.R, Datta, S., Sudheera. 2016. Design of a Smart Remote. *IEEE International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies*. pp. 1-4.
- Vishay. 2008. TSOP 34838 Datasheet. *Vishay semiconductor*. hlm. 121-127.
- Vishay. 2014. TSAL 6200 Datasheet. *Vishay semiconductor*. hlm. 1-4.