

PROTOTYPE OTOMATISASI RUMAH MENGGUNAKAN TELEPON GEGGAM DENGAN TEKNOLOGI NIRKABEL UNTUK PENYANDANG DISABILITAS

PROTOTYPE OF HOME AUTOMATION USING MOBILE PHONE WITH WIRELESS TECHNOLOGY FOR DISABILITIES

Puspa Darmira¹, Porman Pangaribuan², Estananto³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹puspadarmira@students.telkomuniversity.ac.id, ²porman@telkomuniversity.ac.id,
³estananto@gmail.com

Abstrak

Disabilitas merupakan ketidakmampuan seseorang untuk melakukan suatu kegiatan tertentu dalam rentang dianggap normal bagi manusia, sebagian besar akibat penurunan kemampuan dalam berjalan. Seseorang yang mengalami masalah disabilitas, khususnya penyandang kelainan tubuh atau tuna daksa akan sulit untuk bergerak secara leluasa. Hal ini dikarenakan para penyandang tuna daksa memiliki keterbatasan dalam melakukan kegiatan sehari-hari. Kegiatan tersebut seperti menyalakan atau mematikan perangkat elektronik di dalam rumah.

Pada tugas akhir ini dirancang sebuah prototipe otomatisasi rumah menggunakan telepon genggam dengan teknologi nirkabel. Alat ini terdiri dari mikrokomputer Raspberry Pi 3. Penerapan sistem ini berbasis *Android* menggunakan jaringan *wireless*. Alat ini memiliki tiga fitur yaitu melakukan perintah *on/off* perangkat elektronik, mengatur *brightness* dimana HPL (*High Power LED*) sebagai indikator, sensor *reed switch* untuk mengecek keadaan pintu dalam status *open/closed* serta solenoid *door lock* yang memiliki fungsi *locked/unlocked* pada pintu. Sistem ini dapat membantu penyandang disabilitas dalam melakukan kegiatan sehari-hari.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa ketiga fitur diatas dapat bekerja dengan baik sesuai dengan hasil yang diharapkan. Berdasarkan hasil survey, penyandang disabilitas sangat terbantu dengan sistem ini, meskipun memiliki kendala jaringan internet yang berakibatkan adanya perbedaan *delay* pada status *open/closed* pintu.

Kata kunci : *Raspberry Pi 3, nirkabel, perangkat elektronik, HPL, Android.*

Abstract

Disability is an inability of a person to perform a certain activity within the range considered normal for humans, largely due to an inability to move around. Someone who has disability problems, especially people with body abnormalities or less mobility will be difficult to move freely. This is because these people have limitations in their daily activities, such as turning ON or OFF electronic appliances in the house.

In this final project, a prototype of home automation was designed using mobile phone with wireless technology. This system consists of Raspberry Pi 3 microcomputers. The application of this system is based on *Android* using wireless network. It has three features to enable the ON / OFF status of the electronic appliances, to set the brightness where HPL (*High Power LED*) was used as an indicator, and to check the state of the door in an open / closed status using reed switch sensor and door lock solenoid to lock / unlock the door. Overall, it could fortunately help people with disabilities to perform their daily activities more effectively and efficiently with less effort.

The results of this test indicates that the three features mentioned above has worked well as intended as the expected results. Based on the survey results, despite having internet network issues resulting in differential delay during the open / closed door status, disabled people are greatly assisted by this system.

Keywords: *Raspberry Pi 3, wireless, electronics appliances, HPL, Android.*

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang Masalah

WHO mendefinisikan bahwa disabilitas sebagai “ *A restriction or inability to perform an activity in the manner or within the range considered normal for a human being, mostly resulting from impairment*” [1]. Definisi tersebut menyatakan dengan jelas bahwa disabilitas merupakan pembatasan atau ketidakmampuan untuk melakukan suatu kegiatan dengan cara yang atau dalam rentang dianggap normal bagi manusia, sebagian besar akibat penurunan kemampuan. Orang yang mengalami disabilitas diantaranya yaitu kelainan pendengaran (tuna rungu), kelainan indera penglihatan (tuna netra), kelainan bicara (tuna wicara), dan yang terakhir kelainan tubuh

(tuna daksa). Orang-orang yang mengalami masalah disabilitas khususnya tuna daksa akan sulit untuk bergerak secara leluasa seperti melakukan aktivitas dirumah diantaranya menyalakan atau mematikan perangkat elektronik.

Maka dari itu dibuatlah sebuah sistem elektronik yang digunakan untuk mengontrol perangkat elektronik di dalam rumah *via wireless* dengan menggunakan telepon genggam. Sehingga dengan adanya sistem ini dapat memudahkan penyandang disabilitas dalam melakukan kegiatan sehari-hari mereka di dalam rumah.

1.2. Tujuan Penelitian

- a. Penyandang tuna daksa dapat mengendalikan perangkat elektronik secara *wireless*.
- b. Menerapkan sistem teknologi *wireless* dengan menggunakan Raspberry Pi 3 pada telepon genggam.

1.3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada Tugas Akhir ini adalah :

- a. Bagaimana desain dan implementasi prototipe perangkat untuk penyandang tuna daksa dalam mengendalikan perangkat elektronik secara *wireless* ?
- b. Bagaimana desain sistem *wireless* dapat diterapkan dengan menggunakan Raspberry Pi 3 pada telepon genggam ?

2. Dasar Teori

2.1. Home Automation System

Sistem otomatisasi rumah merupakan sistem yang digunakan untuk mengintegrasikan berbagai sistem yang umumnya terdapat dalam suatu rumah. Sistem ini terdiri dari sejumlah sub-sistem untuk mengendalikan berbagai aspek dari rumah, seperti sub-sistem keamanan, HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*), kontrol pencahayaan, serta perlengkapan elektronik [2].

2.2. Wireless Technology

Wireless (nirkabel) adalah istilah yang digunakan untuk melakukan suatu hubungan telekomunikasi menggunakan gelombang elektromagnetik (pengganti media yang menggunakan kabel) yang membawa sinyal ke sebagian atau ke seluruh jalur komunikasi [3]. Salah satu contohnya adalah telepon genggam dengan sistem Android dapat dilihat pada gambar 1.

Android adalah sistem operasi berbasis Linux dan merupakan perangkat lunak *open source* yang dirancang untuk telepon genggam layar sentuh seperti telepon pintar dan komputer tablet [4].



Gambar 1 Telepon Genggam dengan OS AAndroid

2.3. Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah komputer mikro berukuran seperti kartu kredit yang dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation, Inggris. komputer *single board* ini dikembangkan dengan tujuan untuk mengajarkan dasar-dasar ilmu komputer dan pemrograman sekolah di seluruh dunia. meskipun mikrokontroler yang memiliki fisik seperti Arduino dimana lebih dikenal untuk proyek-proyek *prototyping*, tidak demikian dengan Raspberry Pi yang sangat berbeda dari mikrokontroler kebanyakan dan sebenarnya Raspberry Pi lebih seperti komputer daripada Arduino [5]. Komponen yang dipakai dalam sistem ini yaitu menggunakan mikrokomputer jenis Raspberry Pi 3 Model B seperti gambar 2 dibawah ini



Gambar 2 Raspberry Pi 3 Model B

2.4. WLAN

WLAN adalah singkatan dari *Wireless Local Area Network* yaitu suatu jenis jaringan komputer yang menggunakan gelombang radio sebagai alat atau media transmisi data. Informasi atau data ditransfer dari satu komputer ke komputer lainnya menggunakan gelombang radio dengan meminimalisasi kebutuhan akan

sambungan kabel. Oleh karena itu, *Wireless LAN* telah dapat mengkombinasikan antara konektivitas data dengan mobilitas *user*. *Router WLAN* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. *Router WLAN*

2.5. Relay [6]

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu *electromagnet (coil)* dan mekanikal (seperangkat kontak saklar). Kontak poin relay terdiri dari dua jenis yaitu :

- 1) *Normally Close (NC)* yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *close* (tertutup).
- 2) *Normally Open (NO)* yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *open* (terbuka).

2.6. Reed Switch [7]

Reed Switch merupakan sensor magnetik yang bekerja seperti saklar. Lebih tepatnya yaitu saklar listrik yang dioperasikan dengan menggunakan medan magnet. Sensor ini terdiri sepasang kontak atau dua logam tipis yang saling berdekatan. Kontak tersebut dapat menutup dan membuka ketika terdapat medan magnet disekitar *reed switch* yang dapat dilihat pada gambar 3.

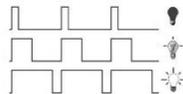


Gambar 3 Sensor *Reed Switch*

2.7. Pulse Width Modulation

Pulse Width Modulation (PWM) atau dengan kata lain modulasi lebar pulsa, merupakan sinyal digital yang berupa gelombang kotak (*square wave*) dimana siklus kerja (*duty cycle*) dari gelombang tersebut dapat diatur sesuai dengan kebutuhan sistem [8].

Duty Cycle merupakan kondisi logika *high* dalam suatu periode sinyal dan dinyatakan dalam bentuk persen (%) dengan *range* 0% sampai dengan 100%. Misalkan jika sinyal berada dalam kondisi *high* terus menerus berarti memiliki *duty cycle* sebesar 100% serta jika sinyal dalam keadaan *high* sama dengan keadaan *low* maka sinyal tersebut mempunyai *duty cycle* sebesar 50% [9] dan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 *Brightness* pada LED dengan PWM

2.8. Solenoid Door Lock [10]

Solenoid door lock merupakan salah satu jenis solenoid yang digunakan khusus untuk pengunci pintu secara elektronik. Solenoid bekerja saat arus mengalir melalui kawat lilitan yang ada pada sistem solenoid, dan disekitar kawat tersebut akan menghasilkan medan magnet. Ketika arus ini melewati kawat lilitan maka akan terjadi induksi yang akan menghasilkan gaya magnetik. Gaya ini yang akan dapat menarik pelat pegas solenoid yang membuat kunci terbuka. Solenoid dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Solenoid *Door Lock*

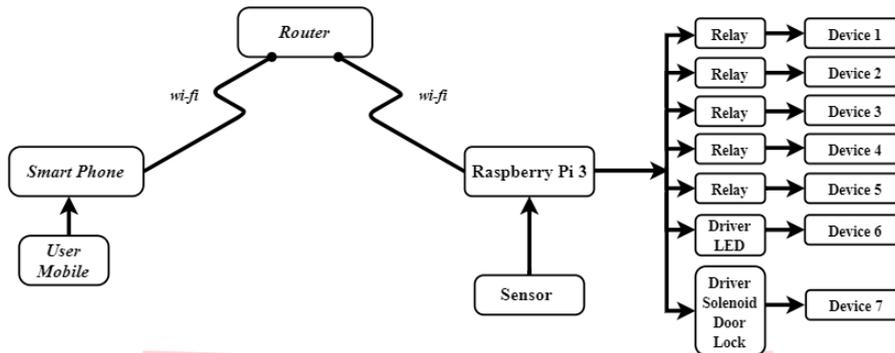
3. Perancangan Sistem

3.1. Perancangan Sistem Secara Umum

Perancangan sistem secara umum terdiri dari perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras berisi tentang diagram blok yang terdiri dari Raspberry Pi 3, *Router WLAN*, telepon genggam atau *smartphone*, LED dan *relay*, serta dihubungkan ke perangkat

elektronik yang akan dipakai di dalam rumah. Perancangan perangkat lunak (*software*) terdiri dari *flowchart* yang nantinya akan membantu dalam proses pemrograman dari sistem tersebut.

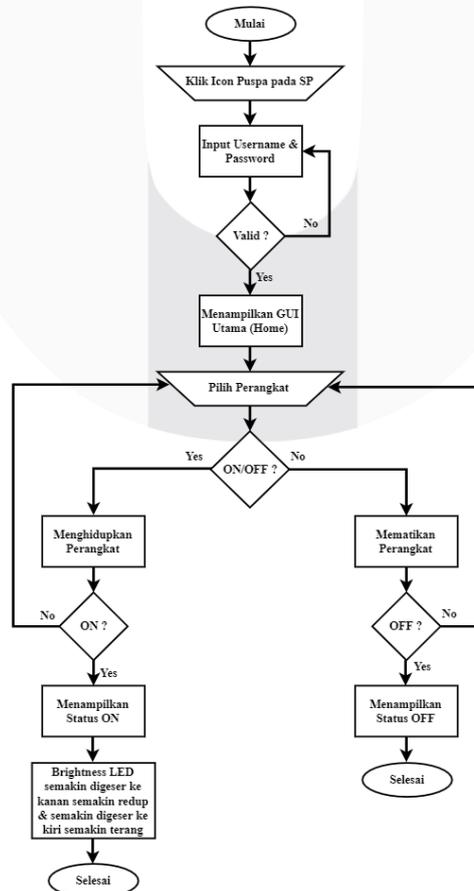
3.2. Diagram Blok



Gambar 6 Diagram Blok Sistem

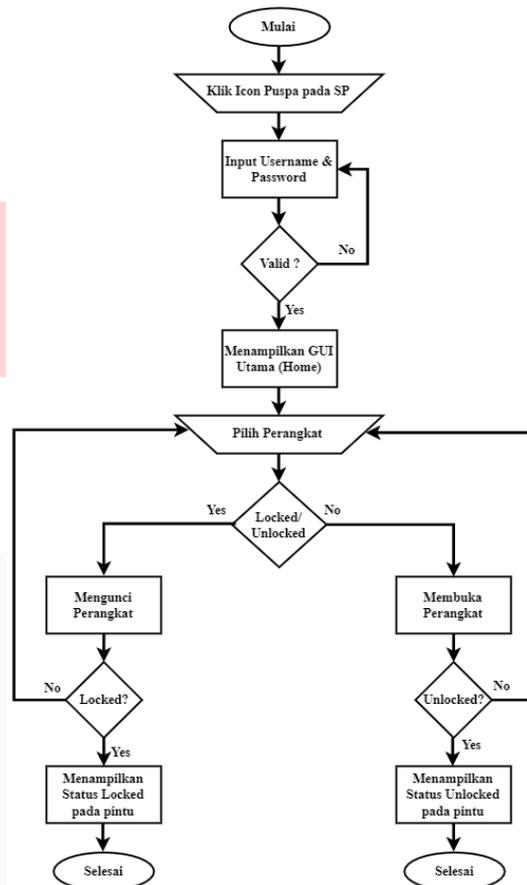
Gambar 6 menunjukkan diagram blok sistem otomatisasi rumah menggunakan teknologi *wireless* yang tertanam di Raspberry Pi 3. Pada perancangan *hardware* ini dibutuhkan telepon genggam (*smartphone*) untuk mengendalikan perangkat elektronik yang sebelumnya sudah dikonfigurasi dengan Raspberry Pi. Raspberry Pi digunakan sebagai media *server* pada layanan web dan aplikasi yang digunakan pada *smartphone*. *Smartphone* disini bertindak sebagai *client* dan selanjutnya untuk masuk ke dalam *server* diperlukan koneksi jaringan lokal atau intranet dengan menggunakan *router*. *Router* berfungsi untuk sumber akses internet dari Raspberry Pi ke *smartphone*. Selain itu terdapat sensor yang bertindak sebagai nilai atau perintah yang harus dibaca aplikasi dan sebelumnya telah diproses oleh Raspberry Pi. Sebuah relay digunakan pada masing-masing perangkat sebagai saklar (*switch*) serta *driver* LED. Saklar dan *driver* LED ini digunakan untuk mengontrol perangkat elektronik sesuai dengan perintah yang diberikan oleh *user via wireless*.

3.3 Perancangan Cara Kerja Sistem



Gambar 7 Flowchart Kerja Sistem ON/OFF pada LED

Gambar 7 menjelaskan diagram alir (*flowchart*) cara kerja sistem *ON/OFF* pada LED. Sebelum sistem dikontrol, klik *icon* atau *software* yang sebelumnya telah di *build*. Setelah itu masukkan *username* dan *password*. Jika tidak *valid* maka sistem akan kembali ke input *username* dan *password*. Jika *valid* maka sistem akan menampilkan menu GUI. Selanjutnya pilih perangkat yang ingin dikontrol. Perangkat bisa dikontrol secara *ON/OFF* serta langsung menampilkan status yang telah dikontrol sebelumnya. Perangkat yang dikontrol yaitu *lamp1*, *fan*, *AC*, televisi, dan *lamp2*, dimana kelima perangkat tersebut menggunakan LED sebagai lampu indikator. Setelah itu terdapat *brightness* LED, jika *button* digeser ke kanan maka semakin redup cahaya LED, dan sebaliknya jika *button* digeser ke kiri maka semakin terang cahaya LED yang dihasilkan. Setelah semua proses telah dikerjakan oleh sistem, sehingga selesailah sistem yang bekerja pada perangkat tersebut.



Gambar 8 *Flowchart* Kerja Sistem Locked/Unlocked pada Pintu

Gambar 8 menjelaskan diagram alir (*flowchart*) cara kerja sistem penguncian pintu. Sebelum sistem dikontrol, klik *icon* atau *software* yang sebelumnya telah di *build*. Setelah itu masukkan *username* dan *password*. Jika tidak *valid* maka sistem akan kembali ke input *username* dan *password*. Jika *valid* maka sistem akan menampilkan menu GUI. Selanjutnya pilih perangkat yang ingin dikontrol. Perangkat bisa dikontrol secara *locked/unlocked* serta langsung menampilkan status yang telah dikontrol sebelumnya. Perangkat yang dikontrol yaitu prototipe pintu yang memakai solenoid *door lock* sebagai komponen untuk melakukan aksi tersebut. Setelah semua proses telah dikerjakan oleh sistem, sehingga selesailah sistem yang bekerja pada perangkat tersebut.

Pada gambar 9-11 di bawah ini merupakan tampilan *interface* pada prototipe otomatisasi rumah. GUI (*Graphical User Interface*) yang terdapat dalam *mobile phone Android* menggunakan aplikasi *App Inventor* yang sebelumnya telah didesain dan diprogram. Pemrograman dilakukan dengan memasukkan IP Address wlan0 Rpi pada *block program* dalam *app inventor* yaitu 192.168.0.1. Setelah itu, *build* aplikasi tersebut dan akan muncul gambar serta jenis perangkat elektronik yang akan dikontrol. Pengontrolan perangkat dapat bekerja dengan memasukkan *username* 'tugasakhir' dan *password* 'puspa' pada menu utama GUI.



Gambar 9. Menu Utama GUI



Gambar 10. Menu Lantai 1 GUI



Gambar 11. Menu Lantai 2 GUI

Ketiga tampilan *interface* pada gambar di atas merupakan tampilan melalui *app inventor* yang kemudian *dibuild* menjadi aplikasi yang sebenarnya dari *Android*. Gambar 10 dan gambar 11 menunjukkan hasil dari menu-menu yang terdapat status pada perangkat elektronik yang akan dikontrol.

4. Hasil Percobaan dan Analisa

Hasil dan percobaan dan analisa sistem menggunakan aplikasi *App Inventor* yang telah dikonfigurasi dengan *wireless* dan *Raspberry Pi*.

4.1 Pengujian Performansi Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan pada saat sistem dapat bekerja. Selain itu pengujian juga dilakukan dengan memanfaatkan koneksi internet dari *provider 1* dan *provider 2*.

Tabel 1 (a). Pengujian Performansi Sistem menggunakan *Provider 1*

No	Komponen Sistem Yng Diuji	Fungsi	Status
1	<i>Brightness</i>	Kecerahan Cahaya	Bekerja
2	<i>Door/Pintu</i>	<i>Locked</i>	Bekerja
		<i>Unlocked</i>	Bekerja
		<i>OPEN</i>	Bekerja
		<i>CLOSED</i>	Bekerja
3	Lampu 1	<i>ON</i>	Bekerja
		<i>OFF</i>	Bekerja
4	<i>Fan/Kipas Angin</i>	<i>ON</i>	Bekerja
		<i>OFF</i>	Bekerja
5	<i>Air Conditioner</i>	<i>ON</i>	Bekerja
		<i>OFF</i>	Bekerja
6	Televisi	<i>ON</i>	Bekerja
		<i>OFF</i>	Bekerja
7	Lampu 2	<i>ON</i>	Bekerja
		<i>OFF</i>	Bekerja

Tabel 2. Pengujian Performansi Sistem menggunakan *Provider 2*

No	Komponen Sistem Yng Diuji	Fungsi	Status
1	<i>Brightness</i>	Kecerahan Cahaya	Bekerja, tetapi lambat
2	<i>Door/Pintu</i>	<i>Locked</i>	Tidak Bekerja
		<i>Unlocked</i>	Tidak Bekerja
		<i>OPEN</i>	Tidak Bekerja
		<i>CLOSED</i>	Tidak Bekerja
3	Lampu 1	<i>ON</i>	Bekerja, tetapi lambat
		<i>OFF</i>	Bekerja, tetapi lambat
4	<i>Fan/Kipas Angin</i>	<i>ON</i>	Bekerja, tetapi lambat
		<i>OFF</i>	Bekerja, tetapi lambat
5	<i>Air Conditioner</i>	<i>ON</i>	Bekerja, tetapi lambat
		<i>OFF</i>	Bekerja, tetapi lambat
6	Televisi	<i>ON</i>	Koneksi Terputus
		<i>OFF</i>	Koneksi Terputus
7	Lampu 2	<i>ON</i>	Koneksi Terputus
		<i>OFF</i>	Koneksi Terputus

Dari tabel 1 dan tabel 2 di atas, dapat dikatakan bahwa performansi sistem menggunakan *provider 1* dapat bekerja dengan baik dibandingkan dengan *provider 2*. Pada saat menggunakan *provider 1*, tidak terdapat kendala selama pengujian berlangsung. Sebaliknya, saat menggunakan *provider 2*, jaringannya lambat dan bahkan membuat koneksi Raspberry Pi dan *wi-fi*-nya terputus.

4.2 Pengujian Kepuasan Subjektivitas atau *User*

Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan tingkat kepuasan subjektivitas oleh orang normal dan penyandang disabilitas terhadap sistem yang telah dibuat. Pengujian dilakukan di Rumah Sakit Bakti Timah Pangkalpinang dan disekitarnya melalui skenario dibawah ini :

1. Subjek ingin menyalakan lampu di lantai satu dan dua, maka subjek tinggal menekan tombol *ON* pada layar *mobile phone* serta status *ON* . Sebaliknya jika subjek ingin mematikan lampu, maka tinggal menekan tombol *OFF* yang ingin dikontrol.
2. Subjek ingin mengontrol *brightness* atau kecerahan lampu di teras lantai 1, maka subjek tinggal menggeser slider ke kiri dan kanan pada layar *mobile phone*. Semakin geser ke kiri lampu LED nya akan semakin terang dan sebaliknya jika geser ke kanan lampu LED nya akan semakin redup.
3. Terakhir subjek dapat mengecek keadaan pintu dalam status *OPEN/CLOSED* dimana status tersebut me – *refresh* keadaan pintu setiap 3 detik sekali. Selain itu dapat mengontrol pintu secara *locked/unloced*.

Berdasarkan skenario diatas, pengujian dilakukan menjadi dua kategori penilaian, dengan masing – masing kategori berjumlah sepuluh orang yaitu pertama penilaian menurut penyandang disabilitas, dan kedua penilaian menurut orang normal. Dari kedua kategori penilaian tersebut akan dibandingkan tingkat kepuasan mereka apakah terbantu, sangat terbantu atau tidak terbantu dari sistem ini. Berikut hasil penilaian dari kedua kategori di atas.

Tabel 3 Penilaian Subjektivitas Oleh Penyandang Disabilitas

No	Nama	Nilai	Tidak Terbantu (< 60)	Terbantu (61 – 80)	Sangat Terbantu (81 – 100)
1	Muhammad Martin	86,3	-	-	√
2	Kurnayati	98,3	-	-	√
3	Sufitriadi	90	-	-	√
4	Aminah	85,6	-	-	√
5	Zulkarnain	85,3	-	-	√
6	Sudarmaji	87,3	-	-	√
7	Gerald Firgo	83,3	-	-	√
8	Alwi	83,3	-	-	√
9	Alif Satria R	88,3	-	-	√
10	Arpan	87	-	-	√
Nilai Rata – rata		87,47	Sangat Terbantu		

Tabel 4 Penilaian Subjektivitas Oleh Orang Normal

No	Nama	Nilai	Tidak Terbantu (< 60)	Terbantu (61 – 80)	Sangat Terbantu (81 – 100)
1	Rosmah	74,7	-	√	-
2	Erlina	75,3	-	√	-
3	Syuhada Umar	77,3	-	√	-
4	Faidillah	89,7	-	-	√
5	Ervina	86,7	-	-	√
6	Milha Oktaviani	89,7	-	-	√
7	Delli Permatasari	90	-	-	√
8	Hera Barika	89,3	-	-	√
9	Ahmad Fahrizal	85,3	-	-	√
10	Yuniarti	87	-	-	√
Nilai Rata – rata		84,5	Sangat Terbantu		

Berdasarkan tabel 4.6 dan tabel 4.7 diatas, bahwa pengujian sistem untuk dua kategori diatas menunjukkan bahwa sistem ini sangat terbantu baik untuk penyandang disabilitas dan orang normal dengan nilai rata – rata 87,47 untuk penyandang disabilitas, dan nilai 84,5 untuk orang normal.

Dengan demikian bahwa pengujian dapat bekerja dengan baik dan nilai kepuasannya adalah sangat terbantu untuk kedua kategory diatas.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Sistem yang dibuat secara keseluruhan dapat bekerja dengan baik.
2. Berdasarkan penilaian subjektivitas oleh penyandang disabilitas dan orang normal, bahwa tingkat kepuasan cukup tinggi (penyandang disabilitas: 87.47, orang normal: 84.5 dalam skala 100).

5.2 Saran

1. Supaya ditambahkan fitur keamanan selain fitur yang ada pada prototipe pada penelitian selanjutnya.
2. Untuk perkembangan selanjutnya, agar prototipe tersebut dapat diimplementasikan pada rumah yang sebenarnya serta dapat dikontrol jarak jauh menggunakan internet.

Daftar Pustaka :

- [1] Barbotte, E. Guillemin, F. Chau, N. Lorhandicap Group, "Prevalence of Impairments, Disabilities, Handicaps and Quality of Life in the General Population : A Review of Recent Literature", *Bulletin of the World Health Organization*, Vol. 79, No. 11, p. 1047, 2011.
- [2] L. S. Humphries, G. Rasmussen, D. L. Volta and J. D. Pritchett, "Home Automation System", 1997.
- [3] Rouse, Margaret. "Definition of Wireless". April 2006. <http://searchmobilecomputing.techtarget.com>. [Diakses 18 Oktober]
- [4] Damasullah. Wandy, Hamzah. Amir, Lestari. Uning, "Aplikasi Pengenalan Bahasa Korea (*Hangeul*) Berbasis Android", *ISSN 2338-6304*, Vol. 1, 2013.
- [5] Muhammad Shadiq, Helmi. Sudjadi. Darjat. "Perancangan Kamera Pemantau Nirkabel Menggunakan Raspberry Pi Model B", *ISSN 2302-9927*, No. 4, 2014.
- [6] Kho, Dickson. 2015. "Pengertian Relay dan Fungsinya" (*Online*), <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/> [Diakses 19 Oktober 2016].
- [7] Adriansyah. Andi, Hidayatama.Oka, "Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Mikrokontroler Arduino ATMEGA 328P", *ISSN 2086-9479*, Vol. 4, No.3, 2013.
- [8] Prabowo, Brilliant Adhi, "Pemodelan Sistem Kontrol Motor DC dengan Temperatur Udara sebagai Pemicu", Pusat Penelitian Informatika, LIPI.
- [9] Firman, 2015, "Tentang PWM (*Pulse Width Modulation*)" (*Online*), <http://kl301.ilearning.me/2015/05/19/tentang-pwm-pulse-width-modulation/> [Diakses 7 April 2017]
- [10] Histand, McGraw – Hill. Alciatore, "Soleniod", 1999, (*Online*), http://mechatronics.mech.northwestern.edu/design_ref/actuators/solenoids.html [Diakses 5 Juni 2017]