

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING TEMPAT PARKIR BERBASIS ARDUINO (SMART PARKING)

Nur Muhammad Ridwan

Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang
ridwan146@icloud.com

ABSTRAK

Tempat parkir merupakan tempat yang sangat penting untuk tempat-tempat yang banyak dikunjungi oleh orang-orang seperti pusat perbelanjaan kenyamanan fasilitas ini tentunya sangat penting, karena peranan penting inilah maka tempat parkir harus bisa nyaman mungkin bagi pengunjung. Ketersediaan tempat parkir tentunya sangat berperan vital untuk menjaga kenyamanan pengemudi, kadang ketika pengemudi sudah berkeliling untuk mencari tempat parkir yang tersedia ternyata di tempat parkir itu tidak tersedia tempat parkir yang kosong tentunya ini sangat membuang waktu dan tenaga. Dengan serinnya terbuang waktu dan tenaga pengemudi terkadang malas berkunjung terutama ketika akhir pekan atau hari-hari libur lainnya.

Prototype sistem monitoring tempat parkir berbasis arduino mega (ATMega2560), menggunakan sensor ultrasonik yang akan mendeteksi keberadaan mobil pada tempat parkir, ketika tidak ada mobil terdeteksi oleh sensor ultrasonik maka lampu LED (Light Emitting Diode) akan menyala jika sensor ultrasonik mendeteksi ada mobil maka LED akan mati, data yang di dapatkan dari sensor ultrasonik dikirimkan ke aplikasi desktop yang dibuat dihubungkan menggunakan kabel USB (Universal Serial Bus) agar data yang didapat dari mikrokontroler arduino bisa dikirimkan ke aplikasi desktop dan informasi ketersediaan tempat parkir bisa dilihat pada aplikasi desktop.

Berdasarkan hasil pengujian aplikasi sistem monitoring tempat parkir dapat berjalan pada sistem operasi windows 7, windows 8, dan windows 10, berdasarkan hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dapat digunakan untuk mendeteksi mobil pada tempat parkir pada jarak sama dengan atau kurang dari 7 cm. Untuk pengembangan kedepannya dapat mengganti jenis dan tipe sensor ultrasonik dengan menggunakan sensor dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi yaitu sensor ultrasonik SRF04, kedepannya diharapkan komunikasi serial data yang menggunakan kabel USB diganti menggunakan modul wifi ESP8266, dan kedepannya diharapkan aplikasi monitoring tempat parkir ini dapat dikembangkan berbasis website..

Kata kunci : Parkir, mikrokontroler, ATMega2560, HC-SR04, monitoring, USB

1. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Parkir adalah kegiatan berhenti suatu kendaraan yang bersifat sementara karena ditinggalkan oleh pengemudinya pada tempat-tempat tertentu baik dinyatakan dengan rambu lalu lintas ataupun tidak, serta tidak semata-mata untuk kepentingan menaik atau turunkan penumpang atau barang (Nawawi, 2015)

Arduino adalah salah satu mikrokontroler opensource dengan jenis AVR berlabel Arduino dari perusahaan Atmel berupa berupa suatu papan elektronik yang berisi mikrokontroler. Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik sederhana hingga rangkaian elektronik yang kompleks (Kadir, 2012)

Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sensor pengukur jarak berbasis gelombang ultrasonik. Prinsip kerja sensor ini hampir sama dengan radar ultrasonik. Gelombang ultrasonik di pancarkan kemudian di terima balik oleh receiver ultrasonik. Jarak antara waktu pancar dan waktu terima adalah representasi dari jarak objek. Sensor ini cocok untuk aplikasi elektronik yang memerlukan deteksi jarak termasuk untuk sensor pada robot (Kianpisheh, 2012)

Dengan terus bertambahnya jumlah kendaraan bermotor di tempat umum yang luas seperti pusat perbelanjaan, akan sangat melelahkan bagi pengunjung

untuk mencari tempat parkir yang kosong. Ketika jam sibuk atau pada saat akhir pekan, ini akan bisa memakan waktu yang sangat lama untuk mencari tempat parkir yang kosong dan bahkan sering terjadi setelah kita bersusah payah untuk mencari tempat parkir ternyata tempat parkir di area tersebut tidak tersedia tempat kosong, tentu hal ini sangat membuang waktu, bahan bakar dan juga melelahkan.

Dari masalah diatas penulis berinisiatif membuat sebuah prototype aplikasi parkir yang bertujuan untuk mempermudah pengguna kendaraan bermotor menemukan tempat parkir menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan Arduino. Dengan prototype monitoring tempat parkir bisa dengan mudah menunjukkan pengemudi untuk menemukan tempat parkir yang tersedia.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, maka penulis akan merumuskan masalah yang di bahas sebagai berikut :

1. Arduino apa yang digunakan untuk merancang dan membangun sistem monitoring tempat parkir ?
2. Sensor apa yang digunakan untuk merancang dan membangun sistem monitoring tempat parkir ?
3. Bagaimana merancang dan membangun aplikasi desktop untuk mengetahui ketersediaan tempat parkir ?

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dimaksudkan untuk membatasi ruang lingkup pembahasan agar sistem yang dirancang lebih terarah. Pemasalahan yang akan dibahas dalam pembuatan sistem ini yaitu:

1. Sistem monitoring parkir ini hanya diterapkan pada area parkir mobil saja.
2. Sistem minitoring parkir ini dibuat pada prototype tempat parkir berupa maket.
3. Sistem parkir yang di buat berbasis mikrokontroler Arduino.
4. GUI (graphic user interface) dari sistem parkir ini berbasis desktop menggunakan Visual Studio.
5. Aplikasi desktop sistem monitoring hanya menampilkan ketersediaan parkir..

1.4 TUJUAN

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari pembuatan sistem monitoring tempat parkir berbasis Arduino ini adalah :

1. Sistem monitoring tempat parkir yang dibuat menggunakan Arduino Mega.
2. Sistem monitoring tempat parkir yang di buat menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04.
3. Aplikasi sistem monitoring tempat parkir dibuat menggunakan Visual Studio.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 MONITORING

Menurut Utomo (2013) pada penelitian yang berjudul Analisa dan Perancangan Sistem Informasi Parkir di Universitas Muria Kudus, sistem ini digunakan untuk melakukan pengelolaan parkir Universitas Muria Kudus. Sistem ini dirancang dengan menggunakan blueprint, hasil dari penelitian ini menghasilkan Analisa dan akfitas parkir, penelitian ini berupa sebuah aplikasi atau software yang digunakan untuk pengembangan sistem parkir yang terkomputerisasi di Universitas Muria Kudus.

Menurut Kianpisheh (2012) pada penelitian yang berjudul Smart Parking System (SPS) Architecture Using Ultrasonik Detecto, sistem monitoring tempat parkir dapat dibuat dengan menggunakan sensor ultrasonik, sistem monitoring tempat parkir dapat mengetahui kondisi tempat parkir dan menampilkan ketersediaan tempat parkir, sistem monitoring tempat parkir ini memerlukan sensor ultrasonik dan LED sebagai pendeteksi dan pemberitahu lokasi tempat parkir yang tersedia.

Menurut Alippi (2011) pada penelitian yang berjudul Solar Power WSN Framework Aquatic Environmental Monitoring, sistem monitoring dengan menggunakan WSN (Wireless Sensor Network) dapat mempermudah kita dalam pengumpulan data untuk keperluan monitoring secara real time, data yang didapatkan dapat digunakan untuk keperluan monitoring atau analisi yang berguna untuk pengambilan keputusan dikemudian hari.

Menurut Yusuf (2009) pada penelitian yang berjudul Prototipe Sensor Parkir Mobil Berbasis Mikrokontroler AT89S51, sistem ini menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai pengendali utama, dan menggunakan sensor ultrasonik SRF04 yang fungsinya untuk mengukur jarak, sensor ultrasonik SRF04 juga dapat digunakan untuk mendeteksi objek pada tempat parkir, dengan penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04 perhitungan jarak antara sensor dan objek jadi lebih akurat.

Menurut Susanto, Kristianto, Ridwanto, dan Hisnuaji (2007) pada penelitian yang berjudul Perancangan dan Implementasi Sensor Parkir Pada Mobil Menggunakan Sensor Ultrasonik, sistem ini menggunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi objek, dengan memanfaatkannya untuk mendeteksi jarak dan objek menggunakan mikrokontroler AT89S52 sebagai pengendali utama sistem, dengan menggunakan sensor ultrasonik yang akurat dapat dengan efektif mengukur jarak dengan akurasi hingga 2cm – 3cm, dengan sensor ultrasonik dapat cukup efektif digunakan untuk sensor yang diterapkan pada tempat parkir.

Menurut Berman dan Truckenbrodt (2002) pada penelitian yang berjudul Method, System and Storage Medium For Monitoring Parking Meters, sistem monitoring parkir menggunakan sensor IR (Infrared) untuk mendeteksi keberadaan mobil di tempat parkir, informasi ketersediaan tempat parkir bisa di tampilkan dengan menggunakan LCD, digunakan RFID sebagai kode unik untuk setiap mobil yang masuk sehingga keamanan pada tempat parkir menjadi lebih optimal.

Menurut Polycarpou, Lambrinos, dan Protopapadakis (2013) pada penelitian yang berjudul Smart Parking Solution for Urban Areas, Smart Parking sistem dibuat dengan teknologi LoRa, salah satu teknologi komunikasi jarak jauh yang dikembangkan bersama devloper IoT (Internet of Things), sistem ini mampu mengetahui ketersediaan tempat parkir dan mampu membantu pengemudi untuk menemukan tempat parkir yang masih bisa digunakan.

Menurut Chinrungrueng, Sunnantachaikul dan Triamlumlerd (2007) pada penelitian yang berjudul Smart Parking: An Application of Optical Wireless Sensor Network, permasalahan tempat parkir di kota besar, adalah terbatasnya ketersediaan tempat parkir, untuk menemukan tempat parkir kita membutuhkan teknologi yang bisa menemukan tempat parkir yang tersedia, dengan memudahkan menemukan tempat parkir kita dapat menghemat uang dan waktu, ini juga dapat membantu pengembangan tempat area lokasi tempat parkir.

Menurut Intan (2014) pada penelitian yang berjudul Model Sistem Parkir Informatif Berbasis Programmable Logic Controller (PLC), sistem ini dikembangkan menggunakan PLC (Programmable Logic Controller) sehingga sistem ini mampu

menampilkan informasi letak tempat parkir yang kosong, sistem parkir dapat memberikan informasi pada pengemudi ketersediaan tempat parkir yang dapat digunakan menggunakan lampu indikator pada tempat parkir sehingga pengemudi dapat dengan mudah menemukan tempat parkir.

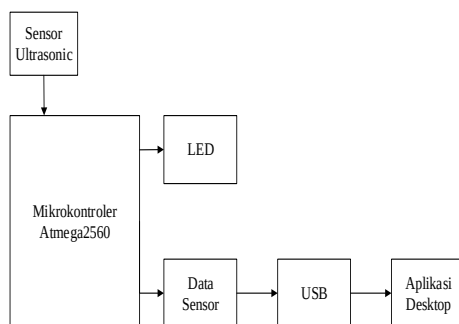
Geng dan Cassandras (2013) pada penelitian yang berjudul A new “Smart Parking” System Infrastructure and Implementation, sistem mampu mengoptimalkan tempat parkir yang digunakan, dengan Mixed Integer Linear Program (MILP) yang dapat mengoptimalkan alokasi tempat parkir dengan menggunakan informasi keadaan tempat parkir sementara, dengan menggunakan sistem parkir ini kita dapat mengefisienkan waktu, bahan bakar dan biaya

3. METODE PENELITIAN

Penelitian pada *prototype* sistem monitoring tempat parkir menggunakan metode eksperimen (uji coba). Eksperimen dilakukan pada perancangan rangkaian alat dan aplikasi desktop untuk menghasilkan sebuah *prototype* sistem monitoring tempat parkir sebagaimana tujuan awal. Dengan melakukan eksperimen perancangan dan pembuatan *prototype* sistem monitoring tempat parkir ini, diharapkan didapatkan rangkaian alat serta aplikasi *desktop* sesuai dengan fungsi serta tujuan pembuatan *prototype* sistem monitoring tempat parkir ini.

3.1 PERANCANGAN SISTEM

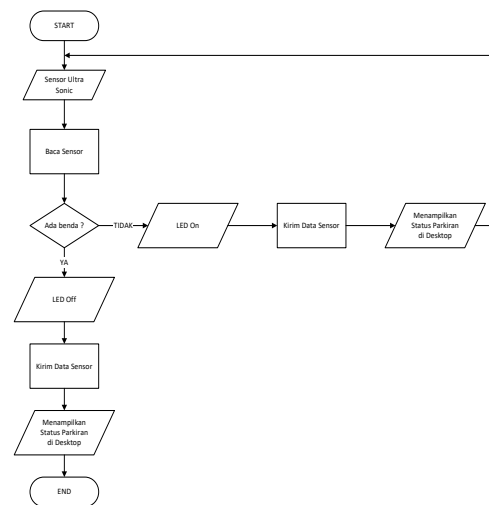
Aplikasi rancang bangun sistem monitoring tempat parkir berbasis Arduino. Sensor ultrasonik akan mendeteksi keberadaan mobil pada *prototype* sistem monitoring tempat parkir, ketika tidak ada mobil terdeteksi oleh sensor ultrasonik maka lampu LED (*Light Emitting Diode*) akan hidup bertujuan untuk memandu pengemudi menuju tempat parkir kosong yang tersedia dan apabila terdeteksi ada mobil maka lampu LED ini akan mati agar tidak ada pengemudi yang menuju ke tempat parkir yang sudah terisi, data sensor yang telah diperoleh arduino dari sensor ultrasonik berikutnya akan di kirimkan ke aplikasi desktop melalui kabel USB Arduino agar pengurus tempat parkir dapat melihat ketersediaan tempat parkir tanpa harus cek langsung ke tempat parkir pada Gambar 2



Gambar 2 Diagram Blok

3.2 DIAGRAM ARUS SISTEM

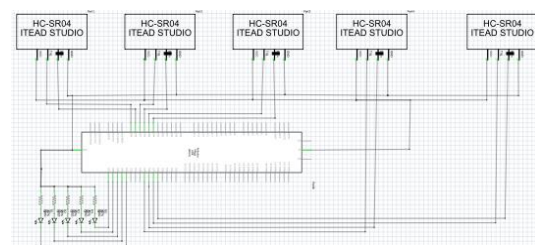
Diagram arus menggambarkan alur kerja dari *prototype* sistem monitoring tempat parkir berbasis Arduino. Cara kerja *prototype* sistem monitoring tempat parkir berbasis arduino dari sensor ultrasonik sebagai pendeteksi objek mobil di tempat parkir jika tidak terdeteksi ada objek mobil maka LED akan menyala data yang didapatkan sensor akan dikirimkan ke aplikasi desktop, jika sensor ultrasonik mendeteksi adanya benda maka LED akan mati data yang didapatkan dari sensor ultrasonik akan di tampilkan pada aplikasi desktop seperti pada Gambar 3



Gambar 3 Diagram Alir

3.3 SKEMA RANGKAIAN ALAT

Skema rangkaian merupakan blueprint dari model alat yang akan dibuat. Skema rangkaian keseluruhan *prototype* sistem monitoring tempat parkir melalui aplikasi berbasis mikrokontroler Arduino Mega2560 terdiri dari mikrokontroler ATmega2560. Sensor HC-SR04 sebagai sensor ultrasonik, dan LED (*Light Emitting Diode*) Seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Skema Rangkaian Alat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari perancangan yang dilakukan pada penelitian ini, didapatkan hasil serta pembahasan *prototype* sistem monitoring tempat parkir sebagai berikut:

4.1 IMPLEMENTASI HARDWARE

Pada proses perancangan hardware, digunakan kabel jumper untuk menghubungkan antara pin yang terdapat pada mikrokontroler serta PCB (Papan Sirkuit Cetak) yang sudah dirancang khusus untuk prototype sistem monitoring tempat parkir ini untuk menghubungkan sensor ultrasonik HC-SR04 dan LED. Hasil dari perancangan hardware kemudian di implementasikan pada maket prototype monitoring tempat parkir ini, sensor ultrasonik HC-SR04 ini berfungsi untuk mendeteksi objek pada tempat parkir kemudian jika tidak terdeteksi ada objek di depan sensor ultrasonik maka LED akan menyala tapi jika sensor mendeteksi ada objek maka LED akan mati, LED disini berfungsi untuk menunjukkan tempat parkir yang tersedia. Implementasi perancangan hardware dan maket prototype sistem monitoring tempat parkir seperti ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6

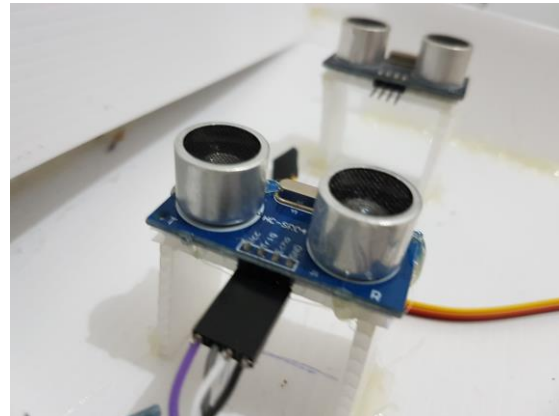


Gambar 5 Hasil Implementasi Hardware



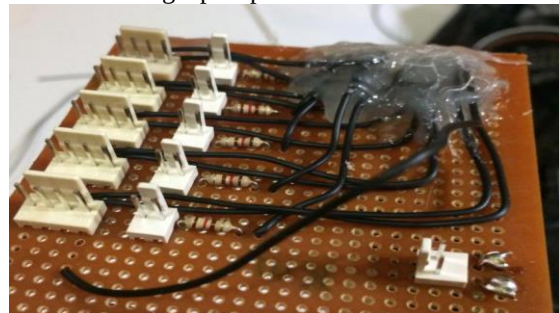
Gambar 6 Maket Tempat Parkir

Sensor ultrasonik diletakkan pada bagian bawah dari tempat parkir sehingga jika ada mobil yang berada di atas sensor maka akan langsung terdeteksi maket tempat parkir yang telah dibuat seperti pada Gambar 6



Gambar 6 Sensor Ultrasonik

PCB yang telah dibuat sesuai dengan skema rangkaian alat untuk mempermudah implementasi perangkaian alat sistem monitoring seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 PCB

Pada *prototype* sistem monitoring tempat parkir berbasis *Arduino* LED berfungsi mengarahkan pengemudi ketempat parkir yang tersedia , jadi jika sensor ultrasonik tidak mendeteksi adanya mobil di tempat parkir itu maka LED akan menyala warna hijau jika sensor ultrasonik mendeteksi ada mobil pada tempat parkir maka LED akan mati sehingga pengemudi tidak menuju ketempat parkir yang sudah di isi oleh mobi lainnya seperti pada Gambar 8.

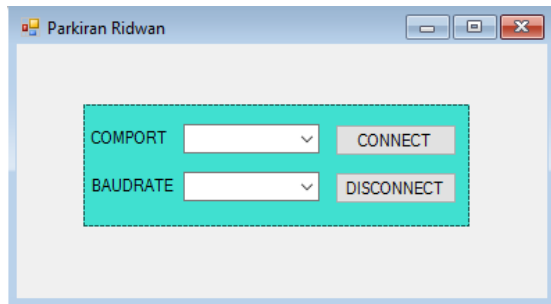


Gambar 8 Deteksi Objek

4.2 IMPLEMENTASI SOFTWARE

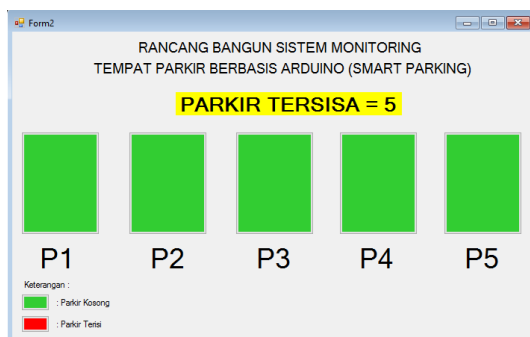
Sedangkan implementasi software adalah kegiatan pembuatan program untuk *prototype* sistem monitoring tempat parkir ini, berfungsi untuk menampilkan ketersediaan tempat parkir, data yang di dapatkan oleh sensor ultrasonik akan dikirimkan ke aplikasi *desktop* yang dibuat menggunakan *visual studio*.

Form koneksi berfungsi untuk mengatur *comport* dan *baudrate* yang berguna untuk membaca data yang di kirimkan oleh mikrokontroler *Arduino* seperti pada Gambar 9.



Gambar 9 Form Koneksi

Form informasi berfungsi untuk menampilkan data ketersediaan tempat parkir yang apabila sensor ultrasonik tidak mendeteksi adanya mobil di tempat parkir maka akan menampilkan blok dengan warna hijau dan apabila sensor mendeteksi adanya mobil di tempat parkir maka akan di tampilkan blok dengan warna merah yang berarti sudah terisi seperti pada Gambar 10.



Gambar 10 Form Informasi

4.3 PENGUJIAN

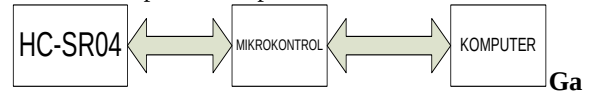
Setelah diimplementasikannya rancang bangun *prototype* sistem monitoring tempat parkir akan dilakukan pengujian terhadap alat tersebut baik dari segi pengoperasian sensor ataupun komunikasi pengiriman data dari *Hardware* ke *Software Desktop*.

4.4 PENGUJIAN HARDWARE

Pengujian *hardware* (perangkat keras) adalah kegiatan kemampuan pendeteksian objek pada *maket* tempat parkir yang dilakukan oleh sensor ultrasonik *HC-SR04* beserta fungsi hidup matinya LED sebagai fitur untuk menunjukkan tempat parkir yang tersedia untuk pengemudi, dan pengujian komunikasi pengiriman data dari *hardware* ke *software desktop*.

4.4.1 SENSOR ULTRASONIK

Pengujian sensor ultrasonik *HC-SR04* yang digunakan bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor ultrasonik untuk mendeteksi objek pada jarak tertentu yang sudah ditentukan oleh penulis pada sensor ultrasonik *HC-SR04*, untuk alur pengujian *hardware* dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 11 Alur Pengujian Hardware

Alur pengujian sensor ultrasonik *HC-SR04* yaitu dengan menggunakan mikrokontroler yang disambungkan dengan komputer dan sensor ultrasonik *HC-SR04*, cara kerja dari sensor ultrasonik *HC-SR04*, mula-mula sensor ultrasonik *HC-SR04* diaktifkan melalui pin *trigger* minimal 10 μ s dengan mengirimkan pulsa positif dari IC mikrokontroler. Selanjutnya pin TX mengirimkan signal pada saat logika hidup pada saat gelombang yang dikirimkan dari *trigger* mengenai objek signal akan memantul yang akan di terima RX. Pada saat menerima signal pantulan RX akan mati yang dimana signal RX akan dilewatkan melalui pin *echo*. Lebar signal yang diterima oleh *echo* inilah yang akan diterima dan digunakan untuk menghitung jarak.



Gambar 12 Pendeteksian Objek

Kemudian saatnya melakukan uji coba pendeteksian objek pada jarak tertentu menggunakan sensor ultrasonik *HC-SR04* dengan cara menempatkan objek di depan sensor ultrasonik dengan berbagai variasi jarak seperti pada Gambar di atas. Jika pada jarak yang sudah ditentukan maka LED yang pada awalnya menyala akan mati. Hasil dari percobaan seperti pada Tabel 1

Tabel 1 Ujicoba Sensor Ultrasonik

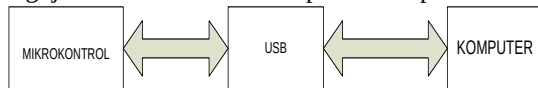
No.	Percobaan	Jarak (CM)	Terdeteksi	Kondisi LED
1.	1	9	X	ON
2.	2	8	X	ON
3.	3	7	✓	OFF
4.	4	6	✓	OFF
5.	5	5	✓	OFF

Dari pengujian yang dilakukan didapat hasil bahwa sensor ultrasonik *HC-SR04* mampu mendeteksi objek dengan jarak maksimal 7cm dan lampu LED akan OFF seperti yang sudah ditentukan oleh penulis jika jarak sensor dan

objek melebihi 7cm maka objek tidak akan terdeteksi dan lampu LED akan ON.

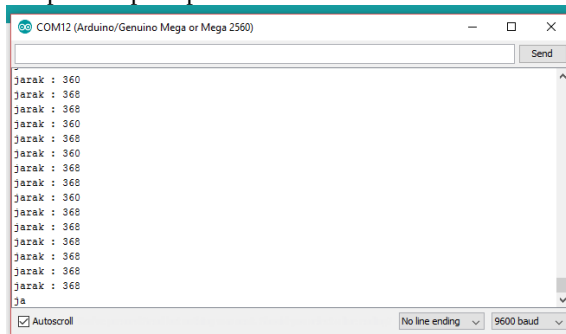
4.4.2 PENGUJIAN PENGIRIMAN DATA

Pengiriman data yang digunakan menggunakan komunikasi serial, untuk saling menghubungkan mikrokontroler dan komputer menggunakan kabel USB (*Universal Serial Bus*), mikrokontroler akan terus menerus mengirimkan data sebagai *input* data pada *software*. Untuk alur dan pengujian komunikasi data dapat dilihat pada Gambar



Gambar 13 Alur Pegiriman Data

Alur pengiriman data mikrokontroler dengan komputer yang disambungkan dnga kabel USB. Setelah disambungkan mikrokontroler di program agar bisa mengirimkan data yang di dapatkan mikrokontroler dari sensor ultrasonik *HC-SR04* ke komputer seperti pada Gambar



Gambar 14 Serial Monitor

Kemudian saatnya uji coba pengiriman data dari mikrokontroler ke komputer seperti pada Tabel.

Tabel 2 Pengiriman data

No.	Percobaan	Pengiriman Data
1.	1	Terkirim
2.	2	Terkirim
3.	3	Terkirim
4.	4	Terkirim
5.	5	Terkirim

4.4.3 PENGUJIAN COMPITIBILITAS

Pengujian *compatibility* aplikasi terhadap sistem operasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah aplikasi yang dibuat dapat berjalan dengan semestinya sesuai perancangan, pada sistem operasi yang sering digunakan oleh pengguna pada umumnya. Hasil uji coba *compatibility* aplikasi terhadap sistem operasi seperti ditunjukkan pada Tabel

Tabel 3 Hasil Pengujian Compitibilitas

No.	Aspek Pengujian	Windows 7	Windows 8	Windows 10
1.	Menampilkan <i>Form Koneksi</i>	✓	✓	✓
2.	Button <i>Connect</i>	✓	✓	✓
3.	Button <i>Disconnect</i>	✓	✓	✓
4.	Mendeteksi <i>Comport</i>	✓	✓	✓
5.	Menampilkan <i>Form Informasi</i>	✓	✓	✓
6.	Menampilkan tempat parkir yang tersedia	✓	✓	✓
7.	Menampilkan tempat parkir yang terisi	✓	✓	✓
8.	Menghitung jumlah parkir yang tersedia	✓	✓	✓

5. PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dengan adanya rancang bangun sistem monitoring tempat parkir berbasis *arduino* yang telah buat, maka dapat diambil kesimpulan, sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian aplikasi sistem monitoring tempat parkir dapat berjalan pada sistem operasi windows 7, windows 8, dan windows 10.
2. Berdasarkan hasil pengujian sensor ultrasonik *HC-SR04* dapat digunakan untuk mendeteksi mobil pada tempat parkir pada jarak sama dengan atau kurang dari 7cm.

5.2 SARAN

Berikut beberapa saran untuk pengembangan yang dapat dilakukan pada rancang bangun sistem monitoring tempat parkir ini :

1. Kedepannya dapat mengganti jenis dan tipe dari sensor ultrasonik dengan menggunakan sensor dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi yaitu sensor ultrasonik *SRF04*.
2. Kedepannya diharapkan kominikasi serial data yang menggunakan kabel USB di ganti menggunakan modul Wifi *ESP8266*.
3. Kedepannya diharapkan aplikasi monitoring tempat parkir ini dapat dikembangkan berbasis website.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alippi, C., Camplani, R., Galperti, C. and Roveri, M., 2011. A robust, adaptive, solar-powered WSN framework for aquatic environmental monitoring. *IEEE Sensors Journal*, 11(1), pp.45-55.
- [2] Chinrungrueng, J., Sunantachaikul, U. and Triamlumlerd, S., 2007, January. Smart parking: An application of optical wireless sensor network. In *Applications and the Internet Workshops, 2007. SAINT Workshops 2007. International Symposium on* (pp. 66-66). IEEE.
- [3] Polycarpou, E., Lambrinos, L. and Protopapadakis, E., 2013, June. Smart parking solutions for urban areas. In *World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2013 IEEE 14th International Symposium and Workshops on a* (pp. 1-6). IEEE.
- [4] Berman, L. and Truckenbrodt, A., Truckenbrodt Arthur R., 2002. *Method, system and storage medium for monitoring parking meters*. U.S. Patent Application 10/158,493.
- [5] Geng, Y. and Cassandras, C.G., 2012. A new "smart parking" system infrastructure and implementation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 54, pp.1278-1287.
- [6] Intan, Syarifah. 2014. Model Sistem Parkir Informatif Berbasis Programmable Logic Controller (PLC). *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- [7] Kianpisheh, Amin. 2012. Smart Parking System (SPS) Architecture Using Ultrasonik Detection, Universiti Saints Malaysia. *International Journal of Software Engineering and Its Applications* Vol. 6. No. 3. July. 2012.
- [8] Susanto, R., Kristanto, Y., Ridwanto, S. and Hisnuaji, D., 2007. Perancangan dan implementasi sensor parkir pada mobil menggunakan sensor ultrasonik. *CommIT (Communication and Information Technology) Journal*, 1(1), pp.18-29.
- [9] Utomo, A.P., 2013. Analisa dan Perancangan Sistem Informasi Parkir di Universitas Muria Kudus. *Jurnal Simetris*, 3(1), pp.17-24.
- [10] Yusuf, Muhamad. 2009. Prototipe Sensor Parkir Mobil Berbasis Mikrokontroler AT89S51. Universitas Sebelas Maret Surakarta. Laporan Tugas Akhir.