



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145

**KODE
PJ-01**

**PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

NAMA : TAUFIQ YUDI SULISTIYONO
NIM : 125060309111004 - 63
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRONIKA
**JUDUL SKRIPSI : KOMPARASI SISTEM KOMUNIKASI SERIAL *MULTIPOINT* PADA ROBOT
MANAGEMENT SAMPAH MENGGUNAKAN I2C DAN SPI**

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Ir. Nurussa'adah, MT
NIP. 19680706 199203 2 001

Eka Maulana, ST., MT., M.eng
NIK. 841130 06 1 1 0280

**KOMPARASI SISTEM KOMUNIKASI SERIAL *MULTIPOINT* PADA ROBOT
MANAGEMENT SAMPAH MENGGUNAKAN I2C DAN SPI**

PUBLIKASI JURNAL SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

TAUFIQ YUDI SULISTIYONO

NIM. 125060309111004 - 63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2014

Komparasi Sistem Komunikasi Serial *Multipoint* pada Robot *Management* Sampah menggunakan I2C dan SPI

Taufiq Yudi Sulistiyono, Nurussa'adah, dan Eka Maulana

Teknik Elektro Universitas Brawijaya
Jalan M.T Haryono No.167 Malang 65145 Indonesia
Email : taufiq.taufiqyudi.yudi@gmail.com

Abstrak— Sampah merupakan masalah yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini perlu diatasi karena setiap manusia pasti memproduksi sampah, disisi lain masyarakat tidak ingin berdekatan dengan sampah. Oleh karena itu dalam makalah ini penulis akan membahas bagian dari robot *management* sampah.

Pada robot ini menggunakan 4 buah mikrokontroler sehingga diperlukan protokol komunikasi serial *multipoint*. Komunikasi ini harus dirancang dengan baik agar tidak terjadi kesalahan dalam pengiriman maupun penerimaan data serta kecepatan transfer data dapat maksimal sehingga informasi dari sensor selalu terbaca oleh robot.

Empat buah mikrokontroler tersebut terdiri dari 1 *Master* dan 3 *Slave*. Fungsi masing-masing dari 3 mikrokontroler *slave* tersebut adalah untuk membaca sensor, mengendalikan motor kiri, dan mengendalikan motor kanan. Sedangkan fungsi dari mikrokontroler master adalah sebagai pemroses data dari slave pembaca sensor dan hasilnya di kirim ke slave pengendali motor kanan dan slave pengendali motor kiri. Dengan sistem seperti ini diharapkan waktu pemrosesan lebih cepat dibandingkan hanya menggunakan 1 mikrokontroler.

Kata Kunci— Robot, Mikrokontroler, Serial, *Multipoint*

I. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan adalah kontaminasi dari komponen fisik dan biologis dari sistem bumi / atmosfer sedemikian rupa sehingga proses lingkungan yang normal terkena dampak negatif [1]. Polusi adalah awal dari kontaminan ke dalam lingkungan yang menyebabkan kerugian atau ketidaknyamanan bagi manusia atau makhluk hidup lainnya, atau yang merusak lingkungan yang bisa datang dalam bentuk zat kimia [1].

Pencemaran lingkungan terjadi ketika lingkungan tidak dapat memproses dan menetralsisir produk-produk dari kegiatan manusia yang berbahaya (misalnya, emisi gas beracun, sampah makanan). Bahkan, proses itu sendiri dapat berlangsung bertahun-tahun di mana alam akan mencoba untuk menguraikan polutan [2].

Baru-baru ini, banyak robot mobile beroperasi di dunia nyata untuk kemajuan teknologi robot mobile itu sendiri. Misalnya "Roomba" oleh iRobot [3] dan robot yang diusulkan oleh Sugiuea *et al.* [4] dikembangkan untuk melakukan pekerjaan rumah tangga tanpa bantuan manusia. Selain itu, robot mobile yang mengumpulkan informasi di daerah bencana, yang disebut "*rescue robot*" juga dikembangkan [5].

Sistem robot telah menyebabkan kemajuan penting dalam bidang otomatisasi. Bahkan sejak robot industri diberlakukan. Robot pelayan dimaksudkan untuk melakukan berbagai aktivitas, termasuk tugas-tugas rumah tangga. Hal ini telah membawa kontribusi yang cukup besar dalam dua dekade terakhir [6].

Penggunaan jasa petugas kebersihan untuk membersihkan sampah dari setiap tempat sampah di dalam suatu gedung merupakan hal yang sangat umum dilakukan demi terciptanya keadaan gedung yang bersih. Penggunaan jasa ini memiliki kekurangan dalam hal tenaga dan penjadwalan apalagi kebiasaan masyarakat yang kurang disiplin menyebabkan terjadi penumpukan sampah berlebih di setiap tempat sampah [7].

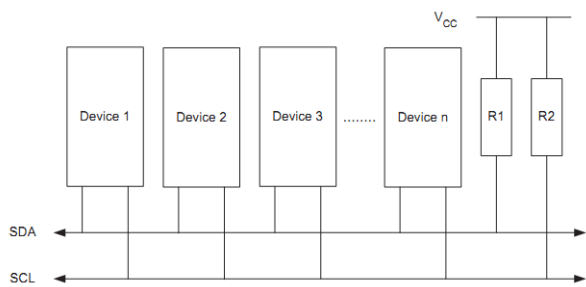
Dalam sistem robot biasanya terdapat beberapa mikrokontroler yang mempunyai fungsi bermacam-macam. Mikrokontroler tersebut saling berkomunikasi satu sama lain dengan protokol tertentu. Jenis protokol yang sering digunakan adalah sistem komunikasi serial *multipoint*. Sistem komunikasi serial *multipoint* mempunyai beberapa keuntungan yaitu dapat menghubungkan lebih dari 2 device dan mudah di upgrade (penambahan device).

Dewasa ini sistem komunikasi serial *multipoint* yang sering digunakan pada robot adalah protokol I2C dan SPI. Kedua protokol tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pengkabelan pada protokol I2C lebih sederhana dari pada protokol SPI. Namun kecepatan transmisi data pada protokol I2C lebih lambat dari pada protokol SPI.

II. SISTEM BUS I2C DAN SPI

A. Sistem Bus I2C

Sistem Bus I2C pertamakali diperkenalkan oleh Philips Semikonduktor (sekarang NXP Semikonduktor) pada tahun 1979. Sistem Bus ini hanya memerlukan dua jalur yaitu SCL dan SDA.



Gambar 1. I2C atau TWI Bus [8]

Karakter I2C adalah:

- 1) Data dikirim serial secara per-bit.
- 2) Menggunakan dua penghantar koneksi dengan ground bersama. Dua penghantar tersebut adalah SCL (*Serial Clock Line*) untuk menghantarkan sinyal clock dan SDA (*Serial Data*) untuk mentransaksikan data
- 3) Jumlah slave maksimal 127. Slave dialamatkan melalui 7-bit-alamat.
- 4) Setiap transaksi data terjadi antara pengirim (*Transmitter*) dan penerima (*Receiver*).

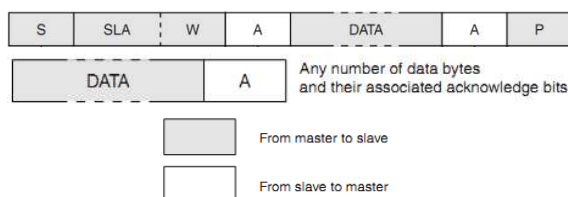
Aturan Komunikasi I2C:

- 1) Device atau komponen yang mengirim data disebut transmitter, sedangkan device yang menerimanya disebut receiver.
- 2) Device yang mengendalikan operasi transfer data disebut master, sedangkan device lainnya yang dikendalikan oleh master disebut slave.
- 3) Master harus menghasilkan serial clock melalui pin SCL, mengendalikan akses ke BUS serial, dan menghasilkan sinyal kendali START dan STOP.

Mode pengoperasian transfer data ada 2 jenis, yaitu :

- 1) Transfer data dari master (*transmitter*) ke slave (*receiver*).

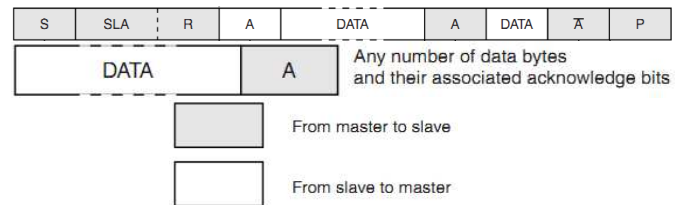
Byte pertama yang dikirimkan oleh master adalah alamat slave, setelah itu master mengirimkan sejumlah byte data. Slave atau receiver mengirimkan sinyal acknowledge setiap kali menerima 1-byte data. Pada tiap byte, bit pertama yang dikirim adalah MSB.



Gambar 2. Transfer data dari master ke slave [8]

- 2) Transfer data dari slave (*transmitter*) ke master (*receiver*).

Meskipun master berperan sebagai *receiver*, byte pertama dikirimkan oleh master berupa alamat slave. Setelah itu slave mengirimkan bit *acknowledge*, dilanjutkan dengan pengiriman sejumlah *byte* dari slave ke master. Master mengirimkan bit *acknowledge* untuk setiap *byte* yang diterimanya, kecuali *byte* terakhir. Pada akhir *byte*, master mengirimkan sinyal '*not acknowledge*', setelah itu master mengirimkan sinyal STOP.



Gambar 3. Transfer data dari slave ke master [8]

B. Sistem Bus SPI

SPI (*serial peripheral interface*) merupakan salah satu metode pengiriman data dari suatu devais ke devais lainnya. Metode ini merupakan metode yang bekerja pada metode *full duplex* dan merupakan standar sinkronasi serial data link yang dikembangkan oleh Motorola. Pada SPI, devais dibagi menjadi dua bagian yaitu master dan slave dengan master sebagai devais yang menginisiasi pengiriman data. Dalam aplikasinya, sebuah master dapat digunakan untuk mengatur pengiriman data dari atau ke beberapa slave (*Multipoint*). SPI disebut juga dengan "*four wire*" serial bus untuk membedakannya dengan bus serial tiga, dua, dan satu kebel.

Pin – Pin Penghubung pada SPI

Komunikasi serial data antara master dan slave pada SPI diatur melalui 4 buah pin yang terdiri dari SCLK, MOSI, MISO, dan SS. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai ke 4 pin tersebut:

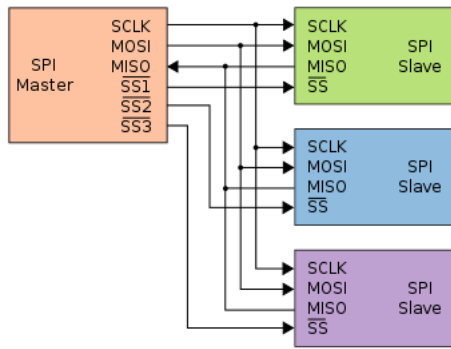
SCLK (*serial clock*) merupakan data biner yang keluar dari master ke slave yang berfungsi sebagai clock dengan frekuensi tertentu. Clock merupakan salah satu komponen prosedur komunikasi data SPI. Dalam beberapa devais, istilah yang digunakan untuk pin ini adalah SCK.

MOSI (*master out slave input*) merupakan pin yang berfungsi sebagai jalur data pada saat data keluar dari master dan masuk ke dalam slave. Istilah lain untuk pin ini antara lain SIMO, SDI, DI, dan SI.

MISO (*master input slave output*) merupakan pin yang berfungsi sebagai jalur data yang keluar dari slave dan masuk ke dalam master. Istilah lain untuk pin ini adalah SOMI, SDO, DO, dan SO.

SS (*slave select*) merupakan pin yang berfungsi untuk mengaktifkan slave sehingga pengiriman data hanya dapat dilakukan jika slave dalam keadaan aktif (*active low*). Istilah lain untuk SS antara lain CS (*chip select*), nCS, nSS, dan STE (*slave transmit enable*).

Pin SCLK, MOSI, dan SS merupakan pin dengan arah pengiriman data dari master ke slave. Sebaliknya, MISO mempunyai arah komunikasi data dari slave ke master. Pengaturan hubungan antara pin SDO dan SDI harus sesuai dengan ketentuan. Pin SDO pada master harus dihubungkan dengan pin SDI pada slave, begitu juga sebaliknya. Hal ini penting untuk diperhatikan untuk menghindari terjadinya kesalahan prosedur pada pengiriman data. Istilah pin -pin SPI untuk berbagai devais mungkin saja mempunyai istilah yang berbeda dengan istilah di atas tergantung produsen yang membuatnya.



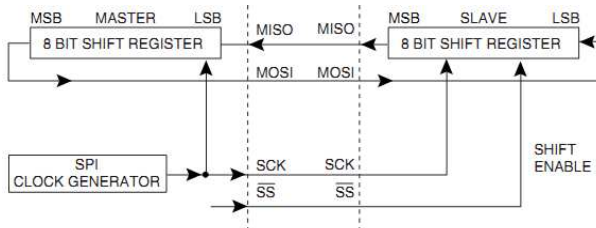
Gambar 4. SPI Bus [9]

Prosedur Operasi SPI

Komunikasi data SPI dimulai pada saat master mengirimkan clock melalui SCK dengan frekuensi lebih kecil atau sama dengan frekuensi maksimum pada slave. Kemudian, master memberi logika nol pada SS untuk mengaktifkan slave sehingga pengiriman data (berupa siklus clock) siap untuk dilakukan. Pada saat siklus clock terjadi, transmisi data full duplex terjadi dengan dua keadaan sebagai berikut:

- Master mengirim sebuah bit pada jalur MOSI, slave membacanya pada jalur yang sama.
- Slave mengirim sebuah bit pada jalur MISO, master membacanya pada jalur yang sama.

Transmisi dapat menghasilkan beberapa siklus clock. Jika tidak ada data yang dikirim lagi maka master menghentikan clock tersebut dan kemudian menon-aktifkan slave.



Gambar 5. SPI Master-Slave Interconnection [8]

III. PERANCANGAN

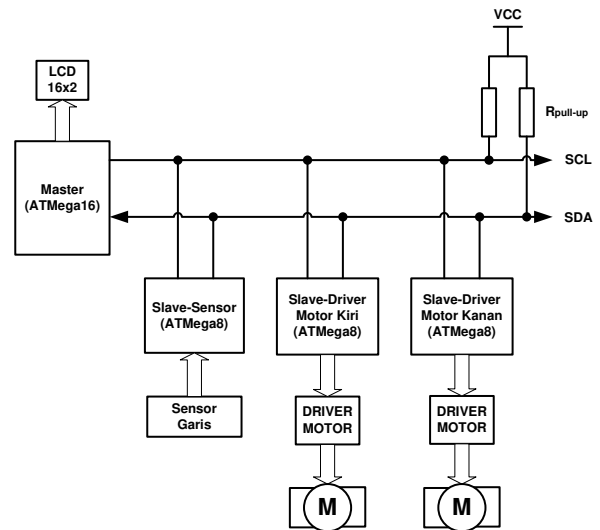
A. Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat yang dirancang yaitu :

- 1) Jumlah mikrokontroler adalah 1 Master dan 3 Slave.
- 2) Protokol komunikasi yang dikomparasi adalah I2C dan SPI.
- 3) Mikrokontroler Master yang digunakan adalah AVR ATmega16. Sedangkan 3 mikrokontroler Slave adalah AVR ATmega8.
- 4) LCD digunakan untuk menampilkan data pembacaan sensor.
- 5) Catu daya menggunakan AKI DC 12V.

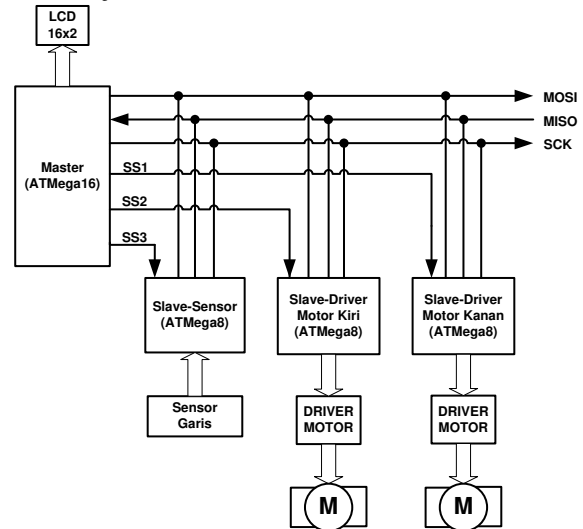
B. Diagram Blok Sistem

Secara garis besar, diagram blok sistem dibagi menjadi dua yaitu diagram blok sistem menggunakan I2C dan diagram blok sistem menggunakan SPI. Diagram blok sistem menggunakan I2C ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Blok Sistem menggunakan I2C

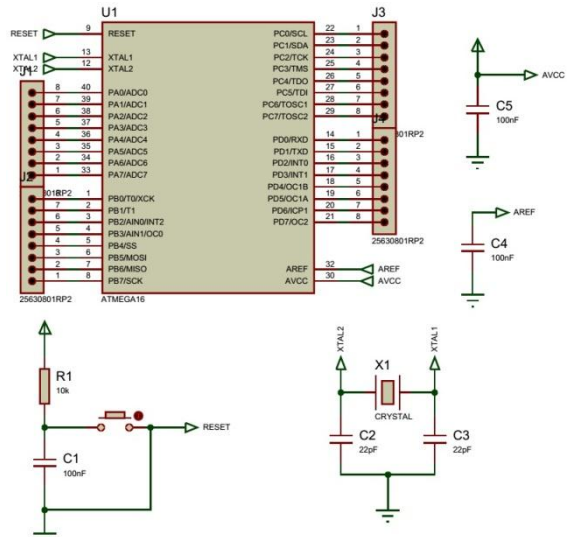
Sedangkan untuk diagram blok sistem menggunakan SPI ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Blok Sistem menggunakan SPI

C. Perancangan Rangkaian Sistem Mikrokontroler ATmega16

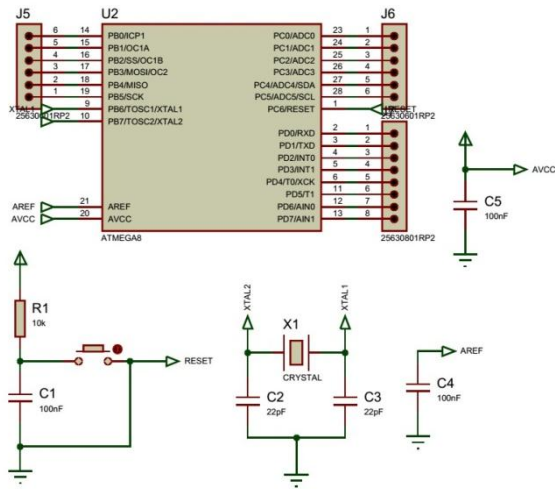
Rangkaian sistem mikrokontroler ATmega16 ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Sistem Mikrokontroler ATmega16

D. Perancangan Rangkaian Sistem Mikrokontroler ATmega8

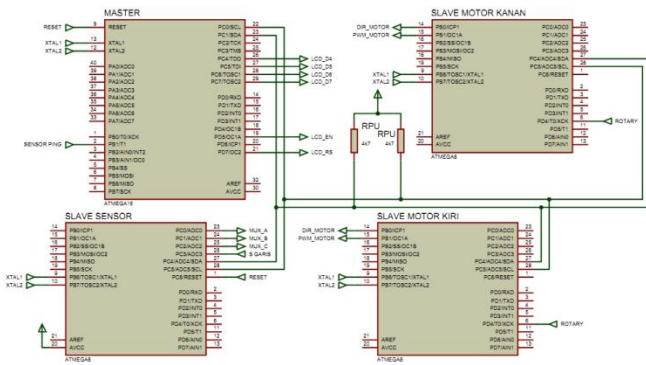
Rangkaian sistem mikrokontroler ATmega8 ditunjukkan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Sistem Mikrokontroler ATmega8

E. Perancangan Rangkaian Antarmuka Serial Multipoint menggunakan I2C

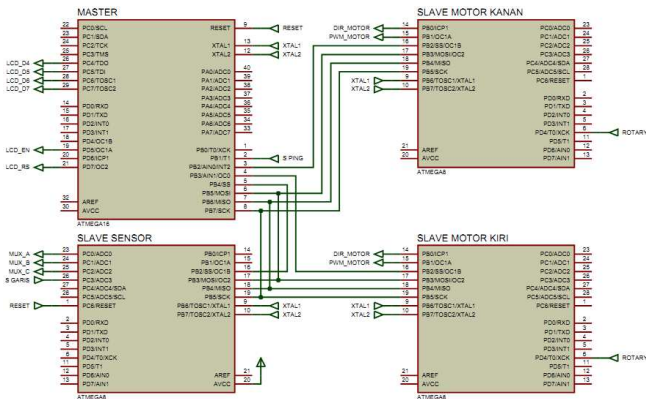
Rangkaian antarmuka serial multipoint menggunakan I2C ditunjukkan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian antarmuka serial multipoint menggunakan I2C

F. Perancangan Rangkaian Antarmuka Serial Multipoint menggunakan SPI

Rangkaian antarmuka serial multipoint menggunakan SPI ditunjukkan dalam Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian antarmuka serial multipoint menggunakan SPI

G. Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroler

Perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler menggunakan bahasa C dengan *compiler program AVR Studio 4*. Untuk memberikan gambaran umum jalannya program, terdapat *flowchart* program mikrokontroler *master*, *slave sensor* dan *slave motor*.

➤ Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroler Master

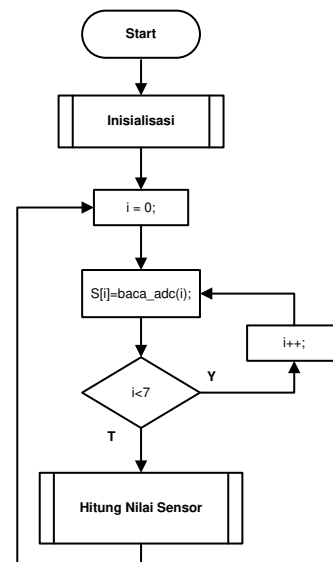
Flowchart program mikrokontroler *master* ditunjukkan dalam Gambar 12.



Gambar 12. Flowchart Program Mikrokontroler Master

➤ Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroler Slave Sensor

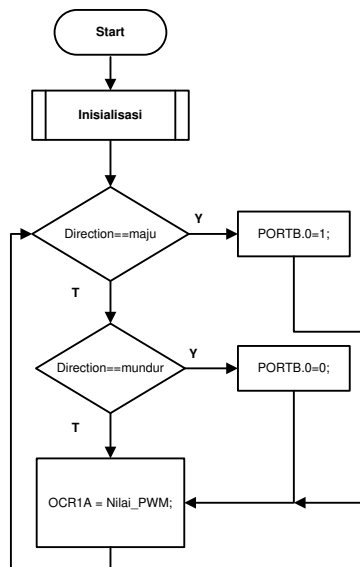
Flowchart program mikrokontroler *slave sensor* ditunjukkan dalam Gambar 13.



Gambar 13. Flowchart Program Mikrokontroler Slave Sensor

➤ Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroler Slave Motor

Flowchart program mikrokontroler *slave motor* ditunjukkan dalam Gambar 14.



Gambar 14. Flowchart Program Mikrokontroler *Slave Motor*

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Waktu Eksekusi I2C

Hasil waktu eksekusi I2C ini adalah untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan ketika sistem menggunakan protokol I2C *master* diberi perintah untuk mengirim maupun menerima data dari *slave*. Data hasil waktu eksekusi I2C ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Waktu Eksekusi I2C

No	Jenis Perintah (Data)	Waktu (μ s)
1	Meminta Posisi dari Sensor	202,55
2	Mengirim & Meminta Data Motor	729,17
3	Eksekusi Fungsi LineFollowing	399,14
Total		1330,86

B. Waktu Eksekusi SPI

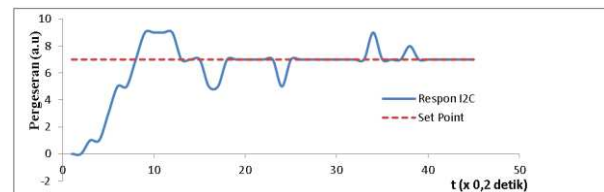
Hasil waktu eksekusi SPI ini adalah untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan ketika sistem menggunakan protokol SPI *master* diberi perintah untuk mengirim maupun menerima data dari *slave*. Data hasil waktu eksekusi SPI ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Waktu Eksekusi SPI

No	Jenis Perintah (Data)	Waktu (μ s)
1	Meminta Posisi dari Sensor	104,17
2	Mengirim & Meminta Data Motor	300,93
3	Eksekusi Fungsi LineFollowing	399,14
Total		804,24

C. Respon Sistem I2C

Pengujian ini adalah untuk menguji respon sistem ketika menggunakan protokol I2C. Waktu sampling yang digunakan adalah 200ms. Grafik hasil pengujian sistem ditunjukkan dalam Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Hasil Pengujian Respon Sistem menggunakan Protokol I2C

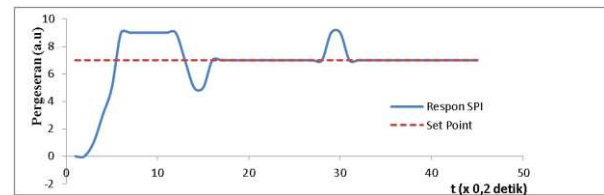
Dari data tersebut telah didapatkan parameter respon sistem. Hasil parameter ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Parameter Respon I2C

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	tr	1,6	detik
2	td	1,05	detik
3	tp	1,8	detik
4	ts	7,8	detik
5	Mp	28,57	%

D. Respon Sistem SPI

Pengujian ini adalah untuk menguji respon sistem ketika menggunakan protokol SPI. Waktu sampling yang digunakan adalah 200ms. Grafik hasil pengujian sistem ditunjukkan dalam Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Hasil Pengujian Respon Sistem menggunakan Protokol SPI

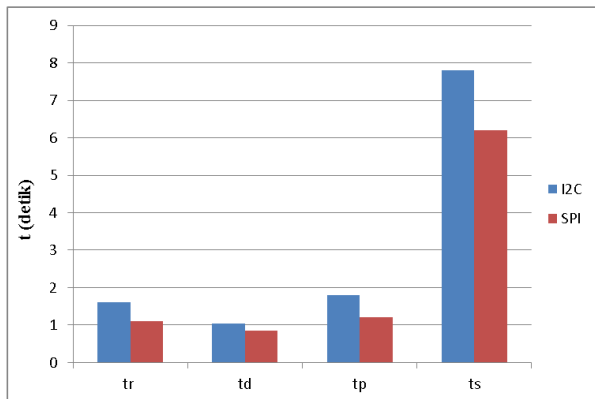
Dari data tersebut telah didapatkan parameter respon sistem. Hasil parameter ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Parameter Respon SPI

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	tr	1,1	detik
2	td	0,85	detik
3	tp	1,2	detik
4	ts	6,2	detik
5	Mp	28,57143	%

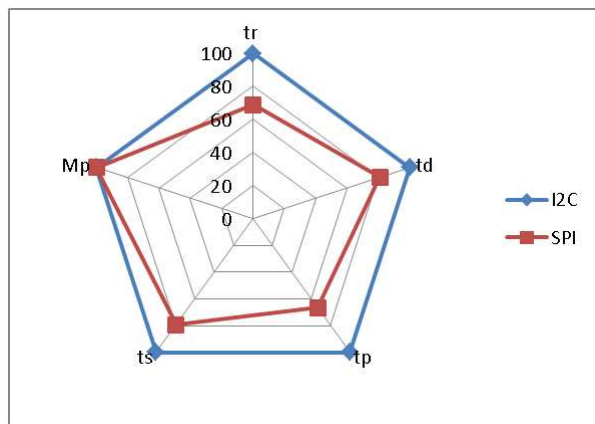
E. Perbandingan Respon Sistem I2C dan SPI

Pengujian ini adalah untuk membandingkan respon sistem ketika menggunakan protokol I2C dan SPI. Grafik hasil perbandingan kedua sistem ditunjukkan dalam Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Hasil Perbandingan Respon Sistem menggunakan Protokol I2C dan SPI

Normalisasi grafik radar hasil perbandingan respon sistem menggunakan protokol I2C dan SPI dengan *time sampling* 200ms ditunjukkan dalam Gambar 18.



Gambar 18. Normalisasi Grafik Radar Hasil Perbandingan Respon Sistem menggunakan Protokol I2C dan SPI

Perbedaan respon robot management sampah ketika menggunakan protokol I2C dan SPI tidak terlalu signifikan dikarenakan selisih waktu eksekusi program total hanya 526,62 μ s dan robot bergerak dengan kecepatan kurang lebih 10cm/s.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Rangkaian antarmuka protokol I2C pada sistem ini menggunakan dua jalur koneksi utama SCL (*Serial Clock Line*) sebagai sinyal clock dan SDA (*Serial Data*) sebagai transmisi data. Masing-masing jalur dengan resistor *pull-up* 4,7k Ω . Sedangkan rangkaian antarmuka protokol SPI menggunakan empat jalur koneksi utama MOSI (*Master Out – Slave In*), MISO (*Master In – Slave Out*), SCK (*Serial Clock*), dan SS (*Slave Select*) ke masing-masing *slave*.
- 2) Perangkat lunak pada mikrokontroler *Slave Sensor* difungsikan sebagai pengolah data dari sensor garis melalui ADC 8-bit dan dengan multiplexer analog. Perangkat lunak pada mikrokontroler *Master* difungsikan sebagai pengolah data sensor 8-bit dari *Slave Sensor*

menjadi data kecepatan dan *Direction* motor kanan dan kiri untuk dikirim ke mikrokontroler *Slave Motor* kanan dan kiri. Perangkat lunak pada mikrokontroler *Slave Motor* kanan maupun kiri menerjemahkan data kecepatan dan *direction* motor dari *Master* untuk diolah menjadi sinyal keluaran PWM dan logika *direction* ke *driver motor*.

- 3) Eksekusi program pada protokol SPI lebih cepat dibandingkan dengan protokol I2C dengan selisih waktu 526,62 μ s. Respon sistem pada protokol SPI lebih cepat daripada protokol I2C yaitu dengan selisih waktu $t_r = 0,5s$; $t_d = 0,2s$; $t_p = 0,6s$; $t_s = 1,6s$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. D. Kemp, "The Environment Dictionary", London, Rout-ledge, pp. 129, 1998.
- [2] K. Matsuo, Y. Ogata, K. Umezaki, E. Spaho, L. Barolli, "Design and Implementation of Waste Management Robots", IEEE Journal, Vol.26, pp. 973, 2012.
- [3] <http://www.irobot.com/>
- [4] Y. Sugiura, T. Igarashi, H. Takahashi, T. A. Gowon, C. L.Fernando, M.Sugimoto, and M. Inami, Graphical Instruction for A Garment Folding Robot, ACM SIGGRAPH 2009 Emerging Technologies, 2009.
- [5] S. Tadokoro, Special project on development of advanced robots for disaster response (DDT Project), Proc. 2005 IEEE Workshop on Advance Robotics and its Social Impacts, pp. 66-72, 2005.
- [6] N. Alexandrescu, T. C. Apostolescu, C. Udrea, D. Dumitrica, L. A. Cartal, "Autonomous Mobile Robot with Displacements in a Vertical Plane and Applications in Cleaning Services", University of Bucharest, 2014.
- [7] D. Nuraini, S. Pangestu, R. Dikairono, "Robot Pengangkut Sampah Otomatis untuk Distribusi Sampah di Dalam Gedung (Studi Kasus di Gedung Robotika)", ITS, 2013.
- [8] *Datasheet* ATmega8.