

**PENGUKUR KADAR POLUSI UDARA
KATEGORI (PM10)**

**SKRIPSI
KONSENTRASI ELEKTRONIKA**

*Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh:

PRATAMA DUTA RAMADHAN

NIM. 0610630082-63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2011**

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGUKUR KADAR POLUSI UDARA
KATEGORI (PM10)

SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



PRATAMA DUTA RAMADHAN
NIM. 0610633082-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh
Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing I,

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

Dosen Pembimbing II,

Mochammad Rif'an, ST., MT.
NIP 19710301 200012 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

PENGUKUR KADAR POLUSI UDARA KATEGORI (PM10)

Disusun oleh :

PRATAMA DUTA RAMADHAN

NIM. 0610633082-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
pada tanggal **23 Desember 2011**

Majelis Penguji:

Ir. M. Julius St., MS.

NIP. 19540720 198203 1 002

Ponco Siwindarto, Ir., M.Eng.Sc.

NIP. 19590304 198903 1 001

R. Arief Setyawan, ST., MT.
NIP. 19750819 199903 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono., MS
NIP. 19580728 198701 1 001



PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengukur Kadar Polusi Udara Kategori PM(10)”** dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik lahir maupun batin selama penggerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan saudari saya, Bapak Sabari Slamet, Ibu Wiwik Prihatini, dan Ananda Rahmasari, serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa dan dukungan demi terselesaiannya skripsi ini.
2. Ibu Ir.Nurussa’adah, MT. dan Bapak Mochammad Rif'an, ST., MT. selaku dosen Pembimbing skripsi penulis yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono., MS dan Bapak Muhammad Aziz Muslim, ST., MT.,PhD. Selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Elektro, serta segenap Bapak/Ibu Dosen, Staff Administrasi dan perpustakaan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
4. Saudaraku Indrawan, Andri, Paku, Anang, Yusron, Yusniardi, Denny, Khairil, Kanzi, Lunde dan Nindy, Fauzan, Andik, Nurizka, Yusuf, Andhika, serta keluarga besar Ge-Force lainnya yang telah menjadi keluarga kedua bagiku ketika menempuh kuliah
5. Adik-adikku dan kakak-kakakku di Himpunan Mahasiswa Elektro yang telah mengajari dan memberiku banyak ilmu selama mengikuti organisasi.
6. Rr. Wahyu Dwi Ardhyia Garini beserta keluarga yang tidak hentinya memberi semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman asisten Laboratorium Dasar Elektronika, Laboratorium Dasar Elektrik Dan Pengukuran, Laboratorium Sistem Kontrol, dan Laboratorium

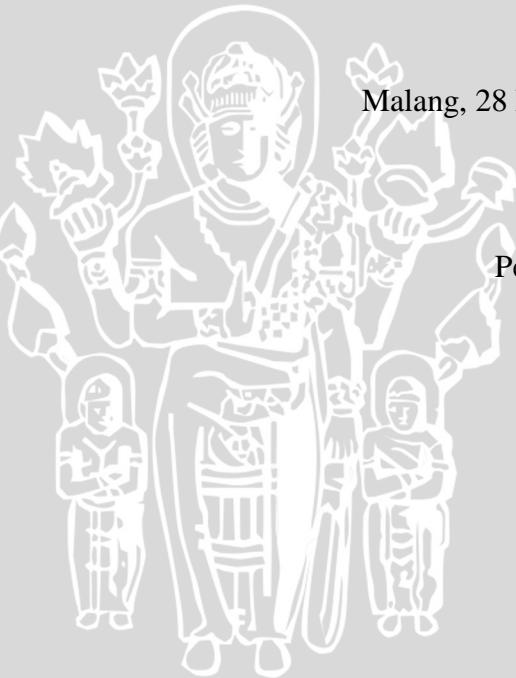


- Elektronika Daya yang telah memberikan kesempatan dan tempat untukku dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Serta semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan satu persatu namun perannya tidak dapat diabaikan selama penggerjaan skripsi ini, penulis hanya bisa mengucapkan teria kasih.

Semoga Allah SWT memberikan Rahmat dan hidayah-Nya kepada semua yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan pada skripsi ini. Saran, kritik dan koreksi yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penyusun maupun pihak lain yang menggunakannya.

Malang, 28 November 2011

Penulis



ABSTRAK

Pratama Duta Ramadhan, 2011 : Pengukur Kadar Polusi Udara Kategori PM(10). Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Dosen Pembimbing : Ir.Nurussa'adah, MT. dan Mochammad Rif'an, ST., MT.

Penyumbang pencemaran udara terbesar adalah sektor industri yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai pembangkit tenaga dan emisi kendaraan bermotor yang menghasilkan senyawa-senyawa kimia yang berbahaya bagi atmosfer. *Partikulat matter* (PM10) yang sering disebut sebagai asap, debu, atau jelaga merupakan pencemar udara yang paling mudah diamati dan juga paling berbahaya. Pada pembuatan sensor ini menggunakan pasangan LED inframerah dan phototransistor. Phototransistor akan menerima refleksi cahaya dari LED inframerah saat ada partikel di depan sensor. Hasil pembacaan sensor partikel akan ditampilkan ke layar komputer dalam bentuk grafik.

Dari hasil pengujian, menunjukkan bahwa sensor dapat membaca partikel dengan karakteristik PM10 dengan range pengukuran 0,39 volt – 4,78 volt. ADC mikrokontroler menggunakan resolusi 8 bit. Konsentrasi PM10 yang dapat dideteksi hingga $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil pembacaan sensor ditampilkan ke layar komputer dalam bentuk grafik. Rata-rata kesalahan pembacaan partikel oleh sensor adalah 5,3293%.

Kata kunci : PM10, sensor partikel, refleksi cahaya, grafik



DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kategori Indeks Skala Pencemaran Udara (ISPU).....	5
2.2 Metode Perpindahan Panas	6
2.2.1 Konveksi	6
2.3 LED (Light Emitting Diode) Infra-Merah.....	7
2.4 Phototransistor	8
2.4.1 Karakteristik Phototransistor	10
2.5 Sensor Suhu	11
2.6 Rangkaian Penguat	13
2.6.1 Penguat Tak-Membalik (Non-Inverting Amplifier)	13
2.7 Mikrokontroler ATMega8535	14
2.7.1 Arsitektur AVR.....	15
2.7.2 Struktur Operasi Port	17
2.7.3 USART	18
2.8 Komunikasi Serial RS232	19
2.9 MySQL.....	22
2.10 Borland Delphi	22
2.10.1 Integrated Development Environment (IDE)	23
2.9.2 Perintah Percabangan.....	26

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Penentuan Spesifikasi Alat.....	27
3.2 Perancangan Dan Pembuatan Alat.....	27
3.2.1 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras	27
3.2.2 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak	28
3.3 Pengujian Alat	28
3.3.1 Pengujian Tiap Blok	28
3.3.2 Pengujian Keseluruhan Sistem	29
3.4 Pengambilan Kesimpulan.....	29
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT.....	30
4.1 Penentuan Spesifikasi Alat.....	30
4.2 Diagram Blok Sistem	31
4.3 Perancangan Perangkat Elektronik.....	32
4.3.1 Rangkaian Sensor Partikel.....	32
4.3.2 Rangkaian Sensor Suhu dan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu	34
4.3.3 Rangkaian Driver Relay	37
4.3.4 Pengaturan Konsentrasi Partikel dengan Output Sensor Partikel.....	40
4.3.5 Perancangan Rangkaian Catu Daya.....	40
4.3.6 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler ATMega8535 dan Perancangan Komuniaksi Serial RS232	41
4.4 Perancangan Perangkat Lunak	43
4.4.1 Program Mikrokontroler	43
4.4.2 Program Utama Pada Komputer	44
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	45
5.1 Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	45
5.1.1 Tujuan Pengujian	45
5.1.2 Peralatan Pengujian	45
5.1.3 Prosedur Pengujian	46
5.1.4 Data Pengujian.....	46
5.1.5 Analisa Hasil Pengujian.....	47
5.2 Kalibrasi Sensor Partikel.....	47

5.2.1	Tujuan	47
5.2.2	Peralatan Pengujian	47
5.2.3	Prosedur Pengujian	48
5.2.4	Data Pengujian.....	48
5.2.5	Analisa Hasil Pengujian.....	49
5.3	Pengujian Sensor Partikel.....	51
5.3.1	Tujuan Pengujian	51
5.3.2	Peralatan Pengujian	51
5.3.3	Prosedur Pengujian	51
5.3.4	Data Pengujian.....	52
5.3.5	Analisa Hasil Pengujian.....	53
5.4	Pengujian Sensor Suhu.....	53
5.4.1	Tujuan Pengujian	53
5.4.2	Peralatan Pengujian	54
5.4.3	Prosedur Pengujian	54
5.4.4	Data Pengujian.....	54
5.4.5	Analisa Hasil Pengujian.....	55
5.5	Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATMega8535.....	56
5.5.1	Tujuan Pengujian	56
5.5.2	Peralatan Pengujian	56
5.5.3	Prosedur Pengujian	56
5.5.4	Data Pengujian.....	57
5.5.5	Analisa Data Pengujian.....	58
5.6	Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu.....	58
5.6.1	Tujuan Pengujian	58
5.6.2	Peralatan Pengujian	59
5.6.3	Prosedur Pengujian	59
5.6.4	Data Pengujian.....	59
5.6.5	Analisa Hasil Pengujian.....	60
5.7	Pengujian Rangkaian Driver Relay	61
5.7.1	Tujuan Pengujian	61
5.7.2	Peralatan Pengujian	62

5.7.3	Prosedur Pengujian	62
5.7.4	Data Pengujian.....	63
5.7.5	Analisa Data Pengujian.....	63
5.8	Pengujian Komunikasi Serial	63
5.7.1	Tujuan Pengujian	63
5.8.2	Peralatan Pengujian	63
5.8.3	Prosedur Pengujian	63
5.8.4	Data Pengujian.....	64
5.8.5	Analisa Data Pengujian.....	65
5.9	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	65
5.9.1	Tujuan Pengujian	65
5.9.2	Peralatan Pengujian	65
5.9.3	Prosedur Pengujian	65
5.9.4	Data Pengujian.....	68
5.9.5	Analisa Hasil Pengujian.....	70
BAB VI	PENUTUP	71
6.1	Kesimpulan.....	71
6.2	Saran	71
DAFTAR	PUSTAKA	73
LAMPIRAN I	.....	75
LAMPIRAN II	.....	78
LAMPIRAN III	.....	83
LAMPIRAN IV	.....	89
LAMPIRAN V	.....	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Peristiwa Konveksi Secara Paksa.....	7
Gambar 2. 2	Infrared Light Emitting Diode.....	8
Gambar 2. 3	(a) Common-Emitter (b) Common-Collector	9
Gambar 2. 4	Rangkaian Ekuivalen Phototransistor	10
Gambar 2. 5	Grafik IC Dan VCE Sebagai Fungsi <i>Incident Energy</i>	11
Gambar 2. 6	Chip Phototransistor Tampak Atas dan Irisan Melintang	11
Gambar 2. 7	IC LM35	12
Gambar 2. 8	Non-Inverting Amplifier	13
Gambar 2. 9	Blok Diagram ATMega 8535 Sumber : Atmel, 2004 : 3	15
Gambar 2. 10	Arsitektur AVR	16
Gambar 2. 11	Konfigurasi Pin ATMega 8535	17
Gambar 2. 12	Format Pengiriman Data Serial	20
Gambar 2. 13	IC Serial MAX-232	21
Gambar 2. 14	Port DB9 Jantan	21
Gambar 2. 15	Port DB9 Betina	21
Gambar 2. 16	Tampilan IDE Delphi	23
Gambar 2. 17	Menu IDE Delphi	23
Gambar 2. 18	Toolbars	23
Gambar 2. 19	Object Inspector	24
Gambar 2. 20	Component Palette Delphi	24
Gambar 2. 21	Form Designer	25
Gambar 2. 22	Code Editor Delphi.....	26
Gambar 4. 1	Blok Diagram Sistem	31
Gambar 4. 2	Konstruksi Sensor Photoreflektif	32
Gambar 4. 3	Rangkaian Sensor Partikel	33
Gambar 4. 4	Rangkaian Sensor Suhu.....	35
Gambar 4. 5	Bagan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu	35
Gambar 4. 6	Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu.....	35
Gambar 4. 7	Rangkaian Driver Relay	37
Gambar 4. 8	Rangkaian Catu Daya.....	41
Gambar 4. 9	Rangkaian Mikrokontroler	41

Gambar 4. 10	Rangkaian MAX 232	42
Gambar 4. 11	Flowchart Program Utama Mikrokontroler.....	43
Gambar 4. 12	Flowchart Program Delphi	44
Gambar 5. 1	Diagram Blok Pengujian Rangkaian Catu Daya	46
Gambar 5. 2	Data Pengujian Rangkaian Catu Daya	47
Gambar 5. 3	Diagram Blok Kalibrasi Sensor.....	48
Gambar 5. 4	Grafik Hasil Kalibrasi Sensor Partikel	50
Gambar 5. 5	Diagram Blok Pengujian Sensor Partikel.....	52
Gambar 5. 6	Grafik Hasil Pengujian Sensor Partikel.....	53
Gambar 5. 7	Diagram Blok Pengujian Sensor Suhu	54
Gambar 5. 8	Grafik Hasil Pengujian Sensor Suhu	55
Gambar 5. 9	Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler ATMega 8535	56
Gambar 5. 10	Flowchart Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATMega 8535	57
Gambar 5. 11	Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATMega 8535.....	57
Gambar 5. 12	Blok Diagram Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu	59
Gambar 5. 13	Grafik Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu	60
Gambar 5. 14	Blok Diagram Pengujian Rangkaian Driver Relay	62
Gambar 5. 15	Flowchart Program Pengujian Rangkaian Driver Relay	62
Gambar 5. 16	Blok Diagram Pengujian Rangkaian Komunikasi Serial	64
Gambar 5. 17	Flowchart Program Mikrokontroler Untuk Komunikasi Serial ...	64
Gambar 5. 18	Hasil Pengujian Komunikasi Serial pada Komputer.....	64
Gambar 5. 19	Blok Diagram Pengujian Keseluruhan Sistem Sensor Partikel PM10.....	66
Gambar 5. 20	Lay Out Dasar Program pada Komputer.....	67
Gambar 5. 21	Peringatan Saat Tidak Melakukan Pemilihan COM	67
Gambar 5. 22	Dialog Box Saat Pemilihan Port Sudah Sesuai	67
Gambar 5. 23	Kotak Elektrik	68
Gambar 5. 24	Dialog Box Saat Data pada Komputer telah Berhasil Disimpan..	68
Gambar 5. 25	Grafik dengan Jumlah Partikel Kategori “SEDANG”	69
Gambar 5. 26	Grafik dengan Jumlah Partikel Kategori “TIDAK SEHAT”	69
Gambar 5. 27	Grafik dengan Jumlah Partikel Kategori “TIDAK SEHAT”	69

Gambar 5. 28 Grafik dengan Jumlah Partikel Kategori “BERBAHAYA”69

Gambar 5. 29 Grafik dengan Jumlah Partikel Acak Tiap Satuan Waktunya.....70



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Tabel Zat-Zat Pencemar Udara	2
Tabel 2. 1	Pembagian Kategori Indeks Skala Pencemaran Udara	5
Tabel 2. 2	Fungsi khusus Port B ATMega8535	17
Tabel 2. 3	Fungsi khusus Port C ATMega8535	18
Tabel 2. 4	Fungsi khusus Port D ATMega8535.....	18
Tabel 2. 5	Rumus Menghitung Baudrate	19
Tabel 4. 1	Pembagian Kategori Indeks Standart Pencemaran Udara.....	40
Tabel 5. 1	Hasil Kalibrasi Sensor Partikel	48
Tabel 5. 2	Konversi Nilai Konsentrasi Partikel ke Tegangan	50
Tabel 5. 3	Data Hasil Pengujian Sensor Partikel	52
Tabel 5. 4	Data Hasil Pengujian Sensor Suhu	55
Tabel 5. 5	Data Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATMega 8535	58
Tabel 5. 6	Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu	60
Tabel 5. 7	Table Data Hasil Pengujian Driver Relay	63



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara dapat diartikan sebagai peristiwa percampuran unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang mengakibatkan kerusakan lingkungan, gangguan pada kesehatan manusia serta secara umum menurunkan kualitas lingkungan.

Pencemaran udara selain dapat menyebabkan penyakit bagi manusia, misalnya masalah pernafasan bahkan gejala kanker, juga dapat mengancam secara tidak langsung terhadap eksistensi tumbuhan dan hewan bahkan secara tidak langsung terhadap ekosistem itu sendiri. Beberapa unsur pencemaran kembali ke bumi melalui proses deposisi asam yang bersifat korosif pada bangunan, tanaman, hutan dan membuat sungai dan danau menjadi berbahaya bagi ikan-ikan dan makhluk hidup di dalamnya karena nilai pH yang rendah.

Deposisi asam merupakan istilah untuk menggambarkan peristiwa polutan yang bersifat asam di atmosfer turun ke permukaan bumi. Deposisi asam dapat terjadi dalam dua cara:

- 1) dalam bentuk hujan asam (deposisi basah) jika bahan-bahan yang bersifat asam terbawa dan larut dalam air hujan
- 2) sebagai deposisi kering apabila bahan-bahan yang bersifat asam dalam bentuk butiran padat yang halus turun ke permukaan bumi akibat pengaruh gaya gravitasi

Pencemaran udara juga mengubah struktur atmosfer bumi sehingga membuka celah masuk bahaya sinar matahari (*ultraviolet*), dan pada waktu yang bersamaan keadaan udara yang tercemar merupakan fungsi insulator yang mencegah aliran panas lepas dari ruang angkasa. Dengan demikian akan mengakibatkan peningkatan suhu bumi. Proses ini disebut dengan efek rumah kaca (*green house effect*).

Penyumbang pencemaran udara terbesar adalah sektor industri yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai pembangkit tenaga dan emisi kendaraan bermotor yang menghasilkan senyawa-senyawa kimia yang berbahaya bagi

atmosfer. Beberapa zat pencemar udara yang menjadi parameter pengukur tingkat pencemar ditunjukkan dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Tabel Zat-Zat Pencemar Udara

PENCEMAR	SUMBER	KETERANGAN
Karbon monoksida (CO)	Buangan kendaraan bermotor	Standard kesehatan : 10 mg/m ³ (9 ppm)
Sulfur dioksida (SO ₂)	Panas dan fasilitas pembangkit tenaga listrik	Standard kesehatan : 80 ug/m ³ (0.03 ppm)
Partikulat Matter	Buangan kendaraan bermotor	Standard kesehatan : 50 ug/m ³ selama 1 tahun; 150 ug/m ³
Nitrogen dioksida (NO ₂)	Buangan kendaraan bermotor serta panas dari peralatan listrik	Standard kesehatan : 100 pg/m ³ (0.05 ppm) selama 1 jam
Ozon (O ₃)	Terbentuk di atmosfer	Standard kesehatan : 235 ug/m ³ (0.12 ppm) selama 1 jam

Sumber : www.epa.gov

Partikulat matter (PM10) yang sering disebut sebagai asap, debu, atau jelaga merupakan pencemar udara yang paling mudah diamati dan juga paling berbahaya. Sistem Pemantau Lingkungan Global yang disponsori oleh PBB memperkirakan pada 1987 bahwa 70% penduduk kota dunia hidup di kota-kota dengan partikel yang mengambang di udara melebihi ambang batas yang sudah ditetapkan oleh WHO.

Sebagian partikel yang keluar dari cerobong pabrik sebagai asap hitam tebal, tetapi yang paling berbahaya adalah “partikel-partikel halus”, butiran-butiran yang begitu kecil sehingga dapat menembus sistem pernafasan dari manusia dan mengendap didalam paru-paru. Sebagian besar dari partikel halus ini terbentuk dengan polutan lain, terutama sulfur dioksida dan oksida nitrogen dan secara kimiawi berubah dan membentuk zat-zat nitrat dan sulfat.

Selama beberapa tahun terakhir, kualitas udara dalam ruangan (*indoor air quality/IAQ*) telah menjadi bahan perdebatan dan sebagai topik publikasi terutama dalam kaitannya dengan bidang kesehatan. EPA (*Environmental Protection Agency*) memperkirakan bahwa sekitar 90% waktu kita habiskan dengan berada dalam ruangan dan studi lebih lanjut menunjukan bahwa udara ruangan dalam beberapa tempat umum lima kali lebih terpolusi daripada udara luar ruangan.

Partikulat dalam udara dapat berwujud dalam bentuk yang bervariasi mulai dari bulu binatang, serbuk tanaman dan bakteri udara sampai serat fiber, asbes, debu, asap, dan partikel hasil pembakaran. Manusia sendiri ketika diam menghasilkan sampai 500.000 partikel (seukuran $0,3\text{ }\mu\text{m}$) per menit, dan ketika aktif level tersebut dapat meningkat hingga 45.000.000 partikel per menit. Kelembaban dan temperatur sangat mempengaruhi penghasilan polutan ini.

Pembuatan sensor partikel dengan metode refleksi cahaya ini lebih ditujukan untuk mendeteksi bahan pencemar *partikulat matter (PM10)* dan sejenis yang masih memungkinkan dilihat secara langsung dengan mata namun butirannya begitu kecil (ukuran kurang dari atau sama dengan $10\text{ }\mu\text{m}$) sehingga dapat mengganggu fungsi pernafasan manusia.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang telah diuraikan dalam latar belakang, maka rumusan masalah ditekankan pada :

- 1) Bagaimana merancang sensor yang cukup peka untuk mendeteksi pantulan/refleksi cahaya dari partikel udara (debu partikulat)?
- 2) Bagaimana menentukan batas-batas polusi udara dari output sensor agar sesuai dengan batas-batas udara terpolusi sebenarnya?
- 3) Bagaimana menkonversi data intensitas pantulan cahaya yang diperoleh sensor menjadi data yang menunjukkan tingkat polusi udara?
- 4) Bagaimana membuat interface sistem sensor dengan komputer untuk monitoring data pengukuran?

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini dititikberatkan pada batasan-batasan atas ruang lingkup sebagai berikut :

- 1) Pendeksi partikel udara menggunakan phototransistor dengan metode refleksi udara tanpa tambahan lensa pemfokus
- 2) Tampilan data-data dari sistem sensor ke komputer menggunakan program Visual Basic dan komunikasi serial RS-232 dengan memanfaatkan mikrokontroler ATMega8535 sebagai interfacing antara sistem sensor dan komputer.

- 3) Sistem sensor berada di ruangan tertutup untuk mengurangi pengaruh cahaya dari luar.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang instrumentasi dan pengukuran menggunakan photodetector untuk mendekripsi tingkat kepadatan partikel di udara terutama debu dan asap yang dikategorikan sebagai jenis pencemar *partikulat matter (PM10)*.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini terdiri dari enam bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Memuat teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan sistem, yang meliputi : perpindahan panas, LED, phototransistor, sensor temperatur, rangkaian penguat operasional, mikrokontroler ATMega 8535, komunikasi serial RS-232, dan pemrograman Delphi.

BAB III Metodologi Penulisan

Membahas metodologi penelitian dan perencanaan alat

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Alat

Membahas desain dan perancangan sensor partikel kemudian mengatur agar hasil pembacaan sensor dapat ditampilkan melalui komputer melalui bantuan program Borland Delphi.

BAB V Pengujian dan Analisis

Membahas tentang proses pengujian sistem sensor partikel untuk tiap-tiap blok maupun secara keseluruhan

BAB VI Penutup

Membahas kesimpulan perancangan ini dan saran-saran yang diperlukan untuk melakukan pengembangan aplikasi selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa teori pendukung yang perlu dibahas dalam Perancangan dan Pembuatan Sensor Partikel ini meliputi :

2.1 Kategori Indeks Skala Pencemaran Udara (ISPU)

Standard pengukuran pencemaran *particulate matter*, khususnya PM(10), di Indonesia dibatasi dalam kisaran 0 hingga 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan rentang Indeks Skala Pencemaran Udara, sesuai dengan Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan NOMOR: KEP- 107/KABAPEDAL/11/1997 dibatasi dalam kisaran 0 hingga 500. Pembagian kategori ISPU ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Pembagian Kategori Indeks Skala Pencemaran Udara

No.	Kategori	Rentang ISPU	Kadar PM(10) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Diwakili Warna
1	Baik	0 - 49	0 - 50	Hijau
2	Sedang	51 - 99	51 - 150	Biru
3	Tidak Sehat	100 - 199	151 - 350	Kuning
4	Sangat Tidak Sehat	200 - 299	351 - 419	Merah
5	Berbahaya	300 - 500	420 - 600	Hitam

Setelah kita mengetahui kadar PM(10) yang ada di udara, nilai ISPU dapat diketahui melalui Persamaan (2.1)

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_X - X_b) + I_b \quad (2.1)$$

dengan:

- I = ISPU terhitung
- I_a = ISPU batas atas
- I_b = ISPU batas bawah
- X_a = kadar PM(10) batas atas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- X_b = kadar PM(10) batas bawah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



$$X_x = \text{kadar PM}(10) \text{ hasil pengukuran } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

2.2 Metode Perpindahan Panas

Panas berpindah dari benda yang suhunya tinggi ke benda yang suhunya lebih rendah. Tiga cara perpindahan panas antara lain adalah sebagai berikut

- Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas yang terjadi pada zat padat, zat cair maupun gas.

- Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas yang hanya terjadi pada fluida (zat cair maupun gas)

- Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas yang tidak membutuhkan medium karena bentuk perpindahan berupa gelombang elektromagnetik

2.2.1 Konveksi

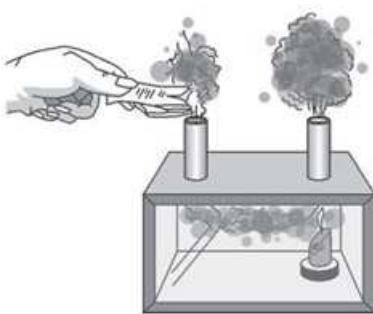
Ketika fluida dalam sebuah wadah atau ruang dan dipanaskan pada salah satu bagian ruang tersebut, maka fluida disekitar pemanas massa jenisnya akan turun sehingga fluida yang terpanaskan tersebut akan bergeser mendesak fluida yang lain keatas. Ruang yang ditinggalkan oleh fluida yang terpanaskan kemudian diisi oleh fluida yang lain yang memiliki massa jenis yang lebih berat.

Ada dua jenis konveksi, yaitu konveksi alami dan konveksi paksa. Pada konveksi alami, pergerakan fluida terjadi akibat perbedaan massa jenis. Pada konveksi paksa, fluida yang telah dipanasi langsung diarahkan ke tujuannya oleh sebuah blower atau pompa.

Contoh pemanfaatan konveksi alamiah adalah pada cerobong asap. Pembakaran/pemanasan yang terjadi pada bagian perapian membuat udara hasil pembakaran mengalir keatas mengikuti alur cerobong, sedangkan udara dari ruangan disekitar pembakaran akan terhisap kearah pembakar untuk mengantikan posisi udara yang keluar cerobong.

Pemanfaatan konveksi paksa terjadi pada sistem pendingin mobil, yaitu air diedarkan melalui pipa-pipa air dengan sebuah pompa air. Panas mesin yang tidak dikehendaki dibawa oleh sirkulasi air menuju ke radiator. Di dalam sirip-sirip

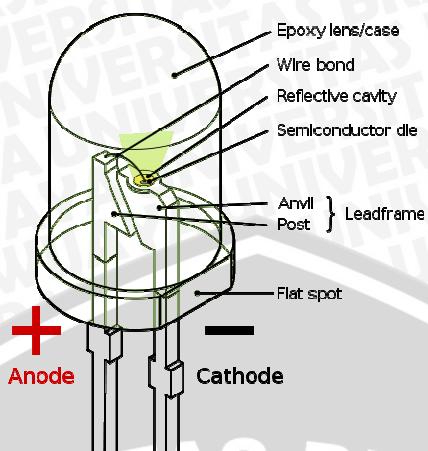
radiator air hangat diturunkan suhunya dengan udara dingin disekitar radiator yang ditarik oleh kipas angin. Air yang dingin kembali diedarkan menuju pipa-pipa air yang bersentuhan langsung dengan blok-blok mesin yang mengalami pemanasan untuk mengulang siklus berikutnya. Contoh peristiwa konveksi paksa ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peristiwa Konveksi Secara Paksa
Sumber : Johannes Kastolan Sulasim, 1999:270

2.3 LED (*Light Emitting Diode*) Infra-Merah

LED adalah semikonduktor khusus yang dirancang untuk memancarkan cahaya apabila dialiri arus. Bila dioda diberi prategangan maju, elektron-elektron bebas akan jatuh kedalam lubang-lubang (hole) disekitar persambungan. Ketika meluruh dari tingkat energi lebih tinggi ke tingkat energi lebih rendah elektron-elektron bebas tersebut akan mengeluarkan energi dalam bentuk radiasi. Pada dioda penyearah, energi ini keluar dalam bentuk panas. Tetapi pada dioda pemancar cahaya (*Ligh Emiting Diode* disingkat LED), energi ini memancarkan sebagai cahaya. LED ini telah dapat menggantikan lampu-lampu pijar dalam beberapa Arah gaya pada dua konduktor dan prinsip motor DC.pemakaian karena tegangannya yang rendah, umurnya yang panjang, dan dari mati ke hidup dan sebaliknya berlangsung cepat. Gambar dari LED ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Infrared Light Emitting Diode
Sumber : Malvino, 1985:3

Dioda biasanya terbuat dari bahan *silicon*, yaitu bahan buram yang menghalangi pengeluaran cahaya. Sedangkan LED terbuat dari unsurunsur Seperti *gallium*, *arsen*, dan *fosfor*, warna LED diantaranya adalah merah, hijau, kuning, biru, jingga, atau bening. Penurunan tegangan LED adalah dari 1,5 V sampai 2,5 V untuk arusnya diantara 10 mA dan 150 mA.

Nilai hambatan yang dipasang seri dengan LED yang berguna untuk membatasi arus agar tidak merusak LED dapat diketahui melalui Persamaan (2.2)

$$R_{LED} = \frac{V_{R_{LED}}}{I_{LED}} = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} \quad (2.2)$$

dimana :

R_{LED} = resistansi yang dipasang seri dengan LED (ohm)

V_{CC} = tegangan catu LED (volt)

V_{LED} = tegangan aktif LED (volt)

I_{LED} = arus yang melewati LED (ampere)

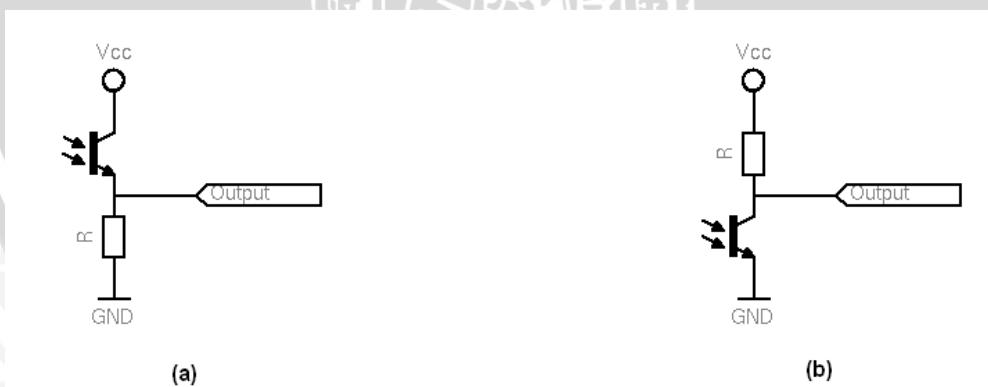
2.4 Phototransistor

Phototransistor merupakan transistor yang dirancang untuk menangkap cahaya dan dirakit dalam sebuah kemasan transparan. Kepakaan phototransistor jauh lebih baik daripada photodiode karena phototransistor telah memiliki penguatan terintegrasi. Cahaya yang diterima menimbulkan arus pada daerah basis dari phototransistor, dan menghasilkan penguatan arus mulai dari seratus hingga

beberapa ribu kali. Penguatan phototransistor yang banyak dijumpai antara 100 hingga lebih dari 1500.

Penguatan terintegrasi memungkinkan phototransistor dapat dikopel dengan beban resistor untuk menyesuaikan dengan level tegangan TTL untuk range level cahaya yang lebar. Phototransistor menjadi populer untuk aplikasi yang hanya memiliki power optikal beberapa ratus nanowatt karena kemudahan pemakaian, murah dan kompatibel dengan level tegangan TTL. Meskipun begitu, phototransistor memiliki kekurangan dibandingkan dengan photodiode. Bandwidth frekuensi dan linearitasnya relatif terbatas serta respon spektrumnya berada antara 350 nm hingga 1100 nm. Selain itu, banyak variasi sensitifitas untuk masing-masing komponen dan sedikit pilihan kemasan standar.

Phototransistor sendiri dapat dirangkai sebagai *common-emitter* maupun *common-collector*. Rangkaian phototransistor sebagai *common-emitter* ditunjukkan dalam Gambar 2.3(a). Rangkaian ini akan memberikan transisi output dari rendah ke tinggi sesuai dengan cahaya yang diterimanya. Rangkaian phototransistor sebagai *common-collector* ditunjukkan dalam Gambar 2.3(b). Rangkaian ini akan memberikan transisi output dari tinggi ke rendah sesuai dengan cahaya yang diterimanya.



Gambar 2. 3 (a) Common-Emitter (b) Common-Collector

Sumber : EG&G® Optoelectronic, 1997:1

Phototransistor memiliki dua mode yang dapat digunakan, mode aktif dan mode *switch*. Jika mode aktif digunakan maka, phototransistor akan memberikan output yang proporsional sesuai dengan cahaya yang diterimanya sedangkan, untuk mode *switch* phototransistor hanya akan memberikan respon “ON” atau



“OFF” pada cahaya yang diterimanya. Masing-masing mode dapat digunakan jika memenuhi persamaan

$$\text{untuk mode aktif} \quad V_{CC} > R_S \times I_{CC} \quad (2.3)$$

$$\text{untuk mode switch} \quad V_{CC} < R_S \times I_{CC} \quad (2.4)$$

dengan:

V_{CC} = tegangan catu phototransistor (volt)

R_S = resistor *load* yang dipasang seri dengan phototransistor (ohm)

I_{CC} = arus *collector* phototransistor (ampere)

Pada rangkaian *Common-Emitter*, besar tegangan output dapat dihitung melalui persamaan

$$V_{output} = I \times R \quad (2.5)$$

dimana

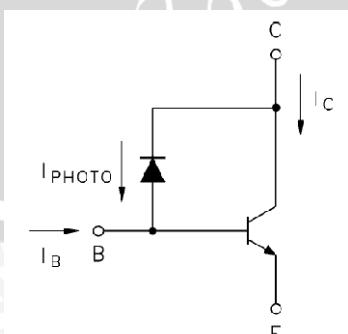
V_{output} = tegangan output phototransistor

I = arus yang mengalir pada resistor

R = resistor yang dipasang seri dengan phototranistor

2.4.1 Karakteristik Phototransistor

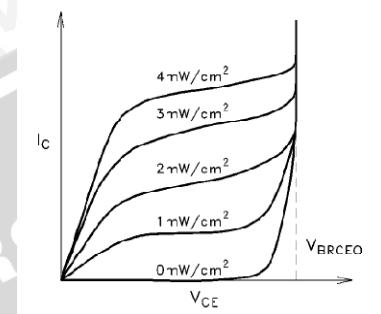
Phototransistor adalah kombinasi rangkaian dari photodiode dan penguat dalam satu keping chip. Rangkaian ekuivalen dari phototransistor sendiri adalah sebuah photodiode yang outputnya diumpulkan ke sebuah transistor sinyal kecil, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.4. Berdasarkan dari beberapa pernyataan tersebut maka wajar jika phototransistor menunjukkan karakteristik dari diode maupun transistor.



Gambar 2. 4 Rangkaian Ekuivalen Phototransistor

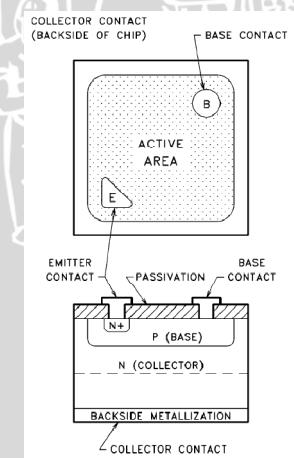
Sumber : EG&G® Optoelectronic, 1997:1

Karakteristik arus dan tegangan sebuah phototransistor mirip dengan transistor PNP, dengan pengecualian cahaya yang masuk mengantikan arus basis. Hubungan arus kolektor (I_C) dan tegangan kolektor-emitor (V_{CE}) ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Grafik I_C Dan V_{CE} Sebagai Fungsi *Incident Energy*
Sumber : EG&G® Optoelectronic, 1997:1

Struktur dari phototransistor sangat mirip dengan photodiode. Bahkan saat tidak digunakan pada mode phototransistor, *junction* kolektor dan basis dari phototransistor dapat digunakan sebagai photodiode dengan hasil yang bagus. Perbedaan yang mendasar adalah phototransistor memiliki dua *junction* sedangkan photodiode hanya satu. Gambar *chip* phototransistor dapat dilihat dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Chip Phototransistor Tampak Atas dan Irisan Melintang
Sumber : EG&G® Optoelectronic, 1997:1

2.5 Sensor Suhu

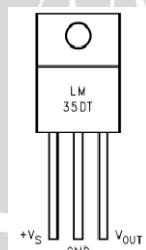
Seri sensor temperatur LM35 merupakan IC sensor temperatur yang memiliki tegangan output yang linearitasnya proporsional dengan satuan

temperatur Celcius. Kalibrasi LM35 yang menggunakan satuan Celcius membuat pengguna tidak perlu melakukan perhitungan yang rumit untuk memperoleh skala Celcius. Sensor ini tidak membutuhkan kalibrasi eksternal maupun pengkondisi untuk memperoleh tingkat akurasi $\pm\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$ pada temperatur ruangan dan $\pm\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$ untuk kisaran -55°C sampai 150°C . Output LM35 memiliki impedansi yang rendah, output linear dan kalibrasi yang tepat membuat kemudahan dalam pembacaan maupun pembuatan rangkaian. Sensor ini dapat digunakan dengan catu tunggal maupun catu simetris. Serapan arus catu yang hanya $60\mu\text{A}$ membuat pemanasan internal yang sangat kecil, kurang dari $0,1^{\circ}\text{C}$ pada udara diam.

Fitur yang ditawarkan oleh IC sensor temperatur LM35 adalah sebagai berikut

- Kalibrasi langsung dalam satuan $^{\circ}\text{C}$
- Linearitas faktor skala $+10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
- Jaminan akurasi $0,5^{\circ}\text{C}$ pada ($\text{suhu } +25^{\circ}\text{C}$)
- Kisaran penuh pada -55°C sampai $+150^{\circ}\text{C}$
- Cocok untuk aplikasi jarak jauh
- Beroperasi pada tegangan 4 volt hingga 30 volt
- Arus drain kurang dari $60\mu\text{A}$
- Pemanasan internal yang rendah, $0,08^{\circ}\text{C}$ pada udara diam
- Ketidak-linearan hanya $\pm\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$
- Impedansi output $0,1\Omega$ untuk arus beban 1 mA

Bentuk fisik dari IC sensor temperatur LM35 ditunjukkan dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.7 IC LM35
Sumber : National Semiconductor, 2000:2

2.6 Rangkaian Penguat

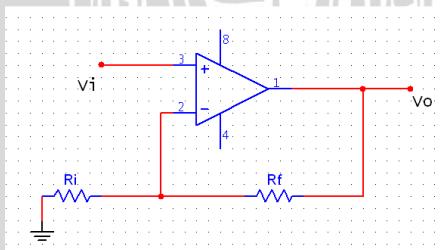
Penguat operasional (*Operational Amplifier*) merupakan sebuah perangkat yang serbaguna dan efisien. Aplikasinya mencakup industri elektronik yang luas memenuhi kebutuhan sebagai pengkondisi sinyal, fungsi transfer yang khusus, instrumentasi analog, dan desain sistem.

Teknik penguat operasional praktis menjadi semakin umum, dan jelas terlihat bahwa teknik umpan balik sangat berguna dalam banyak aplikasi kontrol dan instrumentasi. Sekarang, penggunaan umum penguat operasional diperluas untuk aplikasi semacam penguat DC, penguat AC, komparator, driver katup servo, driver yoke defleksi, oscilator distorsi rendah, konverter, multivibrator dan lainnya.

Kemampuan operasional amplifier hanya dibatasi dengan imajinasi dan kepintaran penggunanya. Dengan pengetahuan yang cukup tentang karakteristik penguat operasional, pengguna akan dapat mengekplorasi fungsi penguat operasional yang berguna.

2.6.1 Penguat Tak-Membalik (*Non-Inverting Amplifier*)

Rangkaian penguat *non-inverting* mirip seperti rangkaian penguat *inverting*. Perbedaannya terletak pada sinyal input yang dihubungkan dengan pin input *non-inverting*, sehingga polaritas sinyal output adalah sama dengan polaritas sinyal input. Gambar rangkaian penguat tak-membalik ditunjukkan pada Gambar 2.11. Besarnya tegangan output ditentukan dengan Persamaan 2.4.



Gambar 2. 8 Non-Inverting Amplifier

Rangkaian *amplifier* yang ideal harus memenuhi syarat $V_+ = V_i$, pada rangkaian penguat di atas $V_+ = V_i$ sedangkan V_- ditentukan dengan persamaan sebagai berikut

$$V_- = \frac{R_i}{R_i+R_f} \times V_{out}$$

$$V_{in} = \frac{R_i}{R_i+R_f} \times V_{out}$$

sehingga didapat persamaan untuk rangkaian *non-inverting amplifier* di atas adalah

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_i+R_f}{R_i} \right) = V_{in} \left(1 + \frac{R_f}{R_i} \right) \quad (2.6)$$

2.7 Mikrokontroler ATMega8535

ATMega8535 merupakan salah satu mikrokontroler buatan ATMEL keluarga ATMega yang mempunyai 8 kbyte Flash PEROM (*Flash Programmable and Erasable Read Only Memory*), 512 byte SRAM, 32 pin I/O (4 buah port I/O bit) yang mana tiap pin tersebut dapat diprogram secara paralel dan tersendiri, mempunyai dua buah *timer/counter* 8 bit dan satu buah *timer/counter* 16 bit, mempunyai 8 bit 10 channel ADC, mempunyai *watchdog timer*.

Pada dasarnya mikrokontroler adalah terdiri atas mikroprosesor, *timer*, dan *counter*, perangkat I/O dan internal memori. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah didesain dalam bentuk chip tunggal. Mikrokontroler dikemas dalam satu chip (single chip). Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit instruksi yang digunakan membaca data instruksi dari internal memori ke ALU.

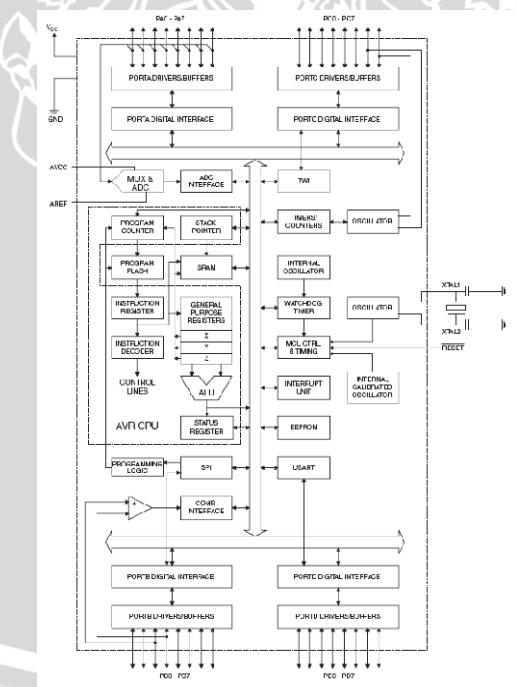
Sebagai suatu sistem kontrol mikrokontroler ATMega8535 bila dibandingkan dengan mikroprosesor memiliki kemampuan dan segi ekonomis yang bisa diandalkan karena dalam mikrokontroler sudah terdapat RAM dan ROM sedangkan mikroprosesor didalamnya tidak terdapat keduanya. Secara umum konfigurasi yang dimiliki mikrokontroler ATMega8535 adalah sebagai berikut :

- Sebuah CPU 8 bit dengan menggunakan teknologi dari Atmel.
- Memiliki memori baca-tulis sebesar 512 byte SRAM.
- Jalur dua arah (bidirectional) yang digunakan sebagai saluran masukan atau keluaran yang dikontrol oleh register DDR.
- Sebuah komunikasi serial USART yang dapat diprogram.



- Sebuah master/slave serial SPI yang dapat diprogram.
- Sebuah *Two Wire Serial Interface*.
- Dua buah *timer/counter* 8 bit dan sebuah *timer/counter* 16 bit.
- *Watcdog Timer* yang dapat diprogram.
- *Analog comparator* di dalam chip.
- Osilator internal dan rangkaian pewaktu.
- Flash PEROM yang besarnya 8 kbyte untuk memori program
- Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian, dan operasi Boolean.
- Mampu beroperasi sampai 16 MHz.
- ATMega8535 mikrokontroler mempunyai kompatibilitas instruksi dan konfigurasi pin dengan mikrokontroler ATMega.

Blok diagram dari mikrokontroler ATMega 8535 ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.9 Blok Diagram ATMega 8535
Sumber : Atmel, 2004 : 3

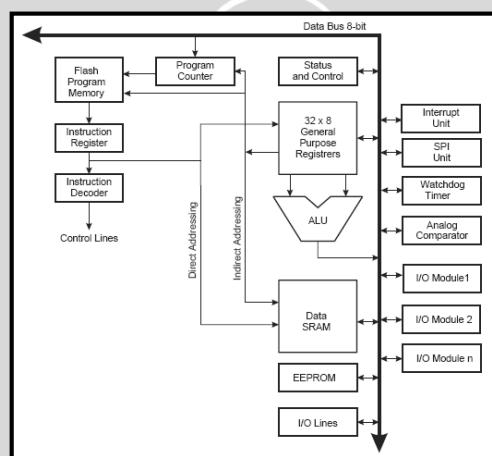
2.7.1 Arsitektur AVR

Mikrokontroler AVR menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori dan bus untuk program dan data sehingga memaksimalkan performa.



Instruksi pada memori program dieksekusi secara *pipeline*. Ketika satu instruksi masih dieksekusi, instruksi selanjutnya sudah disiapkan untuk eksekusi tanpa menunggu eksekusi pertama selesai. Konsep ini memungkinkan instruksi untuk dieksekusi setiap satu siklus waktu.

Register file terdiri atas 32×8 bit *general purpose working register* dengan waktu akses satu siklus waktu, yang memungkinkan operasi ALU (*Arithmetic Logic Unit*) dijalankan dalam satu siklus waktu. Dua *operand* diambil dari register, operasi ALU dijalankan, dan hasilnya disimpan kembali dalam *register file*. Operasi aritmetika dan logika dapat dijalankan oleh ALU, baik antar register atau antara register dengan konstanta. Hasil dari operasi aritmetika disimpan dalam register status (*Status Register*), mengantikan isi yang sebelumnya. Arsitektur AVR ditunjukkan dalam Gambar 2.14.

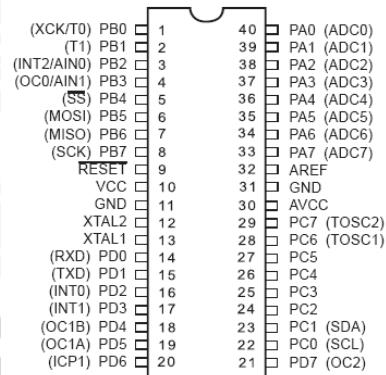


Gambar 2. 10 Arsitektur AVR

Sumber : Atmel, 2004:8

Program *Flash memory* dibagi dalam dua bagian, *Boot Program* dan *Application Program*. Kedua bagian memiliki *Lock bits* untuk mengunci operasi tulis (*write*) dan baca/tulis (*read/write*). Konfigurasi pin mikrokontroler ATMega8 dapat dilihat dalam Gambar 2.15.





Gambar 2. 11 Konfigurasi Pin ATMega 8535
Sumber : Atmel, 2004:2

2.7.2 Struktur Operasi Port

Mikrokontroler ATMega8 ini mempunyai 4 buah port, yang memiliki 8 buah jalur I/O. Beberapa karakteristik port mikrokontroler ATMega8 dijelaskan secara singkat :

- 1). Unit I/O dapat dialami per jalur atau per port
- 2). Setiap jalur I/O memiliki buffer, penahan (latch), kemudian input dan kemudian output.
- 3). Setiap jalur I/O terdapat register pengatur apakah dijadikan input atau dijadikan output.
- 4). Port B adalah I/O *bi-directional* 8 bit dengan resistor *pull-up* internal.

Sebagai masukan, pin port B yang diberi *pull-low* secara eksternal akan mengalirkan arus bila resistor *pull-up* diaktifkan. Port B juga memiliki fungsi khusus, seperti yang terlihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 2 Fungsi khusus Port B ATMega8535

Port Pin	Alternate Functions
PB7	XTAL2 (Chip Clock Oscillator pin 2) TOSC2 (Timer Oscillator pin 2)
PB6	XTAL1 (Chip Clock Oscillator pin 1 or External clock input) TOSC1 (Timer Oscillator pin 1)
PB5	SCK (SPI Bus Master clock Input)
PB4	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB3	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input) OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)
PB2	SS (SPI Bus Master Slave select) OC1B (Timer/Counter1 Output Compare Match B Output)
PB1	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare Match A Output)
PB0	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin)

Sumber : Atmel, 2004 : 56



- 5). Port C adalah I/O *bi-directional* 8 bit dengan resistor *pull-up* internal. Sebagai masukan, pin port C yang diberi *pull-low* secara eksternal akan mengalirkan arus bila resistor *pull-up* diaktifkan. Port C juga memiliki fungsi khusus, seperti yang terlihat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2. 3 Fungsi khusus Port C ATMega8535

Port Pin	Alternate Function
PC6	RESET (Reset pin)
PC5	ADC5 (ADC Input Channel 5) SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)
PC4	ADC4 (ADC Input Channel 4) SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC3	ADC3 (ADC Input Channel 3)
PC2	ADC2 (ADC Input Channel 2)
PC1	ADC1 (ADC Input Channel 1)
PC0	ADC0 (ADC Input Channel 0)

Sumber : Atmel, 2004 : 59

- 6). Port D adalah I/O *bi-directional* 8 bit dengan resistor *pull-up* internal. Sebagai masukan, pin port D yang diberi *pull-low* secara eksternal akan mengalirkan arus bila resistor *pull-up* diaktifkan. Port D juga memiliki fungsi khusus, seperti yang terlihat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2. 4 Fungsi khusus Port D ATMega8535

Port Pin	Alternate Function
PD7	AIN1 (Analog Comparator Negative Input)
PD6	AIN0 (Analog Comparator Positive Input)
PD5	T1 (Timer/Counter 1 External Counter Input)
PD4	XCK (USART External Clock Input/Output) T0 (Timer/Counter 0 External Counter Input)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD0	RXD (USART Input Pin)

Sumber : Atmel, 2004 : 61

2.7.3 USART

Mikrokontroler ATmega8535 memiliki port USART untuk komunikasi serial, yang memiliki *fitur* sebagai berikut:

- 1). Komunikasi *full-duplex* dengan register serial untuk penerima dan pengirim data
- 2). Dapat dioperasikan pada mode *Asynchronous* atau *Synchronous Operation*.

- 3). Mempunyai resolusi tinggi untuk *generator baudrate*.
- 4). Layanan pengiriman data terdiri atas 5,6,7,8, atau 9 bit dan 1 atau 2 bit stop.
- 5). *Paritas* genap atau ganjil dan pengecekan *paritas* didukung oleh hardware.
- 6). Pendeksi pengiriman kelebihan data.
- 7). Pendeksi kesalahan pada format data yang dikirim.
- 8). Memiliki *filter noise* yang terdiri atas pendeksi kesalahan *bit-start* dan *low-pass Filter*.
- 9). Memiliki 3 layanan *interupt* yaitu TX *complete*, TX *data empty*, dan RX *complete*.
- 10). Mode komunikasi multi prosesor.
- 11). Mode komunikasi *Asynchronous* dengan dua kecepatan.

Untuk menghitung baudrate komunikasi serial digunakan rumus seperti terlihat dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.5 Rumus Menghitung Baudrate

Operating Mode	Equation for Calculating Baud Rate ⁽¹⁾	Equation for Calculating UBRR Value
Asynchronous Normal Mode (U2X = 0)	$BAUD = \frac{f_{OSC}}{16(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{OSC}}{16BAUD} - 1$
Asynchronous Double Speed Mode (U2X = 1)	$BAUD = \frac{f_{OSC}}{8(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{OSC}}{8BAUD} - 1$
Synchronous Master Mode	$BAUD = \frac{f_{OSC}}{2(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{OSC}}{2BAUD} - 1$

Sumber : Atmel, 2006 : 148

di mana :

- Fosc = Frekuensi *clock* dari sistem osilator
 UBRR = *Register baudrate* yang tersirui dari UBRL dan UBRRH
 BAUD = *Baudrate* dalam *bit per secon* (bps)

2.8 Komunikasi Serial RS232

Standar RS232 ditetapkan oleh Electronic Industry Association and Telecommunication pada tahun 1962. Nama lengkapnya adalah "EIA/TIA-232 Interface between Data Terminal Equipment and Data Circuit Terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange". Standar ini mengatur

komunikasi data antara komputer (Data Terminal Equipment - DTE) dengan alat-alat perlengkapan komputer (Data Circuit Terminating Equipment - DCE).

Komunikasi data serial sangat berbeda dengan format pemindahan data paralel. Disini, pengiriman bit-bit tidak dilakukan sekaligus melalui saluran paralel, tetapi setiap bit dikirimkan satu persatu melalui saluran tunggal. Dalam pengiriman data secara serial harus ada sinkronisasi atau penyesuaian antara pengirim dan penerima agar data yang dikirimkan dapat diterima dengan tepat dan benar oleh penerima. Salah satu mode transmisi dalam komunikasi serial adalah mode *asynchronous*. Transmisi serial mode ini digunakan apabila pengiriman data dilakukan satu karakter tiap pengiriman. Antara satu karakter dengan yang lainnya tidak ada waktu antara yang tetap. Karakter dapat dikirimkan sekaligus atau pun beberapa karakter kemudian berhenti untuk waktu yang tidak tentu, kemudian dikirimkan sisanya. Dengan demikian bit-bit data ini dikirimkan dengan periode yang acak sehingga pada sisi penerima data akan diterima kapan saja. Adapun sinkronisasi yang terjadi pada mode transmisi ini adalah dengan memberikan bit-bit penanda awal dari data dan penanda akhir dari data pada sisi pengirim maupun dari sisi penerima.

Format data komunikasi serial terdiri dari parameter-parameter yang dipakai untuk menentukan bentuk data serial yang dikomunikasikan, dimana elemen-elemennya terdiri dari :

1. Kecepatan mobilisasi data per bit (*baud rate*)
2. Jumlah bit data per karakter (*data length*)
3. Parity yang digunakan
4. Jumlah *stop bit* dan *start bit*

Format Pengiriman Data Serial ditunjukkan dalam Gambar 2.16.

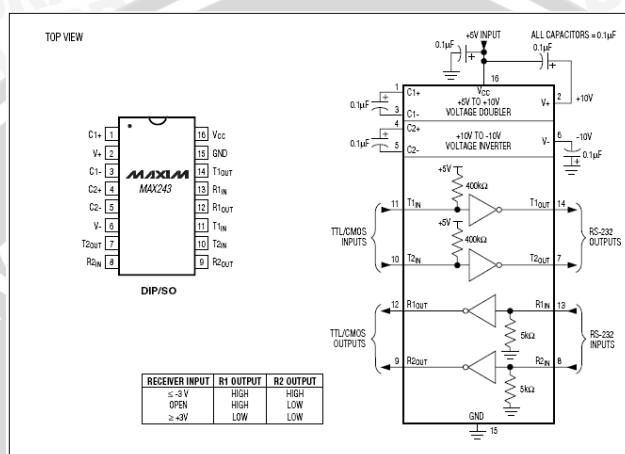


Gambar 2. 12 Format Pengiriman Data Serial

RS232 sebagai komunikasi serial mempunyai 9 pin yang memiliki fungsi masing-masing. Pin yang biasa digunakan adalah pin 2 sebagai *received data*, pin 3 sebagai *transmited data*, dan pin 5 sebagai *ground signal*. Level Tegangan dari



RS232 adalah +3 sampai +15 volt untuk logika “0” sedangkan -3 sampai -15 volt untuk logika “1”. Level tegangan ini berbeda dengan level tegangan logika dari mikrokontroler yang bertipe TTL/CMOS dengan supply 5 V yang memiliki keluaran untuk logika tinggi minimal 2,4 volt dan logika rendah maksimal 0,4 volt, sehingga dibutuhkan IC MAX 232 yang berfungsi sebagai penyetara level tegangan logika. Gambar 2.17 menunjukkan IC serial RS232 atau MAX 232.



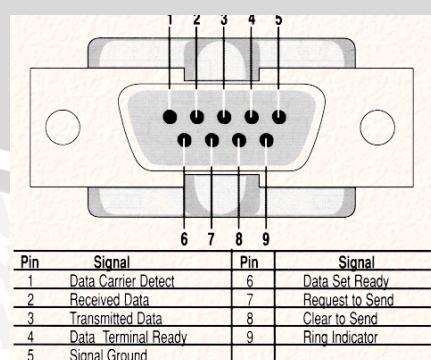
Gambar 2.13 IC Serial MAX-232

Sumber : Multichannel, 2003:17

Komunikasi serial membutuhkan port sebagai saluran data. Gambar 2.18 dan 2.19 menunjukkan port serial DB9 yang umum digunakan sebagai port serial.



Gambar 2.14 Port DB9 Jantan



Gambar 2.15 Port DB9 Betina

Sumber : www.arcelect.com

2.9 MySQL

MySQL adalah suatu *structured query language Relational Database Management System* (RDBMS) yang memiliki fasilitas *multithreaded* dan *multi-user*. MySQL AB membuat MySQL sebagai perangkat lunak gratis di bawah lisensi GNU General Public License (GPL) dan mereka juga menjualnya dengan lisensi konvensional. Keunggulan MySQL sebagai *database* server adalah:

- 1) *Open source*. MySQL didistribusikan secara gratis dibawah lisensi GPL (*General Public License*) sehingga dapat menggunakannya secara cuma-cuma tanpa dipungut biaya dan dapat di-download secara gratis melalui situs resmi MySQL, yaitu <http://www.mysql.com>.
- 2) Cepat, handal, dan mudah digunakan. MySQL dapat memproses banyak SQL per satuan waktu, mampu menangani *database* dalam skala besar, dengan jumlah *record* lebih dari 50 juta dan 60 ribu tabel serta 5 miliar baris. Tersedia berbagai *tool* yang digunakan untuk administrasi *database*.
- 3) Dapat bekerja di *client/server* atau sebagai sistem yang terintegrasi. MySQL dapat melakukan koneksi dengan *client* menggunakan protokol TCP/IP, Unix Socket (Unix), atau Named Pipes (NT).
- 4) *Portability*. MySQL dapat berjalan stabil pada berbagai sistem operasi yang di antaranya adalah Windows, Linux, FreeBSD, Mac OS X Server, Solaris, Amiga, HP-UX, dan masih banyak lainnya.

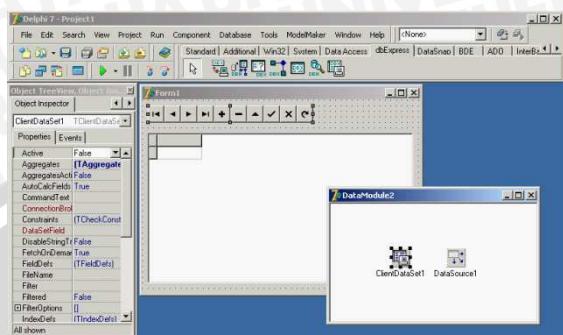
2.10 Borland Delphi

Delphi merupakan bahasa pemrograman berbasis visual yang dibuat oleh perusahaan pengembang perangkat lunak yang sangat terkenal yaitu Borland. Apabila dibandingkan dengan bahasa pemrograman lain yang berbasis visual, Delphi memiliki kelebihan yang terletak pada ketersediaan berbagai macam kontrol program yang lebih banyak dan lebih canggih. Walaupun sedikit mirip dengan kontrol program yang dimiliki Visual Basic, Delphi memiliki keunggulan dalam penulisan listing program yang lebih canggih dan serba otomatis.



2.10.1 Integrated Development Environment (IDE)

IDE pada Delphi mempunyai tujuh bagian utama seperti yang terlihat dalam Gambar 2.20, yaitu *menu bar*, *tool bar*, *form designer*, *component palette*, *object inspector*, *code editor*, dan *object treeview*.



Gambar 2. 16 Tampilan IDE Delphi

Sumber : Teddy Marcus Zakaria, 2003:2

2.10.1.1 Menu Bar

Secara detail menu tersebut adalah menu File, Edit, Search, View, Project, Run, Component, Database, Tools, Window, dan Help yang masing-masing menu ini mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Menu pada IDE Delphi ditunjukkan dalam Gambar 2.21.



Gambar 2. 17 Menu IDE Delphi

Sumber : Teddy Marcus Zakaria, 2003:3

2.10.1.2 Toolbars

Setiap tombol pada *speed bar* memiliki keterangan mengenai fungsi tombol tersebut. Gambar dari *toolbars* ditunjukkan dalam Gambar 2.22.

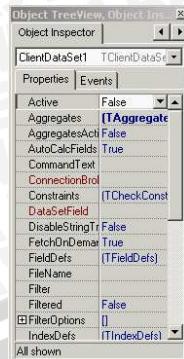


Gambar 2. 18 Toolbars

Sumber : Teddy Marcus Zakaria, 2003:2

2.10.1.3 Object Inspector dan Object Treeview

Object inspector digunakan untuk mengatur properti dan event suatu komponen. Jendela tampilan Object Properties dan Object Treeview ditunjukkan dalam Gambar 2.23.



Gambar 2. 19 Object Inspector

Sumber : Teddy Marcus Zakaria, 2003:3

Object Treeview merupakan bagian yang berisi komponen-komponen yang digunakan saat membuat program.

2.10.1.4 Component Pallette

Component Palette berisi icon yang melambangkan komponen *Visual Component Library* (VCL). Component Palette ditunjukkan dalam Gambar 2.24.



Gambar 2. 20 Component Palette Delphi

Sumber : Teddy Marcus Zakaria, 2003:5

Kegunaan beberapa komponen antar lain :

- SpeedButton

Digunakan sebagai tombol kendali.

- Panel

Panel digunakan untuk mengelompokkan komponen-komponen di dalamnya.

- Label

Digunakan untuk menempatkan teks di dalam Form.

- Timer

Timer berfungsi untuk mengaktifkan prosedur, function dan event pada interval waktu tertentu.

- GroupBox

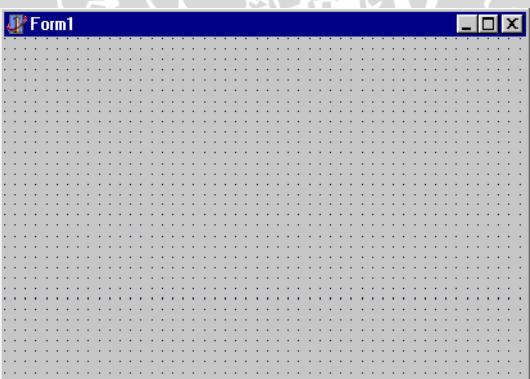
Merupakan sebuah container yang dipakai untuk mengelompokkan kontrol-kontrol dari komponen-komponen lainnya.



- f). Image
Digunakan untuk menampilkan grafik seperti icon, bitmap dan metafile.
- g). DataSource
Bertindak sebagai penghubung antara komponen pengakses data dengan Dataset (Table atau Query).
- h). Table
Komponen yang mengakses *record-record* dari suatu table.
- i). DBGrid
Tampilan dan edit Dataset dalam format tabular (baris dan kolom).
- j). Gauge
Digunakan untuk menandakan sebuah proses berlangsung.
- k). QuickRep
Merupakan form dasar untuk membuat laporan, pada form ini ditempatkan komponen yang berhubungan dengan laporan yang dicetak.

2.10.1.5 Form Designer

Form adalah komponen utama dalam pengembangan aplikasi. Form Designer ditunjukkan dalam Gambar 2.25.



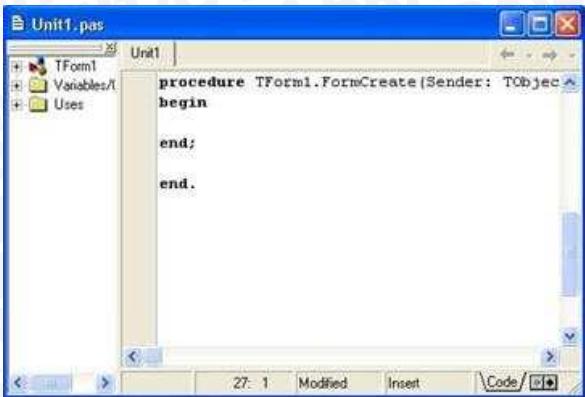
Gambar 2. 21 Form Designer

Sumber : Teddy Marcus Zakaria, 2003:1

2.10.1.6 Code Editor

Code Editor adalah tempat kode program yang diperlukan untuk mengatur tugas aplikasi yang ditulis. Code Editor ditunjukkan dalam Gambar 2.26.





Gambar 2. 22 Code Editor Delphi
Sumber : Teddy Marcus Zakaria, 2003:4

2.9.2 Perintah Percabangan

Pada beberapa kasus terkadang kita menginginkan komputer melakukan suatu aksi tertentu bila suatu kondisi terpenuhi, Keberadaan perintah bersyarat pada suatu program memberikan pencabangan proses seperti ditunjukkan oleh *Error! Not a valid link*. Bahasa Pascal menyediakan dua cara penyajian perintah bersyarat yaitu, IF...Then...Else dan Case...of. Pada prinsipnya pemilihan aksi dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian :

- Pemilihan 1 pilihan/kasus. Gunakan perintah IF –THEN
- Pemilihan 2 pilihan/kasus. Gunakan perintah IF—THEN—ELSE
- Pemilihan N pilihan.kasus. Gunakan perintah CASE—OF



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk meyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat pada bab pendahuluan maka diperlukan metode untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

3.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Sebelum melakukan perencanaan dan perealisasian alat, maka ditentukan spesifikasi alat yang akan dibuat. Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasikan sebagai berikut:

- 1). Kategori partikel yang dideteksi adalah jenis partikel *Particulate Matter* (PM10) dengan parameter-parameter sesuai dengan Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan nomor : KEP-107/KABAPEDAL/11/1997.
- 2). Sensor partikel tersusun atas LED infra-merah dan phototransistor dengan kontraksi meniru sensor photoreflektif.
- 3). Sensor partikel diletakkan di ruang tertutup yang terhindar dari pengaruh cahaya dari luar untuk memaksimalkan kerja sensor.
- 4). ADC menggunakan ADC internal yang ada dalam mikrokontroler ATMega8535.
- 5). Proses *interface* dengan komputer menggunakan komunikasi serial RS232.
- 6). Tampilan hasil pengukuran sensor partikel pada layar komputer akan dibuat menggunakan program Borland Delphi.

3.2 Perancangan Dan Pembuatan Alat

Perancangan dan pembuatan alat meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak

3.2.1 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras

Secara garis besar perancangan perangkat keras dibagi menjadi beberapa tahap berikut :

- 1). Penentuan spesifikasi alat
- 2). Pembuatan blok diagram keseluruhan system

- 3) Pembuatan rangkaian sensor partikel
- 4). Pembuatan rangkaian sensor suhu
- 5). Menghubungkan output sensor ke ADC
- 6). Perancangan komunikasi serial

3.2.2 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak

Penyusunan perangkat lunak dibagi menjadi dua bagian yaitu :

- 1). Penyusunan perangkat lunak untuk mikrokontroler yang berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan kerja alat. Desain dan parameter yang telah dirancang kemudian diterapkan kedalam mikrokontroler ATMega8535 dengan menggunakan bahasa C dan *compiler CodeVision AVR*.
- 2). Penyusunan perangkat lunak yang dibuat menggunakan program Delphi yang digunakan untuk melihat data hasil pengukuran sensor pada komputer.

3.3 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa sistem ini berjalan sesuai yang direncanakan. Pengujian alat meliputi pengujian perangkat keras yang dilakukan baik per blok maupun keseluruhan sistem.

3.3.1 Pengujian Tiap Blok

Pengujian per blok dilakukan dengan tujuan untuk menyesuaikan nilai masukan dan nilai keluaran tiap-tiap blok sesuai dengan perancangan yang dilakukan sebelumnya. Pengujian tiap blok meliputi :

- 1). Pengujian rangkaian catu daya agar dapat menghasilkan sumber tegangan sebesar 5 volt, ± 9 volt, dan 12 volt.
- 2). Pengujian rangkaian sensor partikel agar sensor dapat menghasilkan output maksimum sebesar 0,4 volt sesuai dengan datasheet dari phototransistor.
- 3). Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal yang merupakan *operational amplifier* dengan mode input *non-inverting* maupun mode input *inverting*.
- 4). Pengujian mikrokontroler ATMega8535 pada fitur ADC internal pada mikrokontroler dengan resolusi sebesar 8 bit.



- 5). Pengujian mikrokontroler ATMega8535 pada fitur komunikasi serial untuk menghubungkan hasil pembacaan sensor dengan komputer.
- 6). Pengujian komunikasi serial RS232 agar hasil pembacaan sensor dapat ditampilkan ke komputer.
- 7). Pengujian perangkat lunak berupa pembuatan *Graphic User Interface* menggunakan program Borland Delphi untuk melihat hasil pembacaan sensor.

3.3.2 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui unjuk kerja alat setelah perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan bersama.

3.4 Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah didapatkan hasil dari pengujian. Jika hasil yang diperoleh telah sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan maka alat tersebut telah memenuhi harapan dan memerlukan pengembangan untuk penyempurnaannya.



BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini membahas perancangan dan pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk mewujudkan sistem sensor partikel dengan metode refleksi cahaya sesuai yang diharapkan. Untuk memudahkan pembahasan, bab ini akan dibagi menjadi dua yaitu perancangan perangkat keras yang meliputi perancangan sensor partikel, perancangan rangkaian pengkondisi sinyal sensor partikel, perancangan rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu, rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATMega 8535, rangkaian komunikasi serial yang kemudian akan dihubungkan dengan komputer sebagai penampil hasil pembacaan sensor. Bagian kedua adalah perencanaan program untuk mikrokontroler yang meliputi program ADC untuk sensor dan juga program untuk komunikasi serial, dan program menggunakan Borland Delphi untuk pemuatan GUI sebagai hasil akhir dari pembacaan sensor yang ditampilkan pada komputer.

4.1 Penentuan Spesifikasi Alat

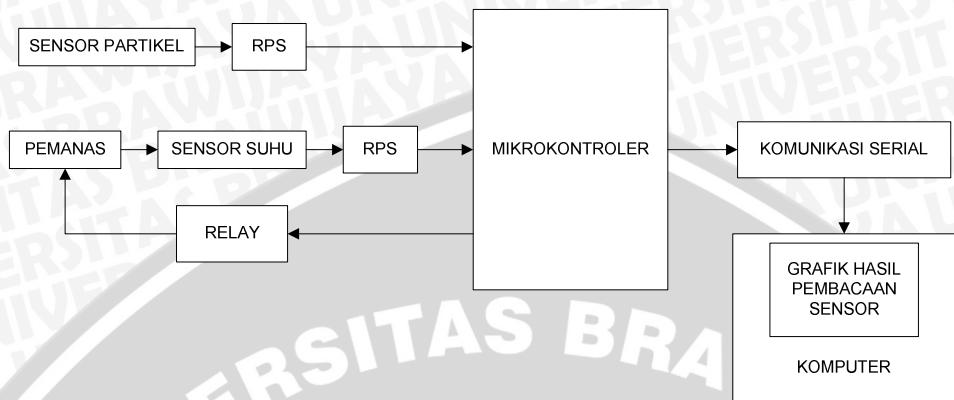
Spesifikasi alat secara global ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan berikutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- 1). Jenis partikel yang dideteksi adalah partikel dengan kategori PM10 dengan ukuran partikel kurang dari atau sama dengan $10 \mu\text{m}$. Jenis partikel dengan kategori PM10 meliputi asap, debu, atau jelaga yang merupakan pencemar udara yang paling mudah diamati dan juga paling berbahaya.
- 2). Menggunakan sensor suhu LM35 dengan range pengukuran $0\text{--}100^\circ\text{C}$.
- 3). ADC yang digunakan adalah ADC internal yang merupakan salah satu fitur yang ada pada mikrokontroler ATMega8535.
- 4). Komunikasi serial digunakan hasil pembacaan sensor dapat diamati pada komputer
- 5). Program yang digunakan untuk membuat GUI sebagai hasil akhir dari pembacaan sensor menggunakan program Borland Delphi.



4.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem sensor partikel udara menggunakan metode refleksi cahaya ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Diagram Blok Sistem

Keterangan diagram blok yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1 adalah sebagai berikut :

a). Sensor Partikel

Sensor partikel digunakan untuk mendeteksi partikel yang ada di udara. Sensor partikel tersusun atas LED infra-merah dan phototransistor. LED infra-merah akan memancarkan cahaya dan akan mengenai partikel yang ada di udara. Cahaya yang mengenai partikel akan direfleksikan dan hasil refleksi akan diterima oleh phototransistor sehingga phototransistor akan menghasilkan respon tegangan.

b). Pemanas

Pemanas digunakan untuk penggerak aliran udara dalam kotak sensor.

c). Sensor Suhu

Sensor suhu digunakan untuk mengamati suhu yang dihasilkan oleh pemanas.

d). Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal merupakan rangkaian *buffer* dan juga untuk mengatur penguatan dari sensor agar hasil pembacaan sensor dapat diproses lebih lanjut pada mikrokontroler.

e). Mikrokontroler ATMega 8535



Mikrokontroler ATMega 8535 digunakan untuk mengolah data hasil pembacaan sensor pada ADC dan juga sebagai jembatan hasil pengolahan ADC dengan sistem komunikasi serial.

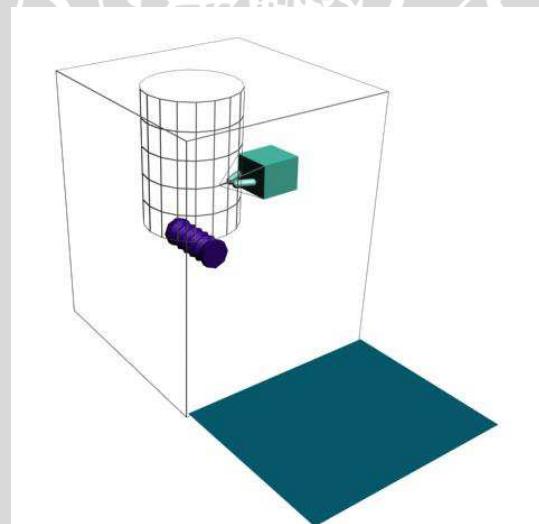
f). Grafik Pembacaan Sensor

Hasil akhir dari pengolahan data hasil pembacaan sensor adalah menampilkan data tersebut dalam bentuk grafik pada layar komputer.

4.3 Perancangan Perangkat Elektronik

4.3.1 Rangkaian Sensor Partikel

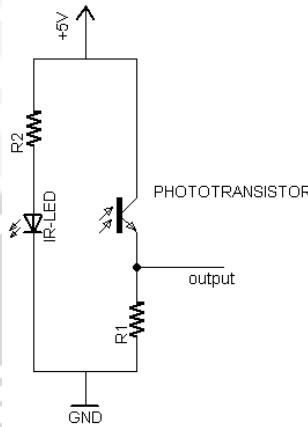
Sensor partikel tersusun atas LED infra-merah dan phototransistor, namun dalam konstruksinya akan dipisah antara LED dan phototransistor. Desain kontruksinya meniru desain dari photoreflektif, ditunjukkan dalam Gambar 4.2, yaitu berhadapan satu sama lain dengan sudut 20° dari titik pertemuan berkas cahaya. Berkas cahaya yang dihasilkan oleh LED infra-merah tidak bisa langsung dideteksi oleh phototransistor melainkan jika ada benda di depan sensor. Berkas tersebut dipendarkan ke segala arah oleh benda dan sebagian pantulan berkas ini masuk ke permukaan phototransistor.



Gambar 4. 2 Konstruksi Sensor Photoreflektif

Rangkaian sensor partikel ditunjukkan pada gambar 4.3. Sumber tegangan yang dipakai rangkaian sensor ini adalah +5 volt DC. Asumsi bahwa LED aktif pada tegangan 1,8 volt, dan arus minimum yang diijinkan melewati LED adalah

20mA maka besar resistor yang dipasang seri dengan LED harus kurang dari 160 Ω .



Gambar 4. 3 Rangkaian Sensor Partikel

$$I_{LED} = \frac{V_{R_{LED}}}{R_2}$$

$$R_2 = \frac{V_{R_{LED}}}{I_{LED}}$$

$$R_2 = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}}$$

$$R_2 = \frac{5V - 1,8V}{20 \text{ mA}} = 160 \Omega$$

Jika output yang diinginkan adalah 5 volt dan *Collector Current* (I_{CC}) pada datasheet adalah 20 mA maka besarnya R_1 adalah sebesar 100 k Ω sesuai dengan persamaan sebagai berikut

$$V_{output} = R_1 \times I_{CC}$$

$$R_1 = \frac{V_{output}}{I_{CC}}$$

$$R_1 = \frac{5 \text{ volt}}{20 \text{ mA}} = 100k\Omega$$

dari hasil pengujian, didapat output minimal rangkaian phototransistor sebesar 0,39 volt dan output maksimal rangkaian phototransistor sebesar 4,78 volt.



Output dari phototransistor akan diproses pada lebih lanjut pada ADC internal mikrokontroler. ADC menggunakan resolusi sebesar 8 bit, sehingga setiap perubahan 1 bit mewakili perubahan sebesar 19,6 mV sesuai dengan persamaan sebagai berikut

$$Resolusi = \frac{V_{ref}}{2^8 - 1}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{5 \text{ volt}}{255} \\ &= 0,0196 \text{ V/bit} \end{aligned}$$

Jika konsentrasi partikel PM10 yang ingin dideteksi antara 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hingga 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, maka untuk setiap perubahan 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ akan mewakili perubahan output sensor partikel sebesar 0,007967 volt sesuai dengan persamaan sebagai berikut

$$Sensitivitas = \frac{4,78 \text{ volt}}{600 \mu\text{g}/\text{m}^3} = 0,007967 \text{ volt}/\mu\text{g}/\text{m}^3$$

sehingga, didapat setiap perubahan 1 bit ADC mewakili perubahan sebesar 2,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sesuai dengan persamaan ebagai berikut

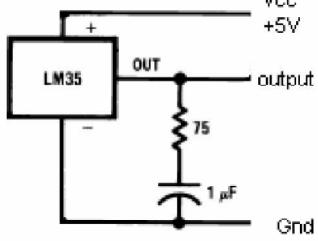
$$\begin{aligned} Resolusi &= \frac{0,0196 \text{ V/bit}}{0,007967 \text{ volt}/\mu\text{g}/\text{m}^3} \\ &= 2,46 (\mu\text{g}/\text{m}^3)/\text{bit} \end{aligned}$$

4.3.2 Rangkaian Sensor Suhu dan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor

Suhu

Rangkaian minimum sensor suhu sesuai dengan *datasheet* ditunjukkan dalam Gambar 4.6.





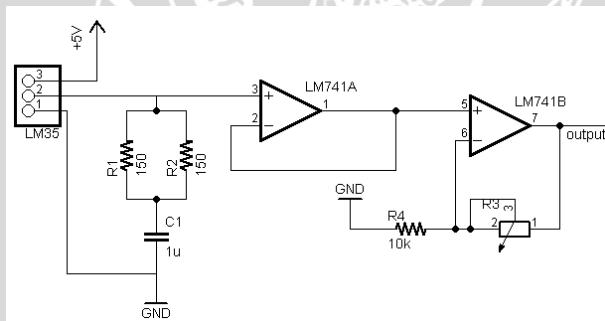
Gambar 4. 4 Rangkaian Sensor Suhu

Agar dapat diproses dengan baik oleh ADC mikrokontroler, tegangan keluaran dari sensor suhu sebesar 10 mV/°C harus menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal. Rangkaian pengkondisi sinyal digambarkan secara garis besar dalam Gambar 4.7.



Gambar 4. 5 Bagan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu

Rangkaian pengkondisi sinyal dari sensor suhu ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4. 6 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu

Tegangan keluaran sensor suhu kemudian dikuatkan oleh rangkaian penguat *non-inverter* dengan *operational-amplifier* jenis LM741. Karena ADC mikrokontroler mampu memproses tegangan analog sampai 5V, maka besar penguatan yang dibutuhkan adalah

$$A_F = \frac{5V}{1 - 0} = 5$$



Penguatan sebesar lima kali didapatkan dengan mengatur resistansi geser R_3 sehingga bernilai $40\text{ k}\Omega$. Perhitungan nilai resistansi pada rangkaian penguat adalah sebagai berikut

$$V_{in} = V_{umpang\ balik} = \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) \times V_{out}$$

$$R_3 = \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} - 1\right) \times (R_4)$$

$$= \left(\frac{5}{1} - 1\right) \times 10k$$

$$= 40\text{ k}\Omega$$

Sesuai dengan *datasheet*, tiap perubahan 10 mV mewakili perubahan suhu sebesar 1°C . Sehingga sensitivitas output sensor adalah sebesar $0,01\text{ V}^\circ\text{C}$.

Output sensor akan dihubungkan dengan rangkaian peng kondisi sinyal yang akan menguatkan output sensor sebesar lima kali, sehingga sensitivitas output sensor setelah melewati rangkaian peng kondisi sinyal adalah sebesar $0,05\text{ V}^\circ\text{C}$

Tingkat resolusi yang digunakan dalam ADC adalah sebagai berikut

$$Resolusi = \frac{V_{ref}}{2^8 - 1}$$

$$= \frac{5}{255}$$

$$= 0,0196\text{ V/bit}$$

Sehingga setiap perubahan setiap 1 bit ADC mewakili perubahan sebesar $0,392^\circ\text{C}$. Resolusi pengukuran berdasarkan karakteristik alat adalah sebagai berikut

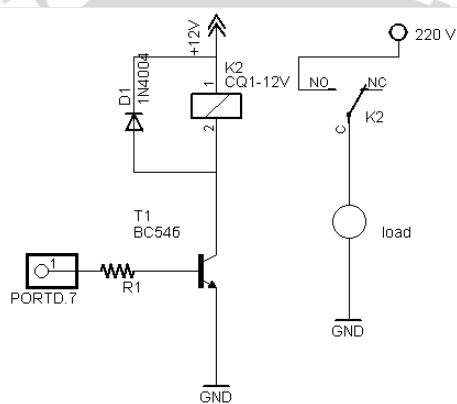
$$Sensitivitas = \frac{0,0196\text{ V/bit}}{0,05\text{ V/}^\circ\text{C}}$$

$$= 0,392^\circ\text{C/bit}$$



4.3.3 Rangkaian Driver Relay

Rangkaian driver relay digunakan untuk mengaktifkan relay dari sinyal yang diberikan oleh mikroprosesor. Rangkaian ini dibutuhkan untuk mencukupi arus yang dibutuhkan oleh relay. Dalam penelitian ini, pemanas hidup jika port D. mikrokontroller berlogika 1 dan pemanas akan mati jika port D berlogika 0. Driver relay berupa transistor NPN yang digunakan sebagai saklar untuk menghidup-matikan pemanas. Tegangan yang dihasilkan oleh basis transistor akan mengaktifkan relay ,sebaliknya tidak adanya tegangan pada basis akan mengakibatkan relay mengalami kondisi off sehingga relay tidak aktif. Rangkaian driver relay ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4. 7 Rangkaian Driver Relay

Rangkaian driver relay digunakan untuk mengaktifkan pemanas dan mematikan pemanas. Relay dirancang dengan posisi *normally-open* sehingga relay akan aktif jika mikrokontroler berlogika 1 dan mati jika berlogika 0.

Driver pada port D mikrokontroler memberikan sinyal logika tinggi. Sesuai *datasheet* ATmega8535, logika tinggi port D mengasilkan tegangan minimal 4,2 volt dan arus keluaran 20 mA. Relay yang digunakan merupakan relay jenis *single coil* 12V.

Nilai hambatan kumparan relay yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$R_{\text{relay}} = 408 \Omega$$

Untuk rangkaian driver relay, perhitungan R_2 adalah sebagai berikut:

$$V_{OH} = 4.2V$$

$$I_{OH} = 20mA$$

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C \cdot R_{relay}$$

$$R_{internal\ relay} = 408\ \Omega$$

Kondisi relay aktif adalah saat $V_{CE\ sat} \neq 0$

Dari datasheet BC546, $V_{CE\ sat\ max} = 0,25V$, sehingga:

$$I_C\ sat = \frac{V_{CC} - V_{CE\ sat\ max}}{R_{relay}}$$

$$I_C\ sat = \frac{12 - 0.25}{408}$$

$$I_C\ sat = 28,799mA$$

Oleh karena itu I_C yang digunakan harus $> 28,799\ mA$

$$I_C\ max = 100mA$$

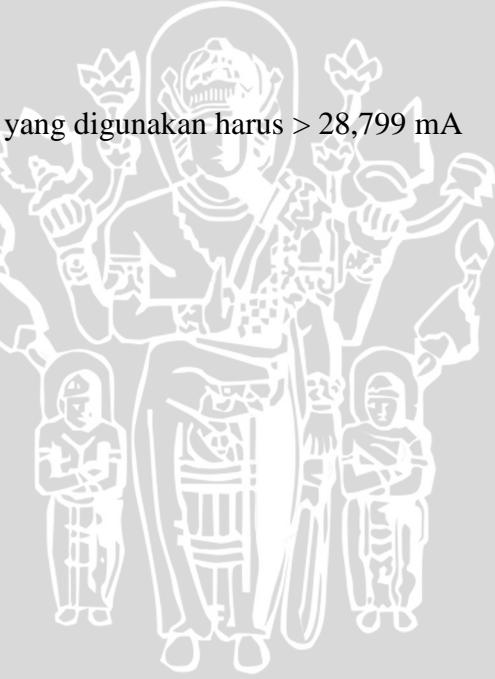
$$\beta = 180$$

Sehingga I_B :

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_{min}}$$

$$I_B = \frac{28,799mA}{180}$$

$$I_B = 0.1599mA$$



Tegangan $V_{OH\ min}$ dari mikrokontroler = 4.2V, maka besar R_B adalah:

$$V_{OH\ min} = I_B \times R_B + V_{BE\ sat\ max}$$

$$R_B = \frac{V_{OH\ min} - V_{BE\ sat\ max}}{I_B}$$

$$R_B = \frac{4.2 - 0.7}{0.1599 \times 10^{-3}}$$

$$R_B = 21.88\ k\Omega$$



Karena nilai tahanan tersebut tidak ada dipasaran, maka diambil nilai terdekat yang lebih kecil dari nilai tertera. Nilai tahanan yang dipakai yaitu sebesar $20\text{k}\Omega$. Perhitungan I_B sebagai berikut:

$$R_B = \frac{V_{OH} \text{ min} - V_{BE} \text{ sat max}}{I_B}$$

$$I_B = \frac{V_{OH} \text{ min} - V_{BE} \text{ sat max}}{R_B}$$

$$I_B = \frac{4.2 - 0.7}{20 \times 10^3}$$

$$I_B = 0.175 \text{ mA}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$I_C = I_B \times \beta$$

$$I_C = 0.175 \times 10^{-3} \times 180$$

$$I_C = 31.5 \text{ mA}$$

Nilai tersebut sudah memenuhi nilai minimum untuk arus I_C saturasi. Dengan nilai I_C yang diatur lebih kecil dari I_C max, diharapkan dapat menjaga agar transistor tidak cepat rusak karena bekerja pada keadaan maksimal. Dengan demikian nilai R_B dapat dipakai dalam rangkaian driver saat keadaan saturasi (relay aktif).

Analisis menggunakan datasheet akan membuktikan apakah saat masukan driver relay diberi logika rendah (logika 0) relay menjadi tidak aktif.

$$V_{OL} \text{ max} = 0.5V$$

$$I_{OH} = 20mA$$

$$V_{BE} \text{ on min} = 0.55V$$

Dikarenakan $V_{OL} \text{ max} < V_{BE} \text{ on min}$, maka transistor tidak aktif. Dengan demikian didapatkan arus pada kolektor:

$$I_C = I_B \times \beta$$

$$I_C = 0 \times 180$$

$$I_C = 0A$$



Saat kondisi *cut-off* dengan V_{CE} maksimum dan $I_C=0A$, maka transistor menyerupai rangkaian terbuka yang menyebabkan relay tidak aktif. Dengan demikian terbukti bahwa ketika masukan diberi logika 0, relay tidak aktif.

4.3.4 Pengaturan Konsentrasi Partikel dengan Output Sensor Partikel

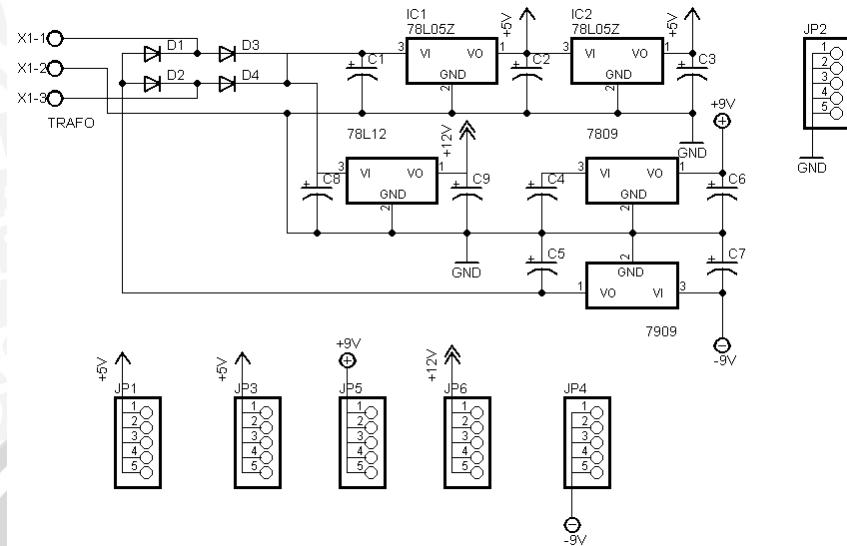
Penentuan batas-batas tingkat pencemaran didasarkan pada Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) yang diperoleh dari surat keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan nomor: KEP 107/KABAPEDAL/11/1997 tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara. Dalam surat keputusan tersebut diuraikan batas-batas standar untuk menentukan tingkat pencemar udara berdasarkan beberapa jenis bahan pencemar udara. Bahan-bahan pencemar yang disebutkan dalam surat tersebut adalah benda partikulat (*Particulate Matter/PM10*), Sulfur Dioksida (SO_2), Carbon Monoksida (CO), Ozon (O_3), dan Nitrogen Doiksida (NO_2). Sensor partikel yang dibuat dalam tugas akhir ini dipakai untuk mendeteksi bahan pencemar jenis *Particulate Matter/PM10*. Batas-batas ISPU dalam bentuk grafik ditunjukkan dalam Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Pembagian Kategori Indeks Standart Pencemaran Udara

No	Kategori	PM10 ($\mu g/m^3$)	Warna
1	Baik	0 - 50	Hijau
2	Sedang	50 – 150	Biru
3	Tidak Sehat	150 - 350	Kuning
4	Sangat Tidak Sehat	350 - 420	Merah
5	Berbahaya	420 - 600	Hitam

4.3.5 Perancangan Rangkaian Catu Daya

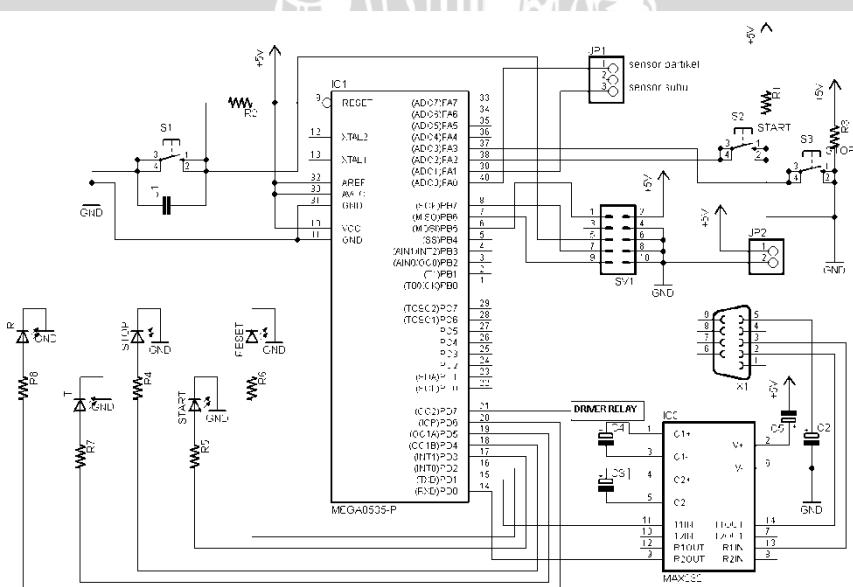
Perancangan rangkaian catu daya disesuaikan dengan kebutuhan tegangan rangkaian. Tegangan simetris ± 9 volt digunakan untuk catu op-amp pada rangkaian pengkondisi sinyal diregulasi dengan IC regulator 7809 dan 7909. Tegangan 5 volt yang digunakan untuk catu rangkaian mikrokontroler diregulasi IC regulator 7805. Sedangkan tegangan 12 volt digunakan untuk catu rangkaian pemanas. Rangkaian catu daya ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



Gambar 4.8 Rangkaian Catu Daya

4.3.6 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler ATMega8535 dan Perancangan Komunikasi Serial RS232

Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler ATMega8535. Fitur ADC internal yang ada pada mikrokontroler digunakan untuk mengolah data hasil pembacaan sensor dan juga fitur USART untuk mengirim hasil pengolahan data ADC ke komputer. Rangkaian minimum dibentuk dengan menghubungkan pin-pin ATmega8535 pada rangkaian pendukung. Rangkaian mikrokontroler ATmega8535 ditunjukkan dalam Gambar 4.11.

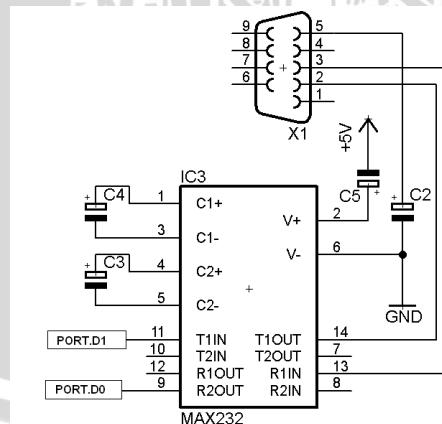


Gambar 4.9 Rangkaian Mikrokontroler

Mikrokontroler sebagai pengendali dan pengolah data yang didapat dari peripheral masukan. ATmega8535 memiliki 4 port yaitu port A, port B, port C, dan port D. Pembagian port-port pada mikrokontroler untuk sistem sensor partikel ini adalah sebagai berikut :

- PA.0 : dihubungkan dengan output rangkaian sensor partikel
- PA.1 : dihubungkan dengan output rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu
- PA.2 : dihubungkan dengan rangkaian untuk memberi sinyal START
- PA.3 : dihubungkan dengan rangkaian untuk memberi sinyal STOP
- RESET : masukan pengendali reset
- PD.0 dan PD.1 : dihubungkan ke IC MAX 232 untuk komunikasi serial
- PD.7 : dihubungkan dengan driver relay
- PD.2 – PD.6 : dihubungkan dengan rangkaian LED sebagai status sinyal operasi pada mikrokontroler

Rangkaian untuk komunikasi serial ditunjukkan dalam Gambar 4.12.



Gambar 4. 10 Rangkaian MAX 232

Output port PORTD.0 pada mikrokontroler dihubungkan pada port R2OUT (pin 9) pada IC MAX 232 sedangkan port PORTD.1 mikrokontroler dihubungkan pada port T1IN (pin 11) pada IC MAX 232. Nilai dari masing-



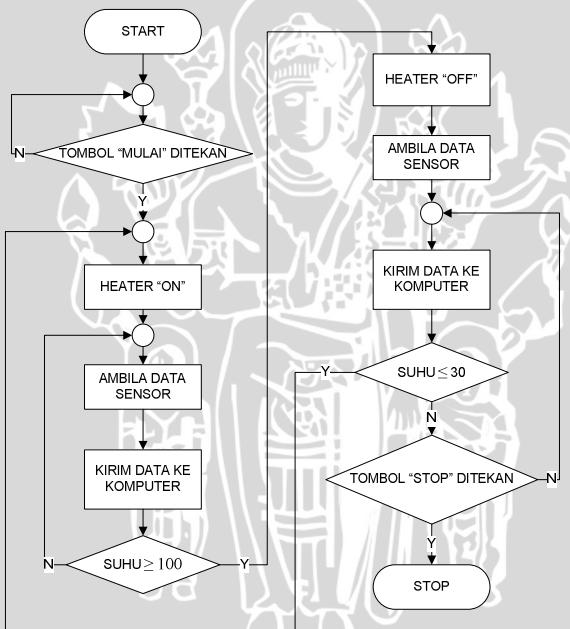
masing kapasitor C2, C3, C4, dan C5 pada rancangan sebesar $1\mu\text{F}$ sesuai dengan *datasheet*. Akhir proses dari IC MAX 232 adalah pada port DB9 female yang kemudian data akan disambung ke komputer.

4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dibagi dua yaitu perangkat lunak untuk program mikrokontroler ATMega8535 yang disusun menggunakan bahasa pemrograman C dan program untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor ke layar komputer menggunakan program Borland Delphi.

4.4.1 Program Mikrokontroler

Program utama disusun sebagai program yang pertama kali diproses oleh mikrokontroler. *Flowchart* program utama ditunjukkan dalam Gambar 4.13.



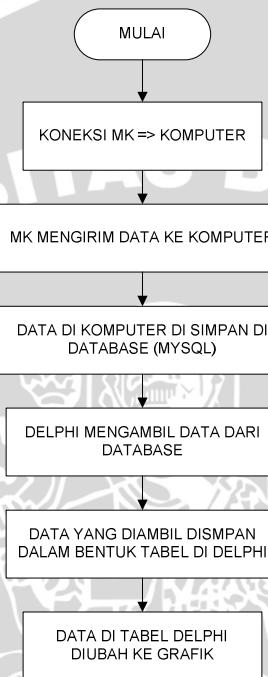
Gambar 4. 11 Flowchart Program Utama Mikrokontroler

Program utama pada mikrokontroler akan mulai dijalankan saat ada instruksi dari komputer. Output dari ADC1 dan ADC2 diambil dengan siklus setiap 0,1 detik sekali dan tiap 1 detik rata-rata output dari masing-masing ADC akan dikirim ke komputer melalui komunikasi serial RS 232.



4.4.2 Program Utama Pada Komputer

Program pada komputer disusun agar komputer dapat menampilkan data hasil pengolahan mikrokontroler. Langkah yang dilakukan mulai dari pengambilan data dari serial hingga menyimpan data yang sudah ditampilkan pada komputer. Flowchart program pada komputer ditunjukkan dalam Gambar 4.14.



Gambar 4.12 Flowchart Program Delphi



BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini akan membahas pengujian dan analisis alat yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan pengukuran tiap-tiap blok dan pengujian sistem secara keseluruhan dari sistem sensor partikel udara dengan tujuan mengamati apakah tiap blok-blok dan sistem keseluruhan dapat bekerja sesuai yang diharapkan.

Pengujian dilakukan pada masing-masing komponen melalui pemeriksaan sambungan dan pengukuran dengan alat-alat ukur. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian sistem secara keseluruhan.

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian masing-masing blok diagram sebagai berikut:

- 1) Pengujian Rangkaian Catu Daya
- 2) Hasil Kalibrasi Sensor Partikel
- 3) Pengujian Sensor Partikel
- 4) Pengujian Sensor Suhu
- 5) Pengujian Rangkaian Mikrokontroler Atmega8535
- 6) Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu
- 7) Pengujian Rangkaian Driver Relay
- 8) Pengujian Komunikasi Serial
- 9) Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

5.1 Pengujian Rangkaian Catu Daya

5.1.1 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian rangkaian catu daya adalah untuk menganalisis apakah catu daya dapat memberikan tegangan yang sesuai. Keluaran dari trafo akan akna dibagi menjadi empat macam tegangan keluaran yaitu 12 volt, + 9 volt, - 9 volt, dan +5 volt.

5.1.2 Peralatan Pengujian

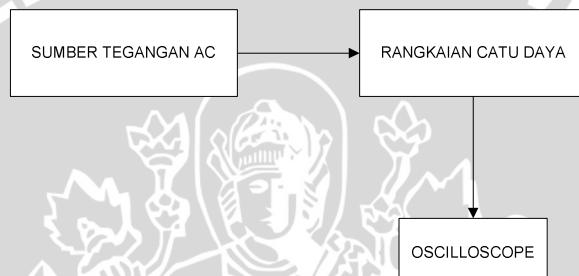
Peralatan yang digunakan untuk pengujian rangkaian catu daya adalah sebagai berikut:

- 1) Rangkaian catu daya
- 2) Oscilloscope

5.1.3 Prosedur Pengujian

Dalam melakukan proses pengujian rangkaian catu daya, tahap-tahap yang dilakukan adalah sebagai berikut:

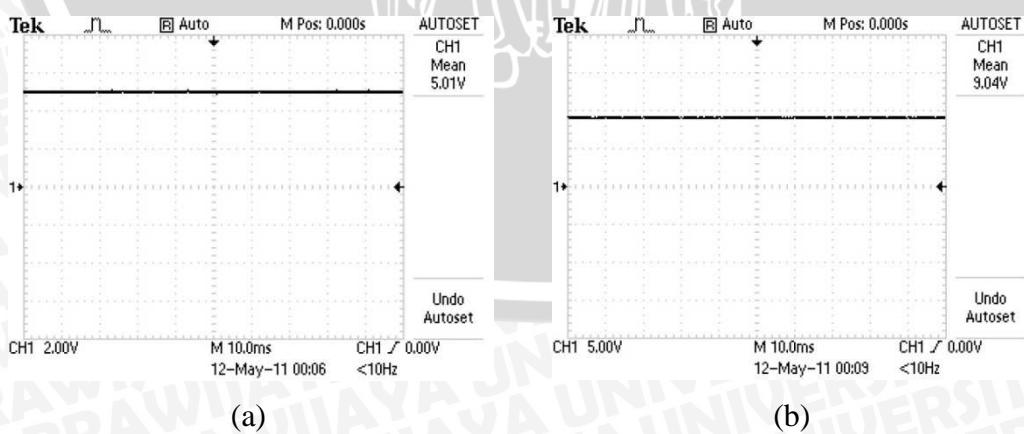
- 1) Merangkai rangkaian pengujian seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.1.
- 2) Memberi tegangan masukan pada rangkaian catu daya berupa tegangan AC sebesar 220 volt.
- 3) Menghubungkan output dari rangkaian catu daya pada oscilloscope.
- 4) Mengamati tegangan output rangkaian catu daya pada oscilloscope.

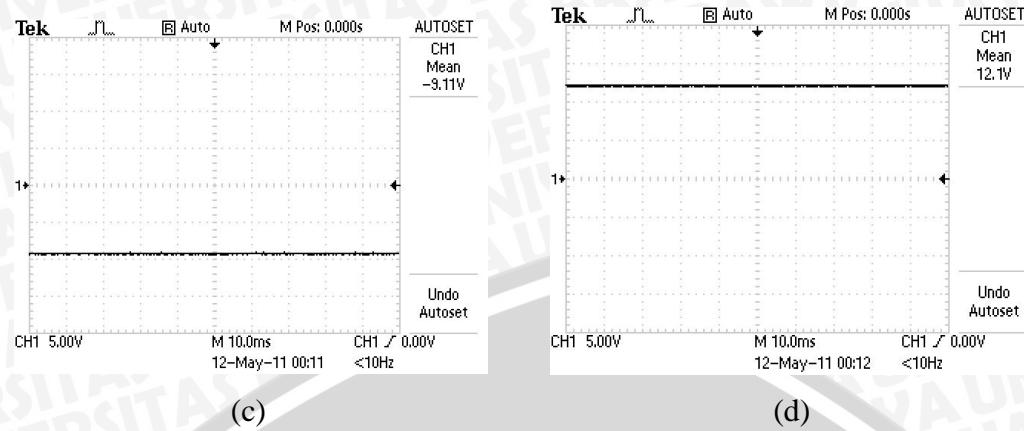


Gambar 5. 1 Diagram Blok Pengujian Rangkaian Catu Daya

5.1.4 Data Pengujian

Dari pengujian rangkaian catu daya, diperoleh informasi bahwa rangkaian catu daya bekerja dengan baik dengan besar penyimpangan rata-rata sebesar . Data pengujian rangkaian catu daya dapat dilihat dalam Gambar 5.2.





Gambar 5. 2 Data Pengujian Rangkaian Catu Daya

- (a) Catu Daya 5 volt
- (b) Catu Daya +9 volt
- (c) Catu Daya -9 volt
- (d) Catu Daya 12 volt

5.1.5 Analisa Hasil Pengujian

Dari Gambar 5.2 didapatkan tegangan output rangkaian catu daya yang ditunjukkan oleh oscilloscope. Untuk catu daya 5 volt tegangan output yang dihasilkan rangkaian catu daya adalah sebesar 5,01 volt, untuk catu daya +9 volt tegangan output yang dihasilkan oleh rangkaian catu daya adalah sebesar +9,04 volt, untuk catu daya -9 volt tegangan output rangkaian catu daya adalah sebesar -9,11 volt, dan untuk catu daya 12 volt tegangan output rangkaian catu daya adalah sebesar 12,1 volt.

5.2 Kalibrasi Sensor Partikel

5.2.1 Tujuan

Tujuan dari kalibrasi sensor partikel adalah untuk mengetahui apakah sensor partikel yang dibuat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan alat ukur partikel yang sebenarnya.

5.2.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam proses kalibrasi sensor partikel adalah sebagai berikut:

- 1) Sensor partikel
- 2) Catu daya 5 volt
- 3) Multimeter

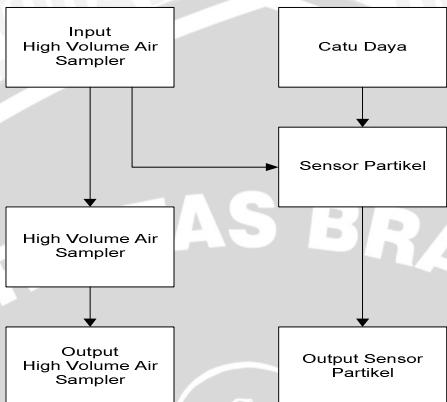


- 4) High Volume Air Sampler

5.2.3 Prosedur Pengujian

Dalam melakukan proses kalibrasi sensor partikel, tahap-tahap yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai peralatan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Diagram Blok Kalibrasi Sensor

- 2) Memberi tegangan pada sensor partikel
- 3) Memberikan input pada High Volume Air Sampler
- 4) Mengamati output dari High Volume Air Sampler dan sensor partikel
- 5) Melakukan analisis terhadap output dari High Volume Air Sampler dan sensor partikel

5.2.4 Data Pengujian

Data dari proses kalibrasi sensor partikel ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Hasil Kalibrasi Sensor Partikel

No.	Output High Volume Air Sampler ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Output Sensor Partikel (volt)
1	0	0
2	40	0.435
3	80	0.56
4	100	0.945
5	120	1.101
6	150	1.265
7	180	1.597
8	200	1.717
9	220	1.975
10	260	2.287



5.2.5 Analisa Hasil Pengujian

Pada rancangan, output sensor partikel mempunyai range 0,39 volt - 4,78 volt akan diproses melalui ADC mikrokontroler dengan resolusi 8 bit, resolusi ADC 8 bit akan mempunyai resolusi pengukuran sebesar 0,0196 volt/bit

$$\begin{aligned} \text{Resolusi} &= \frac{V_{ref}}{2^8 - 1} \\ &= \frac{5 \text{ volt}}{255} \\ &= 0,0196 \text{ V/bit} \end{aligned}$$

Jadi perubahan setiap 1 bit ADC akan bernilai 2,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ output High Volume Air Sampler dan 0,0196 volt output sensor partikel.

Jika data yang diketahui adalah output High Volume Air Sampler dengan satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$, maka untuk merubah nilai tersebut menjadi nilai ADC dapat dilakukan melalui persamaan

$$\text{NilaiADC} = \frac{O_H}{600} \times 255$$

dan untuk merubah nilai ADC menjadi nilai tegangan sensor sesuai perhitungan maka dapat dilakukan melalui persamaan

$$O_S = \text{Nilai}_{ADC} \times 0,0196$$

dimana :

O_S = output sensor partikel (volt)

O_H = output High Volume Air Sampler ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

NilaiADC = nilai decimal dari output ADC

sehingga, hasil kalibrasi sensor partikel ditunjukkan dalam Tabel 5.2 dan Gambar 5.4.

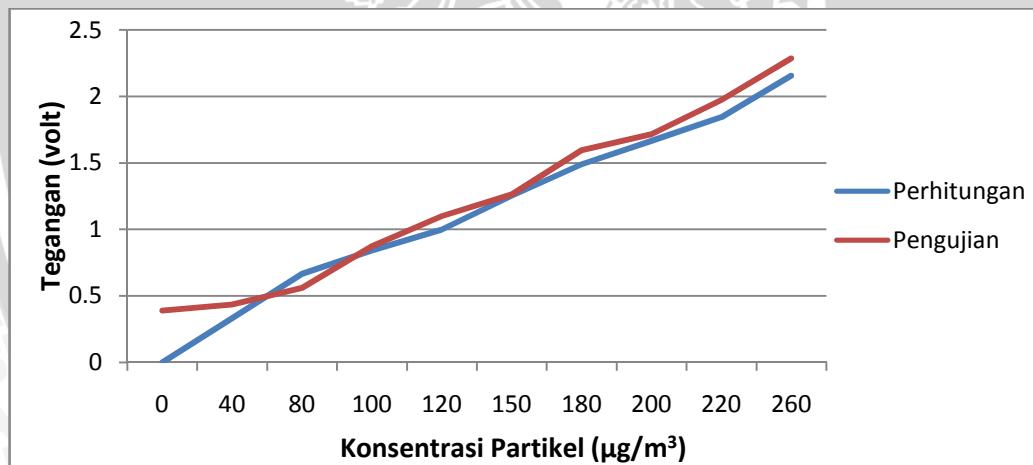
Sesuai dengan kedua persamaan di atas dan melihat output minimum dan maksimum dari sensor partikel, maka dapat diketahui konsentrasi partikel minimum dan konsentrasi maksimum yang dapat dibaca sensor adalah 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 576,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Tabel 5. 2

Konversi Nilai Konsentrasi Partikel ke Tegangan

No.	Output <i>High Volume Air Sampler (µg/m³)</i>	Konversi	Konversi	Output Sensor Partikel (volt)	Percentase Kesalahan (%)
		Nilai ADC <i>Output High Volume Air Sampler</i>	Nilai ADC ke Nilai Tegangan (volt)		
1	0	0	0	0	0
2	40	17	0.332	0.435	31.0241
3	80	34	0.6664	0.56	15.9664
4	100	43	0.8428	0.945	3.7019
5	120	51	0.9996	1.101	10.1441
6	150	64	1.2544	1.265	0.8450
7	180	76	1.4896	1.597	7.2100
8	200	85	1.666	1.717	3.0612
9	220	94	1.8424	1.975	7.1971
10	260	110	2.156	2.287	6.0761
Rata-Rata Kesalahan					5.3293



Gambar 5. 4

Grafik Hasil Kalibrasi Sensor Partikel

Dari Tabel 5.2 didapatkan data yang menunjukkan hasil kalibrasi sensor partikel terhadap perubahan konsentrasi asap. Persentase kesalahan dari pengujian terhadap nilai yang diinginkan adalah:

$$\text{Penyimpangan}(\%) = \left| \frac{V_{out}(\text{pengukuran}) - V_{out}(\text{perhitungan})}{V_{out}(\text{perhitungan})} \right| \times 100\%$$

Sedangkan nilai penyimpangan rata-rata dari hasil pengukuran adalah:

$$\text{Penyimpangan rata - rata} = \frac{\text{Total penyimpangan}}{10} = \frac{53,29 \%}{10} = 5,329 \%$$

Penyimpangan terjadi karena

- 1) Multimeter tidak presisi dapat menyebabkan kesalahan dalam pembacaan keluaran sensor.
- 2) Sensor kurang sensitif ketika mengindera partikel dengan jumlah rendah.

5.3 Pengujian Sensor Partikel

5.3.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian sensor partikel adalah untuk mengetahui apakah sensor partikel dapat bekerja dengan baik, dapat mengindera partikel yang melintasi, serta dapat menghasilkan tegangan keluaran yang sesuai melalui sinyal status sensor partikel.

5.3.2 Peralatan Pengujian

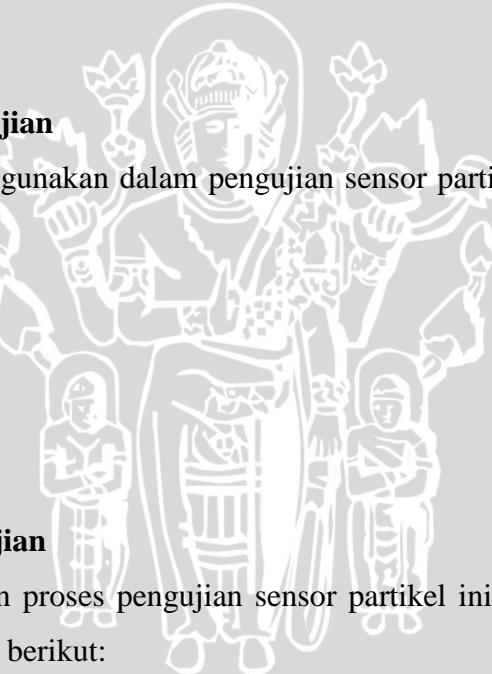
Peralatan yang digunakan dalam pengujian sensor partikel adalah sebagai berikut:

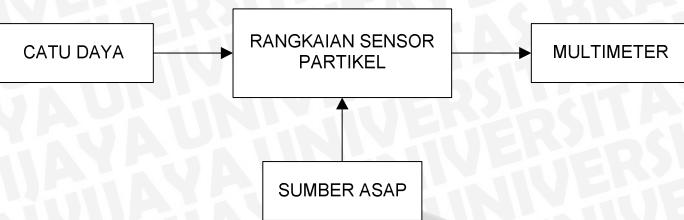
- 1) Sensor partikel
- 2) Catu daya 5V
- 3) Sumber asap
- 4) Multimeter 1 buah

5.3.3 Prosedur Pengujian

Dalam melakukan proses pengujian sensor partikel ini, tahap-tahap yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai rangkaian penguji seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.5.
- 2) Memberi tegangan masukan pada sensor magnet sebesar 5V.
- 3) Memberikan asap pada rangkaian sensor partikel melalui sumber asap agar rangkaian sensor partikel dapat bekerja.
- 4) Mengamati periode sinyal output dari rangkaian sensor partikel saat dilewatkan partikel. Partikel dilewatkan dengan memberikan dua macam asap agar melewati sensor partikel, asap yang berwarna hitam dan asap yang berwarna putih.





Gambar 5. 5 Diagram Blok Pengujian Sensor Partikel

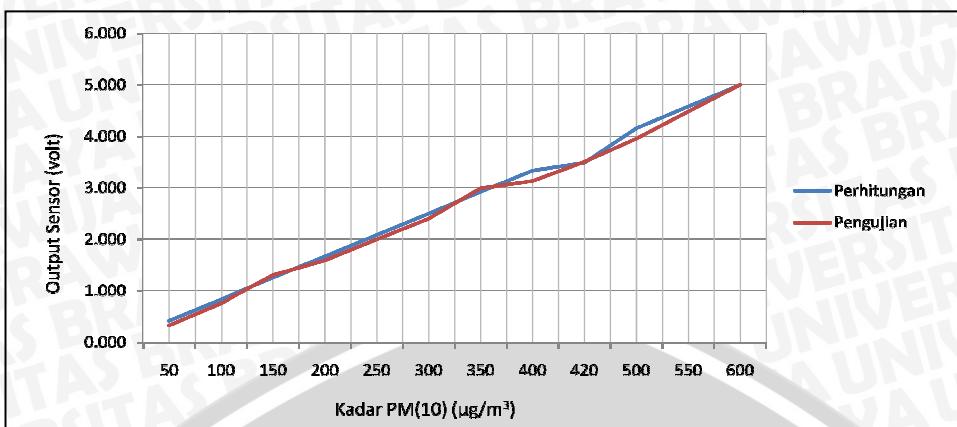
5.3.4 Data Pengujian

Dari pengujian sensor partikel, diperoleh informasi bahwa sensor partikel bekerja dengan baik dengan menghasilkan sinyal output. Kadar PM(10) dapat diketahui melalui Persamaan (2.1). Data pengujian sensor partikel ketika mengindera sejumlah asap dengan volume yang berbeda ditunjukkan dalam Gambar 5.6 dan Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Data Hasil Pengujian Sensor Partikel

Kadar PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Output Sensor (volt)		Persentase Kesalahan (%)
	Pengujian	Perhitungan	
50	0.390	0.320	21,88
100	0.833	0.756	10,19
150	1.254	1.300	3,54
200	1.666	1.583	5,24
250	2.082	1.995	4,18
300	2.499	2.399	4,17
350	2.920	2.990	2,34
400	3.332	3.128	6,52
420	3.489	3.500	1,47
500	4.155	3.955	4,01
550	4.581	4.479	6,70
600	4.998	5.000	4,40
Rata-rata Kesalahan			4,28





Gambar 5. 6 Grafik Hasil Pengujian Sensor Partikel

5.3.5 Analisa Hasil Pengujian

Dari Tabel 5.1 didapatkan data yang menunjukkan tegangan output sensor partikel terhadap perubahan konsentrasi asap. Persentase kesalahan dari pengujian terhadap nilai yang diinginkan adalah:

$$\text{Penyimpangan} (\%) = \left| \frac{V_{\text{out}} (\text{pengukuran}) - V_{\text{out}} (\text{perhitungan})}{V_{\text{out}} (\text{perhitungan})} \right| \times 100\%$$

Sedangkan nilai penyimpangan rata-rata dari hasil pengukuran adalah:

$$\text{Penyimpangan rata - rata} = \frac{\text{Total penyimpangan}}{6} = \frac{18,36 \%}{6} = 3,06 \%$$

Penyimpangan terjadi karena

- 1) Multimeter tidak presisi dapat menyebabkan kesalahan dalam pembacaan keluaran sensor.
- 2) Tahanan pada kabel mempengaruhi nilai tegangan yang seharusnya.

5.4 Pengujian Sensor Suhu

5.4.1 Tujuan Pengujian

Pengujian rangkaian sensor suhu adalah untuk mengetahui tingkat ketepatan sensor suhu LM35 dalam merespon perubahan pemanas, yaitu dengan cara mengukur tegangan keluarannya. Jika tanggapan sensor sesuai dengan *datasheet* maka sensor akan berubah 10mV untuk setiap perubahan 1°C.



5.4.2 Peralatan Pengujian

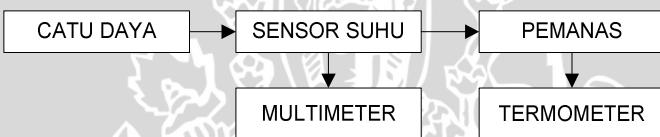
Peralatan yang digunakan dalam pengujian sensor suhu adalah sebagai berikut:

- 1) Sensor suhu.
- 2) Catu daya +5V.
- 3) Termometer air raksa.
- 4) Pemanas.
- 5) Multimeter

5.4.3 Prosedur Pengujian

Dalam melakukan proses pengujian sensor magnet ini, tahap-tahap yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Alat dirangkai seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Diagram Blok Pengujian Sensor Suhu

- 2) Sensor dihubungkan dengan catu daya +5 volt.
- 3) Sensor suhu dan termometer air raksa diletakkan pada tempat yang sama untuk mengukur suhu dari pemanas.
- 4) Pengontrolan suhu menggunakan termometer air raksa.
- 5) Tegangan keluaran sensor diukur menggunakan multimeter, setiap kenaikan tegangan keluaran setara dengan $10\text{mV}^{\circ}\text{C}$.
- 6) Pengukuran suhu dimulai dari suhu kamar 27°C hingga 100°C . Kenaikan suhu diatur dengan menyalaikan pemanas.

5.4.4 Data Pengujian

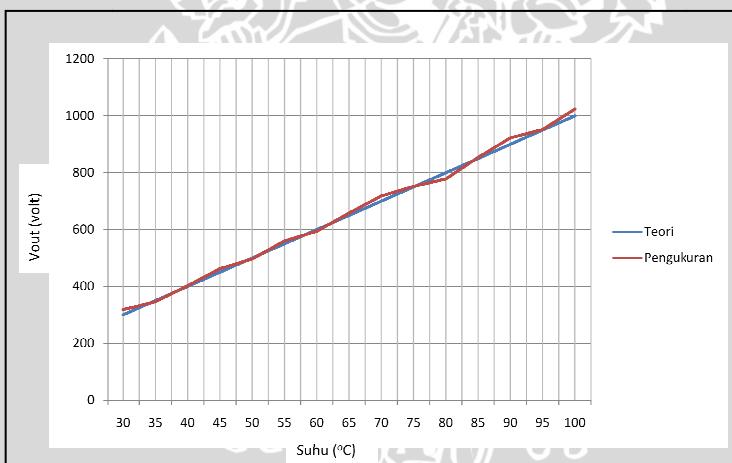
Pengujian rangkaian sensor suhu dilakukan sesuai prosedur yang telah ditentukan. Data pengujian rangkaian catu daya ditunjukkan dalam Gambar 5.8 dan Tabel 5.4.



Tabel 5. 4

Data Hasil Pengujian Sensor Suhu

No	Suhu (°C)	V _{out} Sensor		Penyimpangan (%)
		Teori (mV)	Pengukuran (mV)	
1	30	300	318	6.00
2	35	350	346	1.14
3	40	400	402	0.50
4	45	450	462	2.67
5	50	500	496	0.80
6	55	550	560	1.82
7	60	600	594	1.00
8	65	650	658	1.23
9	70	700	718	2.57
10	75	750	752	0.27
11	80	800	778	2.75
12	85	850	854	0.47
13	90	900	922	2.44
14	95	950	952	0.21
15	100	1000	1024	2.40
Rata-rata penyimpangan (%)				0.99



Gambar 5. 8

Grafik Hasil Pengujian Sensor Suhu

5.4.5 Analisa Hasil Pengujian

Dari Tabel 5.4 didapatkan data yang menunjukkan tegangan output sensor terhadap perubahan suhu yang ditunjukkan oleh termometer. Persentase kesalahan dari pengujian terhadap nilai yang diinginkan adalah:

$$\text{Penyimpangan}(\%) = \left| \frac{V_{\text{out}} (\text{pengukuran}) - V_{\text{out}} (\text{teori})}{V_{\text{out}} (\text{teori})} \right| \times 100\%$$

Sedangkan nilai penyimpangan rata-rata dari hasil pengukuran adalah:

$$\text{Penyimpangan rata - rata} = \frac{\text{Total penyimpangan}}{15} = \frac{14,85 \%}{15} = 0,99 \%$$



$$\text{Penyimpangan rata - rata} = \frac{\text{Total penyimpangan}}{15} = \frac{14,85 \%}{15} = 0,99 \%$$

Penyimpangan terjadi karena

- 1) Terjadi *self-heating* pada sensor suhu sehingga suhu yang terbaca menjadi lebih besar dari suhu sebenarnya
- 2) Multimeter tidak presisi dapat menyebabkan kesalahan dalam pembacaan keluaran sensor
- 3) Kesalahan paralaks saat membaca termometer air raksa sehingga terjadi kesalahan dalam membaca suhu yang sebenarnya

5.5 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATMega8535

5.5.1 Tujuan Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian mikrokontroler ATMega8535 dapat berfungsi dengan baik dan dapat menjalankan program yang diberikan

5.5.2 Peralatan Pengujian

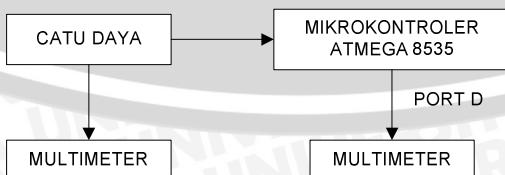
Peralatan yang digunakan untuk pengujian rangkaian mikrokontroler ATMega8535 adalah sebagai berikut

- 1) Minimum sistem mikrokontroler ATMega8535
- 2) Catu daya +5 volt
- 3) Multimeter

5.5.3 Prosedur Pengujian

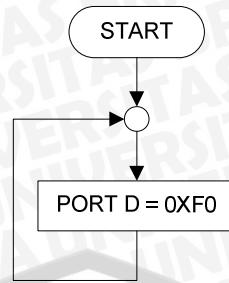
Prosedur yang dilakukan untuk menguji rangkaian mikrokontroler ATMega8535 adalah sebagai berikut :

- 1) Merangkai rangkaian seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler ATMega 8535

- 2) Memasukkan program input dan output sederhana ke dalam mikrokontroler ATMega8535 seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.10.

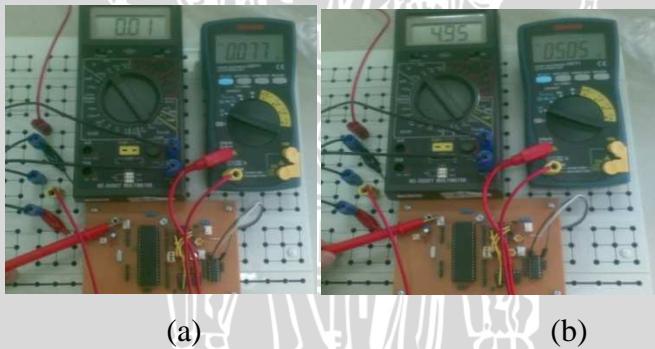


Gambar 5. 10 Flowchart Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATMega 8535

- 3) Memberi catu daya +5 volt pada minimum sistem mikrokontroler ATMega8535.
- 4) Mengamati tegangan input dan output mikrokontroler dengan menggunakan multimeter sesua dengan program input dan output yang telah dimasukkan dalam mikrokontroler ATMega 8535.

5.5.4 Data Pengujian

Pengujian rangkaian mikrokontroler ATMega 8535 dilakukan sesuai prosedur yang telah ditentukan. Data dari pengujian rangkaian ini ditunjukkan dalam Gambar 5.11 dan Tabel 5.5.



Gambar 5. 11 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATMega 8535

- (a) Pengujian saat mikrokontroler tidak diberi masukan
- (b) Pengujian saat mikrokontroler diiberi masukan



Tabel 5. 5

Data Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATMega 8535

Data ke	Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)	Logika Keluaran
1	4,95	5,05	1
2	4,95	5,07	1
3	4,95	5,05	1
4	4,95	5,05	1
5	4,95	5,05	1
1	0,01	0,077	0
2	0,01	0,077	0
3	0,01	0,073	0
4	0,01	0,077	0
5	0,01	0,077	0

5.5.5 Analisa Data Pengujian

Pada pengujian rangkaian mikrokontroler ATMega 8535, dari data yang diperoleh hasil pengamatan tegangan keluaran mikrokontroler menunjukkan bahwa tegangan keluaran dari mikrokontroler akan berubah dengan nilai $\pm 0V$ dan $\pm 5V$ sesuai dengan logika output yang diberikan.

Dari Tabel 5.3 didapatkan rentang keluaran rangkaian mikrokontroler sebagai berikut

- 1) Rentang tegangan output rangkaian saat diberi logika 1 adalah 5,05 volt - 5,07 volt.
- 2) Rentang tegangan output rangkaian saat tidak diberi logika 0 adalah 0,073 volt – 0,077 volt.

5.6 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu

5.6.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu adalah untuk mengetahui kerja dari rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu dengan membandingkan hasil pengamatan terhadap hasil perhitungan berdasarkan perubahan masukan. Rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu bekerja dengan baik jika menghasilkan penguatan sebesar 5 kali.

5.6.2 Peralatan Pengujian

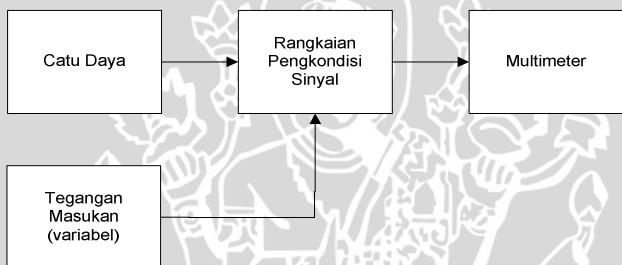
Peralatan yang digunakan dalam pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu adalah sebagai berikut:

- 1) Catu Daya +9 volt dan -9 volt.
- 2) Rangkaian pengkondisi sinyal sinyal sensor suhu.
- 3) Sumber tegangan
- 4) Potensiometer.
- 5) Multimeter sebanyak 2 buah.

5.6.3 Prosedur Pengujian

Prosedur yang dilakukan dalam menguji rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu adalah sebagai berikut:

- 1) Alat dirangkai seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.12.



Gambar 5. 12 Blok Diagram Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu

- 2) Memberikan catu daya simetris ± 9 volt pada rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu.
- 3) Memberikan tegangan masukan yang dihasilkan dengan mengatur tegangan variabel (potensiometer).
- 4) Mengamati tegangan keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu menggunakan multimeter.

5.6.4 Data Pengujian

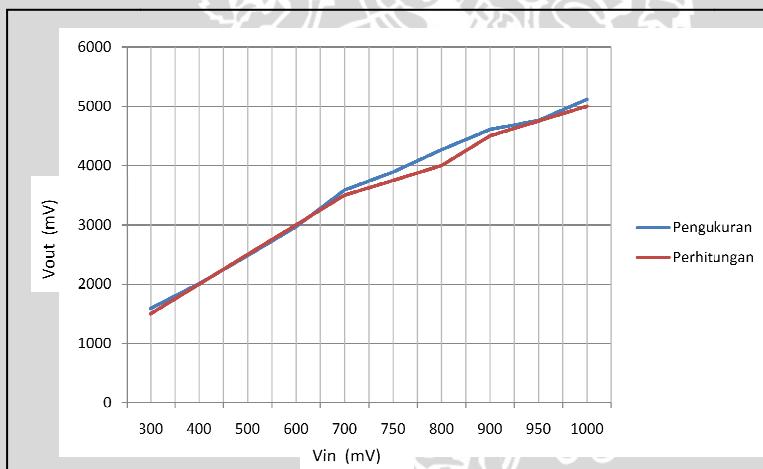
Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu ditunjukkan dalam Tabel 5.6 dan Gambar 5.13.



Tabel 5. 6

Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu

Data ke	Tegangan masukan(mV)	Tegangan keluaran (mV)		Penguatan	Penyimpangan (%)
		Pengukuran	Perhitungan		
1	300	1590	1500	5,3000	1,0600
2	400	2010	2000	5,0250	1,0050
3	500	2480	2500	4,9600	0,9920
4	600	2970	3000	4,9500	0,9900
5	700	3590	3500	5,1285	1,0257
6	750	3890	3750	5,0133	1,0026
7	800	4270	4000	4,8625	0,9725
8	900	4610	4500	5,1222	1,0244
9	950	4760	4750	5,0105	1,0021
10	1000	5120	5000	5,1200	1,0240
Rata-rata				5,0492	1,0098



Gambar 5. 13 Grafik Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu

5.6.5 Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan data pengujian rangkaian sensor suhu dalam Tabel 5.4 dapat disimpulkan bahwa rangkaian penguat sensor suhu bekerja dengan baik. Rangkaian penguat sensor suhu dapat menguatkan sebesar penguatan yang direncanakan, yaitu sebesar 5 kali.

Nilai penguatan pengukuran didapat dari:

$$\text{Penguatan} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

Nilai penguatan rata-rata didapat dari:

$$\begin{aligned}\text{Penguatan rata - rata} &= \left| \frac{\text{Total penguatan}}{10} \right| \\ &= \frac{50.4921}{10} \\ &= 5.0492\end{aligned}$$

Nilai penyimpangan didapat dari:

$$\text{Penyimpangan} (\%) = \left| \frac{V_{out} (\text{perhitungan}) - V_{out} (\text{pengukuran})}{V_{out} (\text{perhitungan})} \right| \times 100\%$$

Nilai penyimpangan rata-rata didapat dari:

$$\begin{aligned}\text{Penyimpangan rata - rata} &= \frac{\text{Total penyimpangan}}{10} \\ &= \frac{10.0984}{10} \\ &= 1,0098\end{aligned}$$

Penyimpangan dapat terjadi disebabkan oleh:

- 1) Multimeter yang tidak presisi dalam membaca perubahan tegangan sehingga dapat terjadi kesalahan pembacaan.
- 2) Kesalahan dalam menghasilkan nilai hambatan pada variabel resistor dapat menyebabkan pergeseran nilai penguatan.

5.7 Pengujian Rangkaian Driver Relay

5.7.1 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian driver relay ini adalah untuk mengetahui apakah rangkaian driver relay dapat bekerja dengan baik. Rangkaian bekerja dengan baik jika relay aktif saat diberi logika 1 dari mikrokontroler, sebaliknya relay tidak aktif jika diberi logika 0. Pada pengujian ini akan diketahui status relay saat menerima logika keluaran dari port mikrokontroler apakah akan sesuai yang diharapkan atau tidak.



5.7.2 Peralatan Pengujian

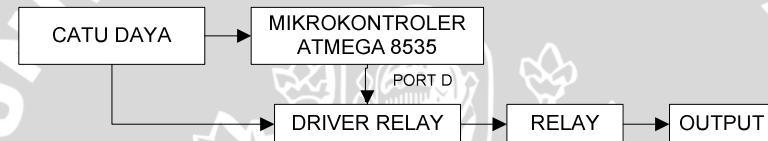
Peralatan yang digunakan dalam pengujian rangkaian driver relay adalah

- 1) Rangkaian driver relay
- 2) Minimum sistem ATMega 8535
- 3) Relay pemanas
- 4) Lampu pijar
- 5) Catu daya +5 V, +12 V, dan 50V

5.7.3 Prosedur Pengujian

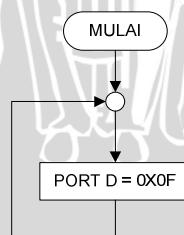
Prosedur pengujian dalam melakukan pengujian rangkaian driver relay adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai rangkaian pengujian seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.14.



Gambar 5. 14 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Driver Relay

- 2) Memberikan catu daya pada minimum sistem ATMega 8535 dan rangkaian driver relay
- 3) Memberikan program input dan output sederhana ke dalam mikrokontroler ATMega 8535 seperti yang ditunjukkan flowchart program dalam Gambar 5.15.



Gambar 5. 15 Flowchart Program Pengujian Rangkaian Driver Relay

- 4) Memberikan sinyal input dengan logika 1 dan logika 0 melalui port mikrokontroler
- 5) Mengamati status relay
- 6) Mengamati status output pada relay



5.7.4 Data Pengujian

Pengujian rangkaian driver relay dilakukan sesuai yang telah ditentukan.

Hasil pengujian rangkaian ditunjukkan dalam Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Table Data Hasil Pengujian Driver Relay

	Logika	Status Relay	Status Output
Relay	0	Terputus	Lampu mati
	1	Terhubung	Lampu nyala

5.7.5 Analisa Data Pengujian

Dari Tabel 5.5 dapat dilihat ketika port mikrokontroler menghasilkan logika keluaran 1, maka relay pemanas dapat aktif dan sebaliknya ketika port mikrokontroler menghasilkan logika keluaran 0, maka relay pemanas tidak aktif.

Dari data-data yang didapat, menunjukkan bahwa rangkaian driver relay dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan dalam sistem ini.

5.8 Pengujian Komunikasi Serial

5.7.1 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian komunikasi serial ini adalah untuk mengetahui apakah komunikasi serial dapat bekerja dengan baik dan dapat mengirimkan data ke layar komputer sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh mikrokontroler.

5.8.2 Peralatan Pengujian

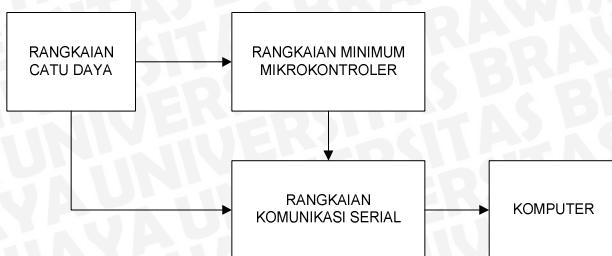
Peralatan yang digunakan untuk pengujian komunikasi serial adalah sebagai berikut

- 1) Rangkaian catu daya
- 2) Rangkaian minimum mikrokontroler ATMega 8535
- 3) Rangkaian komunikasi serial
- 4) Komputer

5.8.3 Prosedur Pengujian

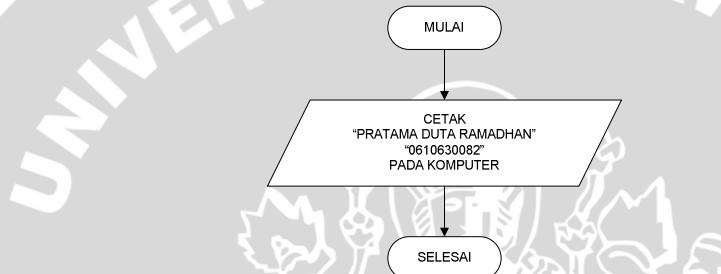
Prosedur pengujian untuk melakukan pengujian komunikasi serial adalah sebagai berikut

- 1) Alat dirangkai seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.16.



Gambar 5. 16 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Komunikasi Serial

- 2) Memberikan catu daya pada rangkaian minimum mikrokontroler dan juga rangkaian komunikasi serial.
- 3) Memberikan program komunikasi serial sederhana pada mikrokontroler seperti yang ditunjukkan pada flowchart program dalam Gambar 5.17.



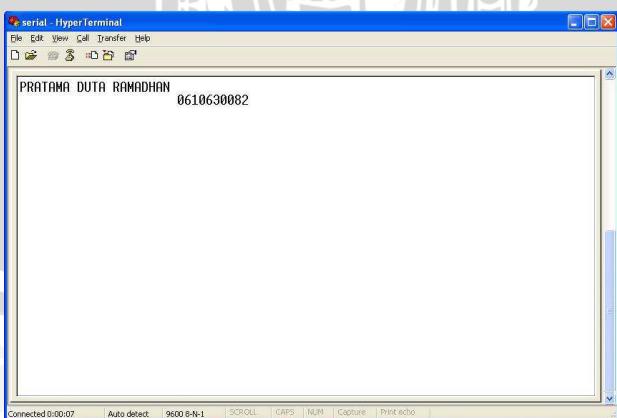
Gambar 5. 17 Flowchart Program Mikrokontroler Untuk Komunikasi Serial

- 4) Mengamati output pada komputer.

5.8.4 Data Pengujian

Pengujian rangkaian driver relay dilakukan sesuai yang telah ditentukan.

Hasil pengujian rangkaian ditunjukkan dalam Gambar 5.18.



Gambar 5. 18 Hasil Pengujian Komunikasi Serial pada Komputer

5.8.5 Analisa Data Pengujian

Dari Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa pada layar komputer memberikan output yang sama sesuai dengan program serial yang ada di mikrokontroler.

Dari data yang didapat diketahui bahwa rangkaian komunikasi serial dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan untuk sistem ini.

5.9 Pengujian Keseluruhan Sistem

5.9.1 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian keseluruhan sistem adalah untuk menganalisis apakah sistem dapat bekerja sesuai dengan perancangan yang telah ditentukan.

5.9.2 Peralatan Pengujian

Alat-alat yang digunakan untuk pengujian keseluruhan adalah sebagai berikut:

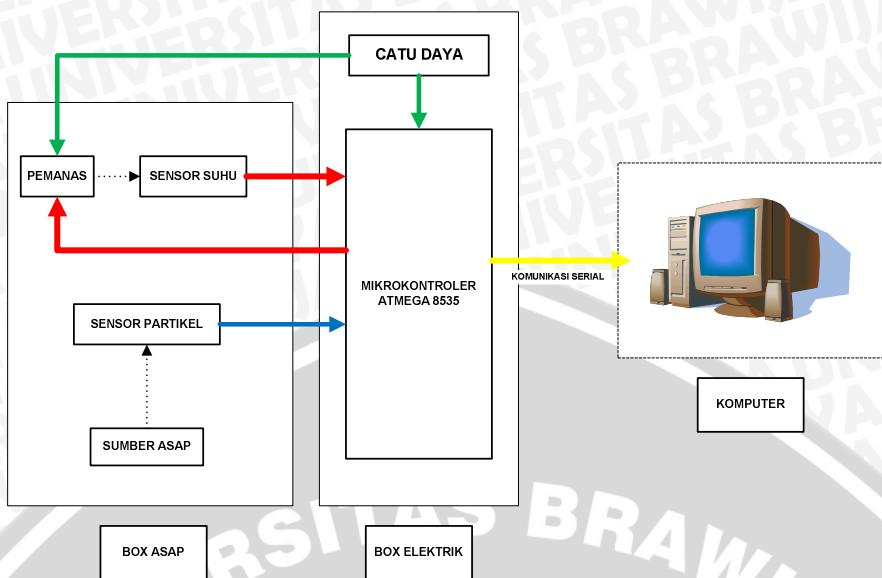
- 1) Rangkaian sistem sensor partikel PM10
- 2) Program mikrokontroler untuk menjalankan sistem sensor partikel PM10
- 3) Sumber asap
- 4) Komputer dengan program untuk menerima hasil pembacaan sensor partikel PM10

5.9.3 Prosedur Pengujian

Prosedur untuk melakukan pengujian keseluruhan sistem sensor partikel adalah sebagai berikut:

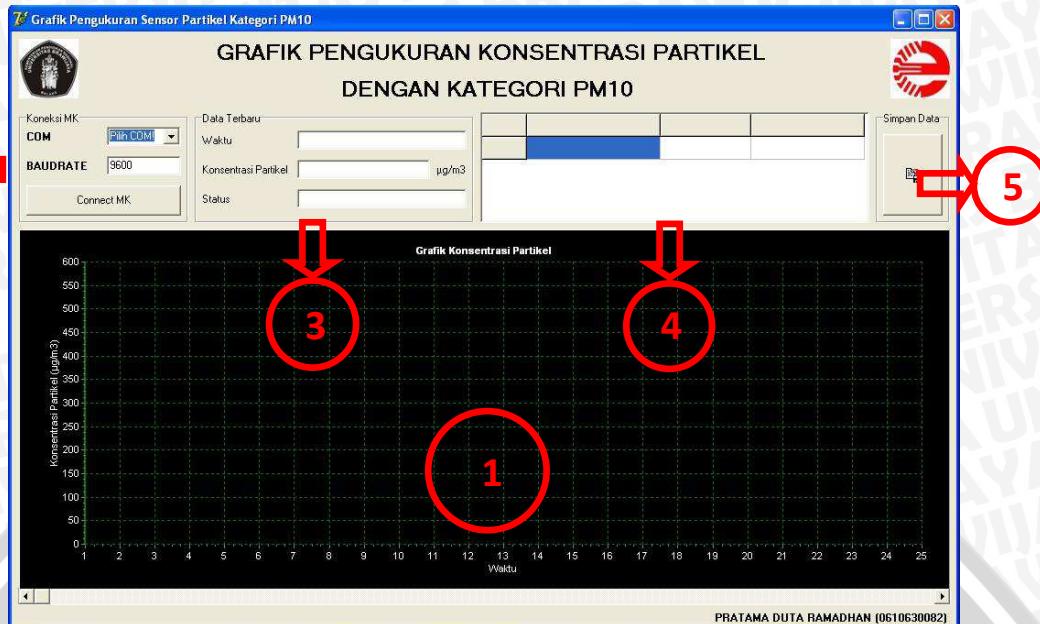
- 1) Merangkai keseluruhan sistem sensor partikel PM10 seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.19.





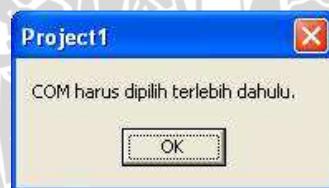
Gambar 5.19 Blok Diagram Pengujian Keseluruhan Sistem Sensor Partikel PM10

- 2) Memasukkan program yang telah dibuat untuk sistem ini ke dalam mikrokontroler ATMEGA 8535.
- 3) Menjalankan program untuk menerima hasil pembacaan sensor partikel pada komputer. Program tersebut terdiri dari beberapa bagian. Bagian dimana grafik akan ditampilkan ditunjukkan pada bagian (1). Bagian untuk memulai komunikasi antara mikrokontroler dengan komputer ditunjukkan pada bagian (2). Bagian yang menunjukkan waktu saat data diterima komputer, besarnya konsentrasi partikel saat waktu tersebut, dan status yang ditimbulkan dari jumlah partikel tersebut ditunjukkan pada bagian (3). Data yang diterima oleh komputer akan diubah menjadi bentuk tabel dan akan ditunjukkan pada bagian (4). Jika data yang ditampilkan pada komputer dirasa cukup dan ingin menyimpan hasil pembacaan tersebut, maka hasil pembacaan tersebut dapat disimpan dalam file Microsoft Excel dengan menekan tombol yang ada pada bagian (5). Program pada komputer setelah dieksekusi ditunjukkan dalam Gambar 5.20.



Gambar 5. 20 Lay Out Dasar Program pada Komputer

- 5) Memulai koneksi komunikasi serial dengan memilih port yang sesuai dengan menekan pilihan COM. Jika tidak melakukan proses ini dan langsung menekan tombol “Connect MK”, maka akan muncul *dialog box* berupa peringatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.21. Jika pemilihan port sudah sesuai dan tombol “Connect MK” sudah ditekan, maka akan muncul *dialog box* seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.22.



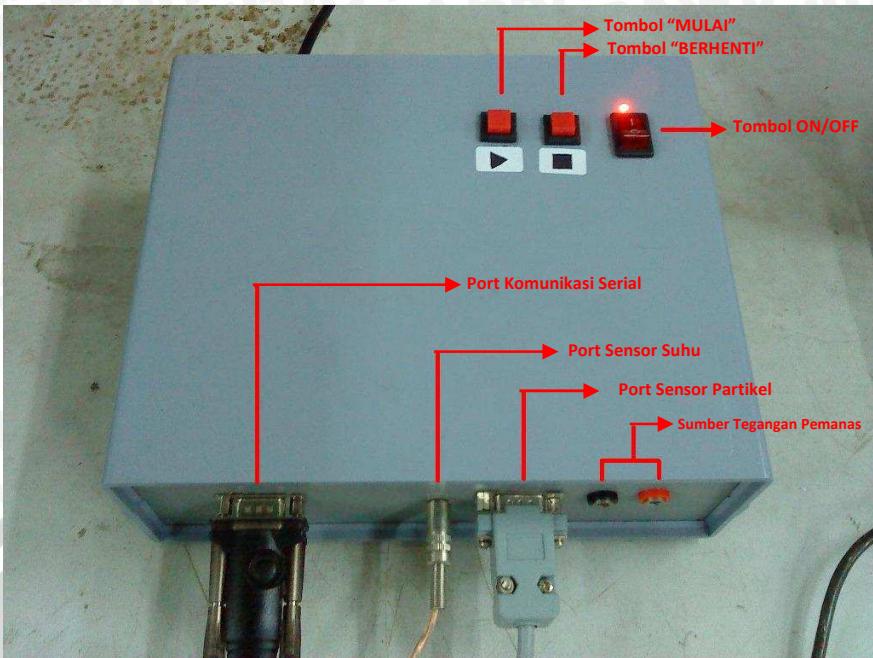
Gambar 5. 21 Peringatan Saat Tidak Melakukan Pemilihan COM



Gambar 5. 22 Dialog Box Saat Pemilihan Port Sudah Sesuai

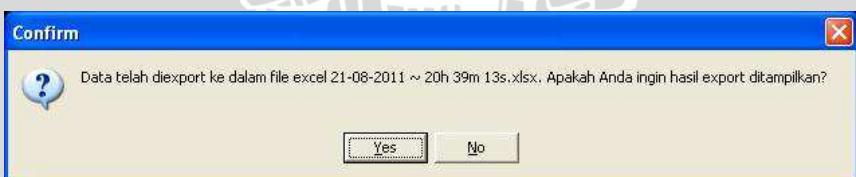
- 6) Menekan tombol ON/OFF pada kotak elektrik untuk mengaktifkan rangkaian elektrik. Kotak elektrik ditunjukkan dalam Gambar 5.23.





Gambar 5. 23 Kotak Elektrik

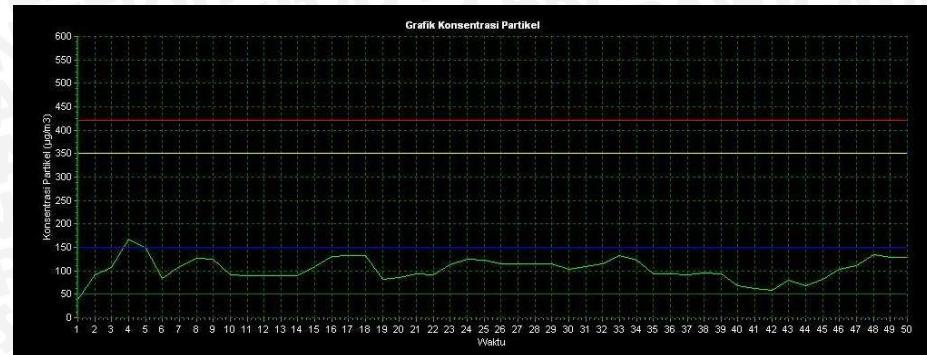
- 7) Untuk memulai pengukuran, setelah kotak elektrik diaktifkan maka menekan tombol “MULAI” pada kotak elektrik untuk memulai pengiriman hasil pembacaan sensor ke komputer.
- 8) Mengamati hasil pembacaan sensor pada komputer.
- 9) Menyimpan hasil pembacaan pada komputer dengan menekan tombol “Simpan Data” dan jika berhasil maka akan muncul *dialog box* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.24.



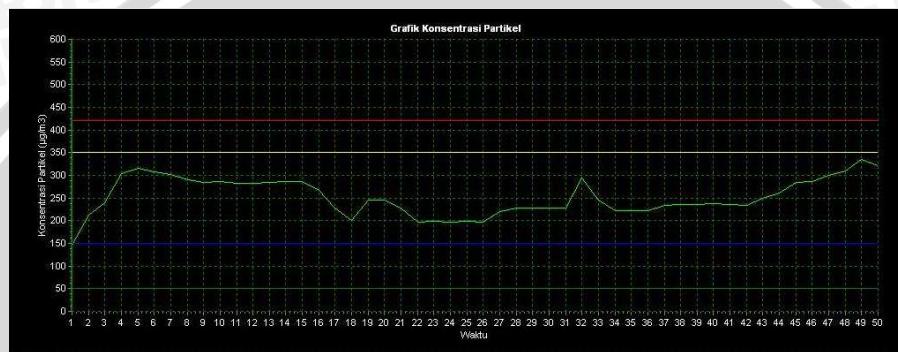
Gambar 5. 24 Dialog Box Saat Data pada Komputer telah Berhasil Disimpan

5.9.4 Data Pengujian

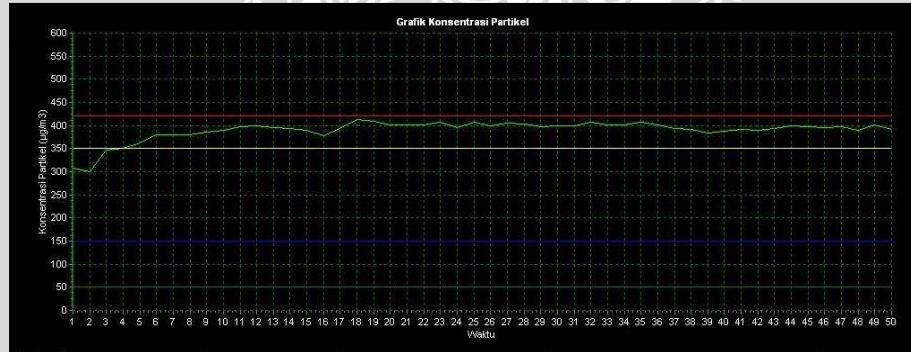
Dari hasil pengujian untuk berbagai kondisi asap, didapat bentuk grafik sesuai dengan respon dari sensor . Data hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 5.25 – Gambar 5.30.



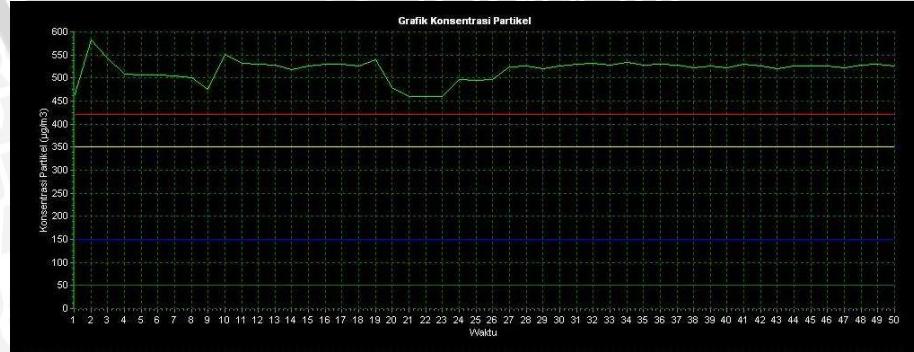
Gambar 5. 25 Grafik dengan Jumlah Partikel Kategori “SEDANG”



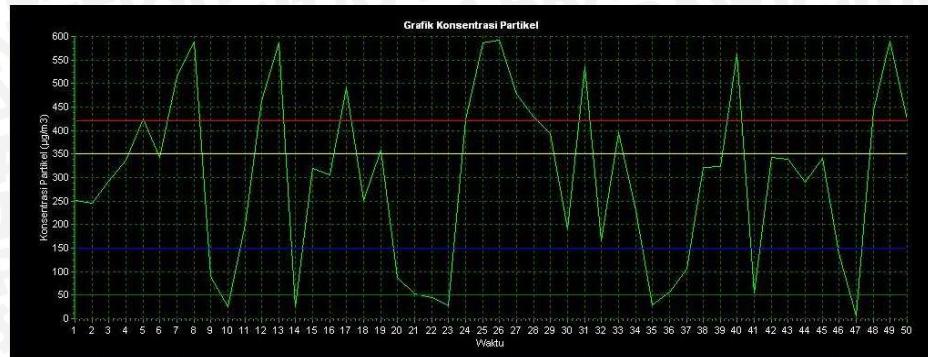
Gambar 5. 26 Grafik dengan Jumlah Partikel Kategori “TIDAK SEHAT”



Gambar 5. 27 Grafik dengan Jumlah Partikel Kategori “TIDAK SEHAT”



Gambar 5. 28 Grafik dengan Jumlah Partikel Kategori “BERBAHAYA”



Gambar 5. 29 Grafik dengan Jumlah Partikel Acak Tiap Satuan Waktunya

5.9.5 Analisa Hasil Pengujian

Dari seluruh pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa keseluruhan sistem dapat bekerja dengan benar sesuai spesifikasi rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Sistem juga telah dapat bekerja secara *real time* dengan adanya perbaruan data dalam *database MySQL*, tampilan Borland Delphi 7, dan tampilan grafik pada program komputer.

Pada pengujian sensor partikel dengan menggunakan contoh asap dari pembakaran obat nyamuk bakar, karet ban, dan kertas kardus yang masing-masing memiliki karakteristik asap yang berbeda namun menghasilkan data pengujian yang serupa. Sensor partikel ini mampu mendeteksi keberadaan asap dari pembakaran kertas kardus yang berwarna putih, asap obat nyamuk bakar yang berwarna putih kekuningan, bahkan mampu mendeteksi asap hitam dan jelaga hasil pembakaran karet ban. Fluktiasi jumlah partikel yang ditunjukkan pada grafik tampak tidak stabil karena kepadatan partikel yang masuk ke dalam kotak sensor dan dideteksi oleh sensor partikel selalu berubah-ubah sesuai dengan keadaan nyata. Jadi output sensor akan selalu berubah sesuai perubahan kepadatan jumlah partikel yang masuk ke dalam kotak sensor.

BAB VI

PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari Perancangan dan Pembuatan Sensor Partikel dengan Menggunakan Metode Refleksi Cahaya untuk Mengukur tingkat Polusi Udara.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tiap blok rangkaian dan pengujian sistem secara keseluruhan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Sensor partikel yang dibuat menggunakan metode refleksi cahaya dapat digunakan untuk mendeteksi partikel kategori PM10 dengan baik dengan persentase kesalahan sebesar 5,3293%.
- 2) Pengaturan batas-batas polusi udara yang ingin dideteksi disesuaikan dengan output sensor partikel. Output sensor partikel memiliki *range* 0,39 volt – 4,78 volt, kemudian diproses dengan ADC pada mikrokontroler dengan resolusi 8 bit sedangkan, *range* konsentrasi partikel yang ingin dideteksi adalah antara 0 – 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- 3) Tegangan output sensor partikel dapat mendeteksi dan mengukur konsentrasi PM10 di udara sesuai dengan standar alat ukur yang ada. Namun sensor partikel yang dibuat memiliki kelemahan dalam mendeteksi jumlah partikel PM10 yang kecil.
- 4) Pembuatan *interface* menggunakan program Delphi untuk mempermudah mengamati hasil pembacaan sensor. *Interface* pada komputer menggunakan *database* sederhana untuk menyimpan hasil pembacaan sensor agar dapat diamati dilain waktu.

6.2 Saran

Sensor partikel udara dengan metode refleksi cahaya ini untuk kedepannya dapat dikembangkan dengan

- 1) Menggunakan metode lain yang lebih efektif dan efisien untuk mendeteksi partikel yang ada di udara

- 2) Membuat sensor yang dapat mendekksi tidak hanya partikel dengan kategori PM10, karena jenis partikel yang ada di udara ruang sangat banyak jenisnya
- 3) Menambah fitur untuk menghitung kandungan oksigen di udara agar kualitas udara dapat diukur lebih baik lagi.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2005, Interface Sircuit, http://www.maxim-ic.com/appnotes10.cfm/ac_pk/14
- Anonim, -, RS232 Data Interface Page, <http://www.arcelect.com/rs232.htm>
- Bejo, Agus. 2008. *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Brian Black," *Analog-to-Digital Converter Architectures and Choices for System Design*", Analog Dialogue 33-8, 1999
- Bruce Carter, Thomas R. Brown, " *Handbook of Operational Amplifier Applications*", Texas Instrument, Application Report SBOA092A, Oktober 2001
- Budi, Ibnu. 2007. *Komunikasi Serial Mikrokontroler dengan PC (Komputer)*. <http://kuliah.nasrul.web.id/arsip/Artikel/Mikrokontroler/komunikasi-serial-mikrokontroler-dengan-pc.pdf>. Diakses tanggal 9 Januari 2011
- Kadir, Abdul. 2004. *Dasar Aplikasi Database MySQL Delphi*. Yogyakarta: Andi Malik, Jaja Jamaludin. 2005. *Tip & Trik Unik Delphi*. Yogyakarta: Andi
- Malvino, Albert. 1991. *Prinsip-prinsip Elektronika Dasar*, Jilid 2, Edisi ketiga. Jakarta: Erlangga
- Maxim. 2010. *+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers*. Sunnyvale: Maxim Integrated Products
- Milman, J., Halkias. CM, Barmawi, Mo Tjia. 1991. *Elektronika Terpadu*, Jilid 2. Jakarta: Erlangga
- Prasetia, Retna. 2004. *Teori dan Praktek : Interfacing Port Paralel dan Port Serial Komputer dengan Visual Basic 6.0*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Skubre. 1998. *Rangkaian Elektronika Populer*. Jakarta: PT. Elekmedia Komputindo

Soemitro. 1985. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*. Jakarta: Erlangga

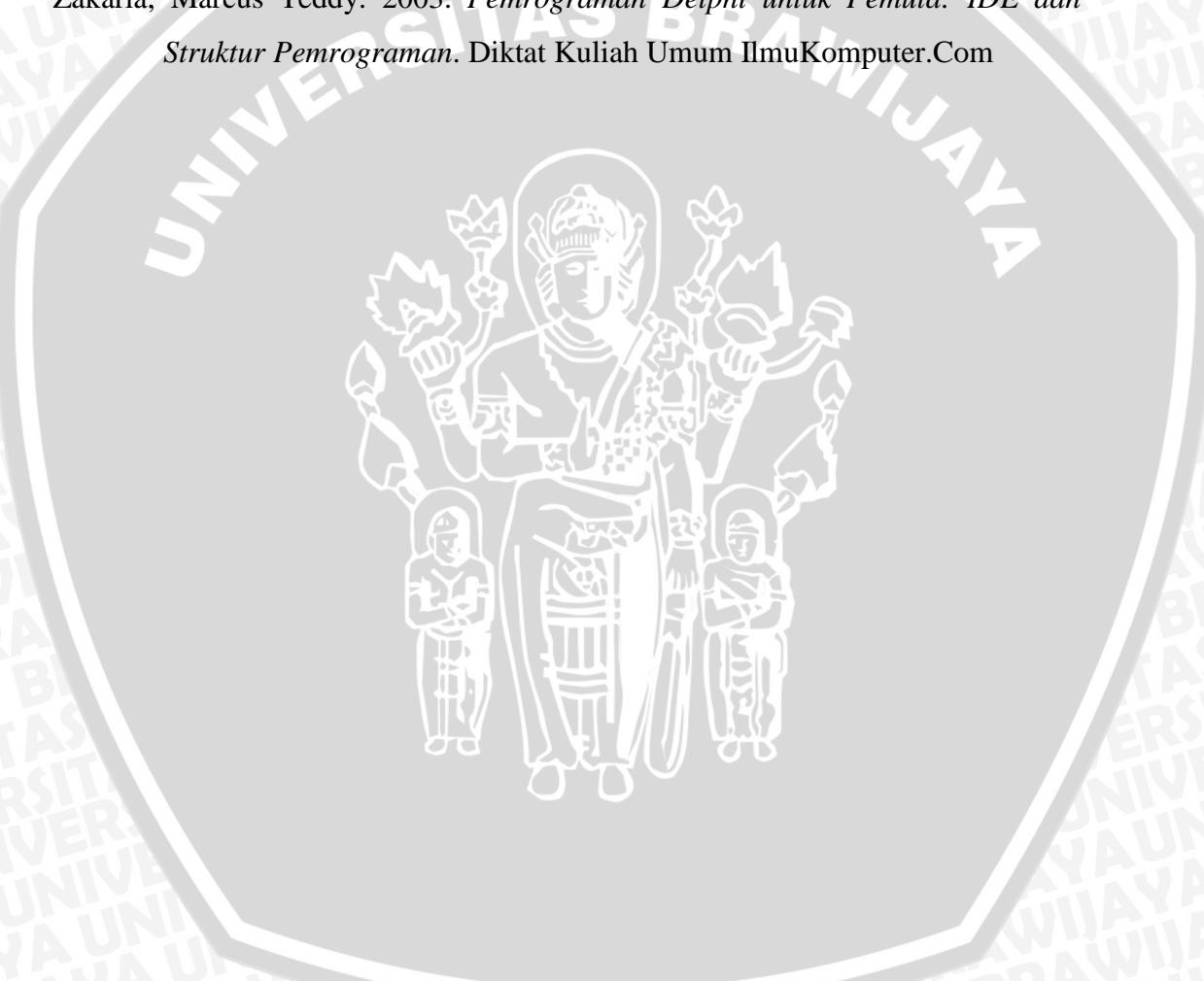
Sudjadi. 2005. *Teori dan Aplikasi Microcontroller*. Graha Ilmu: Yogyakarta

Tolkheim, Roger L. 1994. *Elektronika Digital*, Jakarta. Erlangga.

Wardhana, Lingga. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8535 Simulasi, Hardware dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi.

Wasito. 1992. *Data Sheet Book 1*. Jakarta: PT. Elexmedia Komputindo

Zakaria, Marcus Teddy. 2003. *Pemrograman Delphi untuk Pemula: IDE dan Struktur Pemrograman*. Diktat Kuliah Umum IlmuKomputer.Com



LAMPIRAN I

FOTO ALAT DAN HASIL PENGUJIAN

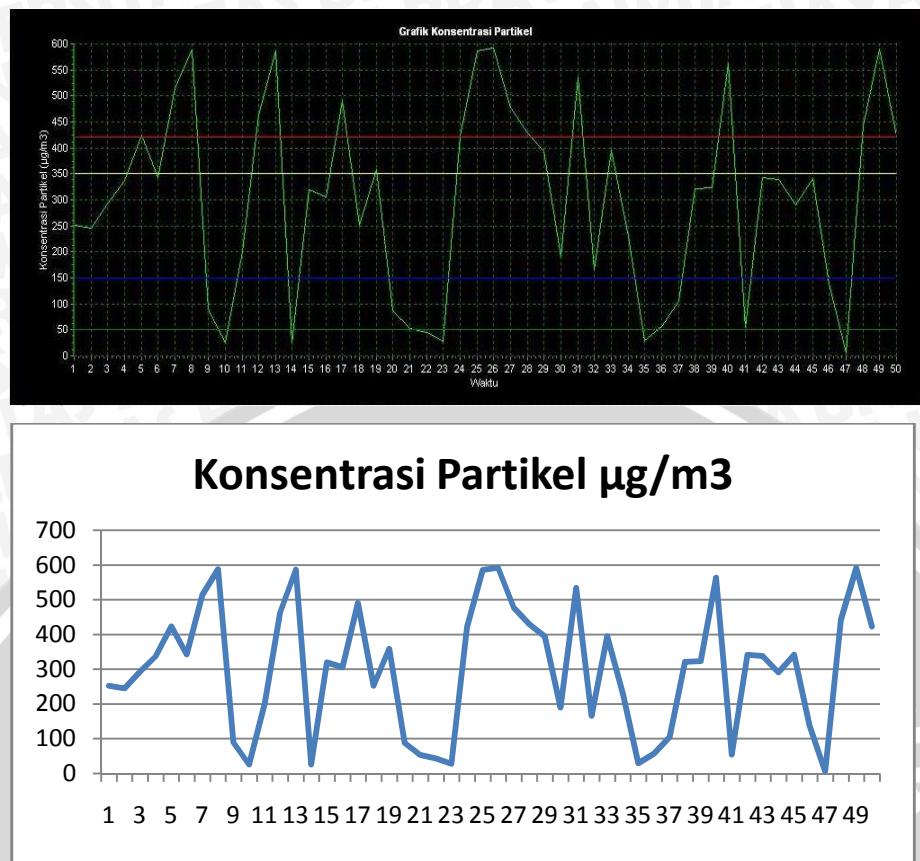




Gambar 1 Foto Alat saat Dihubungkan dengan Komputer



Gambar 2 Tampilan Saat Software pada Komputer Dijalankan

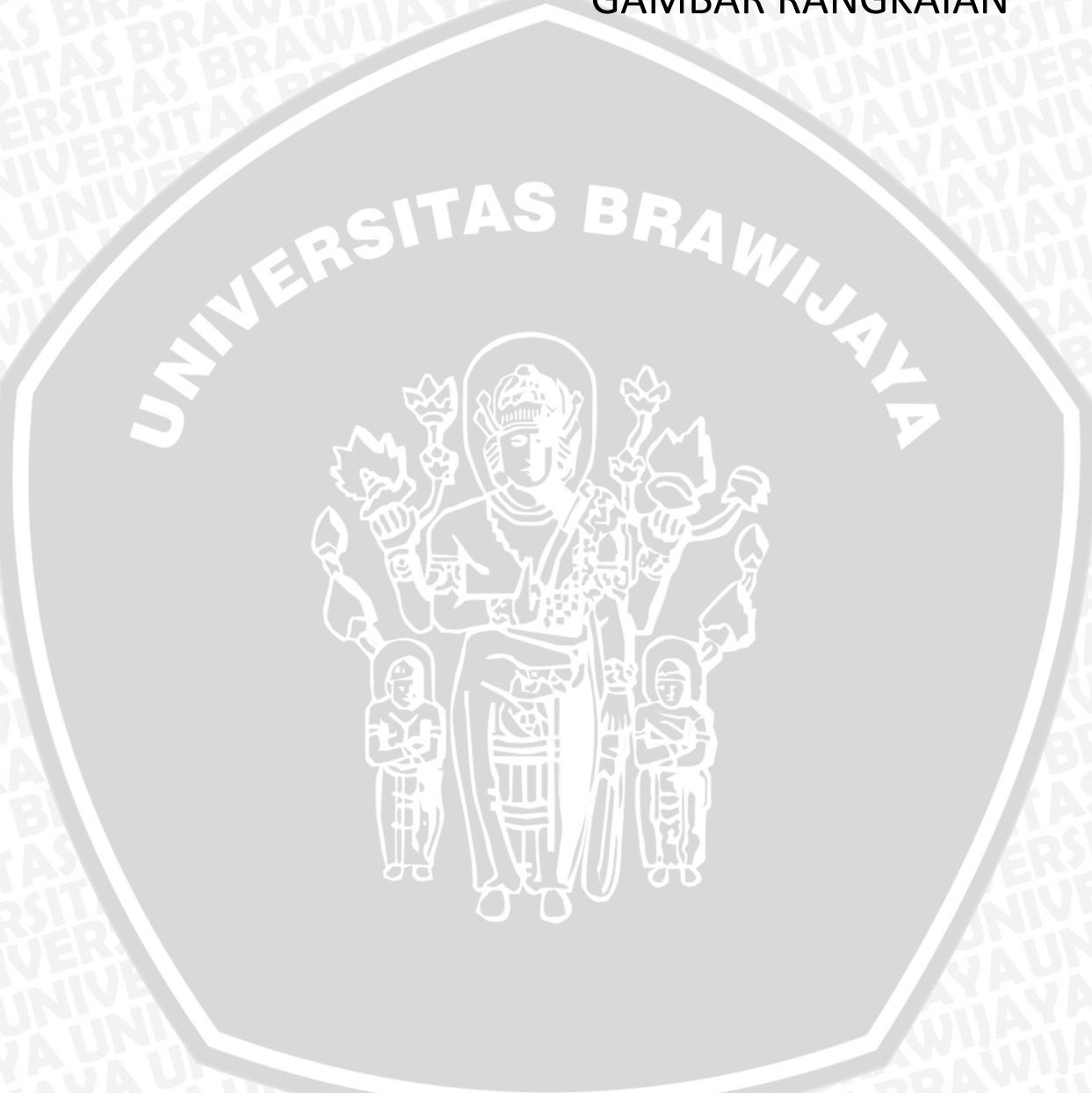


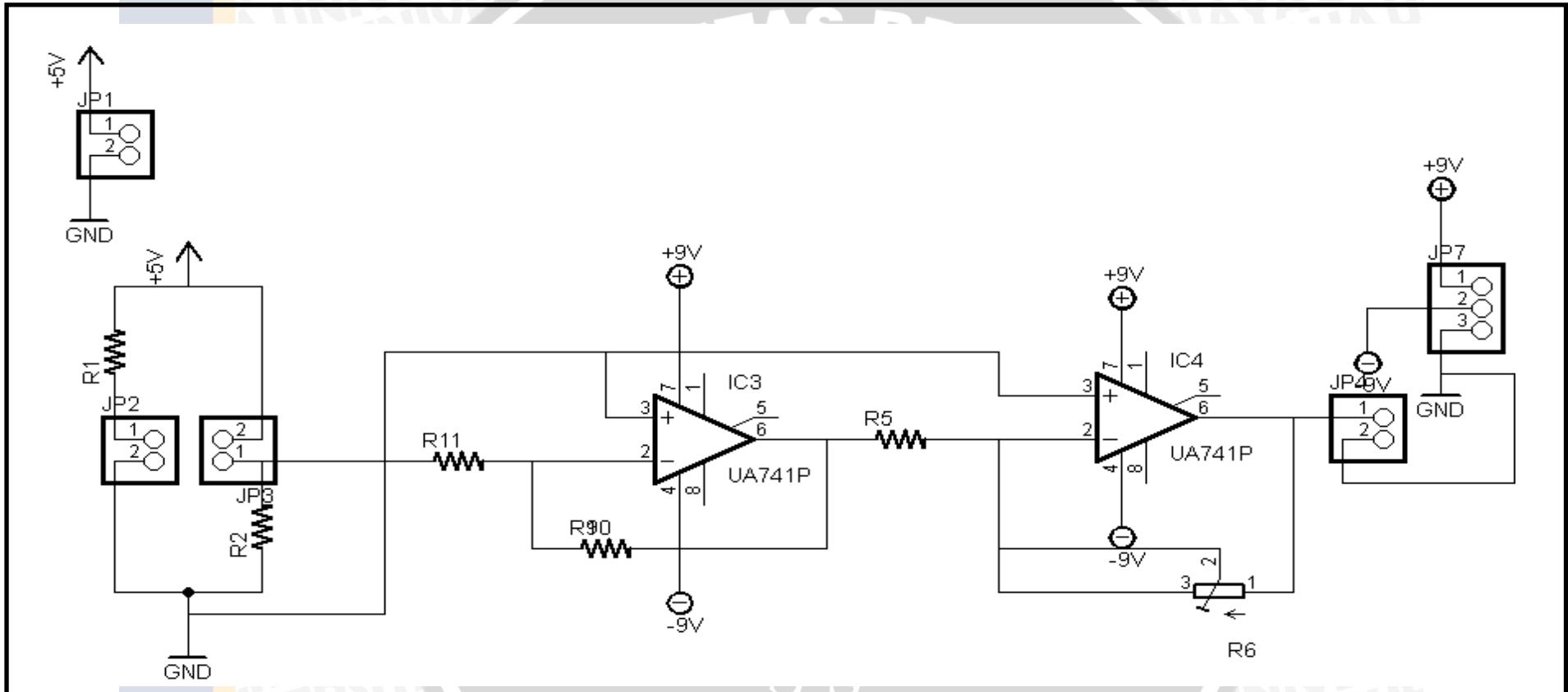
Gambar 3 Perbandingan Grafik Hasil Pengukuran dan Grafik Data yang Tersimpan



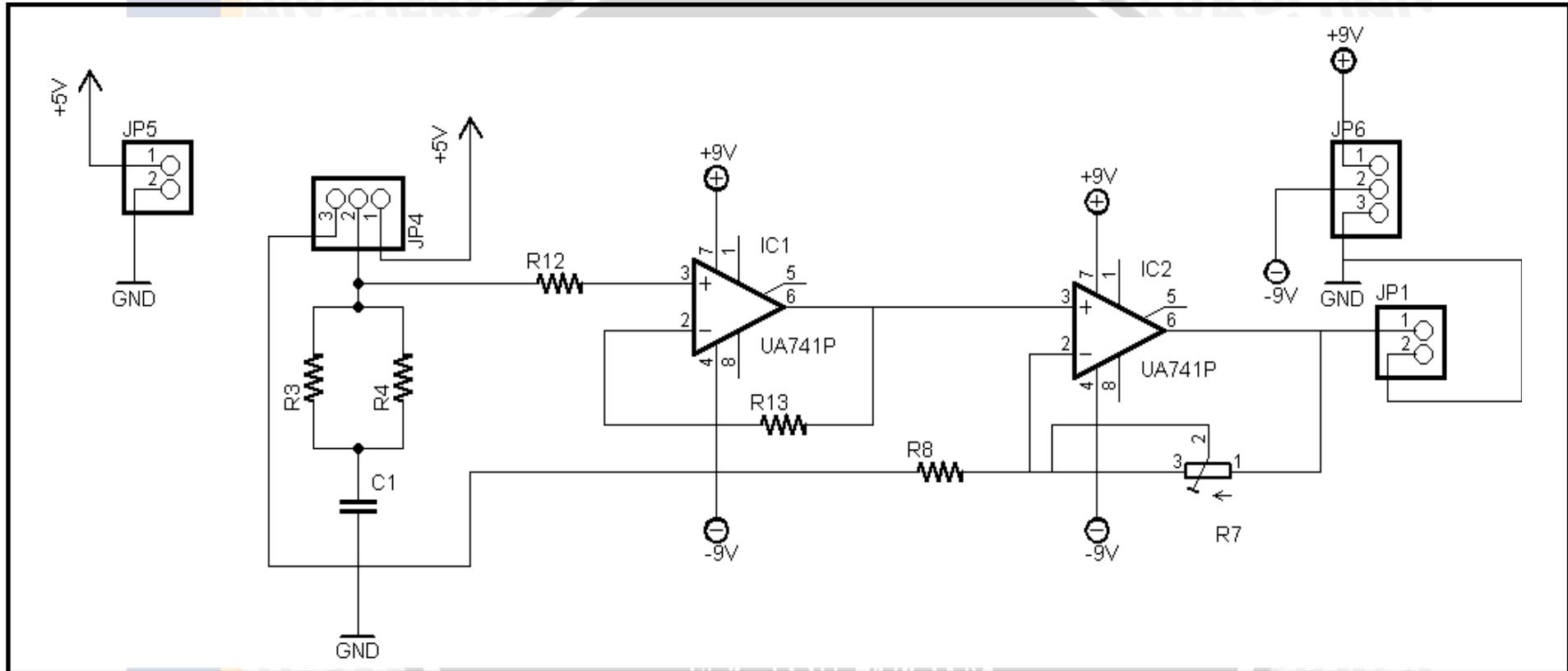
LAMPIRAN II

GAMBAR RANGKAIAN

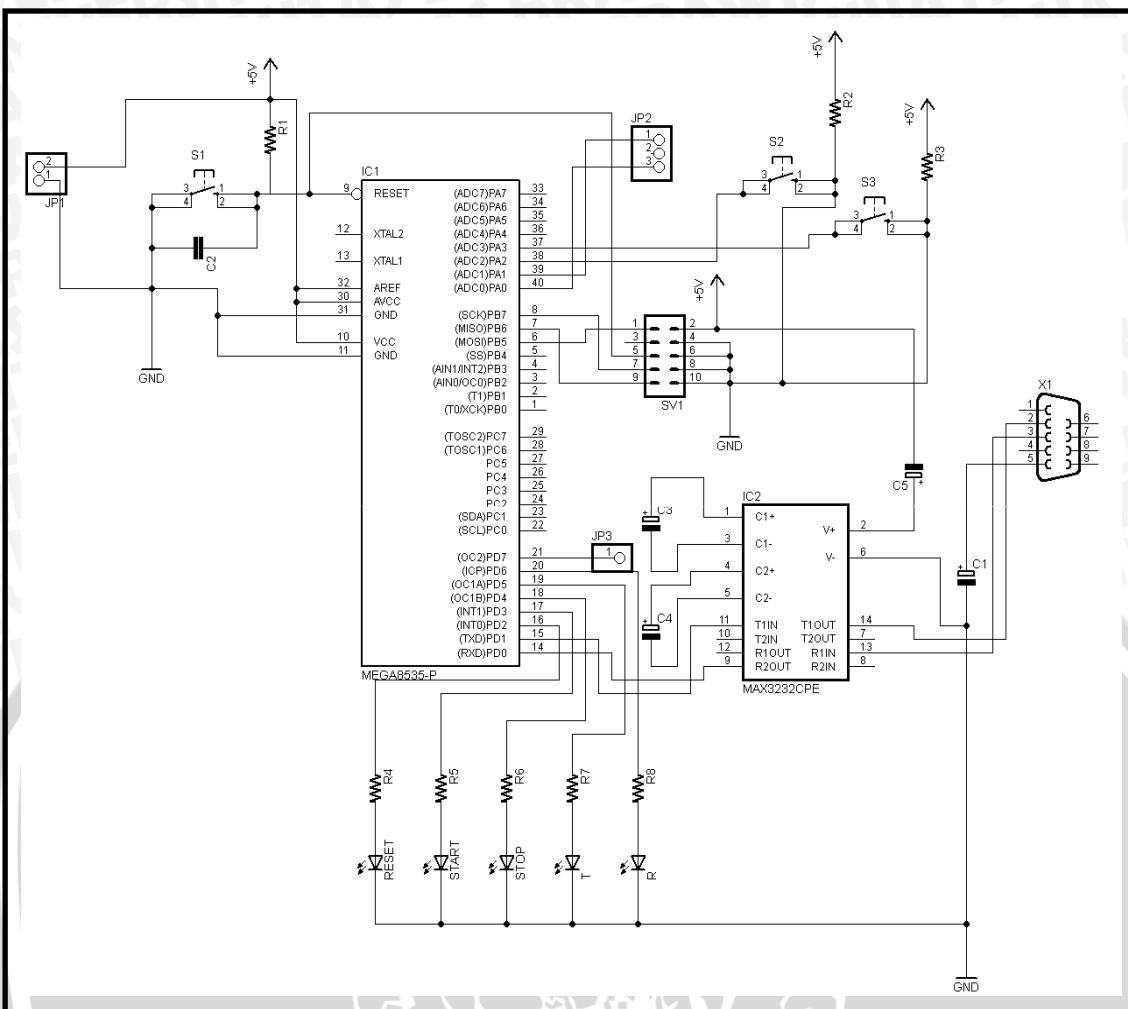




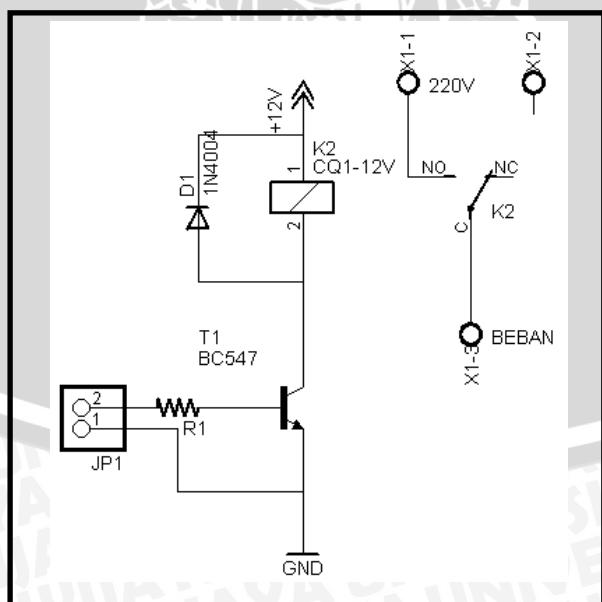
Gambar 1. Rangkaian Sensor Partikel



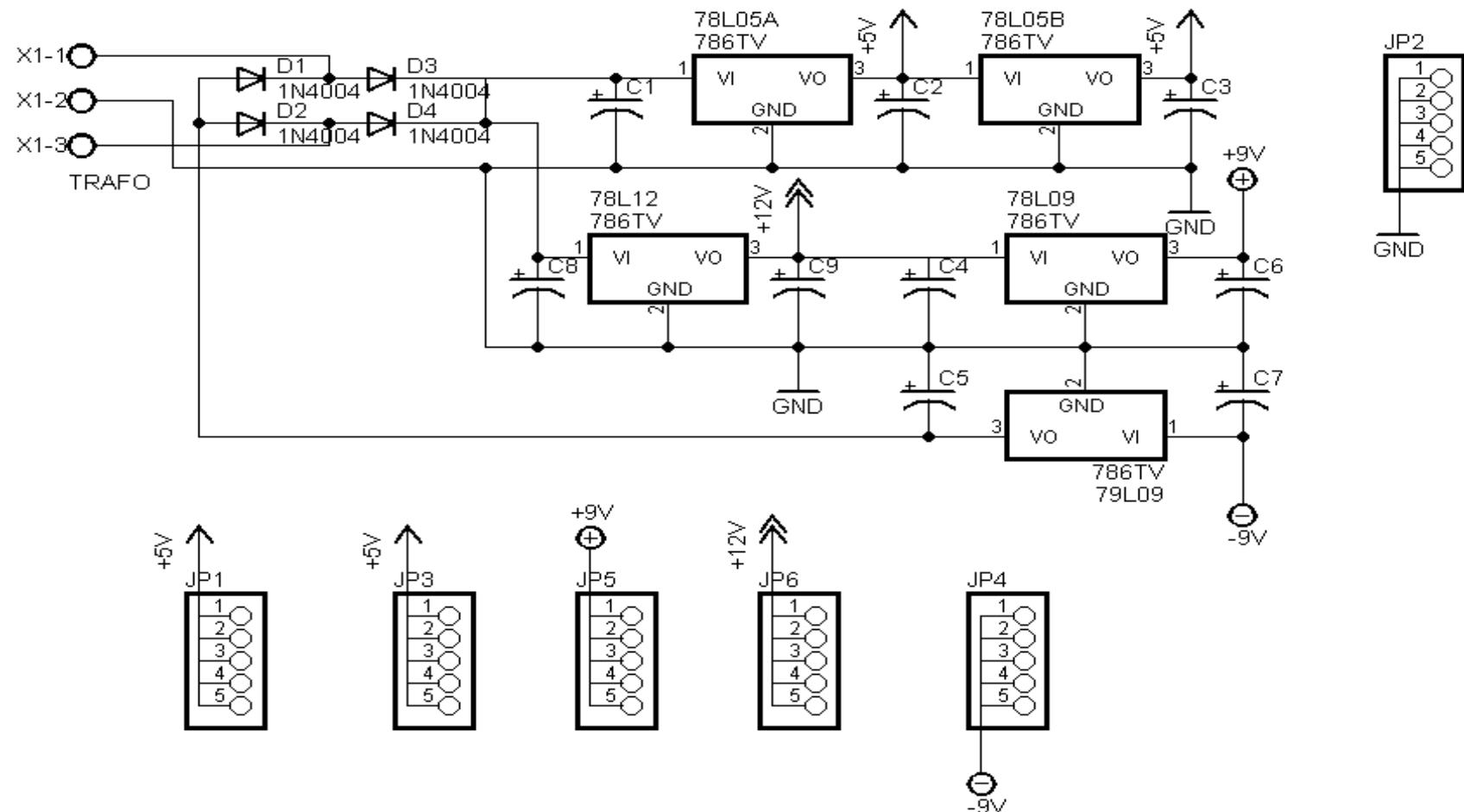
Gambar 2. Rangkaian Sensor Suhu



Gambar 3. Rangkaian Mikrokontroler



Gambar 4. Rangkaian Driver Relay



Gambar 5. Rangkaian Catu Daya

LAMPIRAN III

LISTING PROGRAM

MIKROKONTROLER ATMega8535



```
*****
```

This program was produced by the
CodeWizardAVR V1.24.8d Professional
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2006 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :

Version :

Date : 8/19/2011

Author : F4CG

Company : F4CG

Comments:

Chip type : ATmega8535

Program type : Application

Clock frequency : 8.000000 MHz

Memory model : Small

External SRAM size : 0

Data Stack size : 128

```
*****
```

```
#include <mega8535.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```
// Standard Input/Output functions
```

```
#include <stdio.h>
```

```
unsigned char a,b;
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x20
```

```
// Read the 8 most significant bits
```

```
// of the AD conversion result
```

```
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
```

```
{
```

```
ADMUX=adc_input|ADC_VREF_TYPE;
```

```
// Start the AD conversion
```

```
ADCSRA|=0x40;
```

```
// Wait for the AD conversion to complete
```

```
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
```

```
ADCSRA|=0x10;
```

```
return ADCH;
```

```
}
```

```
// Declare your global variables here

void main(void)
{
    // Declare your local variables here

    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
    // Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
    PORTA=0x00;
    DDRA=0x00;

    // Port B initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
    // Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
    PORTB=0x00;
    DDRB=0x00;

    // Port C initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
    // Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
    PORTC=0x00;
    DDRC=0x00;

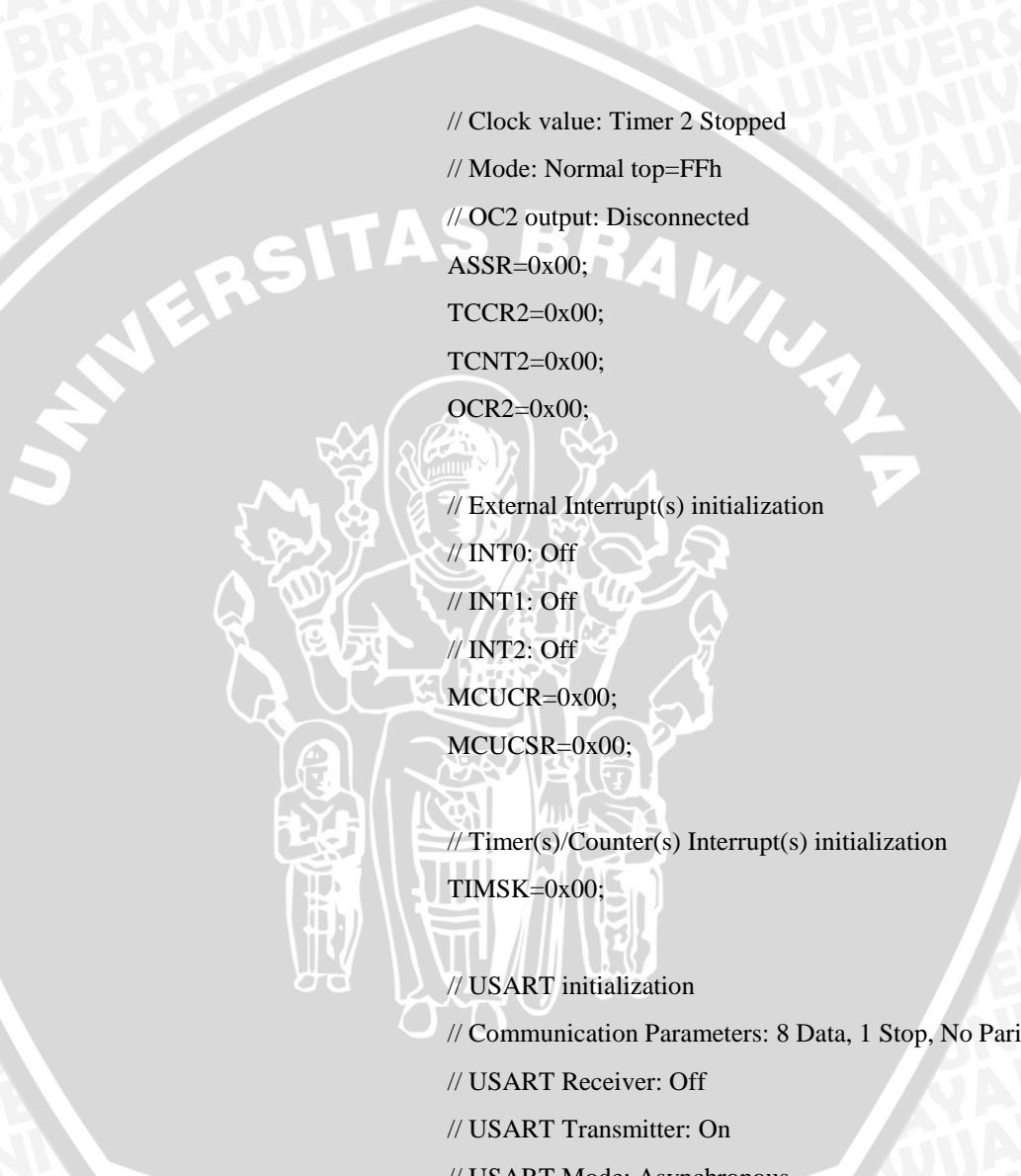
    // Port D initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
    // Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
    PORTD=0x00;
    DDRD=0x00;

    // Timer/Counter 0 initialization
    // Clock source: System Clock
    // Clock value: Timer 0 Stopped
    // Mode: Normal top=FFh
    // OC0 output: Disconnected
    TCCR0=0x00;
    TCNT0=0x00;
    OCR0=0x00;

    // Timer/Counter 1 initialization
    // Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
```



The logo of Universitas Brawijaya is a circular emblem. It features a central figure, possibly a deity or a historical figure, standing and holding a long staff or spear. The figure is surrounded by four smaller figures, each holding a torch. The entire emblem is set against a background of concentric circles. The text "UNIVERSITAS BRAWIJAYA" is written in a stylized font along the outer edge of the circle.

```
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: Off
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
```

```
// USART Baud rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x08;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x33;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 1000.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: None
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA=0x83;
SFIOR&=0xEF;
```

```
#asm
naik:
#endasm
while (1)
{
if(PINA.2==0){
while(PINA.3!=0){
a=read_adc(0);
b=read_adc(1);
printf("%d\r",a);
delay_ms(1000);
if (b<=0)
{
PORTD.7=1;
}
else if(b>=255)
{
PORTD.7=0;
}
}
}
```

```
repo  
  
if(PINA.3==0){  
    PORTD.7=0;  
    #asm  
    rjmp naik //kembali ke menu  
    #endasm  
    while(PINA.3==0){ }  
}  
};  
}
```

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN IV

LISTING PROGRAM BORLAND DELPHI 7



```

unit Unit1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,
  Forms,
  Dialogs, StdCtrls, XComDrv, DBXpress, FMTBcd, DB, SqlExpr,
  TeEngine,
  Series, ExtCtrls, TeeProcs, Chart, Grids, jpeg, Buttons, Comobj;

type
  TForm1 = class(TForm)
    XComm1: TXComm;
    SQLQuery1: TSQLQuery;
    SQLConnection1: TSQLConnection;
    GroupBox1: TGroupBox;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    ComboBox1: TComboBox;
    Edit1: TEdit;
    Button1: TButton;
    GroupBox2: TGroupBox;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    EditWaktu: TEdit;
    EditKP: TEdit;
    EditStatus: TEdit;
    StringGrid1: TStringGrid;
    Chart1: TChart;
    Series1: TFastLineSeries;
    Series2: TFastLineSeries;
    Series3: TFastLineSeries;
    Series4: TFastLineSeries;
    Series5: TFastLineSeries;
    ScrollBar1: TScrollBar;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    GroupBox3: TGroupBox;
    BitBtn1: TBitBtn;
    Image1: TImage;
    Image2: TImage;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure XComm1Data(Sender: TObject; const Received: Cardinal);
    procedure ScrollBar1Change(Sender: TObject);
    procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
    procedure Tampil;
  end;

```

procedure KosongkanTabelGrafik;

public

 { Public declarations }

 XIApp, XIBook, XISheet, XISheets, Range, Chat : Variant;

end;

const

petik: char= "";

var

 Form1: TForm1;

 Buffer: WideString;

 Data, sData, sStatus, sWaktu, sRata, sQuery, sTanggal, sBulan, sTahun,
 sWaktu1, sData1, sStatus1, sStatus2, sWaktuSimpan: String;

 iData, iData1: Integer;

 dData: Double;

 Waktu, Waktu1, WaktuSimpan: TDateTime;

 iHitung: Integer = 0;

 dRata: Double = 0;

implementation

 {\$R *.dfm}

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);

begin

 if XComm1.Opened then

 begin

 XComm1.CloseDevice;

 Button1.Caption := 'Connect MK';

 ShowMessage('Koneksi MK berhasil diputus.');

 Exit;

 end;

 else if ComboBox1.Text = 'Pilih COM!' then

 begin

 ShowMessage('COM harus dipilih terlebih dahulu.');

 Exit;

 end;

 else

 begin

 XComm1.DeviceName := ComboBox1.Text;

 XComm1.OpenDevice;

 Button1.Caption := 'Disconnect MK';

 ShowMessage('MK berhasil terkoneksi.');

 Exit;

 end;

end;

```

procedure TForm1.XComm1Data(Sender: TObject; const Received:
Cardinal);
begin
XComm1.ReadString(Data);
Buffer := Buffer + Data;

if Data = #32 then
begin
  if Pos(',', Buffer) = Pos(#32, Buffer) - 1 then
  begin
    sData := Copy(Buffer, 1, Pos(',', Buffer) - 1);
    iData := StrToInt(sData);

    if (iData >= 0) and (iData <= 255) then
    begin
      dData := iData * 600 / 255;

      if (dData >= 0) and (dData < 51) then sStatus := 'BAIK'
      else if (dData >= 51) and (dData < 151) then sStatus := 'SEDANG'
      else if (dData >= 151) and (dData < 351) then sStatus := 'TIDAK
SEHAT'
      else if (dData >= 351) and (dData < 421) then sStatus := 'SANGAT
TIDAK SEHAT'
      else if (dData >= 421) and (dData <= 600) then sStatus :=

'BERBAHAYA';

      sData := FloatToStr(dData);
    end;
  end;
end;

Waktu := Now;
DateTimeToString(sWaktu, 'dd/mm/yyyy hh:mm:ss', Waktu);

EditWaktu.Text := sWaktu;
EditKP.Text := sData ;
EditStatus.Text := sStatus;

Inc(iHitung);
dRata := (dRata + dData);

if iHitung = 10 then
begin
  dRata := dRata / 10;
  sRata := FloatToStr(dRata);

  if (dRata >= 0) and (dRata < 51) then sStatus2 := 'BAIK'
  else if (dRata >= 51) and (dRata < 151) then sStatus2 := 'SEDANG'
  else if (dRata >= 151) and (dRata < 351) then sStatus2 := 'TIDAK
SEHAT'
  else if (dRata >= 351) and (dRata < 421) then sStatus2 := 'SANGAT
TIDAK SEHAT'
  else if (dRata >= 421) and (dRata <= 600) then sStatus2 :=

'BERBAHAYA';

  DateTimeToString(sWaktu, 'yyyy-mm-dd hh:mm:ss', Waktu);
end;

```

repo
S AY A

```

SQLConnection1.Open;
sQuery := 'INSERT INTO grafik VALUES ('#13 +
petik + sWaktu + petik + ','#13 +
petik + sRata + petik + ','#13 +
petik + sStatus2 + petik + ')';
SQLConnection1.ExecuteDirect(sQuery);
SQLConnection1.Close;

Tampil;

iHitung := 0;
dRata := 0;
end;

Buffer := "";
Data := "";
end
end

else
begin
Buffer := "";
Data := "";
end;
end;

```

```

end;

procedure TForm1.KosongkanTabelGrafik;
begin
StringGrid1.RowCount := 2;

StringGrid1.Cells[0, 0] := 'No.';
StringGrid1.Cells[1, 0] := 'Waktu';
StringGrid1.Cells[2, 0] := 'Konsentrasi Partikel µg/m3';
StringGrid1.Cells[3, 0] := 'Status';

StringGrid1.Cells[0, 1] := '';
StringGrid1.Cells[1, 1] := '';
StringGrid1.Cells[2, 1] := '';
StringGrid1.Cells[3, 1] := '';

Chart1.Series[0].Clear;
end;

procedure TForm1.Tampil;
var
iNo: Integer;
begin
Waktu := Now;
DateTimeToString(sWaktu, 'dd/mm/yyyy hh:mm:ss', Waktu);
sTanggal := Copy(sWaktu, 1, 2);

```

```
sBulan := Copy(sWaktu, 4, 2);
sTahun := Copy(sWaktu, 7, 4);
```

```
SQLConnection1.Open;
SQLQuery1.SQL.Text := 'SELECT * FROM grafik' + #13 +
  'WHERE Tanggal LIKE ' + petik + sTahun + '-' + sBulan + '-'
+ sTanggal + '%' + petik + #13 +
  'ORDER By Tanggal';
```

```
Form1.SQLQuery1.Open;
Form1.SQLQuery1.First;
```

```
KosongkanTabelGrafik;
```

```
iNo := 1;
StringGrid1.RowCount := 2;
```

```
while not Form1.SQLQuery1.Eof do
begin
  Waktu1 := Form1.SQLQuery1.fieldByName('Tanggal').Value;
  DateSeparator := '/';
  DateTimeToString(sWaktu1, 'dd/mm/yyyy hh:mm:ss', Waktu1);
  sData1 := Form1.SQLQuery1.fieldByName('Nilai').AsString;
  sStatus1 := Form1.SQLQuery1.fieldByName('Status').AsString;
```

```
StringGrid1.Cells[0, iNo] := IntToStr(iNo);
```

```
StringGrid1.Cells[1, iNo] := sWaktu1;
StringGrid1.Cells[2, iNo] := sData1;
StringGrid1.Cells[3, iNo] := sStatus1;
```

```
Chart1.Series[1].AddXY(0, 50, ", clGreen);
Chart1.Series[1].AddXY(1000, 50, ", clGreen);
```

```
Chart1.Series[2].AddXY(0, 150, ", clBlue);
Chart1.Series[2].AddXY(1000, 150, ", clBlue);
```

```
Chart1.Series[3].AddXY(0, 350, ", clYellow);
Chart1.Series[3].AddXY(1000, 350, ", clYellow);
```

```
Chart1.Series[4].AddXY(0, 420, ", clRed);
Chart1.Series[4].AddXY(1000, 420, ", clRed);
```

```
iData1 := Form1.SQLQuery1.fieldByName('Nilai').Value;
Chart1.Series[0].AddXY(iNo, iData1, ", clGreen);
```

```
Inc(iNo);
StringGrid1.RowCount := StringGrid1.RowCount + 1;
```

```
Form1.SQLQuery1.Next;
end;
SQLConnection1.Close;
```

```
StringGrid1.Cells[0, iNo] := '';
StringGrid1.Cells[1, iNo] := '';
StringGrid1.Cells[2, iNo] := '';
StringGrid1.Cells[3, iNo] := '';
end;

procedure TForm1.ScrollBar1Change(Sender: TObject);
var
iPos: integer;
begin
iPos := ScrollBar1.Position;
Chart1.BottomAxis.Maximum := 25 + iPos * 5;
end;

procedure TForm1.BitBtn1Click(Sender: TObject);
var
iJumlahBaris, iBaris, iKolom: Integer;
begin
WaktuSimpan := Now;
DateTimeToString(sWaktuSimpan, 'dd-mm-yyyy ~ hh"h" mm"m" ss"s"', WaktuSimpan);

// buka excel
XIApp := CreateOleObject('Excel.Application');
// tambahkan workbook
XIBook := XIApp.WorkBooks.Add;
// tambahkan worksheet
XISheet := XIBook.worksheets.add;
//cetak header field dari dbgrid
XISheet.cells[2,2].value:= 'No.';
XISheet.cells[2,3].value:= 'Waktu';
XISheet.cells[2,4].value:= 'Konsentrasi Partikel µg/m3';
XISheet.cells[2,5].value:= 'Status';

iJumlahBaris := StringGrid1.RowCount;
for iBaris := 1 to iJumlahBaris - 1 do
begin
for iKolom := 0 to 3 do
begin
XISheet.Cells[2 + iBaris, 2 + iKolom].value :=
StringGrid1.Cells[iKolom, iBaris];
end;
end;
XIApp.ActiveWorkbook.SaveAs('C:\SKRIPSI\' + sWaktuSimpan +
'.xlsx');

if MessageDlg('Data telah diexport ke dalam file excel ' +
sWaktuSimpan + '.xlsx. Apakah Anda ingin hasil export ditampilkan?', mtConfirmation, [mbYes, mbNo], 0) = mrYes then
begin
XIApp.visible:=true;
end;
end;
end.
```

LAMPIRAN V

DATASHEET KOMPONEN DAN DATA PENDUKUNG

