



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN *REMOTE VISUAL BOROSCOPE* UNTUK
PERALATAN UJI TAK MERUSAK**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**FIRMAN BUDIYANTO
0806365841**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI EKSTENSI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Firman Budiyanto

NPM : 0806365841

Tanda Tangan :

Tanggal : 14 Juni 2010

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir dengan judul :

RANCANG BANGUN *REMOTE VISUAL BOROSCOPE* UNTUK PERALATAN UJI TAK MERUSAK

Dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan untuk menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Ekstensi Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan presentasi tugas akhir

Depok, 14 juni 2010
Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. Retno Wigajatri Purnamaningsih, MT.
NIP.

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : **Firman Budiyanto**
NPM : **0806365841**
Program Studi : **Ekstensi Teknik Elektro**
Judul Tugas Akhir : **RANCANG BANGUN *REMOTE VISUAL BOROSCOPE* UNTUK PERALATAN UJI TAK MERUSAK**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Ekstensi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbingan : Dr.Ir.Retno Wigajatri Purnamaningsih, MT. ()

Penguji : Dr.Ir.Dodi Sudiana, M.Eng ()

Penguji : Dr.Abdul Muis, ST, M.Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal :

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan studi kuliah di Program Ekstensi Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Meskipun penulis cukup banyak mendapatkan kesulitan selama menyelesaikan tugas akhir ini, baik dari segi teknik maupun saat melakukan aplikasi dari tugas akhir ini, karena terbatasnya pengalaman penulis. Namun dengan adanya dorongan dan bantuan dari berbagai pihak baik dalam pengumpulan bahan pustaka, penyusunan isi, teknik pengerjaan dan penulisan, yang akhirnya tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahku disurga yang selalu menjadi penyemangat dilubuk hati dalam melangkah dan menjalani sisa hidup ini dengan baik.
2. Ibu dan keluargaku yang senantiasa mendukung baik secara material maupun spirituil.
3. Dr. Ir. Retno Wigajatri Purnamaningsih, MT. selaku dosen pembimbing saya yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Keluarga besar Ir. Agus Dewantoko yang selalu memberikan semangat.
5. Pritasari Palupiningsih S.Kom, yang selalu setia menemani dalam mengerjakan tugas akhir ini.
6. Seluruh teman-teman dan management PT. Multi Kharisma Perkasa.
7. Wasdaf_corp (Bang Botak, Bang Atom, Bang Bejo, Bang lenonk, Bang Dance, Bang Atang, Bang Padang, Mbah Penno, dan Slamet) yang selalu memberi dorongan semangat serta wejangan-wejangan yang ampuh.
8. Seluruh teman-teman Ekstensi Teknik Elektro 2008
9. Seluruh temen-temen JIN'S

Depok, Juni 2010

Firman Budiyo

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan
dibawah ini :

Nama : Firman Budiyanto
NPM : 0806365841
Program Studi : Ekstensi Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tugas akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada
Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksekutif (*Non-exclusive Royalty
Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**RANCANG BANGUN *REMOTE VISUAL BOROSCOPE* UNTUK
PERALATAN UJI TAK MERUSAK**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti
Noneksekutif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan,
mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*),
merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama
saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 14 Juni 2010
Yang menyatakan

Firman Budiyanto

ABSTRAK

Nama : Firman Budiyanto
Program Studi : Ekstensi Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun *Remote Visual Boroscope* untuk Peralatan Uji Tak Merusak

Pada perusahaan jasa inspeksi yang melakukan perawatan berbagai peralatan atau komponen maupun bahan baku produksi, senantiasa digunakan metode uji tak merusak (*nondestructive test*) untuk menjaga kualitas produk atau perawatan terhadap alat-alat tersebut diantaranya adalah metode visualisasi. Metode ini bertujuan untuk menemukan cacat atau retak permukaan dan korosi pada material. Pada tugas akhir ini dilakukan rancang bangun *remote visual boroscope* untuk alat uji tak merusak dengan metode visualisasi yang memanfaatkan komponen dan bahan yang ekonomis serta mudah ditemukan dipasaran. Perangkat terdiri dari kamera, mikrokontroler, dan komponen elektronik pendukung lainnya. Dari hasil pengujian ditunjukkan bahwa kamera yang digunakan mampu menangkap dan merekam citra dengan jelas pada jarak fokus 3 cm dengan area luasan 2,3 cm x 2,5 cm. Ditunjukkan pula bahwa penggunaan 8 buah *LED* dan perekaman citra pada saat kamera diam memberikan hasil yang terbaik.

Kata kunci :

Kualitas produk, perawatan, uji tak merusak, metode visualisasi, *remote visual boroscope*.

ABSTRACT

Name : Firman Budiyanto
Study programs : Electrical Engineering Extension
Judul : Remote Visual Boroscopes Design for Nondestructive
Equipment

Service companies in charge with the maintenance of various equipment or components including raw materials production always use a non destructive testing method. One of the method is the visualization method aims to find surface defect or crack and corrosion in materials.

In this project, a remote visual boroscope for non destructive test with visualization method is designed. This device consists of camera, microcontroller, LED and other electronics component which are easily to be found in the market with economic price.

From the test result, it is shown that the best image obtained at focus distance of 3 cm, with an area extent of 2.3 cm x 2.5 cm. It also shown that the use of 8 LED and images recording when camera is at a stand-still provide the best image.

Keyword :

Quality product, maintenance, nondestructive testing, visualization method, remote visual boroscope.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Deskripsi Singkat	4
1.5 Metodologi Penelitian	5
1.6 Sistematika Penelitian	5
2. TEORI DASAR	7
2.1 Metode Visualisasi dalam NDT	7
2.2 Kamera	8
2.2.1 Jenis-jenis kamera.....	9
2.3 Kamera CCD	9
2.3.1 Dasar-Dasar Operasi.....	10
2.3.2 Warna Kamera.....	12
2.4 Motor DC	13
2.4.1 Prinsip Kerja Motor DC	13
2.4.2 Cara Membalik Arah Motor DC.....	15
2.5 Mikrokontroler	16
2.5.1 Arsitektur Atmega 8535	17
2.5.2 Organisasi Memori	19
3. PERANCANGAN ALAT DAN PROGRAM	21
3.1 Cara Kerja Alat.....	21

3.1.1 Sistem Secara Keseluruhan	22
3.1.2 Proses Penangkapan dan Pengolahan Citra	23
3.1.3 Proses Gerak Mekanik	24
3.2 Rancang Bangun Mekanik	24
3.2.1 Mekanik Mobil	25
3.2.2 <i>Remote Control</i>	26
3.2.3 Mekanik <i>Power Supply</i>	27
3.3 Perangkat Keras	29
3.3.1 Rangkaian Minimum Sistem	29
3.3.2 Perancangan Rangkaian Driver Motor	31
3.3.3 Kamera Bcam 21 dan Receiver Easy CAP 602 USB 2.0 DVR	34
3.4 Perangkat Lunak	37
3.4.1 <i>Software Mutiviewer</i>	37
3.4.2 Sistem Pengendali <i>Remote Visual Boroscope</i>	39
3.4.2.1 Proses Pengiriman Data	40
3.4.2.2 Proses Penerimaan Data	40
4.HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA	42
4.1 Pengujian Sistem Kendali <i>Remote Control</i>	42
4.2 Pengujian Antara Jarak Fokus Kamera dari Objek	43
4.3 Pengujian Respon Sistem Kamera	46
4.4 Pengujian Pengaruh Penggunaan Lampu Penerangan (LED)	47
4.5 Pengujian Hasil Tampilan Citra Akibat Perubahan Sudut Pengambilan Citra	50
4.6 Pengujian Hasil Tampilan Citra Terhadap Mobil Diam Dan Bergerak serta Perbandingannya dengan hasil yang Diperoleh dari kamera lain	55
5. KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR ACUAN	61
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Video boroscope.....	8
Gambar 2.2	Kamera analog	8
Gambar 2.2	<i>Charge – Coupled Device</i>	10
Gambar 2.4	Daerah <i>photoactive</i> CCD	11
Gambar 2.5	Cara kerja CCD	11
Gambar 2.6	Resolusi warna	12
Gambar 2.7	CCD kamera digital Hewlett-Packard (2,1 megapiksel).....	13
Gambar 2.8	Kaidah tangan kanan	14
Gambar 2.9	Posisi awal gerakan motor	14
Gambar 2.10	Posisi motor setelah 180°	15
Gambar 2.11	Blok diagram mikrokontroler Atmega 8535	18
Gambar 2.12	Konfigurasi pin Atmega 8535	18
Gambar 3.1	Blok diagram keseluruhan sistem pada mobil <i>remote visual boroscope</i>	22
Gambar 3.2	Blok diagram pada sistem penangkapan citra, penampilan citra, dan penyimpanan citra	23
Gambar 3.3	Blok diagram proses gerak mekanik	24
Gambar 3.4	Mobil tampak depan.....	25
Gambar 3.5	Mobil tampak atas	25
Gambar 3.6	Mobil tampak samping.....	25
Gambar 3.7	Mobil tampak belakang.....	26
Gambar 3.8	<i>Remote control</i> tampak depan	27
Gambar 3.9	<i>Remote control</i> tampak atas	27
Gambar 3.10	<i>Power supply</i> tampak depan.....	28
Gambar 3.11	<i>Power supply</i> tampak belakang.....	28
Gambar 3.12	<i>Power supply</i> tampak atas	28
Gambar 3.13	Perangkat lengkap dari <i>Remote visual boroscope</i>	29
Gambar 3.14	Rangkaian minimum sistem AVR Atmega 8535	30
Gambar 3.15	Rangkaian <i>driver</i> motor	31
Gambar 3.16	IC L 298	32
Gambar 3.17	Blok diagram IC L 298	32
Gambar 3.18	Logika pensaklaran IC L 298.....	33

Gambar 3.19 Ilustrasi cara kerja <i>driver</i> motor.....	33
Gambar 3.20 Kamera <i>Bcam 21</i>	35
Gambar 3.21 Konstruksi <i>Bcam 21 colour camera</i>	36
Gambar 3.22 Receiver kamera Easy CAP002 USB 2.0 DVR.....	36
Gambar 3.23 Tampilan <i>software</i> Multiviewer.....	38
Gambar 3.24 Flowchart proses pengiriman data	40
Gambar 3.25 Flowchart proses penerimaan data.....	40
Gambar 4.1 Grafik respon kamera.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Logika <i>driver</i> motor L298	34
Tabel 3.2 Spesifikasi kamera <i>Bcam 21</i>	35
Tabel 4.1 Data pengujian sistem kendali <i>remote control</i>	43
Tabel 4.2 Data pengujian fokus kamera.....	44
Tabel 4.3 Data respon sistem kamera	46
Tabel 4.4 Data pengujian LED	48
Tabel 4.5 Pengaruh sudut pengambilan citra	51
Tabel 4.6 Pengaruh hasil citra saat kondisi mobil diam dan bergerak.....	56
Tabel 4.6 Pengaruh hasil citra saat kondisi kamera digital <i>Olympus</i> diam dan bergerak.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Pada Mobil <i>Remote Visual Boroscope</i>	62
Lampiran 2. Program Pada <i>Remote Control</i>	67



BAB 1 PENDAHULUAN

I. 1 Latar Belakang

Proses produksi di dunia industri selalu dikembangkan untuk mendapatkan kualitas yang terbaik dari barang yang diproduksi. Agar barang yang dijual di pasaran merupakan produk yang baik, maka senantiasa diperlukan proses uji kualitas (*Quality control*). Di Industri yang memproduksi serta melakukan perawatan untuk turbin, pipa, plat baja, kapal laut, pesawat terbang, kereta api, mobil, dan lain-lain selalu dilakukan metode uji tak merusak untuk menjaga kualitas produk atau hasil perawatan alat-alat tersebut. Diantaranya adalah metode uji tak merusak. Metode uji tak merusak (*nondestructive test*) adalah sebuah cara untuk mengetahui ada atau tidaknya suatu cacat atau kerusakan seperti karat; udara terjebak dalam las-lasan; retak; porosi; dan lain-lain, yang disebabkan menurunnya *performance* barang atau tidak baiknya kualitas produksi barang tersebut dengan cara tidak merusak benda yang di uji tersebut (tanpa memotong dan mengelupas). Proses melakukan pengujian dengan metode uji tak merusak disebut juga inspeksi NDT. Di dalam pekerjaan inspeksi terdapat beberapa metode NDT yang dilakukan untuk menguji atau mengecek suatu benda, yaitu :

a. Metode *Ultrasonik*.

Yaitu, metode uji yang memanfaatkan gelombang ultrasonik sebagai perambatan gelombang di material uji.

b. Metode *Radiography*.

Yaitu, metode uji yang memanfaatkan sinar-x dan sinar gamma yang akan menembus material dan menginterpretasikan material uji melalui sebuah film *radiography*.

c. Metode *Magnetik Test*.

Yaitu, metode uji dengan cara memagnetisasi material dan menaburkan partikel magnetik pada material yang telah di magnetisasi.

d. Metode *Penetran Test*.

Yaitu, metode uji yang menggunakan cairan penetran (*Dye Penetran*) dengan cara menyemprotkan cairan tersebut ke material uji.

e. Metode *Eddy Current Test* atau *Electromagnetic Test*.

Yaitu, metode uji dengan cara meninduksi material uji dan menaburkan serbuk magnetik di atas permukaan material.

f. Metode *Acoustic Emission Testing (AE)*.

Yaitu, metode uji yang memanfaatkan gelombang akustik sebagai perambatan gelombang di material uji.

g. Metode *Leak Test (LT)*.

Yaitu, metode yang menguji tingkat kebocoran yang terjadi pada komponen yang bertekanan pada saat berada pada kondisi tertutup rapat.

h. Metode *Visualisasi*.

Yaitu, metode yang bertujuan untuk menemukan cacat dengan menggunakan penglihatan manusia atau menggunakan alat bantu seperti kaca pembesar, kamera, atau boroscope.

Metode NDT yang ada saat ini dirasa sangat membantu pekerja inspeksi untuk melakukan tugas mereka. Terlebih dengan adanya peralatan-peralatan NDT yang menggunakan teknologi yang semakin canggih, menyebabkan semakin singkatnya waktu kerja pekerja inspeksi. Metode yang umum digunakan oleh pekerja inspeksi di Indonesia adalah metode *ultrasonik*, metode *radiography*, metode *magnetik test*, metode *penetran test*, dan metode *eddy current test*. Hal tersebut dikarenakan peralatan yang digunakan lebih dapat dijangkau oleh pekerja inspeksi, selain itu metode tersebut hanya digunakan untuk menjangkau material-material yang besar dan mudah untuk penggunaan di lokasi lapangan. Untuk melakukan inspeksi di tempat yang sulit dijangkau seperti turbin, mesin pesawat terbang, pipa, dan lain-lain, digunakan metode *visualisasi*, karena metode *visualisasi* menggunakan alat bantu kamera dengan diameter 0,6 cm hingga 1 cm, agar mudah dimasukkan ke dalam material.

Produk metode *visualisasi* yang ada di pasaran saat ini sudah sangat canggih, ujung kamera sudah *flexible* sehingga mudah untuk diarahkan dan digerakkan dengan menggunakan *remote*. Tampilannya pun sudah bisa digunakan untuk mengambil gambar ataupun merekam gambar. Namun demikian produk-produk ini dirasakan masih terlalu mahal. Sebagai contoh, untuk peralatan metode *visualisasi* dengan merk *olympus*, *vizaar*, dan *everest-vit* dijual di pasaran

Indonesia dengan harga lebih dari Rp. 700.000.000,00. Padahal minat para pekerja inspeksi untuk menggunakan alat tersebut sangatlah tinggi. Untuk itu dalam tugas akhir ini dilakukan rancang bangun alat yang dapat berfungsi sama dengan peralatan metode *visualisasi*, dengan bahan dan komponen yang dapat diperoleh di pasaran dalam negeri dengan harga yang ekonomis. Dengan penyempurnaan lebih lanjut diharapkan perangkat *remote visual boroscope* lebih dapat memenuhi kebutuhan perangkat kerja para pekerja inspeksi.

I.2 Tujuan penelitian

Mendesain dan membuat rancang bangun robot *remote visual boroscope* berbasis mikrokontroler untuk peralatan uji tak merusak yang mampu menampilkan, merekam dan menyimpan citra.

I.3 Batasan Masalah

Sehubungan dengan beberapa kendala yang dihadapi, maka masalah dalam hal pembuatan rancang bangun *remote visual boroscope* dan proses pengujian alat dibatasi pada :

1. Penggunaan mobil mainan dengan bahan plastik yang berbentuk mobil *jeep* dan untuk beberapa bagian mekaniknya menggunakan bahan dasar *acrylic* dengan ketebalan 3 mm
2. Motor penggerak roda belakang dan roda stir menggunakan motor DC 12 volt yang dilengkapi dengan *gear box* agar lebih kuat untuk membawa beban yang cukup berat.
3. Untuk rangkaian pengendali motor digunakan *driver motor L298D*.
4. Keseluruhan system penggerak *remote visual boroscope* dikendalikan menggunakan mikrokontroler ATMEGA 8535
5. Mekanik *remote visual boroscope* digerakkan menggunakan remote yang terhubung dengan panjang kabel maksimal 5 meter, hal tersebut dilakukan agar data-data yang disalurkan melalui mikrokontroler tidak hilang disaat transmisi data.
6. Sebagai media untuk menangkap citra, digunakan modul kamera *B-Cam 21 Colour Camera* dengan ukuran dimensi 24 x 44 mm, *picture element* 628 x 586 *pixel*, built in *IR filter*, dan beroperasi dilevel tegangan 9 - 12 V.
7. Kamera yang digunakan tidak dilengkapi dengan aplikasi *zoom*.

8. Kamera dari mobil *remote visual boroscope* ini dirancang mempunyai 1 derajat kebebasan untuk dapat bergerak secara vertikal. Sudut pergerakan vertikal kamera 180 derajat dan dibagi menjadi 13 lokasi perpindahan kamera, dengan masing-masing lokasi merepresentasikan sudut sebesar 13,85 derajat.
9. *Remote visual boroscope* dilengkapi dengan 8 buah *LED* yang mampu memberikan 8 tingkat kecerahan gambar yang berbeda untuk dapat melihat objek dalam kondisi ruangan yang gelap.
10. Untuk menerima data output kamera digunakan *recorder USB DVR EasyCap 4Ch* yang menggunakan tipe *port usb*, tipe konektor *RCA*, dan mampu menangkap serta merekam citra dengan resolusi 680 x 480; 352 x 288; dan 320 x 240.
11. Perangkat lunak yang digunakan untuk menerjemahkan data output dari *Recorder USB DVR EasyCap 4Ch* adalah perangkat lunak *Multiviewer*
12. Hasil yang diperoleh dari penangkapan citra dan video berformatkan *JPEG*.
13. Benda uji yang digunakan adalah tong / drum yang terbuat dari plat besi.

I.4 Deskripsi Singkat

Pada tugas akhir ini dicoba mengaplikasikan berbagai rangkaian elektronik dan mekanika dalam perancangan robot *remote visual boroscope*, guna melakukan inspeksi *visualisasi* dengan cara mengendalikan agar robot tersebut mampu bergerak dan menginspeksi pipa. Robot tersebut dirancang agar dapat menampilkan citra di dalam pipa dan menyimpannya. Mekanik *Remote visual boroscope* dirancang menggunakan mobil rangka jeep mainan berbahan dasar plastik. Pada bagian muka robot diletakkan sebuah modul kamera untuk menangkap citra, dan dikelilingi oleh lampu *LED* untuk penerangan. Untuk motor penggeraknya roda belakang dan roda stir diganti dengan motor DC 12 volt agar mampu berjalan di medan yang sulit. Motor DC dapat bergerak dengan cara di *driver* oleh rangkaian *driver motor L298D*. Sistem Robot tersebut dikendalikan oleh sebuah remote yang menggunakan rangkaian mikrokontroler *ATMEGA 8535* yang dihubungkan dengan kabel ke rangkaian mikrokontroler *ATMEGA 8535* pada mekanik robot. Pada modul kamera, dihubungkan sebuah kabel untuk

menampilkan citra di sebuah PC atau Laptop. Selanjutnya untuk menampilkan citra dan menyimpan hasil citra, digunakan sebuah *4channel USB DVR recorder* yang dilengkapi dengan *software Multiviewer*. Hasil tampilan citra nantinya akan berformat *JPEG* dan videonya berformatkan *AVI*.

1.5 Metodologi Penulisan

Metode yang digunakan untuk pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini antara lain:

1.5.1 Kepustakaan/ Studi Literatur

Yaitu dengan mengumpulkan bahan-bahan yang diperlukan dan studi literatur dari berbagai sumber seperti buku-buku, artikel, dan internet.

1.5.2. Perancangan alat

Metode ini merupakan tahap awal dalam pembuatan perangkat-perangkat yang diperlukan pada sebuah robot *remote visual boroscope* dari perangkat keras sampai perangkat lunak. Pada proses perancangan ini, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut, yaitu :

Langkah 1 . Mempelajari sifat kamera CCD yang meliputi daerah kerja, frekuensi, dan lain-lain.

Langkah 2. Mengkarakterisasi kamera, dengan cara menganalisa tampilan apabila kamera dalam posisi diam dan ketika digerakkan.

Langkah 3. Mempelajari proses penyaluran citra, yaitu bagaimana citra dapat diterima oleh kamera dan dapat ditampilkan melalui monitor PC atau Laptop untuk kemudian direkam.

Langkah 4. Mempelajari hasil tampilan, yaitu mempelajari hasil citra yang telah disimpan, apakah sesuai dengan kondisi sebenarnya.

1.5.3. Pembahasan

Pada tahapan perancangan penulis membahas mengenai perancangan robot *remote visual boroscope*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka makalah ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu:

BAB I Pendahuluan

Pendahuluan berisi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penulisan dan sistematika penulisan dari makalah ini.

BAB II Teori Dasar

Teori dasar berisi landasan-landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam pembahasan perancangan robot *remote visual borocope*.

BAB III Pembahasan rancangan Sistem

Pada bab ini akan dijelaskan secara keseluruhan sistem kerja dari semua elemen robot *remote visual borocope* yang terlibat.

BAB IV Pengujian Sistem dan Pengambilan Data

Bab ini berisi tentang unjuk kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian-bagian kecil dari sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awal. Setelah sistem berfungsi dengan baik maka dilanjutkan dengan pengambilan data untuk memastikan kapabilitas dari sistem yang dibangun.

BAB V Penutup

Penutup berisi kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan sistem, selain itu juga penutup memuat saran untuk pengembangan lebih lanjut hasil rancang bangun robot *remote visual borocope*.

BAB 2

TEORI DASAR

Dalam bab ini akan dibahas mengenai teori yang mendasari rancang bangun. Adapun dasar teori yang jelaskan dalam bab ini adalah teori tentang metode visualisasi dalam metode visualisasi, kamera, kamera *CCD*, motor dc, dan mikrokontroler *AVR ATmega 8535*.

2.1 Metode Visualisasi dalam NDT

Non destructive testing (NDT) memiliki lingkup bidang yang sangat luas, cabang ilmu pengetahuan yang mempunyai peran yang sangat penting guna memberikan jaminan bahwa struktur dan sistem komponen berfungsi dengan baik serta efisien biaya. *Non destructive testing* adalah sebuah cara untuk mengetahui ada atau tidaknya suatu cacat atau kerusakan seperti karat; udara terjebak dalam las-lasan; retak; porosi; dan lain-lain, yang disebabkan karena menurunnya *performance* barang atau tidak baiknya kualitas produksi barang tersebut, tanpa merusak benda yang di uji tersebut (seperti memotong dan mengelupas). Pada dasarnya, tes ini dilakukan untuk menjamin bahwa material yang kita gunakan memiliki mutu yang baik sesuai dengan standar yang berlaku. NDT ini adalah bagian penting dari kendali mutu komponen dalam proses produksi terutama unuk industri fabrikasi.

Dalam aplikasinya NDT menggunakan bermacam-macam metode yang sekarang terus berkembang untuk memperoleh cara yang lebih baik, diantaranya metode *ultrasonik*, metode *radiography*, metode *magnetik test*, metode *penetran test*, metode *eddy current test*, dan metode visualisasi.

Dalam tugas akhir ini digunakan metode visualisasi untuk melakukan inspeksi. Bertujuan menemukan cacat atau retak permukaan dan korosi pada material yang dapat terlihat oleh mata telanjang atau dengan bantuan alat seperti kaca pembesar, kaca atau *boroscopes* seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. *Video borescope*

Dengan menggunakan media visualisasi seperti kamera, adanya cacat atau *crack* dapat dilihat secara langsung bentuk *crack* cacat pada bahan tersebut. Beberapa aplikasi dari alat dengan prinsip metode visualisasi antara lain :

- *Turbine Inspections*
- *Sweeney Turning Tool (STT)*, bertujuan untuk mempermudah melakukan inspeksi terhadap mesin
- *Foreign object debris removal*
- *Airframe inspection*
- *APU (Auxiliary Power Unit Inspection)*
- *Landing Gear Inspection*
- *Components Inspection*

2.2 Kamera

Kamera adalah alat untuk memproyeksikan tampilan citra dari suatu objek. Agar dapat berfungsi dengan baik, sebuah kamera minimal terdiri atas beberapa komponen yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2. Kamera analog

1. Badan kamera

Badan kamera adalah ruangan yang sama sekali kedap cahaya, namun dihubungkan dengan lensa yang menjadi satu-satunya tempat cahaya

masuk. Di dalam bagian ini cahaya yang difokuskan oleh lensa akan diatur agar tepat mengenai dan membakar film.

2. Sistem lensa

Sistem lensa dipasang pada lubang depan kotak, berupa sebuah lensa tunggal yang terbuat dari plastik atau kaca, atau sejumlah lensa yang tersusun dalam suatu silinder logam.

3. Pemantik potret (*shutter*)

Tombol pemantik potret atau *shutter* dipasang di belakang lensa atau di antara lensa.

4. Diafragma

Diafragma adalah komponen dari lensa yang berfungsi mengatur intensitas cahaya yang masuk ke kamera.

5. Pengatur ISO atau ASA film

2.2.1 Jenis-jenis Kamera

Jenis-jenis kamera berdasarkan media penangkap cahaya, diantaranya adalah :

a. Kamera film

Kamera film adalah kamera yang menggunakan pita seluloid.

b. Kamera polaroid

Kamera polaroid adalah kamera yang menggunakan lembaran polaroid.

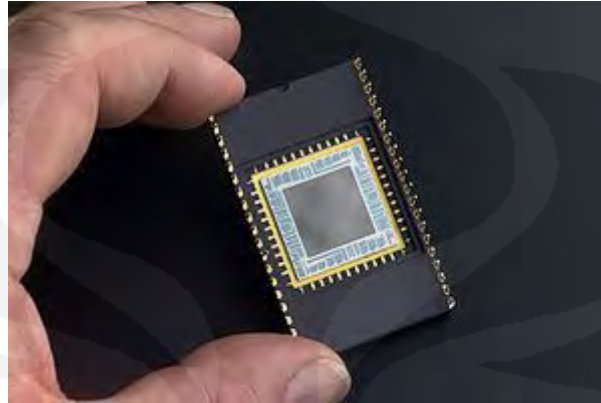
c. Kamera digital

Kamera jenis ini merupakan kamera yang dapat bekerja tanpa menggunakan film, akan tetapi menggunakan memori penyimpanan sebagai media penyimpanan. Saat ini lensa kamera digital banyak menggunakan kamera CCD.

2.3 Kamera CCD

Peranti muatan-berpasangan (*charge-coupled device* atau CCD) adalah sebuah sensor untuk merekam gambar yang sensitif terhadap cahaya dan mampu menyimpan serta menampilkan data dari sebuah gambar dengan cara tiap pixel dari gambar dikonversi ke dalam bentuk muatan elektrik dengan intensitas yang sesuai dengan spektrum warna. CCD terdiri dari sirkuit terintegrasi berisi kondensator yang berhubungan, atau berpasangan. CCD digunakan dalam

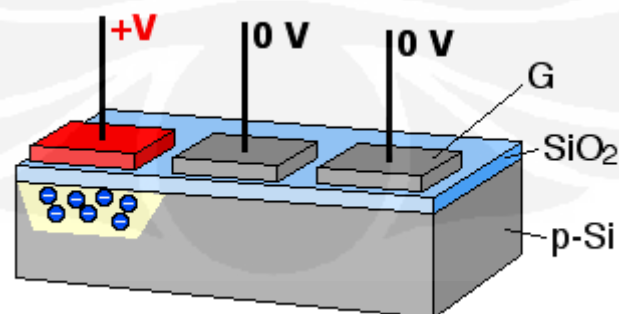
fotografi kamera digital, astronomi (terutama dalam fotometri), optikal, spektroskopi UV, *scanner*, *barcode reader*, sensor visual untuk robot, dan teknik kecepatan tinggi seperti penggambaran. Gambar 2.3 di bawah merupakan contoh kamera CCD.



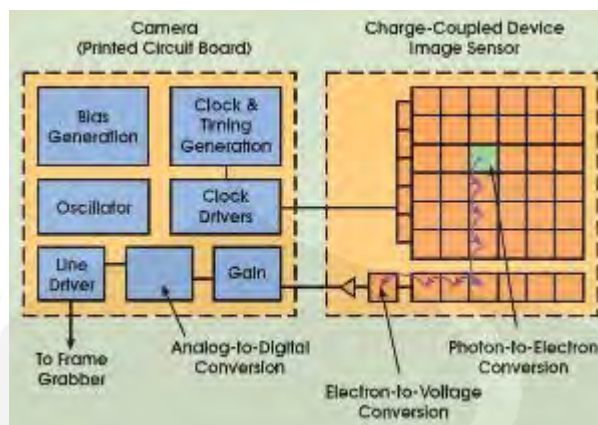
Gambar 2.3. *Charge-Coupled Device (CCD)*

2.3.1 Dasar-Dasar Operasi

Ketika sebuah foton membentur atom, proses tersebut dapat mengangkat sebuah elektron ke tingkat energi yang lebih tinggi, atau dalam beberapa kasus, melepaskan elektron dari atom. Ketika cahaya menimpa permukaan CCD, hal tersebut membebaskan beberapa elektron untuk bergerak dan berkumpul di kondensator. Elektron tersebut digeser sepanjang CCD oleh pulsa-pulsa elektronik dan dihitung oleh sebuah sirkuit yang mengambil elektron dari setiap piksel kedalam sebuah kondensator lalu mengukur dan menguatkan tegangan yang membentangnya, lalu mengosongkan kondensator. Proses tersebut memberikan sebuah citraan hitam-putih yang efektif dengan mengukur seberapa banyak cahaya yang jatuh disetiap piksel. Gambaran dari proses tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5 berikut :



Gambar 2.4. Daerah *photoactive CCD*



Gambar 2.5. Cara kerja CCD

CCD yang memiliki baris tunggal dapat digunakan sebagai saluran tunda. Sebuah tegangan analog dikenakan pada kondensator pertama dalam larikan, dan perintah yang berselang tetap diberikan kepada setiap kondensator untuk memindahkan muatannya ke tetangganya. Dengan demikian seluruh larikan digeser setiap satu lokasi. Setelah sebuah tundaan yang setara dengan jumlah kondensator dikalikan interval geser, muatan yang mencerminkan sinyal masukan tiba di kondensator terakhir di larikan, dimana muatan ini dikuatkan untuk menjadi sinyal keluaran. Proses ini terus berlanjut, menciptakan sebuah sinyal di keluaran yang merupakan versi tertunda dari masukan, dengan beberapa cacat dikarenakan frekuensi pencuplikan. Penggunaan CCD dalam hal ini sering digantikan dengan saluran tunda digital.

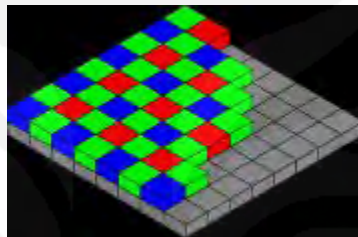
CCD dengan beberapa baris piksel menggeser muatannya secara vertikal menuju ke baris terbawah, dan hanya baris terbawah yang dibaca keluarannya secara konvensional. Kecepatan dari sirkuit pengukur harus cukup cepat untuk menghitung semua baris bawah, lalu menggeser baris tersebut kebawah dan mengulangnya untuk setiap baris yang lain, hingga seluruh baris terbaca. Di kamera video, seluruh proses ini membutuhkan kira-kira 40 kali setiap detik.

Beberapa faktor dapat mempengaruhi ketika foton membebaskan elektron, sirkuit dalam CCD dapat menghalangi cahaya untuk masuk, gelombang yang lebih panjang dapat menembus kedalam CCD tanpa berinteraksi dengan atom-atom, beberapa gelombang yang lebih pendek dapat memantul di permukaan, dan lain sebagainya. Mengetahui berapa banyak foton yang jatuh ke permukaan

fotoreaktif akan membebaskan elektron adalah ukuran akurat sensitivitas CCD. Hal ini disebut dengan efisiensi kuantum dan dinyatakan dalam persentase.

2.3.2 Warna Kamera

Kamera digital biasanya menggunakan tapis *Bayer* sebelum CCD. Setiap persegi dari empat piksel ditapis merah, biru dan dua hijau (mata manusia kecil sensitif terhadap hijau) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6. Sebagai hasilnya informasi diambil disetiap piksel, tetapi piksel warna memiliki resolusi yang lebih rendah daripada piksel sebenarnya.



Gambar 2.6. Resolusi warna

Pemisahan warna yang lebih baik dapat dicapai dengan tiga peranti CCD dan sebuah prisma dikroik pemisah warna, ini memisahkan gambar menjadi komponen merah, hijau, dan biru (*RGB*). Setiap CCD disusun sedemikian rupa sehingga merespon warna tertentu. Sejak ditemukannya teknologi CCD, saat ini banyak perekam video profesional menggunakan teknik ini contohnya adalah penggunaan CCD kamera digital merk *Hewlett-Packard* seperti pada Gambar 2.7. Ada beberapa kamera yang menggunakan filter warna berputar untuk mencapai kejernihan warna dan resolusi tinggi dengan harga yang relatif rendah. Kamera jenis ini sangat jarang dan hanya dapat digunakan untuk memotret obyek diam.



Gambar 2.7. CCD kamera digital *Hewlett-Packard* (2,1 megapiksel).

2.4 Motor DC

Salah satu komponen yang diperlukan dalam penggunaan sistem pengendali adalah *aktuator*. *Aktuator* adalah komponen pertama untuk melakukan gerakan, mengubah energi elektrik menjadi gerakan mekanik. Adapun jenis aktuator salah satunya adalah motor listrik. Motor listrik dikelompokkan menjadi motor DC dan motor AC, perbedaannya terdapat pada tegangan yang menggerakkannya. Motor AC digerakkan oleh tegangan bolak-balik (AC), sedangkan motor DC digerakkan oleh tegangan searah (DC).

2.4.1 Prinsip Kerja Motor DC

Prinsip kerja motor DC dapat dijelaskan dengan teori elektromagnetik. Misal sebuah kawat berarus yang dipengaruhi medan magnet luar akan mengalami gaya yang disebut gaya magnet yang besarnya ditunjukkan pada persamaan:

$$F = B \cdot i \cdot L \sin \alpha \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

F = gaya magnet (Newton)

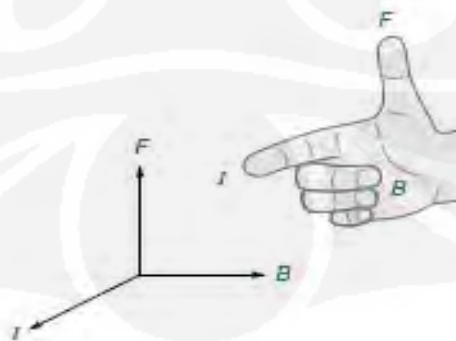
B = medan magnet luar (Wb/m^2)

i = kuat arus (Ampere)

L = panjang kawat (Meter)

α = sudut yang dibentuk medan magnetic dengan arus

Pada sebuah kawat berarus listrik di dalam pengaruh medan magnet, maka arah gaya **F** dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan pada Gambar 2.8.

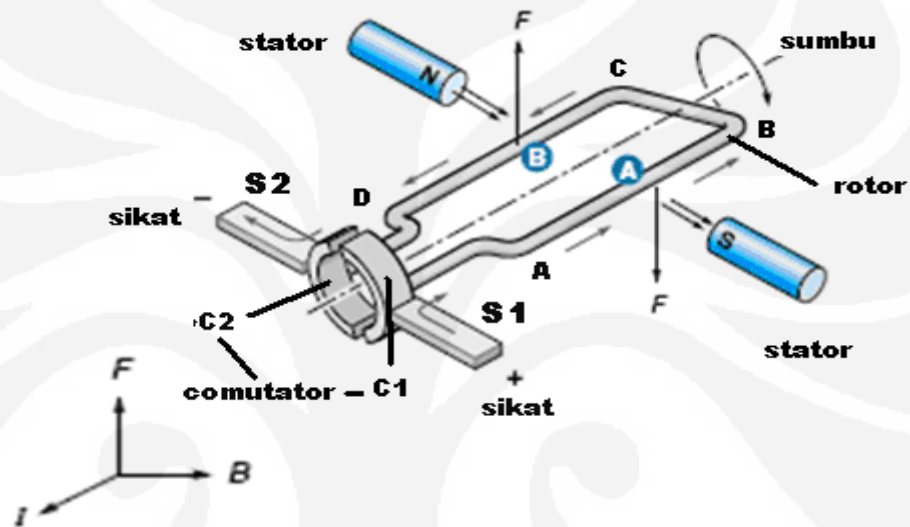


Gambar 2.8. Kaidah tangan kanan

Motor *dc* terdiri dari bagian-bagian yang dapat menggerakkan motor tersebut, yaitu:

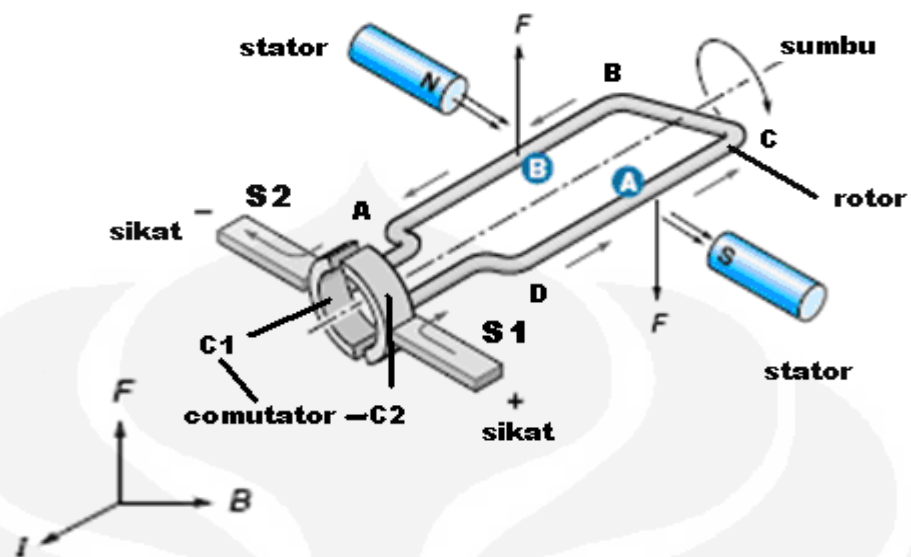
1. **Rotor**, yaitu bagian yang berputar pada motor berupa kumparan kawat.
2. **Stator**, yaitu bagian yang diam pada motor berupa magnet.
3. **Komutator**, yaitu cincin belah yang berfungsi sebagai penukar arus.
4. **Sikat**, yaitu sepasang batang grafit yang menempel pada komutator tetapi tidak berputar.

Cara kerja motor *dc* dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9. Posisi awal gerakan motor

Misalkan kedudukan mula-mula seperti pada Gambar 2.9 arus listrik mengalir dari kutub (+) baterai melalui sikat S1 – cincin C1- rotor ABCD – cincin C2 – sikat S2 – kembali ke kutub (-) baterai. Ketika rotor CD yang dekat dengan kutub utara mengalami gaya ke atas dan sisi rotor AB yang dekat dengan kutub selatan mengalami gaya ke bawah. Akibatnya rotor ABCD berputar searah jarum jam.



Gambar 2.10. Posisi motor setelah 180°

Setelah setengah putaran (180°), terjadi pertukaran posisi antara sikat dan comutator seperti pada Gambar 2.10. Sekarang, C2 menyentuh sikat S1 dan C1 menyentuh sikat S2. Sehingga arus mengalir dari kutub (+) baterai menuju kutub (-) melalui sikat 1 (S1), Comutator 2 (C2), Rotor DCBA, Comutator 2 (C2), dan sikat 2 (S2). Pertukaran posisi antara sikat dan comutator mengakibatkan motor terus berputar

2.4.2 Cara Membalik Arah Motor DC

Arah gerakan motor arus searah dapat diatur dengan dua cara yaitu mengubah polarisasi arah arus searah pada belitan medan magnet (+) dan (-), atau dengan mengubah arah arus dengan menukar (+) dan (-) pada sikat.

Pada prinsipnya membalik arah motor searah memang dengan dua cara yang telah disebutkan di atas, namun dalam suatu rangkaian elektronika kita memerlukan suatu rangkaian penggerak motor yang dapat membalik arah gerak motor dengan mudah misalnya dengan menggunakan transistor. Transistor pada rangkaian pembalik putaran motor berfungsi sebagai saklar (*switching*).

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler sebagai suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer hadir memenuhi kebutuhan pasar dan teknologi baru. Sebagai

teknologi baru, yaitu teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak, tetapi hanya membutuhkan ruang yang kecil serta dapat diproduksi secara masal (dalam jumlah banyak) membuat harganya menjadi lebih murah (dibandingkan dengan mikroprosesor). Sebagai kebutuhan pasar, mikrokontroler hadir untuk memenuhi selera industri dan para konsumen akan kebutuhan dan keinginan alat-alat bantu dan *control system* yang lebih baik dan canggih.

Tidak seperti sistem komputer, yang mampu menangani berbagai macam program aplikasi, mikrokontroler hanya bisa digunakan untuk suatu aplikasi tertentu saja. Perbedaan lainnya terletak pada perbandingan RAM (Random Access Memory) dan ROM (Read Only Memory). Pada sistem komputer perbandingan RAM dan ROM-nya besar, artinya program-program pengguna disimpan dalam ruang RAM yang relative besar, sedangkan rutin-rutin antarmuka perangkat keras disimpan dalam ruang ROM yang kecil. Sedangkan pada mikrokontroler, perbandingan ROM dan RAM-nya yang besar, artinya program *control* disimpan dalam ROM (masked ROM atau Flash PEROM) yang ukurannya relatif lebih besar, dan RAM digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara, termasuk register-register yang digunakan pada mikrokontroler yang bersangkutan. ROM tidak akan berubah isinya meskipun catudaya pada chip hilang, saat mikrokontroler di-reset, program didalam ROM akan langsung dijalankan. Berbeda dengan RAM yang isinya akan sirna begitu chip kehilangan catudaya, karena ia digunakan untuk menyimpan data saat program bekerja.

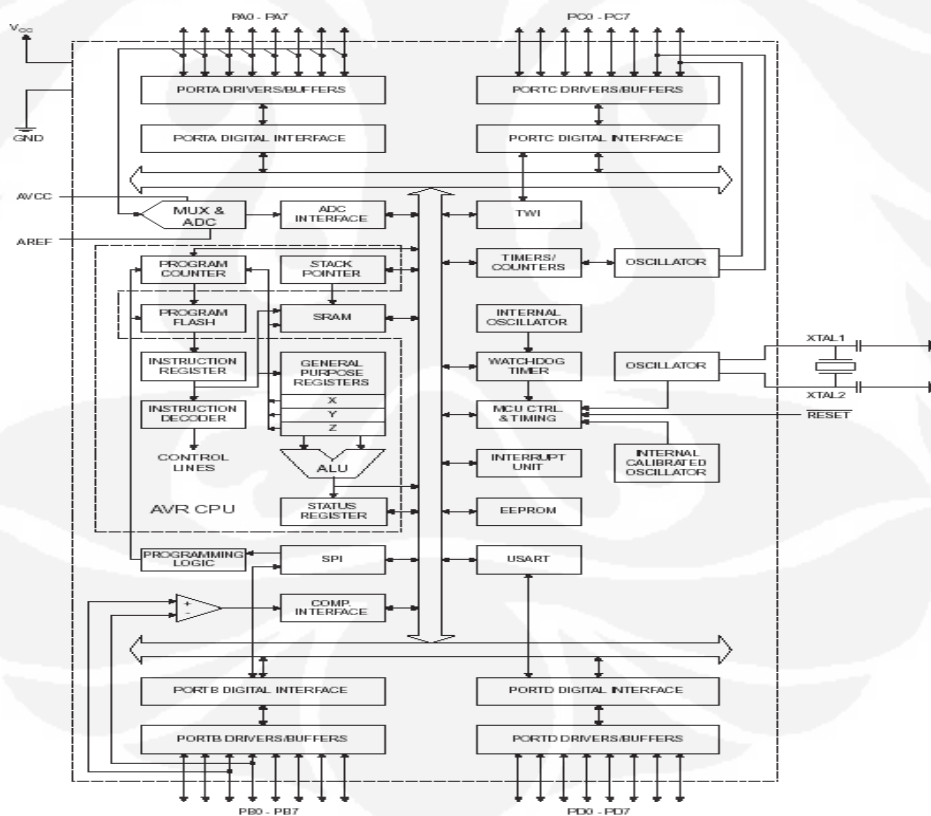
Mikrokontroler dalam skripsi ini digunakan sebagai pengolah data dan mengakuisisi data dari rangkaian-rangkaian sensor yang dipergunakan dalam rancang bangun *remote visual boroscope* untuk peralatan uji tak merusak.

2.5.1 Arsitektur Atmega 8535

- ATmega8535 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit berdaya rendah yang memiliki arsitektur Saluran Input atau output sebanyak 32 buah.
- ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
- Tiga buah timer/counter dengan kemampuan perbandingan.
- CPU yang terdiri dari atas 32 register.
- Watchdog timer dengan osilator internal.

- SRAM sebesar 512 byte.
- Memory flash sebesar 8kb dengan kemampuan Read While Write.
- Unit interupsi internal dan eksternal.
- Port antarmuka SPI
- EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
- Antarmuka komparator analog.
- Port USART untuk komunikasi serial.

AVR RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Setiap instruksi, dengan menggunakan mikrokontroler ATmega8535 ini, dapat dieksekusi dalam satu siklus *clock* osilator, dan keluarannya bisa mencapai hampir sekitar 1 MIPS (*Million Instruction Per Second*) per MHz, sehingga konsumsi daya bisa optimal dan kecepatan proses eksekusi menjadi maksimal. Gambar 2.11 berikut ini adalah arsitektur yang dimiliki oleh Mikrokontroler Atmega 8535:



Gambar 2.11. Blok diagram mikrokontroler ATmega8535

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 2.12. Konfigurasi pin ATmega8535

Pada Gambar 2.12 ditunjukkan bahwa Mikrokontroler ATmega8535 memiliki bentuk fisik 40 pin dengan konfigurasi DIP (Dual inline Package) dimana jumlah pin di kedua sisinya sama banyak. Tiap-tiap pin ini memiliki fungsi-fungsi tertentu, yaitu :

- Vcc merupakan PIN yang berfungsi sebagai suplai tegangan positif untuk chip dengan batas tegangan antara 4,0 volt – 5,5 volt DC (*Direct Current*).
- GND merupakan pin yang berfungsi sebagai referensi pertanahan (referensi 0 volt) pada chip.
- Port A (PA0-PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC.
- Port B (PB0-PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *timer/counter*, komparator analog, dan SPI.
- Port C (PC0-PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan *timer oscillator*.
- Port D (PD0-PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
- RESET merupakan *master* reset untuk chip, bila diberi sinyal kurang lebih 2 siklus mesin, mikrokontroler akan *me-restart* sistem dan memulai dari awal.

- XTAL1 dan XTAL2 merupakan fasilitas *on-chip oscillator* yang dapat di *drive* menggunakan kristal maupun resonator keramik, tentunya dengan tambahan kapasitor untuk menstabilkan system. *On-chip oscillator* tidak hanya dapat di *drive* dengan menggunakan kristal, tetapi juga dapat menggunakan TTL *oscillator*.
- AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
- AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

2.5.2 Organisasi Memori

AVR ATmega 8535 memiliki ruang pengalamatan memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 512 *byte* SRAM *internal*. Register keperluan umum menempati *space* data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu, register khusus untuk menangani I/O dan kontrol terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$20 hingga \$5F. Register tersebut merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai peripheral mikrokontroler, seperti kontrol register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. Register khusus alamat memori secara lengkap.

BAB 3

PERANCANGAN ALAT DAN PROGRAM

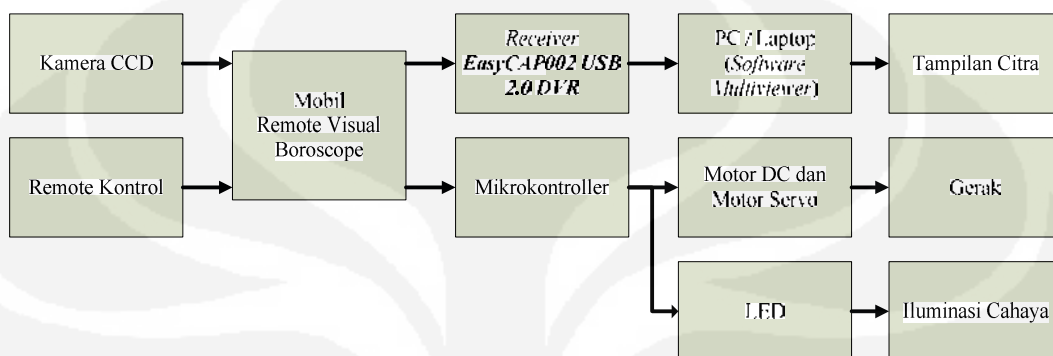
Pada bab ini akan dibahas mengenai cara kerja alat secara garis besar. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses perakitan dan juga pemahaman cara kerja masing-masing rangkaian. Hal ini sangat penting dalam pembuatan suatu alat, mengingat setiap rangkaian saling berhubungan dan mempengaruhi kinerja alat lainnya. Sehingga hasil yang didapatkan sesuai dengan keinginan dan teori yang berlaku.

3.1 Cara Kerja Alat

Peralatan metode visualisasi yang ada saat ini dibuat oleh beberapa pabrik yang menerapkan teknologi canggih sehingga peralatan tersebut dapat dikontrol oleh manusia dengan menggunakan sebuah *remote control* dan mampu menyimpan hasil rekaman citra serta menampilkannya. Pada tugas akhir ini, penulis menerapkan cara kerja yang hampir sama dengan peralatan metode visualisasi yang ada. Bedanya, *remote visual boroscope* ini berbentuk mobil yang dilengkapi dengan kamera dan menggunakan *remote control* sebagai pengendalinya. Alat tersebut juga dirancang untuk dapat menampilkan citra dengan benda uji berbentuk pipa, *pvc*, atau tong (drum yang terbuat dari besi). Pada proses kerjanya, alat tersebut dapat bergerak maju, mundur, belok ke kanan, dan belok ke kiri menggunakan tombol yang ada pada *remote control*. Sistem utama dari *remote control* tersebut menggunakan mikrokontroler. Jika salah satu tombol tersebut ditekan, maka mikrokontroler yang ada di dalam *remote* akan mengirimkan data atau perintah kepada mikrokontroler yang ada pada mobil untuk melakukan suatu pekerjaan sesuai dengan data atau perintah yang dikirimkan. Misalnya tombol maju yang ada pada *remote control* ditekan, maka mobil akan bergerak maju pula sesuai dengan perintah. Pada pengujiannya, mobil tersebut akan bergerak ke dalam benda uji untuk melakukan inspeksi visual dan menampilkannya serta menyimpannya di PC atau laptop. Pada kamera, data akan dikirimkan langsung ke recorder tanpa melewati mikrokontroler melalui sebuah kabel koaksial. Data yang di tangkap kamera akan dirubah oleh recorder menjadi video dengan format *AVI*, menggunakan sebuah software bernama *Multiviewer*

yang sudah ada di rekorder tersebut. Gambar yang dirubah akan dapat direkam oleh software rekorder dan disimpan di dalam hardisk PC atau laptop. Dari hasil tampilan citra tersebut, dapat diketahui kondisi permukaan dari benda uji, sehingga dapat diambil kesimpulan apakah benda uji terdapat cacat atau tidak.

3.1.1 Sistem Secara Keseluruhan



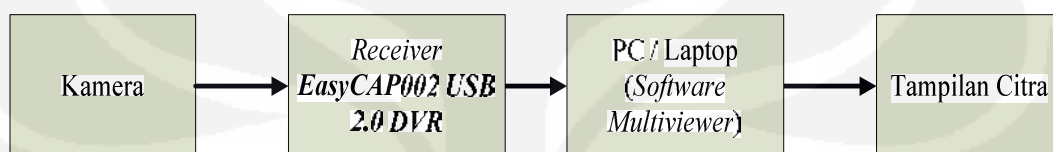
Gambar 3.1. Blok diagram keseluruhan sistem pada mobil *remote visual boroscope*

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat diketahui bahwa proses kerja yang terjadi pada mobil *remote visual boroscope* dimulai dari input oleh kamera CCD dan *remote control*. Input tersebut akan menghasilkan *output* yang berbeda, dimana *input* kamera CCD akan menghasilkan tampilan citra setelah *input* tersebut diolah oleh *rekorder* dan disalurkan ke media PC atau laptop. Sedangkan *remote control* akan menghasilkan *output* berupa pengaturan cahaya untuk membantu kamera menangkap citra suatu objek dari kondisi ruangan yang gelap dan gerak dari mekanik dengan cara memberi instruksi kepada mikrokontroller yang ada pada mekanik mobil *remote visual boroscope* untuk mengatur kerja dari LED dan motor DC serta motor *servo*.

Berdasarkan blok diagram keseluruhan sistem di atas juga dapat dilihat cara kerja dari mobil *remote visual boroscope*. Kamera CCD akan menangkap citra, kemudian mengirimkan data citra tersebut ke rekorder untuk diolah, lalu ditampilkan melalui monitor PC atau laptop. Jika kamera CCD kekurangan cahaya untuk dapat menangkap citra, maka melalui *remote control* dapat dibantu dengan menyalakan LED, sehingga akan menghasilkan cahaya yang dapat diatur

tingkat cerah ataupun redupnya sesuai dengan kebutuhannya. Cara kerja pada sistem gerak mekanik yaitu, setiap tombol yang ada pada *remote control* akan memberikan instruksi kepada mikrokontroler yang ada pada *remote control*, untuk mengirimkan data instruksi kepada mikrokontroler yang ada pada mekanik mobil *remote visual boroscope* melalui kabel. Kemudian mikrokontroler yang ada pada mekanik mobil *remote visual boroscope* akan mengolah data tersebut menjadi sebuah instruksi yang akan menjalankan LED ataupun motor.

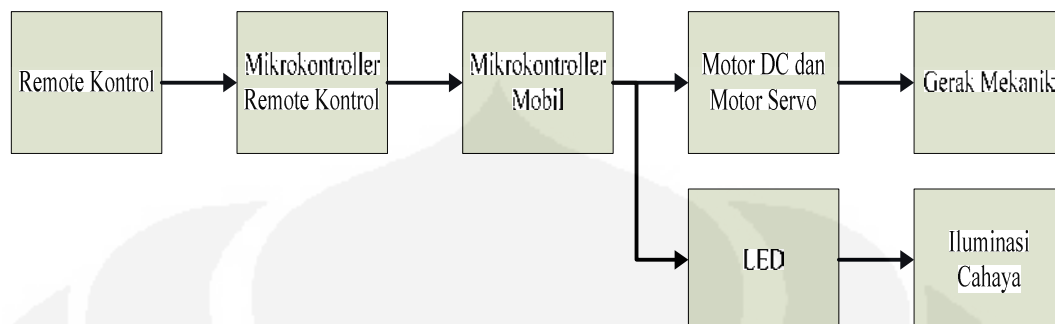
3.1.2 Proses Penangkapan dan Pengolahan Citra.



Gambar 3.2. Blok diagram pada sistem penangkapan citra, penampilan citra dan penyimpanan citra

Pada Gambar 3.2 di atas, dapat ditunjukkan bagaimana cara agar suatu citra dapat ditangkap oleh kamera CCD untuk kemudian ditampilkan dan direkam ke dalam sebuah PC atau laptop. Kamera yang ada pada mobil *remote visual boroscope* digunakan untuk melihat tampilan dari objek yang diinspeksi. Proses pertama yang dilakukan kamera CCD untuk menampilkan dan merekam citra yaitu dengan menggunakan suatu *software* yang dijual di pasaran. *Software* tersebut adalah *Multiviewer* yang dapat mengubah suatu data yang diterima kamera CCD, dan menampilkannya di PC atau laptop menjadi sebuah gambar atau *video*. Hasil tampilan citra dapat juga direkam di dalam harddisk sebuah PC atau laptop menggunakan *software*, dengan format *output* berupa *AVI*. Hasil tampilan dan rekaman dapat dijadikan sebagai kesimpulan yang menyatakan apakah benda uji dapat dikatakan cacat dan retak.

3.1.3 Proses Gerak Mekanik.



Gambar 3.3. Blok diagram proses gerak mekanik.

Untuk melakukan sebuah gerak yang diinginkan pada mobil *remote visual boroscope* digunakan beberapa komponen. Komponen-komponen yang ada tersebut saling berkaitan erat untuk menunjang jalannya sebuah sistem gerak. *Remote control* digunakan sebagai pusat dalam mengirimkan sebuah perintah. Pada *remote control* terdapat tombol-tombol yang terhubung oleh sebuah mikrokontroller yang ada pada *remote control* dan dapat mengatur agar mekanik mobil *remote visual boroscope* untuk dapat bergerak maju, mundur, belok kanan, belok kiri, mengarahkan kamera, dan mengatur tingkat cerah atau redupnya cahaya yang dapat digunakan untuk membantu kamera dalam menangkap citra dari suatu objek yang berada dalam kondisi gelap. Jika sebuah tombol ditekan maka mikrokontroller akan mengirimkan sebuah perintah yang berupa data biner melalui sebuah kabel sepanjang 5 meter. Data tersebut akan diterima oleh mikrokontroller yang ada pada mekanik mobil *remote visual boroscope*. Setelah menganalisa data, mikrokontroller akan menjalankannya sesuai dengan perintah dari mekanik *remote control*.

3.2 Rancang Bangun Mekanik

Dalam perancangan ini dijelaskan tentang konsep sistem rangka secara mekanik dan sistem gerak. Sebagian besar dari sistem mekanik menggunakan bahan plastik, seng dan *fiber glass (acrylic)*. Dipilihnya bahan-bahan tersebut karena mempunyai kelebihan yaitu ringan, kuat dan tidak mudah pecah serta dapat kita atur bentuknya sesuai keinginan kita.

3.2.1 Mekanik Mobil

Pada gambar 3.4 hingga 3.7 ditunjukkan rancangan konstruksi mekanik mobil *remote visual boroscope*.



Gambar 3.4. Mekanik mobil tampak depan



Gambar 3.5. Mekanik mobil tampak atas



Gambar 3.6. Mekanik mobil tampak samping



Gambar 3.7. Mekanik mobil tampak belakang

Pada bodi mobil digunakan bahan plastik dan *acrylic* dengan ketebalan 3 mm. Bagian roda dari mobil, digunakan roda karet yang diambil dari mobil mainan. Untuk pergerakan roda stir dan roda belakang, digunakan motor DC 12 volt yang dilengkapi dengan *gear box*. Untuk penampang kamera, digunakan pipa dengan ukuran $\frac{1}{4}$ inch. Mobil *remote visual boroscope* ini dirancang mempunyai 1 sumbu kebebasan kamera untuk dapat menggerakkan kamera secara vertikal agar dapat mempermudah proses penangkapan citra. Sudut pergerakan vertikal kamera dibatasi hanya dapat bergerak 180 derajat, dibagi menjadi 13 lokasi, dan setiap lokasi merepresentasikan sudut sebesar 13,85 derajat. Untuk mengatur tingkat kecerahan gambar yang diperoleh, digunakan 8 buah LED yang mampu memberikan 8 tingkat kecerahan gambar.

3.2.2 Remote Control

Untuk pengendali utama mobil *remote visual boroscope* digunakan sebuah *remote control* dengan bahan plastik berbentuk kotak, yang dapat dibeli dipasaran. Berikut ini adalah gambar dari *remote control* dengan saklar *push button* pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9.



Gambar 3.8. *Remote control* tampak depan



Gambar 3.9. *Remote control* tampak atas

Dari gambar di atas dapat dilihat untuk tombol-tombolnya menggunakan saklar *push-on*.

3.2.3 Power Supply

Untuk menunjang sistem kelistrikan dari *remote visual boroscope*, dibuatlah rancangan *power supply*. Bahan yang digunakan untuk membuat *casing power supply* adalah seng. Gambar 3.10 hingga 2.12 berikut ini adalah gambar dari *power supply*.



Gambar 3.10. *Power supply* tampak depan



Gambar 3.11. *Power supply* tampak belakang



Gambar 3.12. *Power supply* tampak atas

Tahap selanjutnya adalah mengintegrasikan mekanik mobil, *remote control*, dan *power supply* menjadi satu kesatuan sistem sehingga masing-masing dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Berikut ini adalah keseluruhan sistem yang digunakan.



Gambar 3.13. Perangkat lengkap dari *Remote visual boroscope*.

3.3 Perangkat Keras

Perangkat keras meliputi sekumpulan komponen elektronika yang kemudian diatur menjadi satu kesatuan sistem. Fungsi umum dari perangkat keras ini adalah untuk :

- Mengirim, menerima , mengelola dan mengakusisi data dengan sistem minimum mikrokontroller *ATMEGA8535*.
- Mengatur arah kedua motor penggerak untuk bergerak searah jarum jam (*CW*) dan berlawanan jarum jam (*CCW*).
- Mengendalikan *output* tombol *switch* pada *remote control*.
- Mengendalikan *output* dari *limit switch*.
- Menangkap gambar melalui kamera, dan mengirimkannya ke rekorder.
- Menampilkan dan menyimpan hasil tangkapan citra di PC atau laptop.

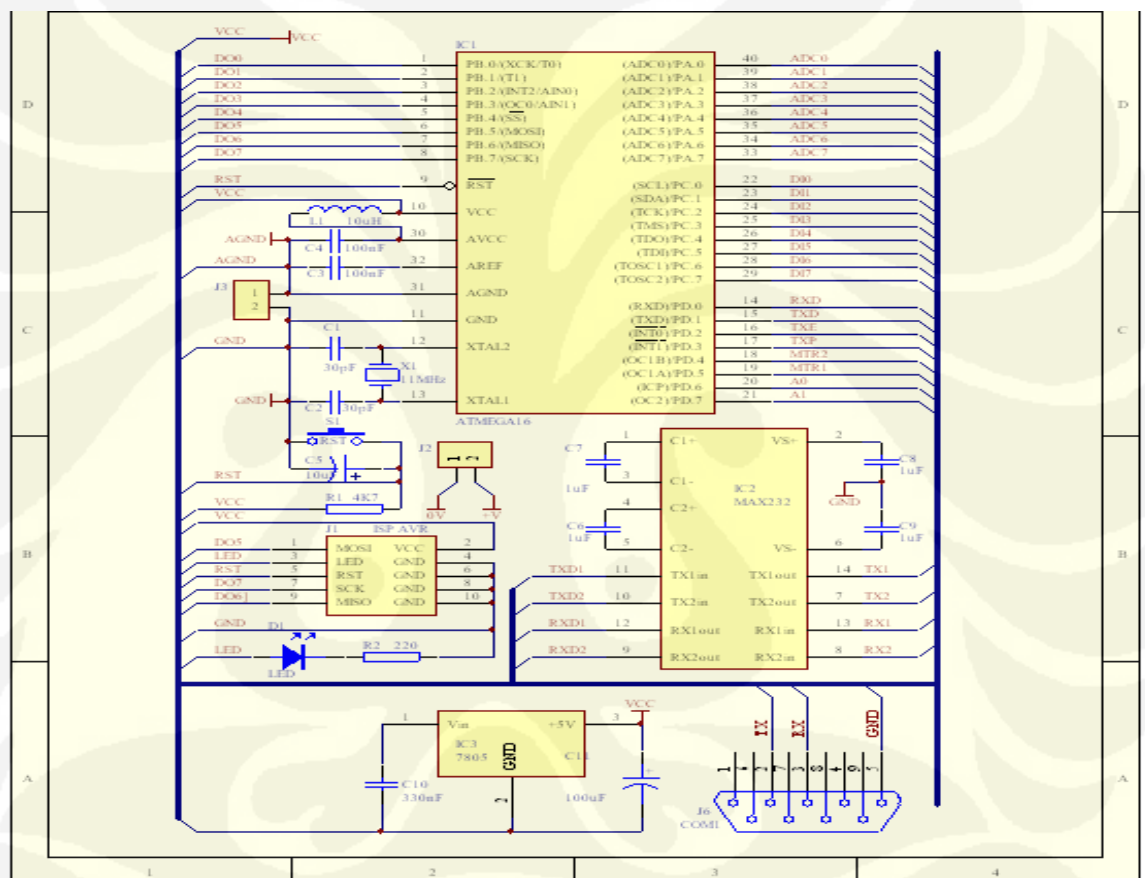
3.3.1 Rangkaian Minimum Sistem

Rangkaian minimum sistem dibutuhkan agar mikrokontroller berjalan sebagai mana mestinya, untuk itu dibutuhkan dua buah komponen penting yaitu kristal sebagai sumber pendetak *osilator internal* dan pe-reset.

Untuk sumber pe-reset ada dua buah rangkaian umum yang digunakan yaitu *power-on* reset dan manual reset. *Power-on* reset berfungsi untuk mereset program sesaat setelah mendapat tegangan masuk awal dari catu daya. Sedangkan manual reset digunakan agar program dapat direset sewaktu-waktu tanpa harus mematikan dan menyalakan kembali catu daya. Untuk mereset dengan sempurna,

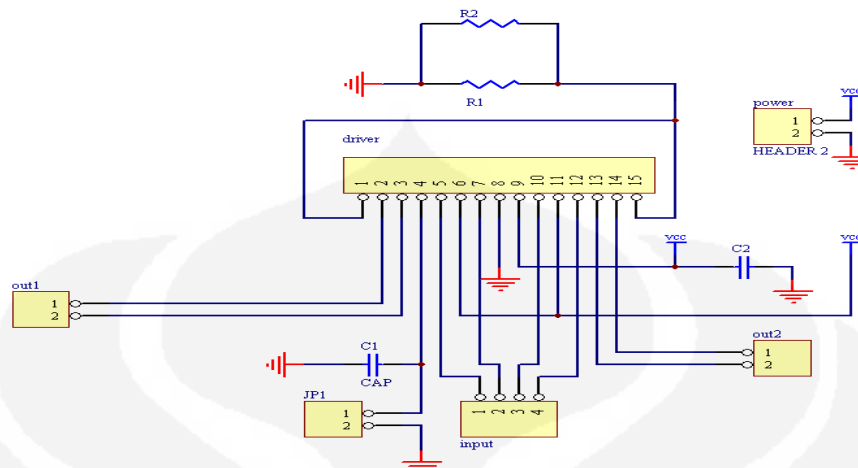
tegangan pada kaki RST harus ditahan pada taraf logika tinggi sampai *oscilator* berdetak selama ± 2 siklus mesin. Rangkaian yang digunakan pada perancangan ini adalah rangkaian manual reset.

Kristal sebagai isyarat pulsa detak digunakan untuk menentukan kecepatan operasi pada mikrokontroler. Isyarat pulsa detak dibentuk oleh rangkaian pembangkit pulsa dengan menggunakan osilator kristal dan kapasitor sebagai pembangkit *oscilator internal*. Gambar 3.14 di bawah ini adalah rangkaian mikrokontroler yang digunakan pada rancang bangun *remote visual boroscope*.



Gambar 3.14. Rangkaian minimum sistem AVR ATMEGA 8535

3.3.2 Perancangan Rangkaian Driver Motor



Gambar 3.15. Rangkaian driver motor

Rangkaian *driver* motor pada Gambar 3.15 di atas menggunakan IC *driver* motor L298. pada IC *driver* motor tipe ini dilengkapi *heatsink* yang berfungsi untuk menyerap panas yang berlebihan. Pada bagian inputnya dihubungkan ke mikrokontroler sehingga untuk menggerakkan motor dilakukan dengan dengan memberikan logika *high* atau *low* pada kaki input tersebut. Putaran motor tergantung dari input yang diberikan oleh mikrokontroler. IC L298 dapat mengendalikan 2 buah motor secara bersamaan.

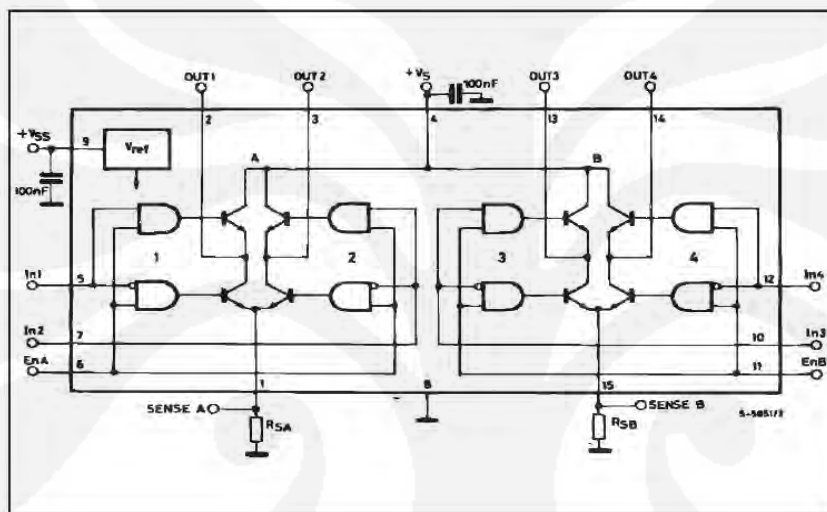
Rangkaian *driver* motor berfungsi untuk mengendalikan gerakan motor dengan *input* yang berasal dari mikrokontroler. Tanpa rangkaian ini, input dari mikrokontroler tidak akan mampu untuk memutarakan motor. Dalam prakteknya banyak sekali cara membuat rangkaian *driver* motor, salah satunya yaitu dengan menggunakan *transistor*, IC L293 dan IC 298. Namun pada tugas akhir ini penulis memilih menggunakan IC L298 karena memiliki beberapa kelebihan sebagai berikut :

- Mempunyai tegangan maksimum mencapai 46 V.
- Mempunyai total arus DC yang mencapai 4 A.
- Mempunyai kemampuan saturasi yang rendah yaitu 0,85 A.
- Mampu bekerja di temperatur tinggi hingga 150 derajat *celsius*.

Gambar 3.16 di bawah ini adalah IC L298 yang digunakan.

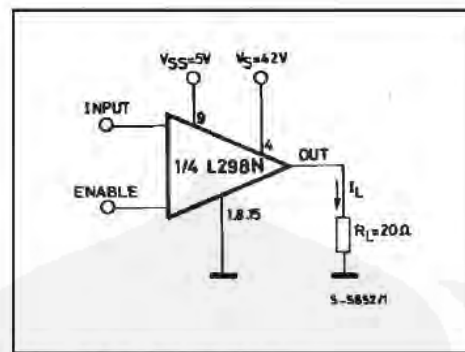


Gambar 3.16. IC L298



Gambar 3.17. Blok diagram IC L298

Gambar 3.17 merupakan konfigurasi kaki pada kaki L298. Dapat dilihat pasangan *transistor* yang dirangkai secara *darlington* digunakan untuk menguatkan arus. Penguat dengan menggunakan IC L298 sangat praktis untuk motor berukuran kecil. Arus maksimal dapat mencapai 4A. Kaki 6 dan 11 merupakan kaki *enable* yang berfungsi sebagai pensaklaran. Artinya bila kaki 6 diberi logika *low* maka *input* 1 dan *input* 2 tidak akan berfungsi.

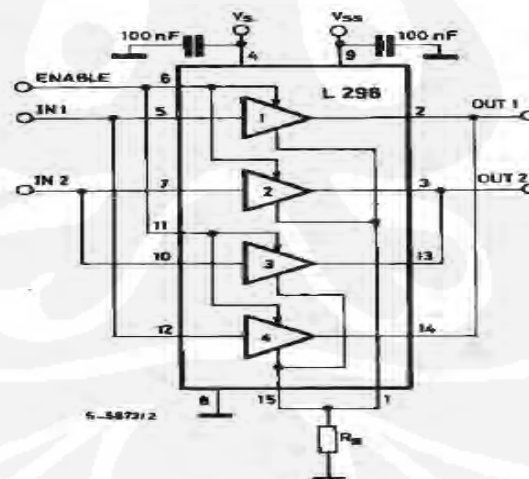


Note : For INPUT Switching, set EN = H
For ENABLE Switching, set IN = H

Gambar 3.18. Logika pensaklaran IC L298

Dari Gambar 3.18 di atas dapat diketahui bahwa untuk memberi *supply* input, kaki *enable* harus diberi kondisi set (*high*). Bila *enable* dalam kondisi *high*, untuk dapat menghasilkan output maka kondisi input harus diberi logika *high*. Bila input dan *enable* dalam kondisi *high* maka output akan menghasilkan arus (I_L) menuju beban (R_L).

Agar dapat membuat motor dapat berjalan maka harus dipahami cara kerja *driver* motor. Cara kerja *driver* motor L298 dapat diilustrasikan pada Gambar 3.19 berikut:



Gambar 3.19. Ilustrasi cara kerja driver motor

Gambar 3.19 di atas merupakan penyederhanaan dari IC L298. V_{ss} merupakan sumber tegangan 5V atau merupakan *supply* untuk IC, V_s merupakan

supply tegangan untuk motor dengan nilai tegangan maksimum mencapai 46V. Fungsi pensaklaran dikendalikan oleh *enable* kaki 6 dan 11 dimana kaki 6 mengendalikan *input* 1 dan *input* 2, sedangkan kaki 11 mengendalikan *input* 3 dan *input* 4. Bila kaki 5 diberi logika *high* dan kaki 7 diberi logika *low*, maka motor akan bergerak maju namun bila kondisinya dibalik, kaki 5 diberi logika *low* sedangkan kaki 7 diberi logika *high* maka motor akan bergerak mundur. Tabel 3.1 di bawah ini merupakan tabel logika untuk driver.

Tabel 3.1 Logika driver motor L298

Inputs		Function
$V_{en} = H$	$C = H; D = L$	Forward
	$C = L; D = H$	Reverse
	$C = D$	Fast Motor Stop
$V_{en} = L$	$C = X; D = X$	Free Running Motor Stop

L = Low

H = High

X = Don'tcare

Untuk *input* kaki 10 dan 12 logikanya sama. Namun bila kaki *enable* diberi logika *low* dengan kondisi input *dont care* (tidak peduli *high* atau *low*), maka motor akan *stop* (berhenti). Ada dua hal yang perlu ditambahkan dalam rangkaian *driver* motor ini yaitu menggunakan kapasitor kurang lebih 100nF ditempatkan diantara V_s dengan *ground* atau V_{ss} dengan *ground*. Ketika *power supply* terlalu besar dari IC, diperkirakan sedikit yang masuk ke IC L298. Selain menggunakan kapasitor juga perlu ditambahkan resistor dengan nilai 0.5 Ohm (bukan kawat) yang kemudian juga dihubungkan dengan *ground*.

3.3.3 Kamera Bcam21 dan Receiver EasyCAP002 USB 2.0 DVR

Salah satu tujuan dari pembuatan rancang bangun *remote visual boroscope* ini adalah untuk menangkap dan merekam citra dari objek yang akan diamati. Kamera yang digunakan dalam rancang bangun ini adalah kamera jenis CCD dengan merk *Bcam 21 Colour Camera*, yang dapat diperoleh dipasaran lokal. Kamera ini dipilih karena spesifikasi sesuai dengan yang dibutuhkan dalam rancang bangun *remote visual boroscope* (lihat Tabel 3.2) dan harganya yang tidak terlalu mahal. Berikut ini adalah kamera yang digunakan dalam rancang bangun *remote visual boroscope*.



Gambar 3.20. Kamera *Bcam21*

Bcam 21 Colour Camera pada Gambar 3.20 di atas adalah keluarga produk kamera yang dibuat berdasarkan teknologi CCD. Kamera ini dapat mengintegrasikan array citra, melakukan pemrosesan sinyal, waktu dan sirkuit kontrol. semua fungsi tersebut tergabung hanya pada satu chip. Spesifikasi dari kamera *Bcam 21 Colour Camera* dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini :

Tabel 3.2. Spesifikasi kamera *Bcam 21*

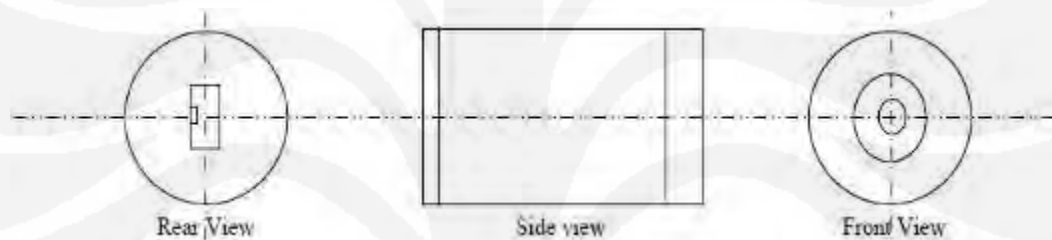
Spesifikasi	keterangan
Dimensi	φ24 x 44 mm
Pembungkus	Metal
Resolusi	365K <i>Pixel</i>
Tegangan operasi	9-12 Volt
Lensa	F6.0mm F1.6
<i>IR Filter</i>	Tersedia
<i>Exposure control</i>	Otomatis
<i>Gain control</i>	Otomatis -18dB
Penangkap citra	CCD sensor OV7949
<i>shutter</i>	1/50 sampai 12.5 mikrosekon
<i>Video output</i>	<i>Composite video (75 ohm)</i>
Element gambar	628 x 586 <i>pixel</i>
Area efektif gambar	5.961 x 4.276 mm
S/N rasio	>48dB
<i>Fixed pattern noise</i>	>0.079% vp-p

<i>Dark current</i>	10mV/s @ 60 C
<i>Dynamic range</i>	50 dB
<i>Connector</i>	PWR, Video, dan GND
<i>FOV</i>	35.5 x 33.4 oC

Deskripsi untuk pin output:

1. *CVO (composit video Output)*, yang dapat digunakan langsung ke TV ataupun PC komputer.
2. *Ground common power* dan video
3. Input Tegangan 12 VDC

Pada Gambar 3.21 ditunjukkan bagian kamera *Bcam21*



Gambar 3.21. Konstruksi *Bcam21* colour camera.

Kamera *Bcam21* ini sudah diintegrasikan oleh pabrik pembuat, sehingga data output yang dihasilkan sudah dapat ditampilkan langsung ke TV ataupun PC. Data output tersebut disalurkan melalui kabel data ke penerima data output kamera (*receiver camera*) seperti pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22. Receiver kamera *EasyCAP002* USB 2.0 DVR.

Receiver kamera tersebut dipasang pada terminal *USB* yang ada pada pc ataupun laptop dan dihubungkan ke kamera menggunakan kabel *RCA*. Data yang

diterima oleh *receiver* akan diterjemahkan oleh *software multiviewer* sehingga dapat menampilkan citra dengan baik.

3.4 Perangkat Lunak

Perancangan *software* dari pembuatan prototype ini mempunyai peranan yang sangat penting, karena tanpa perangkat lunak yang mengendalikan sistem, maka *remote visual boroscope* tidak akan dapat dikendalikan dengan baik. Perancangan software ini mempunyai dua bagian, yaitu perancangan *software* pada sistem gerak mekanik dan perancangan sistem penangkapan serta pengolahan citra.

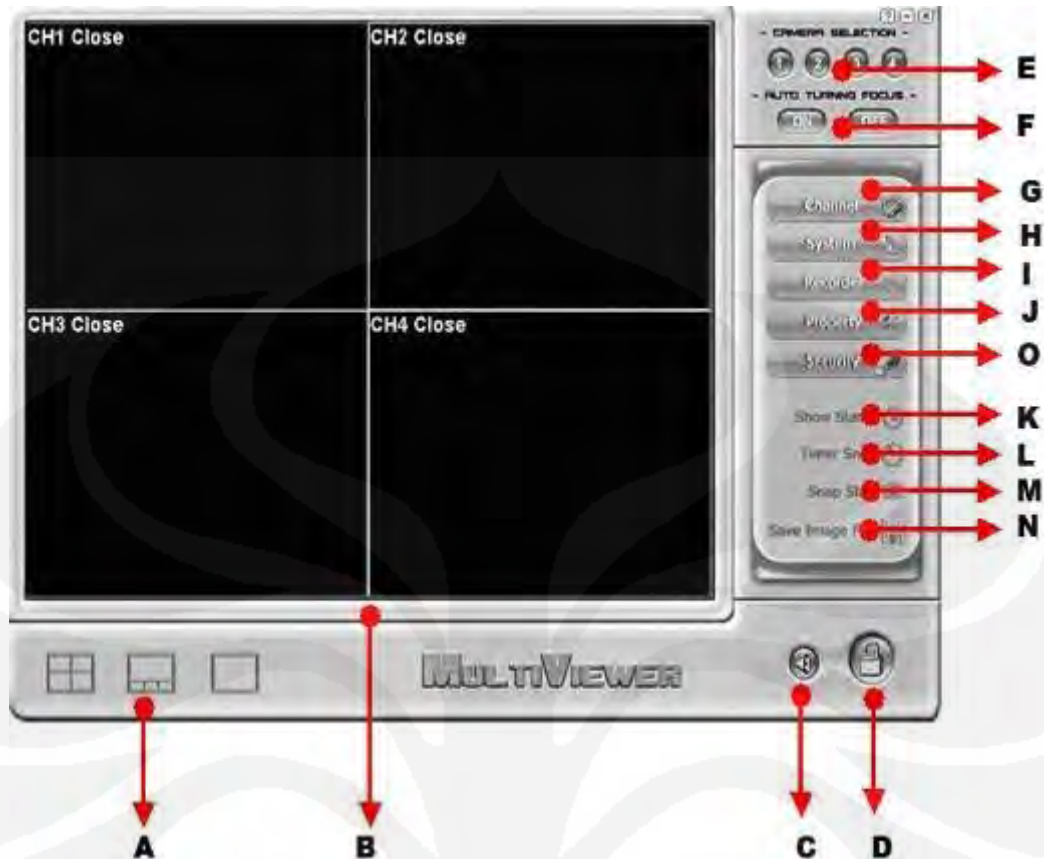
3.4.1 Software Multiviewer

Pada tugas akhir ini digunakan *software multiviewer* karena pada *software multiviewer* terdapat fasilitas penangkapan dan perekaman citra, sehingga data output yang diterima dari *receiver camera* dapat langsung disimpan kedalam *hardisk* PC atau laptop. *Software multiviewer* adalah perangkat lunak untuk monitoring kamera pengawas yang dapat dioperasikan menggunakan *windows operating system*. *Multiviewer* ini mempunyai beberapa fasilitas yang unggul diantaranya adalah mempunyai *4-channel video input*, menangkap gambar hingga *30 frame per detik*, mempunyai *encoder video* dan *encoder audio*, menghasilkan citra dan video berkualitas tinggi, dan dapat merekam dengan hasil file berformatkan *AVI*. File-file tersebut dapat diputar dengan *Windows Media Player* atau *Real Player*. Untuk penangkapan citra dapat menghasilkan file yang berformatkan *JPEG*.

Untuk dapat menghasilkan kualitas citra dan video yang baik, *software multiviewer* memerlukan sistem sebagai berikut :

- *Windows 2000/XP*
- *CPU 1.7GHz* atau yang lebih baik
- Memori *128 MB* atau yang lebih baik
- *Microsoft DirectX 9.0C*
- *USB2.0 Interface*
- *Audio Card* atau *True Color VGA Card*

Software multiviewer mempunyai tampilan seperti Gambar 3.23 di bawah ini :



Gambar 3.23. Tampilan *software Multiviewer*.

Keterangan :

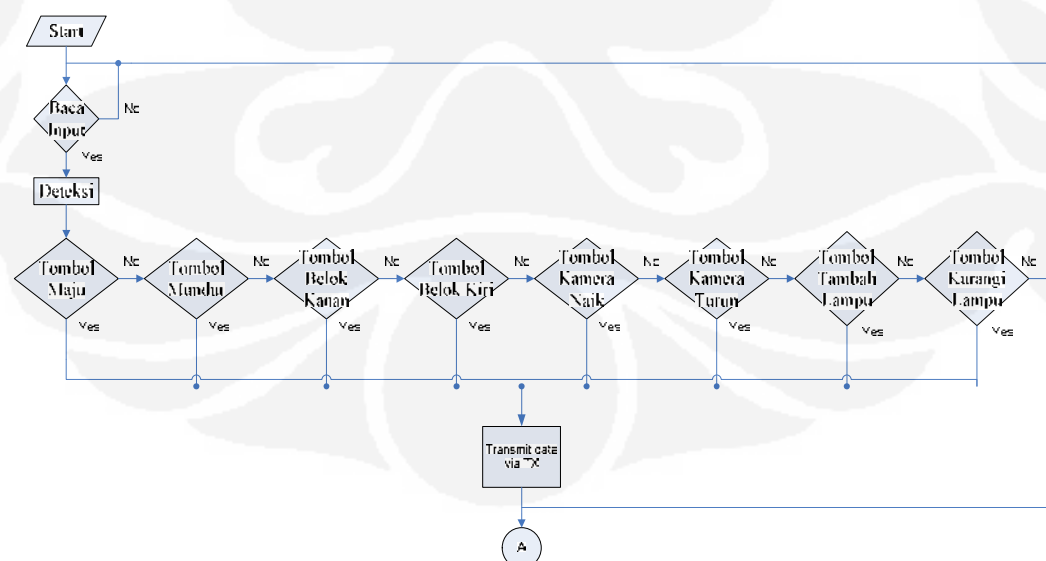
- A. *Viewer Mode* digunakan untuk pemilihan mode pengamatan, seperti mode 4 pengamatan, 1 layar besar dan 3 mode pengamatan dan 1 layar besar mode pengamatan.
- B. *Viewer Window* digunakan untuk melihat video dan gambar
- C. *Audio Play* digunakan untuk mendengarkan hasil suara dengan *USB2.0 Audio interface* .
- D. *Login and Logout* digunakan untuk fasilitas *Login and Logout* dari *software multiviewer*, dengan masukan *Username* dan *Password*.
- E. *Camera/Channel Selection* digunakan untuk pemilihan *Camera/Channel* yang ingin ditampilkan.
- F. *Auto turning focus* digunakan untuk pemfokusan kamera secara otomatis.
- G. *Channel Settings* digunakan untuk pengaturan *channel* yang diinginkan.
- H. *System Settings* digunakan untuk pengaturan perekaman video, dan pengaturan resolusi hasil citra dan video.

- I. *Record* digunakan untuk tombol untuk memulai dan mengakhiri perekaman
- J. *Property* digunakan untuk pengaturan gambar.
- K. *Show Stamp* digunakan untuk menampilkan sistem informasi dari *Software MultiViewer*, seperti channel yang digunakan dan informasi waktu.
- L. *Timer Snap* digunakan untuk menangkap citra dengan pengaturan waktu saat penangkapan citra
- M. *Snap Shot* digunakan untuk tombol untuk menangkap citra dan melakukan penyimpanan citra.
- N. *Save File* digunakan untuk pengaturan jadwal timer snap, tampilan dan pengaturan lokasi penyimpan file.
- O. *Security dan Surveillance* digunakan untuk pengaturan *E-Mail server*, deteksi pergerakan, alarm sinyal hilang, sensitifitas, dan *logout* otomatis.

3.4.2 Sistem Pengendali *Remote Visual Boroscope*

Remote visual boroscope dirancang sedemikian rupa agar mampu bergerak dan menangkap citra dengan cara dikendalikan oleh manusia menggunakan sebuah *remote control*. Sistem pengendalian *remote visual boroscope* dibuat dengan menggunakan mikrokontroler ATMEGA 8535. Mikrokontroler ATMEGA 8535 akan dapat menjalankan tugas dan fungsinya dengan baik, apabila telah diprogram dengan menggunakan *software Bascom AVR*.

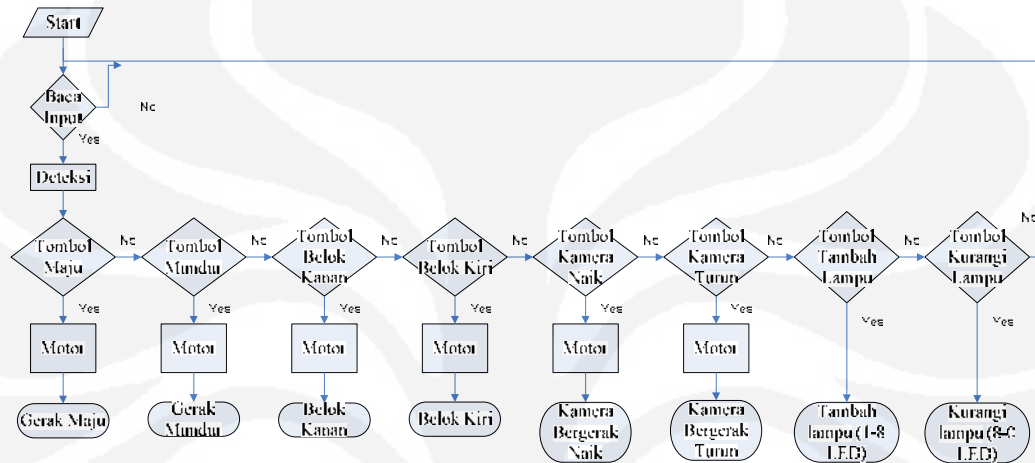
3.4.2.1 Proses Pengiriman Data



Gambar 3.24. Flowchart proses pengiriman data

Gambar 3.24 adalah flowchart proses pengiriman data yang terjadi di *remote control*. *Remote control* akan membaca *input* yang diberikan oleh saklar *push-on*, jika salah satu tombol dipilih maka data tersebut akan dikirimkan oleh mikrokontroller yang ada pada *remote control* melalui *transmitter port* (TX) ke *receiver port* (RX) mikrokontroller yang ada pada mobil *remote visual boroscope*.

3.4.2.2 Proses Penerimaan Data



Gambar 3.25. Flowchart proses penerimaan data.

Berdasarkan Gambar 3.25 dapat ditunjukkan bahwa sistem berjalan dari proses membaca input data yang dikirim oleh *remote control*, kemudian dideteksi tombol manakah yang dipilih. Apabila salah satu tombol dipilih, maka sistem akan menjalankan perintah sesuai dengan instruksi dari tombol yang dipilih tersebut.

BAB 4

HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA

Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, selanjutnya dilakukan pengujian kinerja alat. Pengujian-pengujian tersebut meliputi :

- Pengujian sistem kendali remote control
- Pengujian antara jarak fokus kamera dari objek
- Pengujian respon kamera
- Pengujian pengaruh penggunaan lampu penerang (LED)
- Pengujian hasil tampilan citra akibat perubahan sudut pengambilan citra
- Pengujian hasil tampilan citra terhadap mobil diam dan bergerak

4.1 Pengujian Sistem Kendali *Remote Control*

Pengujian sistem kendali *remote control* ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan dan ketepatan dalam hal pengiriman dan penerimaan data dari mikrokontroller yang ada di *remote control* dengan mikrokontroller yang ada di mobil *remote visual boroscope*. Pengujian ini dilakukan dengan cara menekan setiap tombol yang ada di *remote control* dan melihat hasil pergerakan yang dialami *remote visual boroscope*. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data pengujian sistem kendali *remote control*.

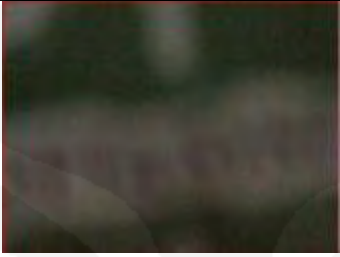









Percobaan	Hasil Percobaan							
	Maju	Mundur	Kanan	Kiri	Kamera naik	Kamera turun	Lampu tambah	Lampu Kurang
1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
7	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
9	OK	OK	OK	OK	OK	OK	-	-
10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	-	-










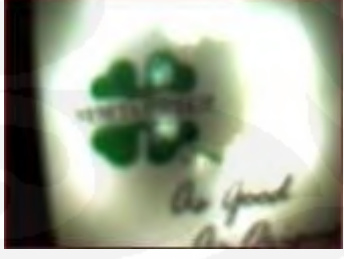
Dari Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa sistem kendali *remote control* berfungsi dengan baik, tidak terdapat kesalahan hasil pergerakan dari fungsi masing-masing tombol yang ditekan. Sistem kerja yang dilakukan *transmitter* dan *receiver* antara mikrokontroler *remote control* dengan mikrokontroler mobil, dapat berjalan dengan baik akibat adanya fasilitas sistem komunikasi pada mikrokontroler ATMEGA 8535, serta didukung oleh hardware dari sistem *transceiver* dengan menggunakan *IC Max 232*.

4.2 Pengujian Jarak Fokus Kamera Dari Objek

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui jarak yang diperlukan agar kamera dapat fokus melihat objek yang sedang diamati. Dari percobaan yang telah dilakukan didapatkan data-data seperti ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data pengujian fokus kamera.

No	Jarak Fokus	Hasil Fokus tanpa bantuan lampu	Hasil Fokus dengan bantuan lampu
1	0,5 cm		
2	1 cm		
3	1,5 cm		
4	2 cm		
5	2,5 cm		

6	3 cm		
7	3,5 cm		
8	4 cm		
9	4.5 cm		
10	5 cm		

Dari hasil pengamatan dapat diketahui bahwa kamera yang digunakan pada mobil *remote visual boroscope* mempunyai jarak fokus terhadap objek sejauh 3 cm. Karena pada jarak 3 cm hasil citra yang diperoleh terlihat sangat jelas, tidak ada lagi bagian-bagian pada gambar yang terlihat masih buram. Pada percobaan di atas dilakukan dengan cara, percobaan pertama tidak menggunakan bantuan penerangan lampu (LED) dan percobaan kedua menggunakan bantuan penerangan lampu. Hasil yang diperoleh dengan adanya bantuan penerangan lampu

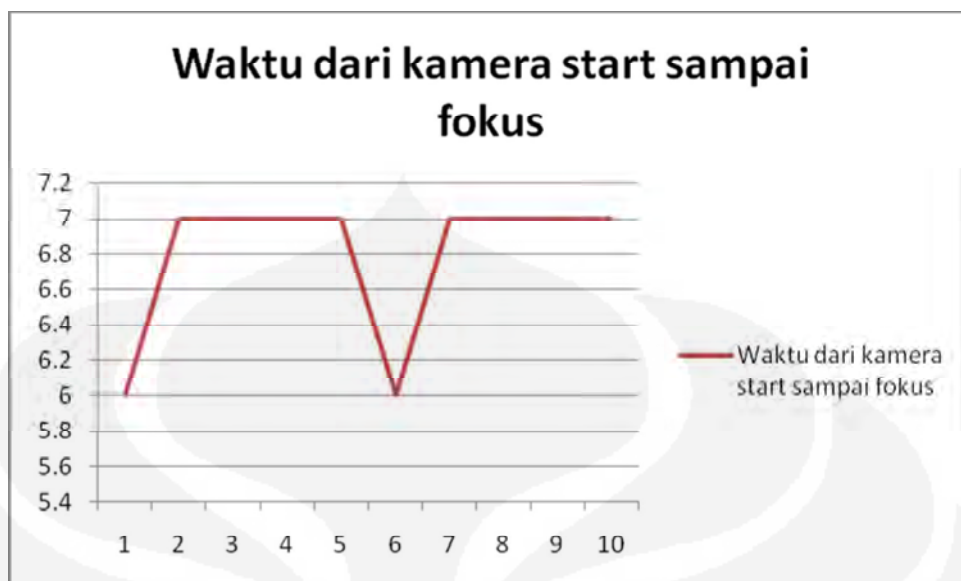
mempertegas lagi bahwa pada jarak 3 cm hasil tampilan citra kamera akan sangat fokus terhadap objek. Pada percobaan mengenai jarak fokus, dapat diketahui juga bahwa area yang dapat ditangkap dan direkam oleh kamera dengan jarak fokus sebesar 3 cm adalah 2,2 cm x 2,5 cm. Hasil tersebut diperoleh dengan cara menandai area paling luar yang dapat dilihat kamera.

4.3 Pengujian Respon Sistem Kamera

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan sistem kamera pada mobil *remote visual boroscope* ini sejak sistem kamera dihidupkan atau awal pengambilan citra suatu objek sampai didapatkan hasil tampilan citra yang fokus dan jelas. Percobaan ini dilakukan dengan cara menghitung waktu yang dibutuhkan dari saat sistem kamera dinyalakan sampai fokus saat melihat sebuah objek. Data-data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3. Data respon sistem kamera.

Percobaan	Waktu dari kamera start sampai fokus
1	6 detik
2	7 detik
3	7 detik
4	7 detik
5	7 detik
6	6 detik
7	7 detik
8	7 detik
9	7 detik
10	7 detik
Rata-rata	6,8 detik




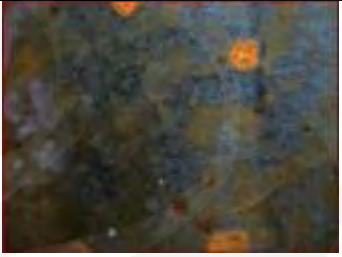

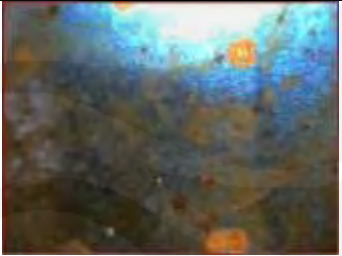
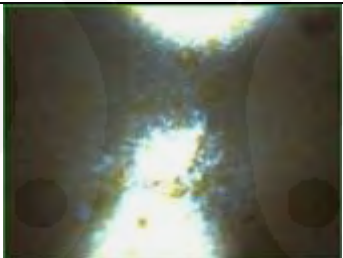
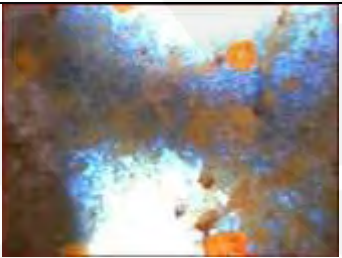
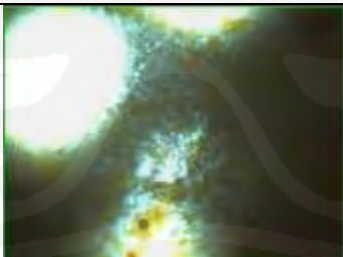
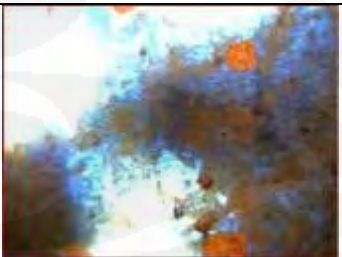
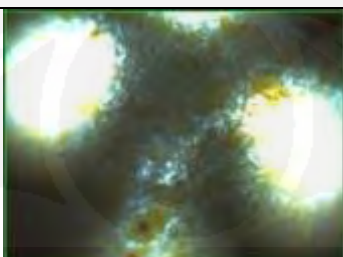
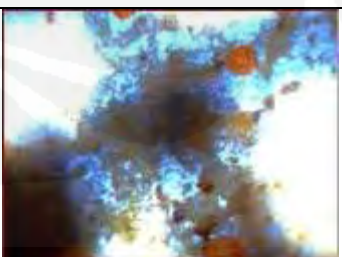
Gambar 4.1. Grafik respon sistem kamera.

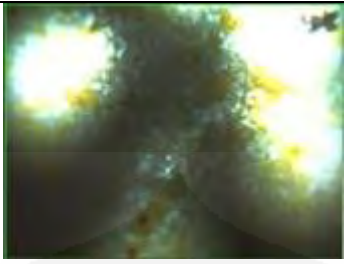
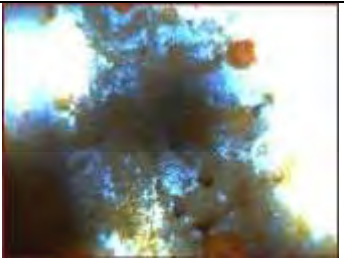
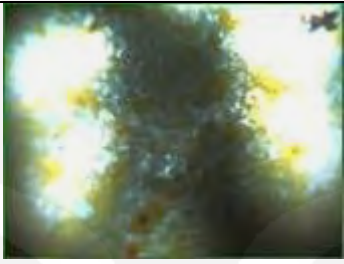
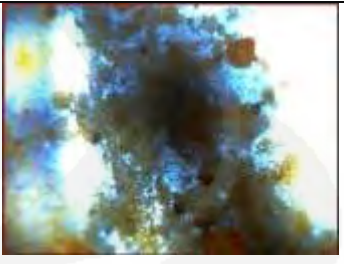
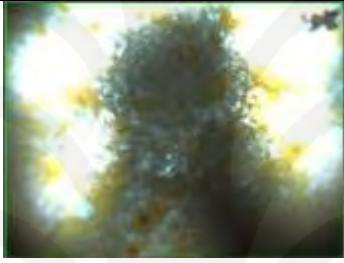
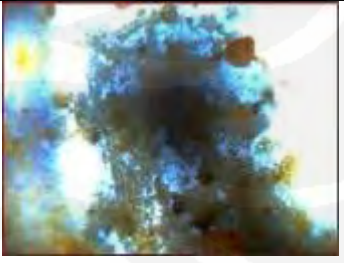
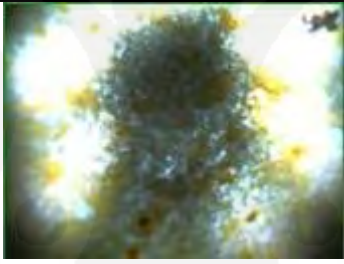
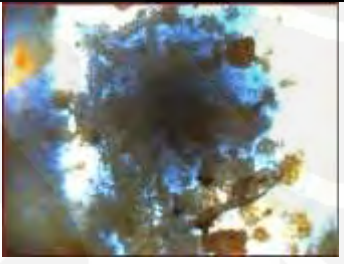
Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.1 diperoleh data bahwa waktu rata-rata yang diperlukan untuk respon dari sistem kamera yang digunakan adalah 6,8 detik. Waktu tersebut diperlukan oleh sistem kamera untuk menjalankan sistem kerjanya sampai kamera yang ada pada sistem tersebut menangkap citra yang kemudian akan diterima oleh *receiver* dan ditampilkan di *software multiviewer*. Waktu yang diperlukan sebuah kamera untuk proses tersebut berbeda-beda untuk setiap kamera, tergantung pada jenis sensor, filterisasi, jenis *receiver*, dan jenis *software* yang digunakan.

4.4 Pengujian Pengaruh Penggunaan Lampu Penerangan (LED)

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara penggunaan lampu penerangan (LED) dengan yang tidak menggunakan LED. Percobaan ini dilakukan dengan kamera dalam keadaan diam dan dilakukan dalam dua kondisi, kondisi pertama adalah dilakukan saat ruangan terang dan kondisi kedua dilakukan saat ruangan gelap. Kemudian percobaan dilakukan dengan kondisi awal LED tidak dihidupkan, dan setelah itu LED dihidupkan satu-persatu sampai semua LED menyala. Pada Tabel 4.4 ditampilkan data-data hasil pengujian LED :

Tabel 4.4. Data pengujian LED.

No	Tambah lampu	Ruangan Gelap	Ruangan Terang
1	Tanpa lampu		
2	1 lampu		
3	2 lampu		
4	3 lampu		
5	4 lampu		

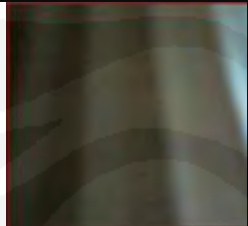
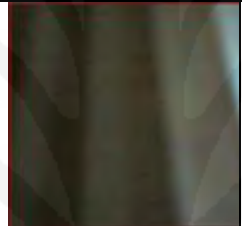
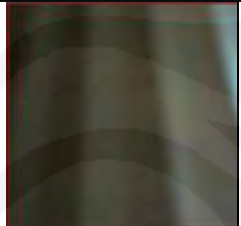
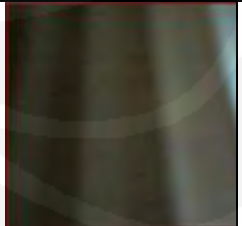
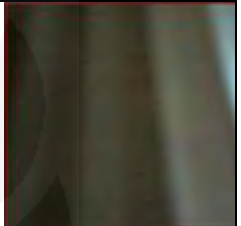

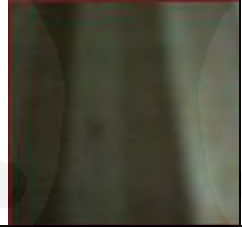
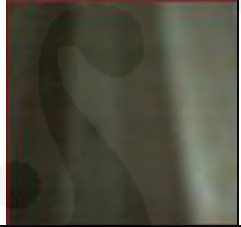
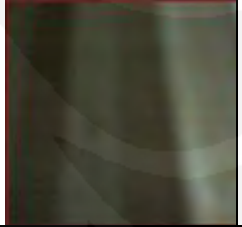
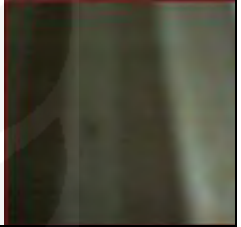
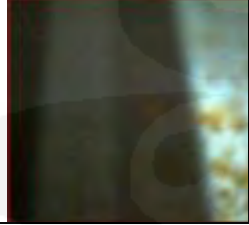
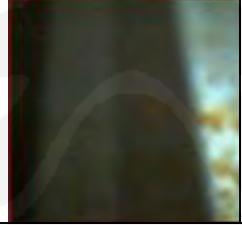
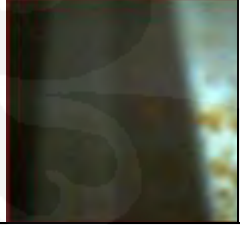
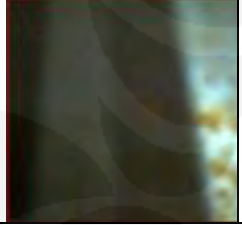
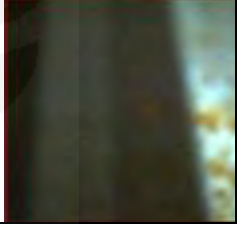
6	5 lampu		
7	6 lampu		
8	7 lampu		
9	8 lampu		

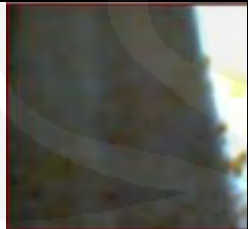
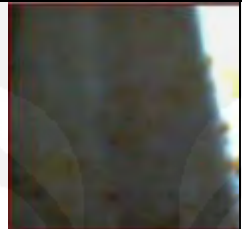

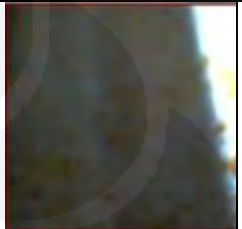
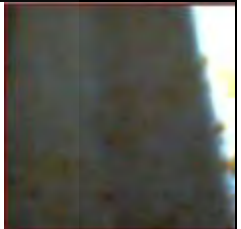



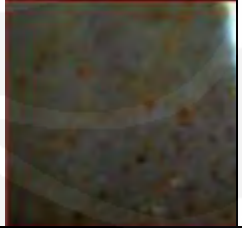
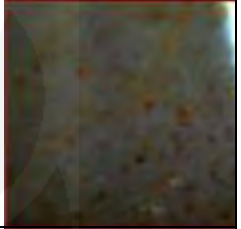







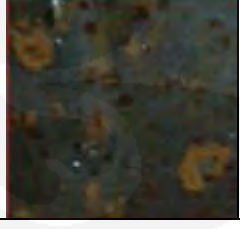
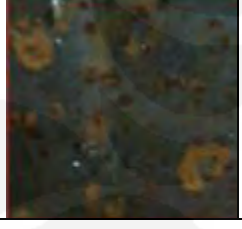
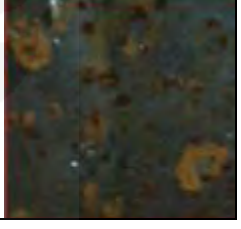
Dari hasil percobaan tersebut dapat diketahui bahwa penggunaan 8 buah LED dari jarak 3 cm dari obyek memberikan hasil citra yang terbaik. Penangkapan citra oleh kamera mempunyai prinsip yang sama dengan mata manusia. Pencitraan suatu objek sangatlah membutuhkan cahaya untuk dapat melihat dan merepresentasikan citra sebuah objek. Semakin banyak cahaya yang masuk pada reseptor maka akan semakin meningkatkan *brightness* pada hasil citra. Namun jika cahaya yang masuk ke dalam reseptor jumlahnya terlalu banyak maka citra yang akan dihasilkan tidak baik.

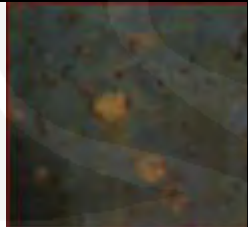










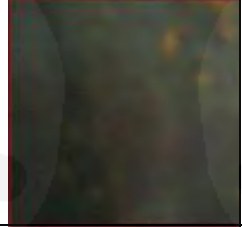
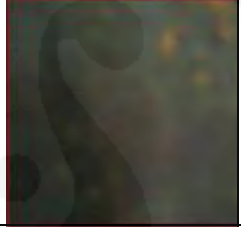


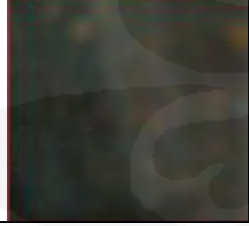
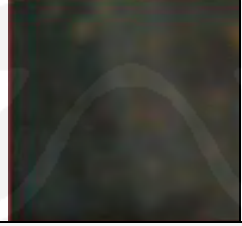
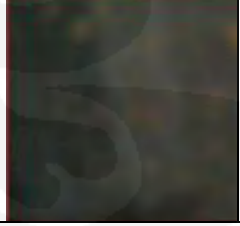
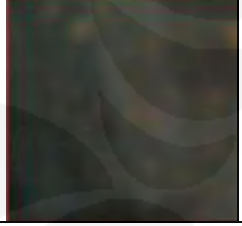
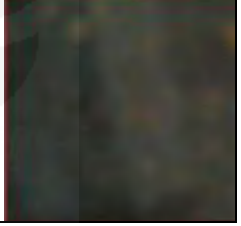
4.5 Pengujian Hasil Tampilan Citra Akibat Perubahan Sudut Pengambilan Citra.

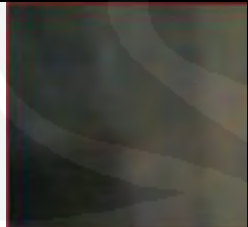
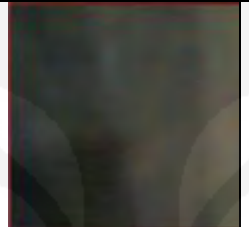
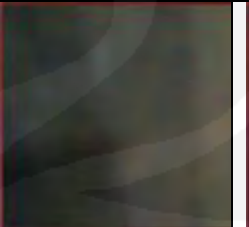
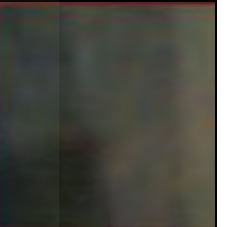


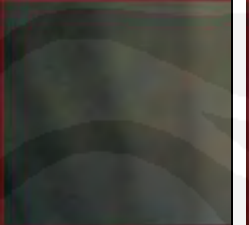
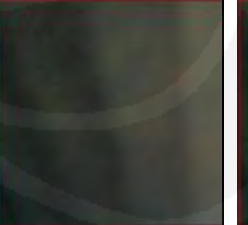
Untuk mengetahui pengaruh perubahan sudut pengambilan citra terhadap hasil tampilan dari citra, maka penulis melakukan percobaan penangkapan citra sudut kamera yang berbeda-beda. Pada percobaan ini dilakukan pada bagian dalam dinding pipa/tong dengan kondisi tanpa bantuan penerangan dari LED dan kamera digerakkan dari sudut 0 derajat sampai 180 derajat dalam arah vertikal terhadap objek yang akan diamati atau yang akan ditangkap citranya. Posisi kamera dibagi menjadi 13 lokasi, yang masing-masing lokasi merepresentasikan sudut sebesar 13,85 derajat. Berikut ini adalah hasil data-data yang didapatkan dari percobaan tersebut :

Tabel 4.5. Pengaruh sudut pengambilan citra

NO	Sudut	Jarak kamera dengan objek	Percobaan 1 Pagi hari Pukul 09.00	Percobaan 2 Pagi hari Pukul 09.00	Percobaan 3 Siang hari Pukul 13.00	Percobaan 4 Siang hari Pukul 13.00	Percobaan 5 Siang hari Pukul 13.00
1	0 - 13,85 °	18 cm					
2	13,86 - 27,71 °	11 cm					
3	27,72 - 41,57 °	8 cm					

4	41,58 - 55,43 °	5,5 cm					
5	55,44 - 69,29 °	4 cm					
6	69,30 - 83,15 °	3,5 cm					
7	83,16 - 97,01 °	3 cm					

8	97,02 - 110,87 °	3,5 cm					
9	110,88 - 124,73 °	4 cm					
10	124,74 - 138,59 °	5,5 cm					
11	138,60 - 152,45 °	8 cm					


12	152,46 - 166,31 °	11 cm					
13	166,32 - 180,17 °	18 cm					





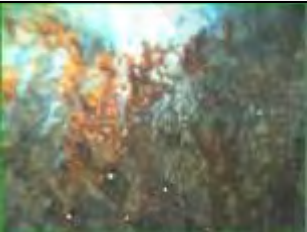

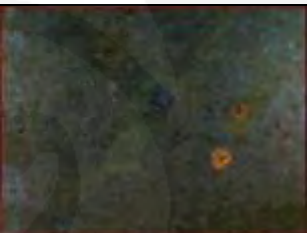
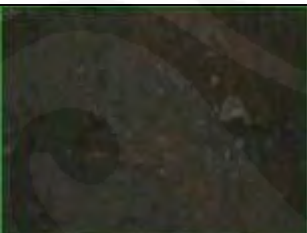



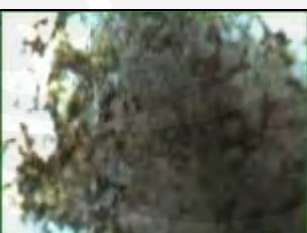
Dari Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa sudut saat pengambilan citra sangat mempengaruhi hasil tampilan citra yang diperoleh. Berdasarkan tabel, diketahui juga bahwa sudut yang memperoleh hasil citra yang baik adalah sudut antara $69,30^\circ$ sampai $110,87^\circ$. Hasil citra yang paling fokus diperoleh dalam sudut $83,16^\circ - 97,01^\circ$ (posisi kamera vertikal terhadap objek). Hal tersebut dapat terjadi karena kamera tepat berada dihadapan objek citra dan pada posisi tersebut jarak fokus kamera adalah 3 cm, sehingga citra yang diperoleh merupakan hasil maksimal yang ditangkap oleh kamera. Semakin besar sudut penangkapan citra, maka akan semakin jauh jaraknya dari fokus kamera (yaitu 3 cm) dan menyebabkan citra yang diperoleh semakin buram.





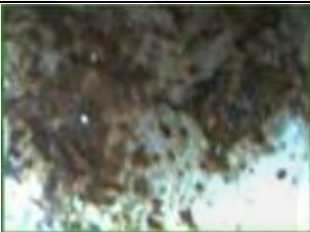

4.6 Pengujian Hasil Tampilan Citra Terhadap Mobil Diam dan Bergerak serta Perbandingannya dengan Hasil yang Diperoleh dari Kamera Lain

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh hasil citra yang diperoleh saat kondisi mobil diam dan bergerak dan perbandingan hasilnya dengan cara yang sama tetapi menggunakan kamera lain. Percobaan ini dilakukan dengan cara menangkap citra dinding bagian bawah pipa/tong yang memiliki cacat berupa korosi dengan kondisi ruangan terang dan dilakukan saat kondisi mobil diam dan bergerak. Sedangkan untuk perbandingan dengan kamera lain, percobaan dilakukan dengan cara yang sama tetapi kamera yang digunakan adalah kamera digital merk *Olympus* yang mempunyai resolusi *7,1 Megapixel*. Perbedaan yang dihasilkan dari percobaan ini dapat dilihat dari Tabel 4.6 dan Gambar berikut ini :




Tabel 4.6 Pengaruh hasil citra saat kondisi mobil diam dan bergerak

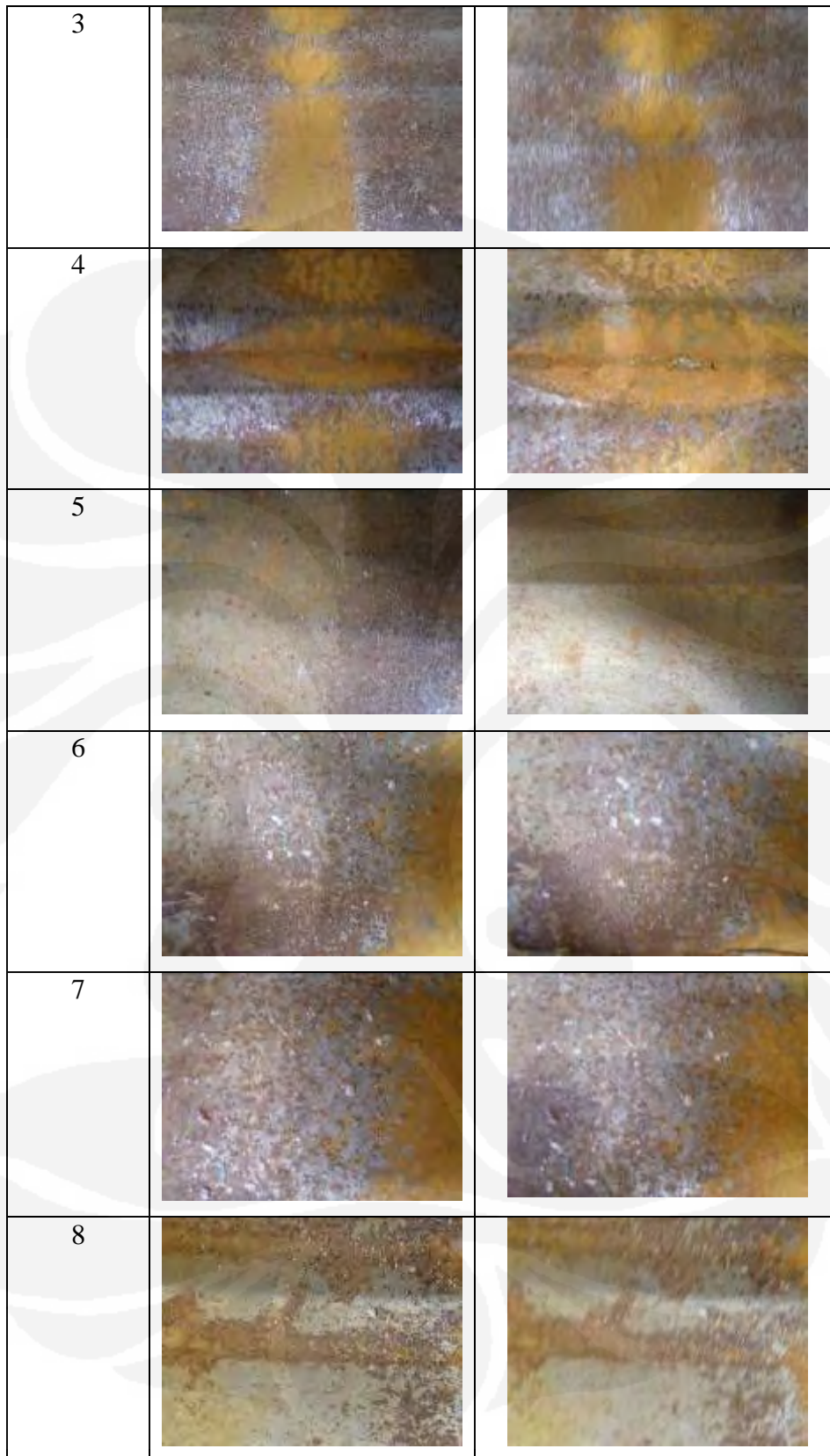
Percobaan	Mobil dalam keadaan diam	Mobil dalam keadaan bergerak
1		

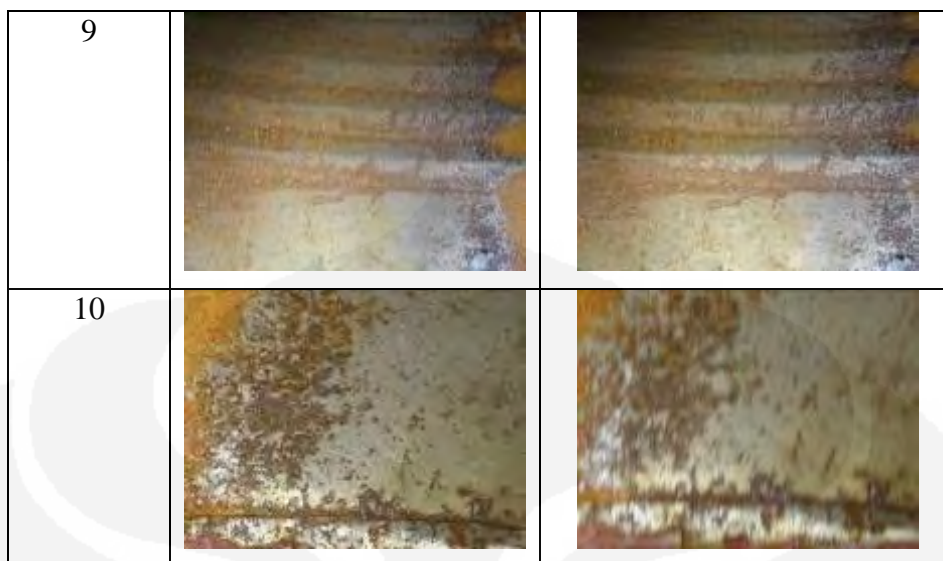
2		
3		
4		
5		
6		
7		

8		
9		
10		

Tabel 4.7. Pengaruh hasil citra saat kondisi kamera digital *Olympus* diam dan bergerak

Percobaan	Kamera dalam keadaan diam	Kamera dalam keadaan bergerak
1		
2		





Data Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 menunjukkan bahwa pengambilan citra saat kondisi diam dan bergerak menggunakan kamera *Bcam 21* yang ada pada mobil dan Kamera digital merk *Olympus* dengan resolusi *7,1 Megapixel* sama-sama mempunyai perbedaan. Perbedaannya adalah saat kondisi mobil dan kamera digital *Olympus* diam, citra yang dihasilkan tidak buram. Jika dibandingkan dengan kondisi mobil dan kamera digital *Olympus* bergerak, maka citra yang dihasilkan akan buram. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari *pixel* kamera yang digunakan. Pada kamera mobil *remote visual boroscope* ini, resolusi yang dimiliki hanya sebesar *365.000 Pixel*, sehingga berpengaruh terhadap kecepatan dan ketajaman kamera dalam menangkap citra. Pada kamera digital *Olympus*, saat kamera bergerak juga menghasilkan citra yang buram tetapi masih bisa dilihat dengan cukup jelas, hal ini terjadi karena resolusi yang dimiliki lebih besar yaitu *7.100.000 Pixel*, sehingga lebih cepat dan lebih tajam dalam menangkap citra.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini diuraikan beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut :

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan rancang bangun dan pengujian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Telah berhasil dilakukan rancang bangun *remote visual boroscope* untuk alat uji tak merusak dengan memanfaatkan komponen yang ekonomis dan mudah didapatkan di pasaran dalam negeri.
- Hasil citra terbaik yang dapat ditangkap oleh *remote visual boroscope* ini adalah sekitar jarak 3 cm dari permukaan kamera.
- Rata-rata waktu respon sistem penangkapan citra pada *remote visual boroscope* sekitar 6,8 detik
- Penggunaan 8 buah *LED* pada jarak 3 cm memberikan hasil citra yang terbaik.

5.2. Saran

Pada pengembangan lebih lanjut hendaknya pergerakan kamera dapat lebih leluasa bergerak dengan penambahan derajat kebebasan. Untuk perancangan hardware, hendaknya disempurnakan dengan memanfaatkan sistem komunikasi nirkabel agar pergerakan *remote visual boroscope* tidak terbatas jarak dan terhalangi oleh kabel.

DAFTAR ACUAN

1. Atmel. ATMEGA 8535 datasheet. Atmel. 2007
2. http://atmel.com/dyn/products/datasheets.asp?family_id=607
3. EasyCAP002 USB 2.0 DVR Quick Installation Guide
4. Gadre, Dhananjay V. Programming and Customizing The AVR Microcontroller. The McGraw-Hill Companies. 2001
5. [http://id.wikipedia.org/wiki/Diafragma_\(fotografi\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Diafragma_(fotografi))
6. <http://id.wikipedia.org/wiki/Kamera>
7. <http://id.wikipedia.org/wiki/Kamera/ccd>
8. <http://www.fileden.com/files/2009/2/23/2335696/bcam21.pdf>
9. J. Wilson and J.F.B Hawkes. Optoelectronic. Prentice-Hall International, Inc. 1989
10. Kingslake, Rudolf. Applied Optic and Optical Engineering. Academic Press, New York and London. 1967
11. Tokheim, Roger L. Digital Electronics. Prentice-Hall International, Inc. 1982