



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE 145561**

**PERANCANGAN SISTEM KENDALI CAMERA CRANE DAN 2  
AXIS PAN-TILT HEAD MENGGUNAKAN STICK COMMANDER  
WIRELESS REMOTE**

Jevta Marihot P  
NRP 2214030057

Dosen Pembimbing  
Ir. Rusdhianto Efendi AK, MT

PROGRAM STUDI KOMPUTER KONTROL  
Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**FINAL PROJECT - TE 145561**

***DESIGN OF CAMERA CRANE AND 2 AXIS PAN-TILT  
HEAD CONTROL SYSTEM USING STICK  
COMMANDER WIRELESS REMOTE***

Jevta Marihot Pasaribu  
NRP 2214030057

Advisor  
Ir. Rusdhianto Efendi AK, MT

COMPUTER CONTROL STUDY PROGRAM  
Electrical and Automation Engineering Department  
Vocational Faculty  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "*Perancangan Sistem Kendali Camera Crane dan 2 Axis Pan-Tilt Head Menggunakan Stick Commander Wireless Remote*" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 20 Juli 2017



Jevta Marihot Pasaribu  
NRP 2214030057

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**PERANCANGAN SISTEM KENDALI CAMERA CRANE DAN  
2 AXIS PAN-TILT HEAD MENGGUNAKAN STICK  
COMMANDER WIRELESS REMOTE**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk  
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik Elektro**

**Pada**

**Bidang Studi Komputer Kontrol  
Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui :**

**Joseph Pembimbing**



**Rusdhianto Efendi AK, MT  
NIS 570424 198502 1 001**

**SURABAYA  
JULI, 2017**





## **PERANCANGAN SISTEM KENDALI *CAMERA CRANE* DAN 2 AXIS *PAN-TILT HEAD* MENGGUNAKAN *STICK COMMANDER* *WIRELESS REMOTE***

**Nama** : Jevta Marihot Pasaribu  
**NRP** : 2214030057  
**Pembimbing** : Ir. Rusdhianto Efendi AK, MT  
**NIP** : 19570424 198502 1 001

### **ABSTRAK**

Teknologi pada Industri multimedia sangat berkembang, terlebih pada proses pengambilan gambar saat *shooting*. Dalam proses pengambilan gambar juru kamera memerlukan alat bantu kamera agar gambar dan video yang diambil memiliki kualitas yang baik. Diperlukan pergerakan kamera atau perpindahan kamera untuk mendapatkan objek yang sesuai. Penagambilaan pada posisi yang sulit memerlukan sebuah alat bantu untuk menjangkau objek. Dalam proses pengambilan gambar saat *shooting*, *camera crane* yang beroperasi sebagai penata kamera yang bergerak keatas dan kebawah untuk mempermudah dalam proses pengambilan gambar objek yang bergerak.

Pada tugas akhir ini dibuat *camera crane* dan 2 *axis pan tilt head* yang dapat dikendalikan secara *wireless* menggunakan *stick commander*, di mana alat ini dikendalikan dengan satu tangan saja. Pada *camera crane* terdapat dua motor DC 24 V sebagai penggerak, yang mana salah satunya diberi kontroler PD. Pada 2 *axis pan tilt head* digerakkan dengan dua servo.

Dari hasil implementasi didapatkan hasil tangkap kamera tidak dapat fokus ketika *Camera Crane* dan 2 *Axis Pan-Tilt Head* berhenti setelah digerakkan. Motor pada base tidak dapat berjalan ketika mendapatkan PWM kurang dari 29%. *Camera Crane* dan 2 *Axis Pan-Tilt Head* dapat digunakan di dalam ataupun di luar ruangan tanpa halangan hingga jarak  $\pm 200$  meter.

**Kata Kunci** : *camera crane*, 2 *axis pan tilt head*, kontroler PD

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**DESIGN OF CAMERA CRANE AND 2 AXIS PAN-TILT HEAD  
CONTROL SYSTEM USING STICK COMMANDER WIRELESS  
REMOTE**

**Name : Jevta Marihot Pasaribu**  
**NRP : 2214030057**  
**Advisor : Ir. Rusdhianto Efendi AK, MT**  
**NIP : 19570424 198502 1 001**

**ABSTRACT**

*Technology in the multimedia industry is very developed, especially in the process of shooting during shooting. In the process of shooting the cameraman requires a camera tool so that images and video captured have good quality. Camera movement or camera shift required to get the appropriate object. Taking a difficult position requires a tool to reach the object. In the process of taking pictures during the shooting, camera crane which operates as a stylist camera that moves up and down to facilitate the process of shooting a moving object.*

*At this final duty crane and 2 axis camera pan tilt head can be controlled wirelessly using a stick commander, in which the tool is controlled with one hand. In the camera crane there are two DC Motor 24 V as a Driver, which one of them given a PD controller. In 2 axis pan tilt head is moved with two servo.*

*From the implementation results obtained capture the camera can not focus when the Camera Crane and 2 Axis Pan-Tilt Head stops after being moved. The Motor on the base can not run when getting PWM less than 29%. Camera Crane and 2 Axis Pan-Tilt Head can be used indoors or outdoors without obstacles up to  $\pm 200$  meters distance.*

**Keywords:** camera crane, 2 axis pan tilt head, PD Controller

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yesus yang selalu memberikan rahmat dan berkatnya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma-3 pada Bidang Studi Komputer Kontrol, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

### **PERANCANGAN SISTEM KENDALI *CAMERA CRANE* DAN 2 *AXIS PAN-TILT HEAD* MENGGUNAKAN *STICK COMMANDER* *WIRELESS REMOTE***

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu dan Bapak penulis yang memberikan berbagai bentuk doa serta dukungan tulus tiada henti, Bapak Ir. Rusdhianto Efendi AK, MT. atas segala bimbingan ilmu, moral, dan spiritual dari awal hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, kedua orang tua yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungannya kepada penulis. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 20 Juli 2017

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# DAFTAR ISI

## HALAMAN

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR PENGESAHAN .....	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi Penelitian .....	2
1.6 Sistematika Laporan.....	4
1.7 Relevansi.....	4
BAB II TEORI DASAR .....	5
2.1 <i>Camera Crane</i> .....	5
2.2 Axis Pan-Tilt Head.....	6
2.3 Arduino UNO.....	6
2.4 Arduino IDE.....	7
2.5 <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i> .....	8
2.6 <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i> .....	9
2.7 Potensiometer .....	10
2.8 <i>Low Pass Filter (LPF)</i> .....	10
2.9 <i>Op-Amp</i> .....	10
2.10 Motor DC .....	11
2.11 Pengaturan Arah dan Kecepatan Motor DC .....	12
2.12 Kontrol Posisi.....	13
2.13 Kontrol PD .....	14
2.14 Servo .....	14

2.15	Radio Frekuensi 433Hz .....	15
2.16	Komunikasi Data Serial UART .....	16
2.17	<i>Power Supply</i> .....	16
2.18	<i>Buck-Converter</i> .....	17
<b>BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT .....</b>		<b>19</b>
3.1	Blok Fungsional Sistem .....	19
3.2	Perancangan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) .....	20
3.2.1	Mekanik <i>Base</i> .....	20
3.2.2	Mekanik <i>Crane</i> .....	22
3.2.3	Mekanik <i>2 Axis Pan Tilt Head</i> .....	23
3.2.4	Mekanik <i>Camera Crane</i> dan <i>2 Axis Pan-Tilt Head</i> .....	24
3.2.5	Arduino UNO .....	24
3.2.6	Rangkaian Potensio Multiturn 10K .....	28
3.2.7	Rangkaian Servo Tower MG996R .....	29
3.2.8	Rangkaian <i>Driver Motor</i> L298N .....	30
3.2.9	Rangkaian HC12 .....	31
3.3	Perancangan Perangkat Lunak .....	32
3.3.1	Kalibrasi Sensor .....	33
3.3.2	Perancangan Kontroller PD .....	34
<b>BAB IV PENGUJIAN DAN PENGUKURAN .....</b>		<b>35</b>
4.1	Cara Kerja Alat .....	35
4.2	Pengujian <i>Camera Crane</i> dan <i>2 Axis Pan-Tilt Head</i> .....	36
4.2.1	Pengujian Tegangan <i>Output Power Supply</i> .....	36
4.2.2	Pengujian <i>Buck Converter</i> .....	37
4.2.3	Pengujian Motor DC .....	38
4.2.4	Pengujian <i>Driver Motor</i> .....	42
4.2.5	Pengujian <i>Servo</i> .....	43
4.2.6	Pengambilan Data Respon Motor .....	44
4.2.7	Pengujian <i>Op Amp</i> .....	46
4.2.8	Pengujian Sensor Potensio .....	47
4.2.9	Pengujian Kontrol Posisi .....	47
4.2.10	Pengujian HC12 .....	48
4.2.11	Pengujian Sistem Keseluruhan .....	50
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>51</b>
5.1	Kesimpulan .....	51
5.2	Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>53</b>



LAMPIRAN A.....	55
A.1 Program <i>Camera Crane</i> dan <i>2Axis Pan-Tilt Head</i> .....	55
LAMPIRAN B.....	61
B.1 Datasheet LM358.....	61
B.2 Datasheet HC-12.....	69
B.3 Datasheet L298N.....	75
LAMPIRAN C.....	81
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	87

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

# DAFTAR GAMBAR

## HALAMAN

<b>Gambar 2.1</b> <i>Camera Crane</i> .....	5
<b>Gambar 2.2</b> <i>2 Axispan-Tilt Head</i> .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Arduino UNO .....	7
<b>Gambar 2.4</b> Tampilan Awal Arduino IDE.....	8
<b>Gambar 2.5</b> <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i> .....	8
<b>Gambar 2.6</b> <i>Pulse Width Modulation</i> .....	9
<b>Gambar 2.7</b> Potensiometer .....	10
<b>Gambar 2.8</b> <i>Low Pass Filter (LPF)</i> .....	10
<b>Gambar 2.9</b> Rangkaian <i>Op Amp Non Inverting Applifier</i> .....	11
<b>Gambar 2.10</b> Motor DC.....	12
<b>Gambar 2.11</b> Rangkaian H-Bridge .....	13
<b>Gambar 2.12</b> Servo.....	15
<b>Gambar 2.13</b> <i>Power Supply</i> .....	16
<b>Gambar 2.14</b> <i>Buck-Converter</i> .....	17
<b>Gambar 3.1</b> Blok Fungsional Perancangan Sistem Kendali <i>Camera Crane dan 2 Axis Pan-Tilt Head</i> .....	19
<b>Gambar 3.2</b> <i>Base Tampak Depan</i> .....	20
<b>Gambar 3.3</b> <i>Base Tampak Samping</i> .....	21
<b>Gambar 3.4</b> Motor DC Penggerak <i>Crane Yaw</i> .....	21
<b>Gambar 3.5</b> <i>Camera Crane</i> .....	22
<b>Gambar 3.6</b> Motor Penggerak <i>Crane Pitch</i> .....	23
<b>Gambar 3.7</b> <i>2 Axis Pan Tilt Head</i> .....	23
<b>Gambar 3.8</b> <i>Camera Crane dan 2 Axis Pan-Tilt Head</i> .....	24
<b>Gambar 3.9</b> Skematik dari Arduino UNO .....	25
<b>Gambar 3.10</b> <i>Pin-Out</i> Arduino UNO R3 .....	26
<b>Gambar 3.11</b> Rangkaian Potensio Multiturn 10K .....	29
<b>Gambar 3.12</b> Rangkaian Servo MG996R ke Arduino .....	29
<b>Gambar 3.13</b> Rangkaian HC12.....	31
<b>Gambar 3.14</b> Algoritma Program .....	32
<b>Gambar 4.1</b> Hasil Perancangan Sistem Kendali <i>Camera Crane dan 2 Axis Pan-Tilt Head</i> .....	35
<b>Gambar 4.2</b> Pengujian <i>Power Supply</i> .....	36
<b>Gambar 4.3</b> Pengambilan Data Kecapatan Motor .....	38

<b>Gambar 4.4</b> Pengujian Kecepatan dengan PWM Motor Base .....	40
<b>Gambar 4.5</b> Pengujian Kecepatan dengan PWM Motor <i>Crane</i> .....	41
<b>Gambar 4.6</b> Pengujian <i>Driver</i> Motor .....	42
<b>Gambar 4.7</b> Respon Motor Pitch Crane Percobaan 1 .....	45
<b>Gambar 4.8</b> Respon Motor Pitch Crane Percobaan 2 .....	45
<b>Gambar 4.9</b> Respon Motor Pitch Crane Percobaan 3 .....	46

## DAFTAR TABEL

### HALAMAN

<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Motor Royal Cyplax .....	21
<b>Tabel 3.2</b> Spesifikasi Motor Toshiba DGM 204 2A.....	22
<b>Tabel 3.3</b> Spesifikasi <i>Camera Crane</i> dan <i>Pan Tilt Head</i> .....	24
<b>Tabel 3.4</b> Spesifikasi Arduino UNO.....	26
<b>Tabel 3.5</b> Spesifikasi Potensio <i>Multiturn</i> .....	28
<b>Tabel 3.6</b> Spesifikasi Servo Tower MG996R.....	30
<b>Tabel 3.7</b> Kalibrasi Sensor Potensio.....	33
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengujian <i>Range Output Power Supply</i> .....	37
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengujian <i>Ouput Power Supply</i> dengan Beban.....	37
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Pengujian <i>Buck Converter</i> .....	38
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengujian Kecepatan Motor <i>Base</i> .....	39
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Pengujian Kecepatan Motor <i>Crane</i> .....	39
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Pengujian Kecepatan dengan PWM Motor <i>Base</i> .....	40
<b>Tabel 4.7</b> Hasil Pengujian Kecepatan dengan PWM Motor <i>Crane</i> .....	41
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Pengujian <i>Driver Motor</i> .....	42
<b>Tabel 4.9</b> Hasil Pengujian Servo Pan .....	43
<b>Tabel 4.10</b> Hasil Pengujian <i>Servo Tilt</i> .....	44
<b>Tabel 4.11</b> Hasil Pengujian <i>Non Inverting Amplivier</i> .....	46
<b>Tabel 4.12</b> Hasil Pengujian Sensor Posisi .....	47
<b>Tabel 4.13</b> Hasil Pengujian Kontrol Posisi.....	48
<b>Tabel 4.14</b> Hasil Pengujian Channel Berbeda .....	49
<b>Tabel 4.15</b> Hasil Pengujian Channel Sama .....	49
<b>Tabel 4.16</b> Hasil Pengujian Baud Rate .....	49
<b>Tabel 4.17</b> Hasil Pengujian dengan Halangan (Delay 100ms) .....	49
<b>Tabel 4.18</b> Hasil Pengujian Baud Rate 9600 dengan Delay 100ms .....	50
<b>Tabel 4.19</b> Hasil Pengujian Kecepatan Gerak <i>Camera Crane</i> .....	50

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Teknologi pada Industri multimedia sangat berkembang, terlebih pada proses pengambilan gambar saat *shooting*. Dalam proses pengambilan gambar juru kamera memerlukan alat bantu kamera agar gambar dan video yang diambil memiliki kualitas yang baik. Diperlukan pergerakan kamera atau perpindahan kamera untuk mendapatkan objek yang sesuai. Penagambilan pada posisi yang sulit memerlukan sebuah alat bantu untuk menjangkau objek. Dalam proses pengambilan gambar saat *shooting*, *camera crane* yang beroperasi sebagai penata kamera yang bergerak keatas dan kebawah untuk mempermudah dalam proses pengambilan gambar objek yang bergerak. *Crane* kerap dipergunakan dalam pelaksanaan *shooting* di luar studio, tetapi bukan berarti *crane* ini tidak dapat digunakan di dalam studio, dengan adanya penggunaan penyangga jenis *crane* sangat memungkinkan posisi kamera yang lebih tinggi.

Sehingga *camera crane* sangat diperlukan dalam proses pengambilan gambar baik di dalam studio maupun di luar studio. *Camera crane* yang digunakan dilengkapi dengan *pan-tilt head* pada ujung *crane* untuk meletakkan kamera. *Pan-tilt* merupakan gerakan kamera, dimana *pan* merupakan gerak kamera ini adalah dalam posisi kamera bergerak ke kanan dan ke kiri atau sebaliknya. *Tilt* merupakan gerak kamera ini adalah dalam posisi kamera bergerak ke atas dan ke bawah.

Digunakan *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head* untuk pengambilan gambar yang sulit misalkan untuk mengambil sudut dari atas, *moving camera* dari atas samping kanan kiri atas bawah. Dimana *Camera Crane* dikendalikan secara konvensional dan *2 axis pan-tilt head* dikendalikan dengan *joystick* dengan kabel yang terbatas jangkanya.

Putusnya kabel yang menghubungkan *joystick* dengan *pan-tilt* menjadi salah satu hal yang paling sering terjadi ketika pemasangan dan setup kembali *camera crane* dan *2 axis pan-tilt* dan pengendalian *camera crane* masih menyulitkan juru kamera karena masih digerakkan secara konvensional untuk memindahkan posisi dari kamera.

Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini akan dibuat sistem kendali *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head* yang mampu dikendalikan secara *wireless* dengan *stick commander* yang hanya menggunakan satu lengan saja.

## 1.2 Permasalahan

*Camera crane* dan *2 Axis pan-tilt head* yang digunakan sebagai alat bantu pengambilan gambar pada proses *shooting* atau pengambilan gambar secara konvensional pada *camera crane* dan menggunakan *joystick* yang menyulitkan juru kamera saat pengambilan gambar, oleh karena itu diperlukan perancangan sistem kendali *camera crane* dan *2 axis pan-tilt* secara *wireless*.

## 1.3 Tujuan

Pembuatan sistem kendali *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head* menggunakan *stick commander* ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Merancang *camera crane* dan *2 axis pan tilt head* yang dikendalikan secara *wireless* dengan *stick commander*.
2. Membuat *camera crane* dan *2 axis pan tilt head* yang dikendalikan secara *wireless* dengan *stick commander*.
3. Mendisain controller PD pada motor crane pitch

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, penulis membuat batasan dalam pengerjaan, yaitu:

1. Komunikasi alat ini menggunakan radio frekuensi
2. Jarak maksimal antara *stick commander* dengan *camera crane* adalah 15 meter
3. Controller yang di gunakan pada crane menggunakan controller PD.
4. Kamera yang digunakan Xiaomi Yi

## 1.5 Metodologi Penelitian

Dalam pelaksanaan tugas akhir yang berjudul “Perancangan Sistem Kendali *Camera Crane* dan *2 Axis Pan-Tilt Head* Menggunakan *Stick Commander*” ada beberapa tahap kegiatan yang dapat diuraikan sebagai berikut :



### 1. Studi Pustaka dan Survei Data Awal

Pada tahap ini akan mempelajari tentang buku ataupun jurnal-jurnal yang dapat menunjang teori maupun prinsip kerja dan dasar rangkaian dari mulai rangkaian elektrik maupun mekanik serta *Software*. Kemudian mengidentifikasi masalah yang akan di bahas, dalam kegiatan ini juga dilakukan analisa kondisi lingkungan berupa wawancara guna mengetahui masalah yang dialami saat menggunakan alat yang dikendalikan secara konvensional dan efektifitas alat ini jika di realisasikan.

### 2. Perancangan dan Pembuatan Alat

Pada tahap ini dilakukan disain alat *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head* dan melakukan perancangan mekanik maupun rangkaian elektriknya. Alat ini akan di desain serupa dengan alat yang ada di pasaran dengan ukuran yang lebih kecil agar dapat di realisasikan. Setelah di lakukan disain alat barulah kita melakukan perancangan dan pembuatan *hardware* mulai dari segi mekanik alat maupun rangkain elektriknya.

### 3. Perancangan dan Pembuatan *Software*

Pada tahap ini dilakukan perancangan Pembuatan *Software* terdiri dari pembuatan program *lowpass filter filter*, konfigurasi sensor, program *Receiver*, program kontrol PD, program *Driver Motor* semuanya dibuat menggunakan bahasa pemrograman Arduino IDE.

### 4. Uji Coba dan Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan pengujian di setiap komponen untuk memastikan kinerja atau hasil yang di dapatkan sesuai dengan hasil yang diharapkan, untuk proses pengujian alat ini juga menganalisa dari data-data yang terdapat saat melakukan uji coba dan mencari besar nilai *error* yang terdapat pada sistem ini.

### 5. Penyusunan Laporan

Pada tahap ini melakukan penyusunan laporan setelah semua tahap terselesaikan agar hasil yang telah di dapatkan dari semua tahapan pada alat dapat di jelaskan secara rinci dan spesifik sesuai dengan data-data yang telah di dapatkan.

## 1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi lima Bab dengan sistematika sebagai berikut:

### **Bab I Pendahuluan**

Bab ini meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika laporan, dan relevansi.

### **Bab II Teori Dasar**

Bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka, dan kosep dari *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head*.

### **Bab III Perancangan Sistem**

Bab ini membahas desain dan perancangan *hardware* serta *Software* dari *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head*.

### **Bab IV Simulasi, Implementasi dan Analisis Sistem**

Bab ini memuat hasil implementasi serta analisis dari hasil tersebut.

### **Bab V Penutup**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

## 1.7 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat berikut:

1. Mempermudah juru kamera, karena juru kamera tidak menggerakkan *camera crane* secara manual memindahkan arah crane sesuai dengan pergerakan objek yang akan diambil. Dengan menggunakan *stick commander* juru kamera dapat menggerakkan crane dan *pan-tilt head* sekaligus secara wireless.
2. Mengembangkan *camera crane* dan *pan tilt head* yang di kendalikan dengan stick commander.

## BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini membahas dasar-dasar terori yang dapat menunjang pembuatan alat ini dari segi *hardware* maupun *Software* yang kita gunakan.

### 2.1 *Camera Crane*

*Camera crane* adalah sebuah perangkat dengan kamera di salah satu ujungnya, dan penyeimbang dan kontrol kamera di sisi lain. tetapi dengan titik keseimbangan terletak dekat dengan penyeimbang, sehingga akhir kamera lengan dapat bergerak melalui busur diperpanjang. Sebuah *camera crane* seperti pada Gambar 2.1 memungkinkan kamera untuk dipindahkan secara vertikal, horizontal, atau kombinasi dari keduanya. Sebuah *camera crane* sering dipasang pada tripod atau dukungan serupa.

Sebuah *camera crane* berguna untuk mendapatkan gambar dari atas “tempat yang tinggi” , atau gambar yang perlu untuk memindahkan jarak yang sangat jauh secara horizontal atau vertikal.  
[1]



**Gambar 2.1** *Camera Crane*

## 2.2 Axis Pan-Tilt Head

Sebuah alat yang terdapat di ujung *camera crane* yang mana berfungsi untuk membuat kamera bergerak berputar kanan kiri dan berputar naik turun, biasanya alat ini digerakkan secara elektrik menggunakan joy stick yang terhubung dengan *pan-tilt head* menggunakan kabel.

Sebuah 2 *axis pan-tilt head* seperti pada Gambar 2.2 berguna untuk menggerakkan atau membidik gambar tangkapan kamera dari ujung *camera crane*.

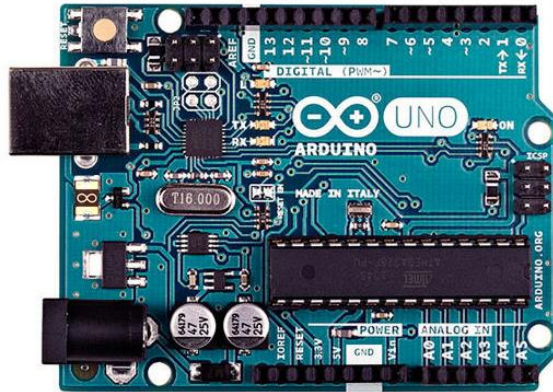


**Gambar 2.2** 2 Axispan-Tilt Head

## 2.3 Arduino UNO

Arduino merupakan *prototyping platform* yang *open-source* dibuat berdasarkan kemudahan pemakaian *hardware* dan *Software*. Papan arduino dapat digunakan membaca input (sensor cahaya, tekanan pada tombol, atau sebuah pesan twitter) dan mengubahnya menjadi sebuah output (mengaktifkan motor, menyalakan sebuah LED, menyebarkan sesuatu online). Pengguna dapat membuat papan Arduino untuk melakukan sesuatu dengan mengirim sekumpulan perintah ke *microcontroller* di papan.

Arduino UNO adalah sebuah *microcontroller board* yang menggunakan ATmega328P. Arduino UNO seperti pada Gambar 2.3 memiliki 14 pin input/ouput digital dengan 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai ouput PWM, 6 input analog, sebuah 16 MHz quartz crystal, sebuah koneksi USB, sebuah jack daya, sebuah ICSP header dan sebuah tombol reset. <sup>[5]</sup>



**Gambar 2.3** Arduino UNO

## 2.4 Arduino IDE

IDE adalah sebuah *Software* untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler. Ada banyak proyek dan alat-alat yang dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino.

Arduino berevolusi menjadi sebuah *platform* karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi. Salah satu yang membuat Arduino memikat hati banyak orang adalah karena sifatnya yang *open source*, baik untuk *hardware* maupun *Software*-nya. Desain *hardware*, bahasa pemrograman dan Arduino IDE Seperti pada Gambar 2.4 yang berkualitas tinggi dan sangat berkelas mestinya menjadi hal yang dapat diandalkan dalam dunia IT. Saat ini *Software* Arduino yang digunakan adalah *Driver* dan IDE, walaupun masih ada beberapa *Software* lain yang sangat berguna selama pengembangan Arduino. <sup>[5]</sup>



**Gambar 2.4** Tampilan Awal Arduino IDE

## 2.5 *Analog to Digital Converter (ADC)*

Analog to Digital Converter (ADC) adalah fitur yang sangat berguna yang mengubah voltase analog pada pin ke nomor digital. Dengan beralih dari sinyal analog ke data digital, kita bisa mulai menggunakan barang elektronik untuk berinteraksi dengan sinyal analog. Tidak setiap pin pada mikrokontroler memiliki kemampuan melakukan konversi analog ke digital. Pada papan Arduino, pin ini memiliki 'A' di depan labelnya (A0 sampai A5) seperti pada Gambar 2.5 untuk menunjukkan pin ini dapat membaca voltase analog.



**Gambar 2.5** *Analog to Digital Converter (ADC)*

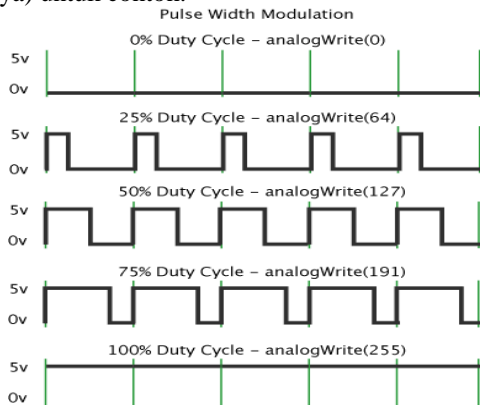
ADC dapat sangat bervariasi antara mikrokontroler. ADC pada Arduino adalah ADC 10 bit yang artinya memiliki kemampuan

untuk mendeteksi 1.024 ( $2^{10}$ ) tingkat analog diskrit. Beberapa mikrokontroler memiliki ADC 8 bit ( $2^8 = 256$  tingkat diskrit) dan beberapa memiliki ADC 16 bit ( $2^{16} = 65.536$  tingkat diskrit).<sup>[2]</sup>

## 2.6 Pulse Width Modulation (PWM)

*Pulse Width Modulation*, atau PWM, adalah teknik untuk mendapatkan hasil analog dengan sarana digital. Kontrol digital digunakan untuk membuat gelombang persegi, sebuah sinyal beralih antara on dan off. Pola on-off ini dapat mensimulasikan tegangan di antara voltase penuh (5 Volt) dan mati (0 Volts) dengan mengubah porsi waktu yang dihabiskan sinyal versus waktu yang dihabiskan sinyal. Durasi "tepat waktu" disebut dengan lebar pulsa. Untuk mendapatkan berbagai nilai analog, Anda mengubah, atau memodulasi, lebar pulsa itu. Jika Anda mengulangi pola on-off ini cukup cepat dengan LED misalnya, hasilnya seolah-olah sinyal adalah voltase stabil antara 0 dan 5V yang mengendalikan kecerahan LED.

Pada grafik di bawah, garis hijau mewakili periode waktu reguler. Durasi atau periode ini adalah kebalikan dari frekuensi PWM. Dengan kata lain, dengan frekuensi PWM Arduino sekitar 500Hz, garis hijau akan mengukur 2 milidetik masing-masing. Sebuah panggilan ke `analogWrite()` ada pada skala 0 – 255 seperti pada Gambar 2.6, sehingga `analogWrite(255)` meminta siklus kerja 100% (selalu aktif), dan `analogWrite(127)` adalah siklus tugas 50% (setengahnya) untuk contoh. <sup>[6]</sup>



**Gambar 2.6** *Pulse Width Modulation*

## 2.7 Potensiometer

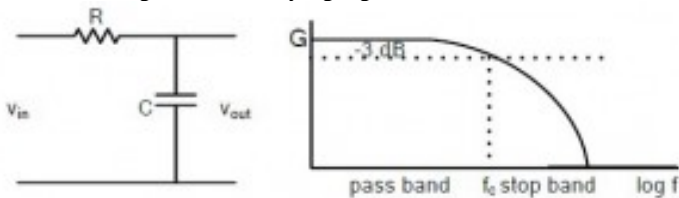
Potensiometer adalah sensor yang menggunakan kontak geser untuk membuat pembagi tegangan disesuaikan. Tegangan disesuaikan ini mengukur posisi.<sup>[5]</sup> resistor tiga terminal dengan sambungan geser yang membentuk pembagi tegangan dapat disetel. Jika hanya dua terminal yang digunakan (salah satu terminal tetap dan terminal geser), potensiometer pada Gambar 2.7 berperan sebagai resistor variabel.



Gambar 2.7 Potensiometer

## 2.8 Low Pass Filter (LPF)

*Low Pass Filter (LPF)* atau Filter Lolos Bawah adalah filter yang hanya melewatkan sinyal dengan frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi *cut-off* ( $f_c$ ) dan akan melemahkan sinyal dengan frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi *cut-off* ( $f_c$ ). Pada filter LPF seperti pada Gambar 2.8 yang ideal sinyal dengan frekuensi diatas frekuensi *cut-off* ( $f_c$ ) tidak akan dilewatkan sama sekali (tegangan output = 0 volt) . Rangkaian *low pass filter* RC merupakan jenis filter pasif, dengan respon frekuensi yang ditentukan oleh konfigurasi R dan C yang digunakan.<sup>[3]</sup>



Gambar 2.8 Low Pass Filter (LPF)

## 2.9 Op-Amp

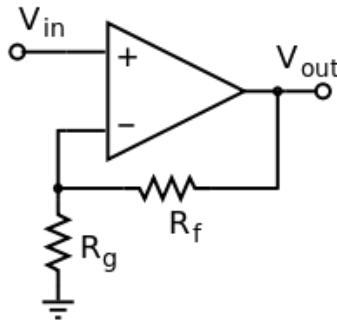
*Operational amplifier (Op-Amp)* adalah suatu penguat berpenguatan tinggi yang terintegrasi dalam sebuah chip IC yang memiliki dua input inverting dan non-inverting dengan sebuah terminal output, dimana rangkaian umpan balik dapat ditambahkan



untuk mengendalikan karakteristik tanggapan keseluruhan pada operasional amplifier (*Op-Amp*). Pada dasarnya operasional amplifier (*Op-Amp*) merupakan suatu penguat diferensial yang memiliki 2 input dan 1 output.

*Op-Amp* ini digunakan untuk membentuk fungsi-fungsi linier yang bermacam-macam atau dapat juga digunakan untuk operasi-operasi tak linier, dan seringkali disebut sebagai rangkaian terpadu linier dasar. Penguat operasional (*Op-Amp*) seperti pada Gambar 2.9 merupakan komponen elektronika analog yang berfungsi sebagai amplifier multiguna dalam bentuk IC.

Prinsip kerja sebuah operasional Amplifier (*Op-Amp*) adalah membandingkan nilai kedua input (input inverting dan input non-inverting), apabila kedua input bernilai sama maka output *Op-Amp* tidak ada (nol) dan apabila terdapat perbedaan nilai input keduanya maka output *Op-Amp* akan memberikan tegangan output. Operasional amplifier (*Op-Amp*) dibuat dari penguat diferensial dengan 2 input. Sebagai penguat operasional ideal.<sup>[4]</sup>



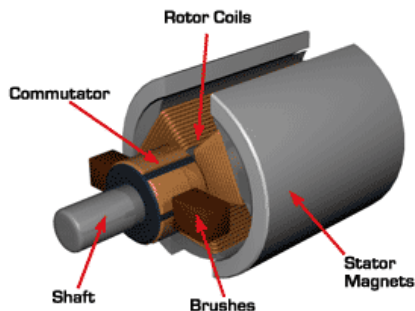
**Gambar 2.9** Rangkaian *Op Amp Non Inverting Amplifier*

## 2.10 Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada Motor DC seperti pada Gambar 2.10 disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar sebagai berikut:

1. Kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi ruang terbuka diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet.
2. Current Elektromagnet atau Dinamo. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi.
3. Commutator. Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

Keuntungan utama motor DC adalah dalam hal pengendalian kecepatan motor DC tersebut, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur tegangan kumparan motor DC, meningkatkan tegangan kumparan motor DC akan meningkatkan kecepatan. Arus medan meningkatkan arus medan akan meningkatkan kecepatan. <sup>[8]</sup>



**Gambar 2.10** Motor DC

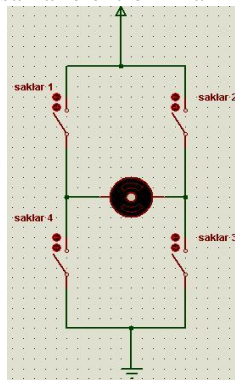
### 2.11 Pengaturan Arah dan Kecepatan Motor DC

Pengontrolan motor DC secara sederhana dibagi menjadi dua. Pertama yaitu dengan mengatur arah putaran dan besarnya kecepatan dari putaran motor. Arah putaran motor secara prinsip di atur dengan membalikan polaritas tegangan yang masuk ke motor. Sedangkan besarnya kecepatan putaran motor diatur dengan mengatur

tegangannya. Mekanisme pengaturan ini ditangani oleh *Driver motor*.

Salah satu rangkaian untuk mengendalikan motor DC adalah rangkaian H-Bridge seperti gambar 2.11. Dari rangkaian tersebut terlihat bahwa keempat saklar disusun sedemikian rupa sehingga membentuk huruf H, dari bentuk inilah mengapa rangkaian ini disebut jembatan H. Cara kerja saklar diatas adalah jika saklar satu dan saklar tiga ditekan maka motor akan berputar kearah kanan, begitu juga sebaliknya jika saklar dua dan saklar empat ditekan maka motor akan berputar kearah kiri.

Jembatan H seperti pada gambar diatas tentu saja belum dapat dikontrol secara digital (karena masih menggunakan saklar analog). Supaya rangkaian jembatan H dapat dikendalikan secara digital maka keempat saklar tersebut diganti menjadi transistor (bisa juga dengan MOSFET atau saklar elektronik lainnya).<sup>[8]</sup>



**Gambar 2.11** Rangkaian H-Bridge

## 2.12 Kontrol Posisi

Pengaturan posisi motor DC bertujuan agar motor DC dapat berputar dan berhenti di posisi sudut yang diinginkan. Seperti konsep pembuatan motor servo. Putaran motor DC di beri feedback berupa potensiometer agar menentukan posisi motor DC.

Knob putar potensiometer dihubungkan dengan shaft motor, sehingga ketika motor berputar potensiometer juga ikut berputar. Dengan berputarnya potensiometer maka nilai ADC potensiometer juga akan berubah. Nilai ADC tersebut akan dijadikan acuan sebagai posisi dari motor. <sup>[5]</sup>

### 2.13 Kontrol PD

Kontrol Proporsional-diferensial (PD Controller) adalah kombinasi dari kontroler P dan kontroler D. Ekspresi berikut berlaku untuk hubungan antara sinyal error  $e(t)$  (variabel input dari controller) dan variabel manipulasi  $y(t)$  (variabel output dari controller).

Kontrol P jika  $G(s) = k_p$ , dengan  $k$  adalah konstanta. Jika  $u = G(s) * e$  maka  $u = K_p * e$  dengan  $K_p$  adalah Konstanta Proporsional.  $K_p$  berlaku sebagai Gain (penguat) saja tanpa memberikan efek dinamik kepada kinerja kontroler. Penggunaan kontrol P memiliki berbagai keterbatasan karena sifat kontrol yang tidak dinamik ini. Walaupun demikian dalam aplikasi-aplikasi dasar yang sederhana kontrol P ini cukup mampu untuk memperbaiki respon transien khususnya rise time dan settling time. Pengontrol proporsional memiliki keluaran yang sebanding/proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya).

Keluaran pengontrol diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi derivatif. Perubahan yang mendadak pada masukan pengontrol akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Ketika masukannya tidak mengalami perubahan, keluaran pengontrol juga tidak mengalami perubahan, sedangkan apabila sinyal masukan berubah mendadak dan menaik (berbentuk fungsi step), keluaran menghasilkan sinyal berbentuk impuls. Jika sinyal masukan berubah naik secara perlahan (fungsi ramp), keluarannya justru merupakan fungsi step yang besar magnitudenya sangat dipengaruhi oleh kecepatan naik dari fungsi ramp dan factor konstanta  $K_d$ .

Sinyal kontrol  $u$  yang dihasilkan oleh kontrol D dapat dinyatakan sebagai  $G(s) = s.K_d$ . Dari persamaan di atas, nampak bahwa sifat dari kontrol D ini dalam konteks “kecepatan” atau rate dari error. Dengan sifat ini dapat digunakan untuk memperbaiki respon transien dengan memprediksi error yang akan terjadi. Kontrol Derivative hanya berubah saat ada perubahan error sehingga saat error statis kontrol ini tidak akan bereaksi, hal ini pula yang menyebabkan kontroler Derivative tidak dapat dipakai sendiri.

### 2.14 Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC kecil yang diberi sistem gear dan potensiometer sehingga dapat menempatkan “horn” servo

pada posisi yang dikehendaki. Motor servo seperti pada Gambar 2.12 ini jelas menggunakan sistem close loop sehingga posisi “horn” yang dikehendaki bisa dipertahankan.

Secara umum terdapat dua jenis motor servo, yaitu motor servo standard continuous. Motor servo standar sering dipakai pada sistem robotika, misalnya untuk membuat Robot Lengan (Robot Arm) sedangkan motor servo continuous sering dipakai untuk Mobile Robot. Pada bagian servo tertulis tipe servo yang bersangkutan. Bagi yang berpengalaman, motor servo continuous dapat dibuat menggunakan motor servo standar.

Penggunaan motor servo di bidang robotika tentu ada alasannya. Pertama adalah motor servo memiliki putaran yang lambat sehingga posisinya mudah dikendalikan. Hal ini cocok dengan bidang robotika, bandingkan dengan motor DC biasa yang memiliki putaran cepat sehingga posisinya susah dikendalikan.<sup>[5]</sup>



**Gambar 2.12** Servo

### **2.15 Radio Frekuensi 433Hz**

RF Data Transmitter/ reciver adalah sebuah alat yang dapat mengirimkan dan menerima data serial melalui media udara, dengan frekuensi 433MHz. Device tersebut melakukan proses penumpangan data serial digital ke frekuensi pembawa dengan frekuensi yang lebih tinggi untuk kemudian dipancarkan ke udara oleh pemancar. Pada penerima frekuensi pembawa yang mengandung data ditangkap dan dipisahkan dari data yang dibawa.

## 2.16 Komunikasi Data Serial UART

UART atau Universal Asynchronous Receiver-Transmitter adalah bagian perangkat keras komputer yang menerjemahkan antara bit-bit paralel data dan bit-bit serial. UART biasanya berupa sirkuit terintegrasi yang digunakan untuk komunikasi serial pada komputer atau port serial perangkat perifer. UART sekarang ini termasuk di dalam beberapa mikrokontroler (contohnya, PIC16F628).

UART atau Universal Asynchronous Receiver Transmitter adalah protokol komunikasi yang umum digunakan dalam pengiriman data serial antara device satu dengan yang lainnya. Sebagai contoh komunikasi antara sesama mikrokontroler atau mikrokontroler ke PC. Dalam pengiriman data, clock antara pengirim dan penerima harus sama karena paket data dikirim tiap bit mengandalkan clock tersebut. Inilah salah satu keuntungan model asynchronous dalam pengiriman data karena dengan hanya satu kabel transmisi maka data dapat dikirimkan.

## 2.17 Power Supply

Pengertian *power supply* adalah suatu hardware komponen elektronika yg mempunyai fungsi sebagai supplier arus listrik dengan terlebih dahulu merubah tegangannya dari AC jadi DC. Jadi arus listrik PLN yang bersifat Alternating Current (AC) masuk ke power supply seperti pada Gambar 2.13, dikomponen ini tegannya diubah menjadi Direct Current (DC) baru kemudian dialirkan ke komponen lain yang membutuhkan. Proses pegubahan tegangan tersebut dilakukan karena hardware pada umumnya seperti komputer, hanya bisa bekerja dengna menggunakan arus DC.



**Gambar 2.13** *Power Supply*

### 2.18 *Buck-Converter*

Buck-converter adalah konverter penurun tegangan khusus yang menerapkan sistem SMPS (Switching Mode Power Supply). Ia adalah konverter dengan efisiensi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan power-supply penurun tegangan biasa (sistem linier). Efisiensinya dapat mencapai lebih dari 90%.

Buck-converter seperti pada Gambar 2.14 memanfaatkan sifat induktor terhadap guncangan listrik berfrekwensi tinggi dan bekerja dengan adanya denyut-denyut tegangan (sebagaimana layaknya SMPS). Karena itu di dalam sebuah rangkaian buck-converter selalu terdapat generator sinyal, transistor penguat, dioda, kondensator dan induktor.



**Gambar 2.14** *Buck-Converter*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



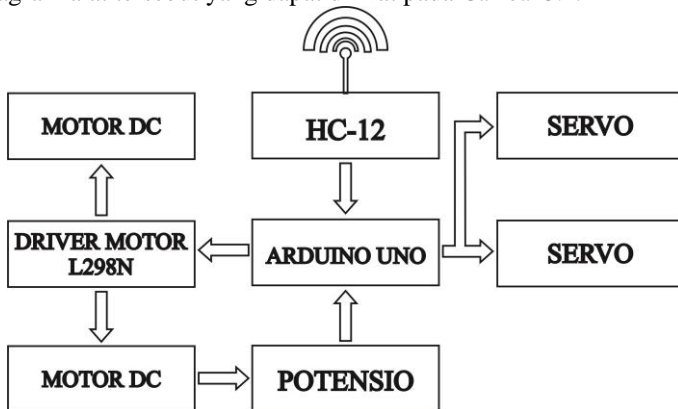
## BAB III

### PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan dibahas tahapan dalam perencanaan dan pembuatan tugas akhir. Yang pertama dibahas adalah konfigurasi sistem kendali *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head*. Adapun konfigurasi sistem kendali yang dimaksud yaitu perencanaan *hardware* dan *Software* sistem kendali *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head*. Pada akhir bab ini, ditunjukkan perencanaan algoritma Arduino IDE.

#### 3.1 Blok Fungsional Sistem

Sebelum membuat *Software* dan *hardware* alat *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head*, diperlukan sebuah perancangan blok diagram alat tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Blok Fungsional Perancangan Sistem Kendali *Camera Crane* dan *2 Axis Pan-Tilt Head*.

Dari Gambar 3.1 dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini, kami akan membuat sebuah sistem kendali *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head* yang di mana terdapat dua servo untuk menggerakkan *pan-tilt head* dan terdapat dua motor untuk menggerakkan *camera crane* satu dari dua motor dikopel dengan potensio multiturn agar dapat dikontrol posisi, yang mana potensio multiturn tersebut sebagai sensor atau feedback ke arduino dan memberi posisi output motor. Terdapat juga satu modul komunikasi data serial

menggunakan radio frekuensi 433mhz yaitu HC12 yang berfungsi di sistem ini sebagai reciver atau penerima data dari stick commander.

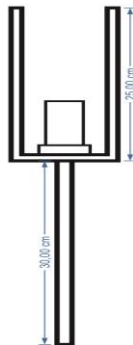
Untuk membuat *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head* diperlukan power supply 24V yang tersambung dengan box control dan akan di turunkan tegangannya menjadi 12V dan 6V untuk memberi supply ke arduino dan ke servo

### 3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

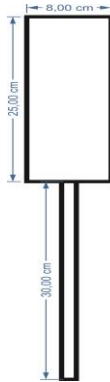
Dalam sub bab ini, akan dibahas mengenai perancangan perangkat keras yang terdiri dari mekanik alat maupun elektrik alat, pada mekanik alat terdapat empat bagian inti yaitu pada base, crane, pan dan tilt dan pada elektrik alat akan membahas spesifikasi dari arduino uno, rangkaian *op amp*, rangkaian power supply, rangkaian bug converter, rangkaian *Driver* motor, rangkaian servo dan rangkain potensio.

#### 3.2.1 Mekanik Base

Perancangan mekanik pada base ini di disign sedemikian rupa untuk memutar secara *horizontal camera crane* dan *2 axis pan-tilt head*, di sini megunakan bahan akrilik dengan ketebalan 1cm dan besi sebagai saftnya, terdapat dua motor yang terhubung dengan saft dan terhubung denga crane seperti pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3, kemudian saft di gabungkan dengan tripot agar *Camera Crane* tetap dapat berdiri dengan tegak, saft base memiliki panjang 30 cm dengan diameter 1.4 cm, ukuran benda yang berbentuk garpu berwarna putih 25x8cm dan sedangkan dasarnya yang berhimpitan dengan saft berukuran 10x8.



**Gambar 3.2** Base Tampak Depan



**Gambar 3.3** Base Tampak Samping

Motor untuk menggerakkan *base* menggunakan motor dc dengan *gearbox* dengan merk royal cyplax type motor CCP60-98-DP02 . Motor yang dipakai dapat di lihat di Gambar 3.4.

**Tabel 3.1** Spesifikasi Motor Royal Cyplax

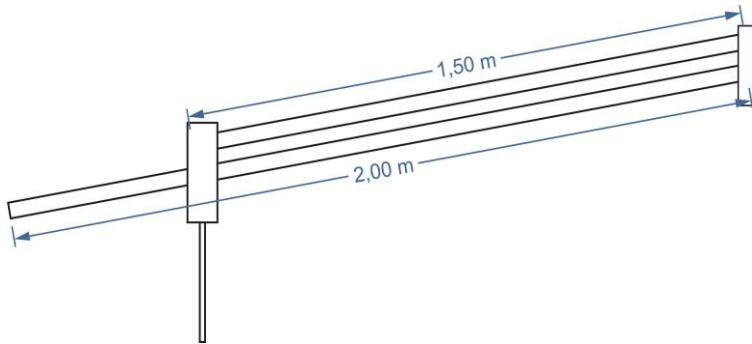
Vin	24 V
Ain	0.5 A
RPM	39 RPM
Dimensi	13.5 cm x 8.5 cm x 6 cm



**Gambar 3.4** Motor DC Penggerak Crane Yaw

### 3.2.2 Mekanik Crane

Perancangan mekanik pada base ini di disign sedemikian rupa seperti pada Gambar 3.5 untuk dapat meggerakkan *pan-tilt head* secara vertikal, paad crane di sini menggunakan bahan aluminium dengan panjang 2m dan 1.5m. Disini megggunakan bahan aluminium agar bobot dari *crane* tidak terlalu membebani tripot, terdapat dua balok yang di pasang sejajar, agar membuat *pan-tilt head* tetap tegak walaupun crane di naik turunkan, sala satu balok berukuran lebih panjang untuk dihubungkan dengan pemberat, dimana fungsi pemberat disini untuk memperingan kerja motor saat menggerakkan crane.

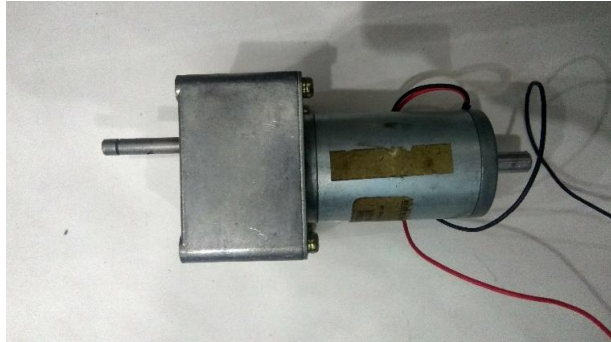


**Gambar 3.5** Camera Crane

Motor untuk menggerakkan *crane* menggunakan motor dc dengan *gearbox* merk toshiba type motor DGM-204-2A. Motor yang dipakai dapat di lihat di Gambar 3.6.

**Tabel 3.2** Spesifikasi Motor Toshiba DGM 204 2A

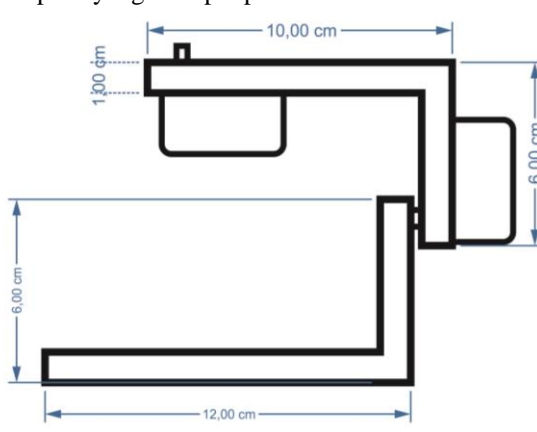
Vin	24 V
Ain	0.85 A
RPM	22 RPM
Torque	25kg.cm
Dimensi	15 cm x 6 cm x 6 cm



**Gambar 3.6** Motor Penggerak *Crane Pitch*

### 3.2.3 Mekanik 2 Axis Pan Tilt Head

Perancangan mekanik pada 2 axis pan tilt head ini di design sedemikian rupa seperti pada Gambar 3.7 agar dapat menggerakkan kamera searah dengan sumbu x dan sumbu y. Pembuatan pan pada camera crane menggunakan bahan akrilik dengan ukuran 10x6cm dengan ketebalan 1cm dan ukuran tilt 12x6cm dengan ketebalan yang sama digerakkan dengan dua servo yang menempel di sisi mekanik pan dan tilt . Servo yaang digunakan pada 2 axis pan tilt head yaitu Tower MG996R seperti Gambar 3.7 mempunyai spesifikasi seperti yang terdapat pada tabel 3.3



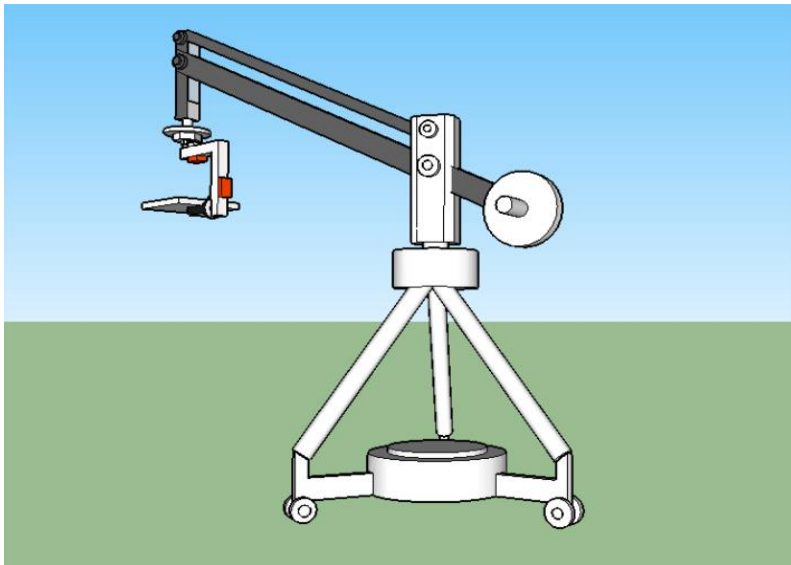
**Gambar 3.7** 2 Axis Pan Tilt Head

### 3.2.4 Mekanik *Camera Crane* dan *2 Axis Pan-Tilt Head*

Berikut adalah gabungan dari keempat part ini yang dapat dilihat pada Gambar 3.8 , *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head* memiliki sumbu gerak seperti yang terdapat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Spesifikasi *Camera Crane* dan *Pan Tilt Head*

Bagian	Degre
Base	0° - 360°
Crane	0° - 75°
Pan	0° - 180°
Tilt	0° - 180°



**Gambar 3.8** *Camera Crane* dan *2 Axis Pan-Tilt Head*

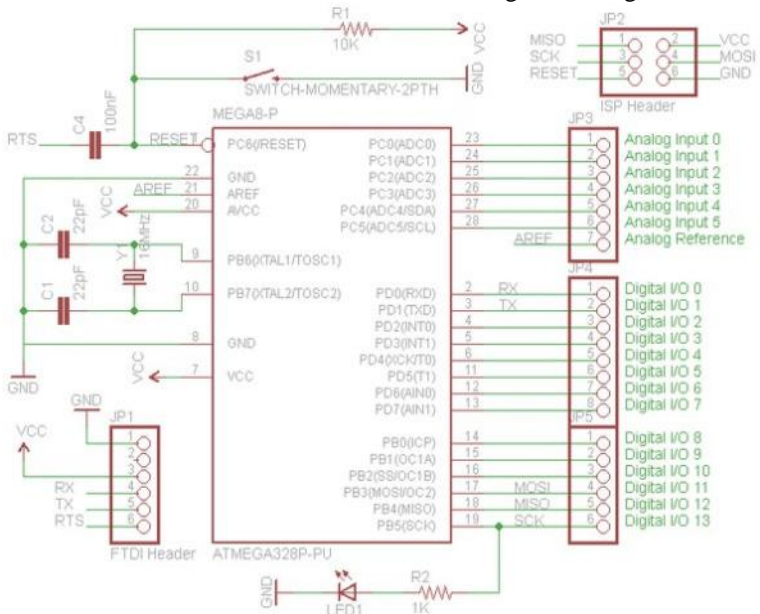
### 3.2.5 Arduino UNO

Untuk kontroler yang akan digunakan adalah kontroler Arduino UNO. Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14

pin digital *input/output* (6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, sebuah osilator kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol *reset*.

Arduino UNO adalah alat yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau diberi *power* dengan adaptor AC-DC atau baterai, Arduino UNO sudah dapat digunakan tanpa khawatir akan melakukan sesuatu yang salah.

Kontroler ini digunakan karena spesifikasi yang dibutuhkan untuk melakukan tugas akhir ini sudah cukup, seperti pemakaian pin digital, I2C, dan lain-lain. Selain itu, kontroler ini telah umum dan banyak sumber atau referensi yang didapatkan jika menggunakan kontroler ini. Arduino UNO R3 memiliki konfigurasi sebagai berikut



**Gambar 3.9** Skematik dari Arduino UNO



**Gambar 3.10** Pin-Out Arduino UNO R3

Atau secara singkat dapat disimpulkan dengan tabel di bawah ini (seperti yang tertera pada BAB II).

**Tabel 3.4** Spesifikasi Arduino UNO

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan <i>input</i> yang disarankan	7-12V
Batas tegangan <i>input</i>	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin <i>input</i> analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori <i>Flash</i>	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz



Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, Arduino UNO memiliki 14 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, sengan menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digital(Read)*. Pin-pin tersebut bekerja pada tegangan 5V, dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus 20mA, dan memiliki tahanan *pull-up* sekitar 20-50Kohm (secara *default* dalam posisi *disconnect*). Nilai maksimum adalah 40mA, yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan *chip* mikrokontroler.

Beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- *Serial*, terdiri dari 2 pin : pin 0 (RX) dan pin 1 (TX) yang digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data serial.
- *External Interrupt*, yaitu pin 2 dan pin 3. Kedua pin tersebut dapat digunakan untuk mengaktifkan *interrupt*. Gunakan fungsi *attachInterrupt()*.
- *PWM* : Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11 menyediakan *output* PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi *analogWrite()*.
- *SPI* : Pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), dan 13 (SCK) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan *SPI Library*.
- *LED* : Pin 13. Pada pin 13 terhubung *built-in led* yang dikendalikan oleh digital pin nomor 13.
- *TWI* : Pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire Library*.

Arduino UNO memiliki 6 buah input analog, yang diberi tanda dengan A0, A1, A2, A3, A4, A5. Masing-masing pin analog tersebut memiliki resolusi 10 bits (jadi bisa memiliki 1024 nilai). Secara *default*, pin-pin tersebut diukur dari *ground* ke 5V, namun bisa juga menggunakan pin AREF dengan menggunakan fungsi *analogReference()*. Beberapa pin lainnya pada board ini adalah :

- *AREF*, sebagai referensi tegangan untuk *input* analog.
- *Reset*; hubungkan ke LOW untuk melakukan *reset* terhadap mikrokontroler. Sama dengan penggunaan tombol *reset* yang tersedia.

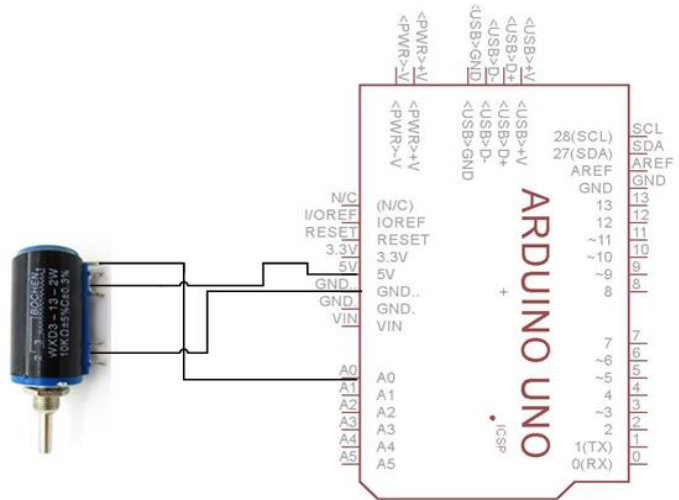
### 3.2.6 Rangkaian Potensio Multiturn 10K

Potensiometer bochen 10K adalah resistor variabel yang bisa distel dari 0 ohm sampai 10000 ohm dalam 10x putaran (multiturn = highprecision)

Potensiometer wirewound multiturn adalah jenis potensio yang memiliki beberapa putaran (dari resistansi 0 sampai maximum) sehingga sangat presisi- dibandingkan dengan potensio sekaliputaran. Banyak digunakan untuk micro adjustment baik voltage-sensor- frekwensi- radio maupun modul elektronik yang memerlukan tingkat presisi yang tinggi.

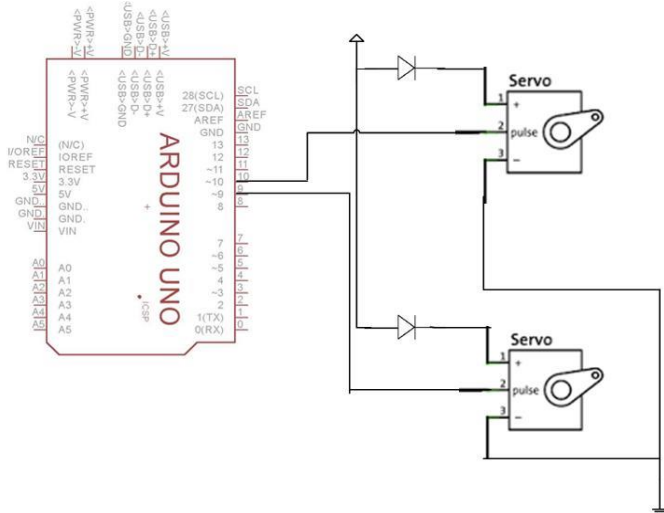
**Tabel 3.5** Spesifikasi Potensio *Multiturn*

<i>Manufacturer</i>	BOCHEN
<i>Series</i>	WXD3-13-2W
<i>Max resistance</i>	10 kOhm <i>Linear</i>
<i>Tolerance</i>	+/- 5%
<i>Number of turns</i>	10 (360 degree)
<i>Power</i>	2W
<i>Operating temperature</i>	+1 s/d +125 C
<i>Rotational Life</i>	1-000-000 <i>rotation</i>
<i>Load Life</i>	1000 <i>hours</i>
<i>Shaft Diameter</i>	4 mm
<i>Bushing Diameter</i>	7.9 mm (drat)



Gambar 3.11 Rangkaian Potensio Multiturn 10K

### 3.2.7 Rangkaian Servo Tower MG996R



Gambar 3.12 Rangkaian Servo MG996R ke Arduino

**Tabel 3.6** Spesifikasi Servo Tower MG996R

<i>Dimension</i>	40x19x43mm
<i>Gear Type</i>	<i>All Metal Gears</i>
<i>Stall torque</i>	12kg/cm (6V)
<i>Power Supply</i>	<i>Through External Adapter</i>
<i>Operation Voltage</i>	4.8 - 7.2 V
<i>Temperature range</i>	0 to 55 C
<i>Operating Speed</i>	0.17sec / 60 degrees (4.8V no load)
<i>Operating Speed</i>	0.13sec / 60 degrees (6.0V no load)
<i>Connector Wire Length</i>	300mm
<i>Weight</i>	60gr
<i>Current</i>	200-300Ma

### 3.2.8 Rangkaian Driver Motor L298N

*Driver* motor L298N merupakan *Driver* motor yang paling populer digunakan untuk mengontrol atau mengendalikan kecepatan dan arah pergerakan motor terutama untuk motor DC. Untuk ic utama yaitu ic L298 merupakan sebuah IC tipe H-bridge yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor stepper. Pada ic l298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang nand yang berfungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc maupun motor stepper.

Untuk dipasaran sudah terdapat modul *Driver* motor menggunakan ic l298 ini, sehingga lebih praktis dalam penggunaannya. Dikarenakan sudah dijadikan dalam satu pcb dengan pin input maupun pin output. Kelebihan akan modul *Driver* motor L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol. Berikut gambat modul *Driver* motor tersebut

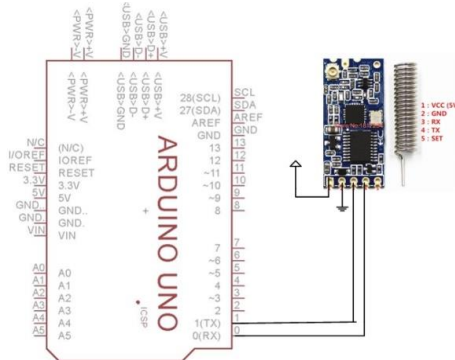
Modul *Driver* ini berbasis pada L298N H-bridge , sebuah dual-bridge tegangan dan arus tinggi yang diproduksi oleh perusahaan ST. Ini bisa mengendalikan hingga 2 motor DC masing-

masing 2A. Ini juga bisa menggerakkan satu motor stepper atau 2 solenoida.

Modul ini bisa mengendalikan kecepatan dan arah rotasi kedua motor. Kecepatan dikontrol dengan menggunakan masukan PWM ke pin ENA atau ENB, sedangkan arah rotasi dikontrol dengan diberi sinyal tinggi dan rendah ke EN1-EN2 untuk motor pertama atau EN3-EN4 untuk motor kedua. *Driver Dual H-Bridge* ini mampu menggerakkan voltase hingga 46V.

### 3.2.9 Rangkaian HC12

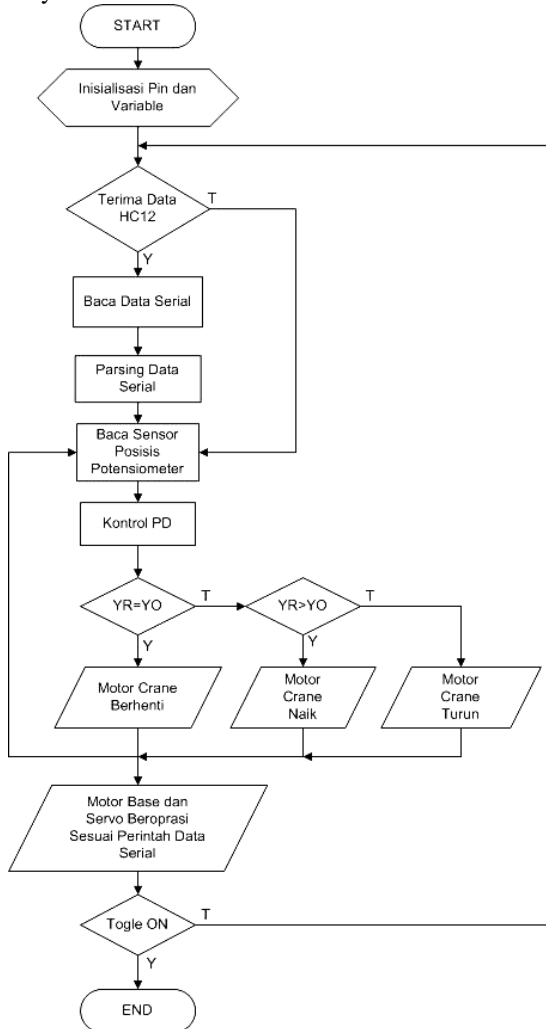
Modul komunikasi port serial UART nirkabel HC-12 adalah modul transmisi data setengah dupleks nirkabel multibanel generasi baru. HC-12 menggunakan pita frekuensi kerja nirkabel 433.4-473.0MHz, beberapa saluran dapat diatur, dengan loncatan 400 KHz, dan ada 100 saluran. Daya maksimum transmisi modul adalah 100mW (20dBm), sensitivitas penerimaan adalah -117dBm pada baud rate 5.000bps di udara, dan jarak komunikasi 1.000 m di ruang terbuka. Modul HC-12 memiliki ukuran 27.8mm × 14.4mm × 4mm (termasuk tutup antena, tidak termasuk antena pegas), Ada dua port antena yang disediakan, yang pertama ANT1 pada modul menggunakan antena luar pita frekuensi 433M melalui kabel koaksial, Ada juga antena solder ANT2 pada modul ini memudahkan untuk menyolder antena pegas. Pengguna bisa memilih salah satu antena ini sesuai dengan kebutuhan pemakaian. Modul HC-12 ini menggunakan pin TX dan RX untuk di sambungkan dengan alat yang digunakan.



Gambar 3.13 Rangkaian HC1

### 3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Dalam perangkat lunak, terdapat beberapa program yang harus dibuat agar HC12 dapat menerima data dari Stick Commander. Pada Gambar 3.14 berikut merupakan *Flowchart* dan tahapan pembuatannya.



Gambar 3.14 Algoritma Program

### 3.3.1 Kalibrasi Sensor

Pada sub bab ini akan membahas tentang cara mengkalibrasi sensor potensio yang mana berfungsi untuk mengubah pembacaan sensor yang bernilai adc menjadi derajat.

**Tabel 3.7** Kalibrasi Sensor Potensio

Vin (V)	ADC	Posisi ( <sup>0</sup> )
0.77	159	0
0.99	204	5
1.14	235	10
1.23	252	15
1.37	282	20
1.54	316	25
1.63	334	30
1.71	351	35
1.84	378	40
1.91	392	45
2.06	422	50
2.19	449	55
2.30	472	60
2.37	485	65
2.52	517	70
2.64	541	75
2.82	578	80

Dari Tabel 3.7 dapat dilakukan kalibrasi sensor yang mengubah nilai adc menjadi derajat posisi, untuk mengkalibrasi potensio menggunakan bantuan *Software* microsoft excel yang mana disini berfungsi untuk memasukkan fungsi slope dan intercept sehingga didapat persamaan  $deg=0.20424743*adc-36.4966699$ .

### 3.3.2 Perancangan Kontroller PD

Pada sub bab ini akan membahas tentang cara mencari nilai KP dan nilai  $\tau_d$  agar dapat mengontrol posisi dengan baik dan tidak terdapatnya osilasi saat implementasi di alatin.

Pada alat ta ini diberi nilai KP sebesar 10 untuk memperlambat respon agar pergerakan motor pada *pitch crane* halus dan memiliki nilai  $\tau_d$  sama dengan  $\tau$  agar dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{y_0}{y_1} = \frac{Kp(\tau_d s + 1) \left( \frac{K}{s(\tau s + 1)} \right)}{1 + Kp(\tau_d s + 1) \left( \frac{K}{s(\tau s + 1)} \right)} \dots\dots\dots(3.1)$$

Jika  $\tau_d = \tau$  maka

$$\frac{y_0}{y_1} = \frac{\frac{KpK}{s} \times \frac{s}{KpK}}{1 + \frac{KpK}{s} \times \frac{s}{KpK}} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\frac{y_0}{y_1} = \frac{1}{\frac{1}{KpK} s + 1} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\frac{y_0}{y_1} = \frac{K^*}{\tau^* s + 1} \dots\dots\dots(3.4)$$

Hasil orde 1 dengan time konstan  $\tau^* = \frac{1}{KpK}$  dan gain

overall  $K^* = 1$  (error stedy state = 0).

$$\tau^* = \frac{1}{KpK} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$Kp = \frac{1}{\tau^* K} \dots\dots\dots(3.6)$$



## BAB IV PENGUJIAN DAN PENGUKURAN

Untuk mengetahui apakah elevansi dari pembuatan tugas akhir ini telah sesuai dengan yang diharapkan atau tidak, maka dilakukan pengujian dan analisa terhadap alat yang telah dibuat.

### 4.1 Cara Kerja Alat

*Camera crane* dan *2 axis pan-tilt head* ini berkerja dengan menerima data radio frekuensi yang manah data tersebut dikirim oleh *stick commander*, alat ini memiliki empat sumbu putar yang mana dua sumbu putar berada di *camera crane* yang dioprasikan secara elektrik dengan motor namun pada *base* dan *crane* memiliki range putar yang berbeda, pada *crane* terdapat kontrol posisis untuk menahan posisi *crane* dan dua yang lain berada di *2 axis pan-tilt head* sumbu putar pada pan-tilt head memiliki range yang sama dan diken daliakn dengan motor servo yang sama. Perancangan alat ini dapat dilihat seperti pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Hasil Perancangan Sistem Kendali *Camera Crane* dan *2 Axis Pan-Tilt Head*

Pada penjelasan diatas adalah cara kerja alat secara umum, untuk lebh spesifiknya jadi alat ini menerima data dari *sitick commander* yang akan diproses oleh microcontroller data yang di terima oleh HC12 akan di parsing menjadi enam data yang mana

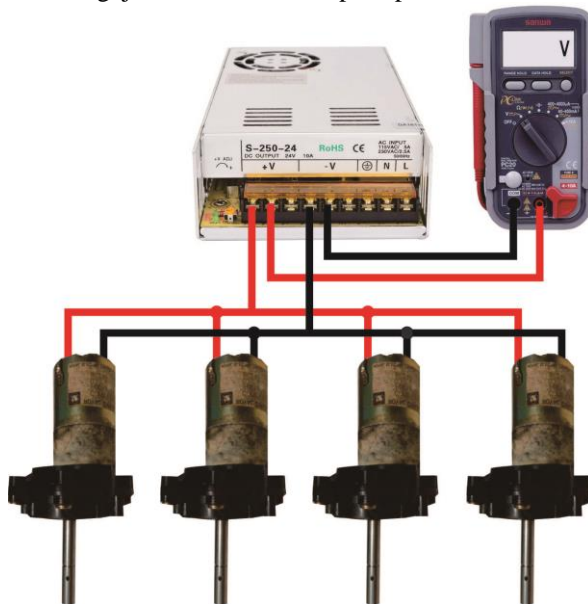
enam data tersebut berisikan perintah untuk menjalankan atau mengoperasikan motor pada *camera crane* dan menjalankan servo pada *2 axis pan-tilt head*.

## 4.2 Pengujian *Camera Crane* dan *2 Axis Pan-Tilt Head*

Pada sub bab ini akan membahas tentang seluruh pengujian komponen yang terdapat pada *camera crane* dan *2 axis pan-tilt head*. Pengujian alat ini dilakukan agar dapat menyimpulkan apakah alat yang sudah di buat sudah sesuai relevansi atau adakah evaluasi yang akan di lakukan untuk penelitian kedepan.

### 4.2.1 Pengujian Tegangan *Output Power Supply*

Pengujian tegangan *output* ini bertujuan untuk membuktikan apakah spesifikasi dari *power supply* ini sama seperti yang terdapat pada label *power supply*, pengujian di sini mengukur *output* minimal sampai maksimal *power supply* ini dan mencoba *power supply* ini ketiak di beri beban apakah terdapat penurunan tegangan ataukah tetap sama. Pengujian ini dilakukan seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengujian *Power Supply*

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian *Range Output Power Supply*

No	<i>Output Minimal</i>	<i>Output Maksimal</i>
1	19.79 V	27.71 V

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian *Output Power Supply* dengan Beban

NO	Vin (V)	Beban	Keterangan
1	24.16	1 Motor	Input Tetap
2	24.16	2 Motor	Input Tetap
3	24.16	3 Motor	Input Tetap
4	24.16	4 Motor	Input Tetap

Dari tabel pengujian Table 4.2 dapat disimpulkan bahwa *power supply* yang dipakai pada alat dapat diandalkan karena saat diberi beban motor 24V sebanyak 4 buah *power supply* tetap berjalan semestinya tanpa adanya penurunan tegangan atau drop tegangan yang diakibatkan oleh beban yang berlebihan. Namun dapat di lihat dalam table 4.1 bawa *power supply* yang dipakai tidak mempunyai range tegangan yang lebar hanya berbeda 8V saja.

*Output* dari *power supply* dapat bertahan walaupun telah diberi beban motor dc *gear box* 24V karena di pengaruhi dari spesifikasi dari *power supply* yang mampu berjalan atau di beri beban maksimal sebesar.

#### **4.2.2 Pengujian *Buck Converter***

Pada pembuatan *Camera Crane* dan *2 Axis Pan-Tilt Head* menggunakan *Buck Converter* tipe LM2596 dengan spesifikasi range tegangan input 3.2-40 V dengan range output 1.5-3.5 V dan arus output maksimal 3 ampere. Pada pembuatan alat ini dibutuhkan supply sebesar 6 V untuk memberi supply ke dua motor servo untuk menggerakkan *Camera Crane* dan *2 Axis Pan-Tilt Head*. Cara pengambilan data yaitu dengan mengukur tegangan output ketika diberi input dari *power supply* 24 V dengan beban dan tanpa beban. Hasil pengujian *Buck Converter* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

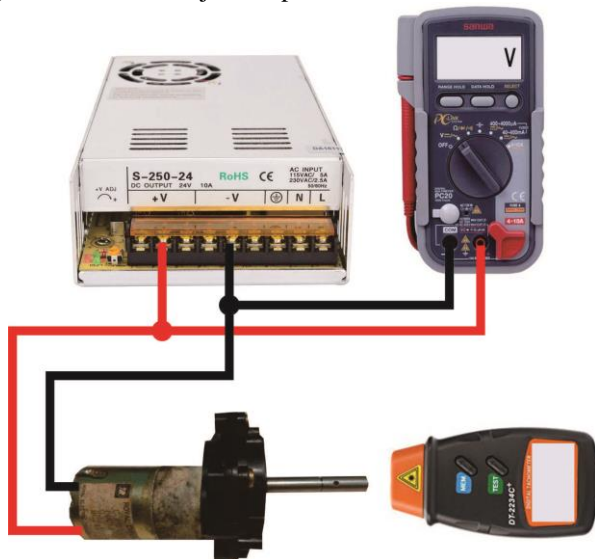
**Tabel 4.3** Hasil Pengujian *Buck Converter*

No.	Vin (V)	Vout(V)	Keterangan
1	24	6	Tanpa Beban
	24	6	Dengan Beban

Dari tabel pengujian *Buck Converter*, dapat disimpulkan bahwa *Buck Converter* tersebut mampu mensupply motor servo sesuai kebutuhan.

### 4.2.3 Pengujian Motor DC

Pada sub bab ini membahas tentang pengujian dari motor dc sebagai penggerak *Camera Crane*. Terdapat dua motor DC sebagai penggerak base dan crane. Pengujian motor DC dilakukan dengan cara mengubah-ubah supply tegangan dan melihat kecepatan yang dihasilkan oleh motor DC. Pengambilan data kecepatan motor DC menggunakan alat tachogenerator . power supply yang digunakan pada pengujian ini merupakan power supply switching 20-27 V. Cara pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 4.3



**Gambar 4.3** Pengambilan Data Kecepatan Motor

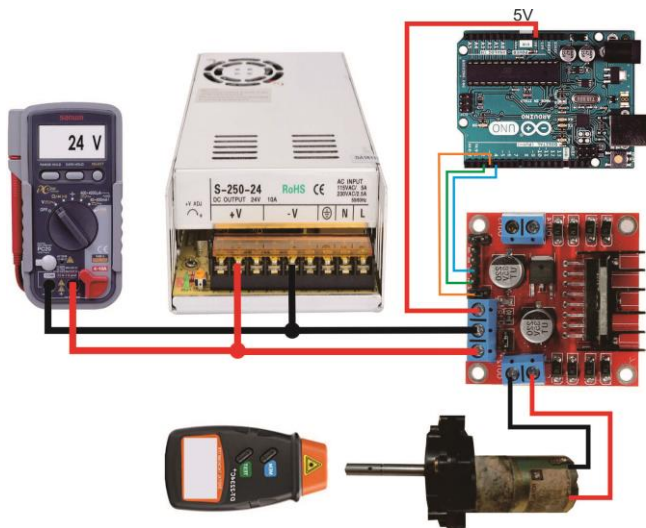
**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Kecepatan Motor Base

Vin ( V )	Kecepatan (RPM)
20	45.6
20.5	46.9
21	47.9
21.5	49.5
22	51.2
22.5	52.4
23	53.9
23.5	54.6
24	55.4

**Tabel 4.5** Hasil Pengujian Kecepatan Motor Crane

Vin ( V )	Kecepatan (RPM)
20	25.1
20.5	25.6
21	26.2
21.5	26.9
22	27.4
22.5	28.2
23	28.9
23.5	29.6
24	30.2

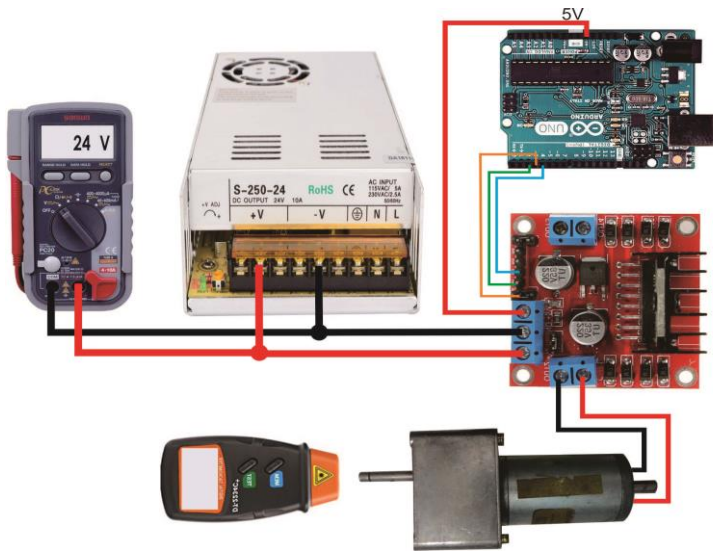
Dari hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5, diketahui kecepatan putar motor ketika diberi tegangan 20-24 Volt. Dan dari hasil pengujian disimpulkan bahwa kecepatan putar motor tidak sama dengan spesifikasi pada body motor. Kemudian motor diuji kembali dengan *Driver* motor yang disuply tegangan 24 Volt, namun nilai PWM diubah ubah pengujian ini untuk mengetahui minimal nilai PWM untuk menggerakkan motor pada base dan motor pada crane. Cara pengambilan data di tujukan pada gambar 4.4 dan gambar 4.5



**Gambar 4.4** Pengujian Kecepatan dengan PWM Motor Base

**Tabel 4.6** Hasil Pengujian Kecepatan dengan PWM Motor Base

Vin (V)	PWM	Kecepatan (RPM)	Keterangan
24	25	0	Tidak Berputar
	50	0	Tidak Berputar
	75	0	Tidak Berputar
	100	24.3	Berputar
	125	32.1	Berputar
	150	37.4	Berputar
	175	40.4	Berputar
	200	45.8	Berputar
	225	47.2	Berputar
255	51.6	Berputar	



**Gambar 4.5** Pengujian Kecepatan dengan PWM Motor Crane

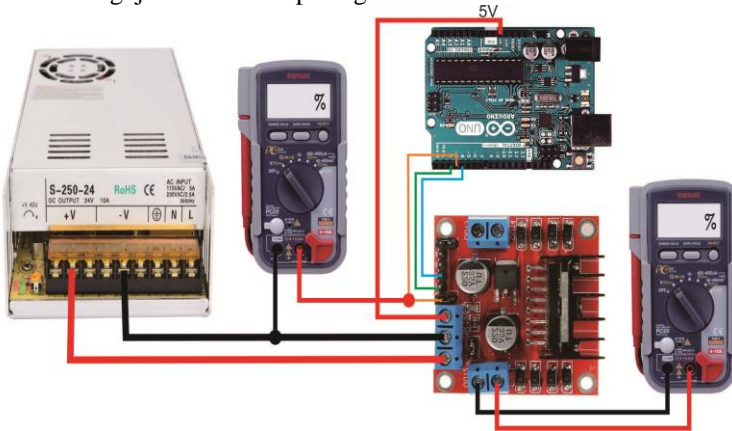
**Tabel 4.7** Hasil Pengujian Kecepatan dengan PWM Motor Crane

Vin (V)	PWM	Kecepatan (RPM)	Keterangan
24	25	0	Tidak Berputar
	50	5.4	Berputar
	75	12.9	Berputar
	100	18.7	Berputar
	125	21.8	Berputar
	150	23.8	Berputar
	175	25.2	Berputar
	200	26.1	Berputar
	225	27.2	Berputar
	255	28.8	Berputar

Dari hasil pengujian yang terdapat pada tabel 4.6 dan tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa motor pada base tidak dapat berputar ketika nilai PWM kurang dari 29%. Dan motor pada crane tidak dapat berputar pada PWM kurang dari 10% .

#### 4.2.4 Pengujian *Driver Motor*

Pada sub bab ini akan melakukan pengujian pada *Driver* motor L298N. Pengujian *Driver* motor bertujuan untuk membuktikan besar presentase frekuensi yang masuk pada pin enable *Driver* motor sama dengan yang dikeluarkan oleh *Driver* motor. Pengujian ditukukan pada gambar 4.6



**Gambar 4.6** Pengujian *Driver Motor*

**Tabel 4.8** Hasil Pengujian *Driver Motor*

PWM	Fekkuensi Input (%)	Fekkuensi Output (%)
25	10.6	10.6
50	19.7	19.7
75	29.4	29.4
100	39.1	39.1
125	48.9	48.9
150	58.6	58.6
175	68.3	68.3
200	78.0	78.0
225	87.6	87.6

Dari hasil pengujian *Driver* motor pada tabel 4.8 bahwa hasil presentase frekuensi PWM yang masuk ke dalam *Driver* motor sama



dengan presentasi frekuensi PWM yang dikeluarkan oleh *Driver* motor.

#### 4.2.5 Pengujian Servo

Pada sub bab ini akan membahas tentang pengujian servo mg996r, pengujian disini bertujuan untuk mencari nilai error yang terjadi saat servo di beri set poin. Pengujian disini menggunakan busur untuk membandingkan setpoin dengan sudut yang berada pada alat.

**Tabel 4.9** Hasil Pengujian Servo Pan

Input ( ° )	Output ( ° )	Error
0	0	0
10	9	1
20	19	1
30	28	2
40	39	1
50	47	3
60	58	2
70	68	2
80	79	1
90	87	3
100	99	1
110	109	1
120	117	3
130	127	3
140	138	2
150	148	2
160	157	3
170	169	1
180	178	2

**Tabel 4.10** Hasil Pengujian *Servo Tilt*

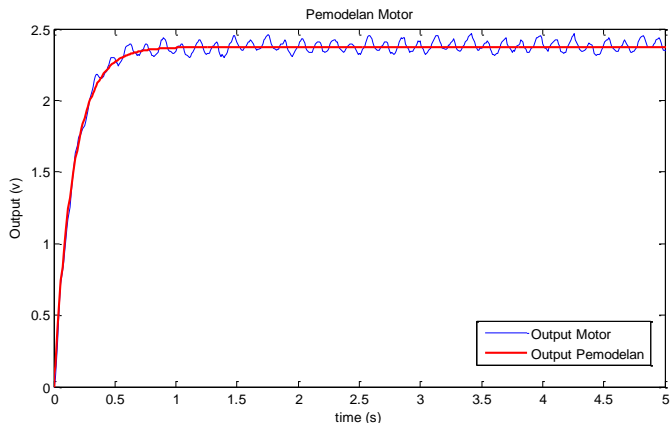
Input (°)	Output (°)	Error
0	0	0
10	8	2
20	18	2
30	29	1
40	38	2
50	49	1
60	59	1
70	67	3
80	78	2
90	88	2
100	97	3
110	109	1
120	118	2
130	127	3
140	138	2
150	148	2
160	159	1
170	169	1
180	178	2

Dari hasil pengujian servo yang didapatkan dari tabel 4.9 dan 4.10 dapat di tarik kesimpulan bahwa terdapat nilai error di setiap sudutnya, namu pada alat TA ini tidak menjadi gangguan besar.

#### 4.2.6 Pengambilan Data Respon Motor

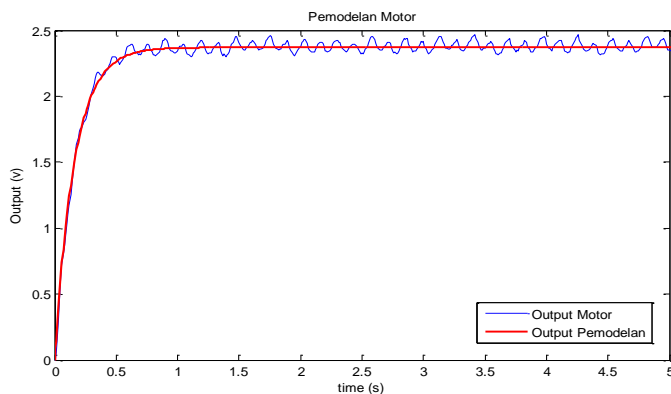
Pada sub bab ini akan membahas tentang pemodelan motor DC *pitch camera crane*, pemodelan disini bertujuan untuk mencari  $y_{ss}$ ,  $K$  dan  $\tau$ . Pemodelan disini menggunakan aplikasi MATLAB untuk mencari pemodelan dengan yang menyerupai motor DC *pitch* pada *camera crane*.

Pada percobaan pemodelan yang pertama ditemukan nilai  $Y_{ss} = 2.373$ ,  $X_{ss} = 24$ ,  $K = Y_{ss}/X_{ss} = 2.373/24 = 0.098875$ , Output ( $T=\tau$ ) =  $0.632 \times 2.373 = 1.499736$ ,  $\tau = 0.1607$ , RMSE = 0.0872 dan grafik pemodelan percobaan seperti pada Gambar 4.7.



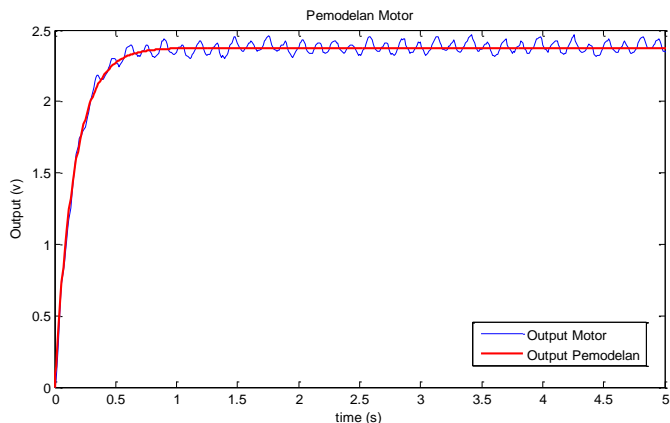
**Gambar 4.7** Respon Motor Pitch Crane Percobaan 1

Pada percobaan pemodelan yang kedua ditemukan nilai  $Y_{ss} = 2.37$ ,  $X_{ss} = 24$ ,  $K = Y_{ss}/X_{ss} = 2.37/24 = 0.09875$ , Output ( $T=\tau$ ) =  $0.632 \times 2.37 = 1.49784$ ,  $\tau = 0.1604$ , RMSE = 0.0877 dan grafik pemodelan percobaan seperti pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.8** Respon Motor Pitch Crane Percobaan 2

Pada percobaan pemodelan yang ketiga ditemukan nilai  $Y_{ss} = 2.376$ ,  $X_{ss} = 24$ ,  $K = Y_{ss}/X_{ss} = 2.376/24 = 0.099$ , Output ( $T=\tau$ ) =  $0.632 \times 2.376 = 1.501632$ ,  $\tau = 0.1609$ , RMSE = 0.0868 dan grafik pemodelan percobaan seperti pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.9** Respon Motor Pitch Crane Percobaan 3

Dari ketiga pemodelan yang digunakan untuk mendisain kontrol PD posisi motor menggunakan pemodelan yang ketiga dikarenakan mempunyai nilai RMSE yang paling kecil diantara tiga pemodelan.

#### 4.2.7 Pengujian *Op Amp*

Pada sub bab ini bertujuan untuk menguji pengondisi sinyal *op amp non inverting amplivier* yang mana pada alat TA ini menggunakan ic lm358 dengan  $R_2=50K$  ohm dan  $R_3=10K$ ohm dengan demikian dapat dihitung berapa kali  $V_{in}$  dikuatkan pada rangkaian *non inverting amplivier* menggunakan rumus  $V_{out} = V_{in}(1+(R_2/R_1))$  dengan demikian diketahui nilai  $V_{out}=6V_{in}$ . Dengan ini dapat di buktikan pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Hasil Pengujian *Non Inverting Amplivier*

In (v)	Out (v)
0.3	1.815
0.7	4.207

#### 4.2.8 Pengujian Sensor Potensio

Pada sub bab ini bertujuan untuk menguji sensor potensio yang telah dikalibrasi, dari Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa sensor dapat membaca posisi yang hampir sama dengan busur hanya mengalami naik turun nilai dengan perbedaan nilai 1 derajat saja.

**Tabel 4.12** Hasil Pengujian Sensor Posisi

Pada Busur (°)	Pada Serial Monitor (°)
0	0
5	6
10	10
15	15
20	21
25	25
30	31
35	36
40	40
45	45
50	51
55	55
60	61
65	65
70	70
75	76
80	81

#### 4.2.9 Pengujian Kontrol Posisi

Pada sub bab ini bertujuan untuk menguji kontrol PD posisi motor DC pada *Camera Crane* dan menganalisa bagaimana respon sistem dan mencari nilai error posisi yang terdapat pada *Camera Crane* dibandingkan dengan posisi set point yang pada program.

**Tabel 4.13** Hasil Pengujian Kontrol Posisi

Input ( ° )	Output ( ° )	Error	Keterangan
0	1	1	Tidak Tejadi Osilasi
10	9	1	Tidak Tejadi Osilasi
20	19	1	Tidak Tejadi Osilasi
30	31	1	Tidak Tejadi Osilasi
40	40	0	Tidak Tejadi Osilasi
50	51	1	Tidak Tejadi Osilasi
60	60	0	Tidak Tejadi Osilasi
70	69	1	Tidak Tejadi Osilasi

Dari hasil pengujian pada tabel 4.13 pengujian kontrol posisi PD memiliki nilai eror dikarenakan pembacaan sensor yang memiliki eror.

#### 4.2.10 Pengujian HC12

Pada subab ini dilakukan pengujian pada modul komunikasi serial menggunakan HC-12 pengujian disini bertujuan untuk menentukan nilai baudrate yang akan dipakai serta range jarak maksimal yang dapat mengirimkan data dengan benar.

Pengujian pertama akan menguji jika pada reciver dan transmitter dengan channel yang berbeda untuk membuktikan bahwa dengan chanel yang berbeda data tidak dapat terkirim ke riciver dilahat pada tabel 4.14. Pengujian yang kedua adalah pengujian reciver dan transmitter dengan channel yang sama. Dalam pengujian yang kedua dapat disimpulkan data yang dikirimkan transmitter dapat dikirimkan dengan benar dan terbaca reciver.

Pengujian yang ketiga adalah pengujian mengirimkan data dengan baudrate yang berbeda pengujian ini bertuan untuk mencari baud rate yang dicari pada *Camera Crane*. Pada hasil pengujian yang terdapat pada tabel 4.16 dapat disimpulkan baudrate yang memiliki respon paling baik saat mengirimkan data yaitu 9600.

Pengujian yang keempat yaitu menguji pengiriman data dengan beberapa halangan yang mana bertujuan untuk memahami respon pengiriman data ketika diberi bebarapa halangan. Hasil pengujian terdapat pada tabel 4.17 dapat disimpulkan bahwa modul

hc-12 mampu mengirimkan data tanpa terjadi loss data dengan maksimal halangan 4 tembok.

Pengujian yang terakhir yaitu menguji pengiriman data berdasarkan jauh jarak antara receiver dan transmitter. Hasil pengujian yang terdapat pada tabel 4.18 dapat disimpulkan bahwa data dapat terkirim dengan benar maksimal jarak 45 meter.

**Tabel 4.14** Hasil Pengujian Channel Berbeda

Channel Transmitter	Channel Receiver	Kondisi
001	005	Tidak Terkirim
001	002	Tidak Terkirim

**Tabel 4.15** Hasil Pengujian Channel Sama

Channel Transmitter	Channel Receiver	Kondisi
100	100	Terkirim
010	010	Terkirim

**Tabel 4.16** Hasil Pengujian Baud Rate

Jarak (meter)	Kondisi (Baud Rate)					
	9600		19200		38400	
	Kondisi	Loss Data	Kondisi	Loss Data	Kondisi	Loss Data
5	Terkirim	Tidak	Terkirim	Tidak	Terkirim	Tidak
10	Terkirim	Tidak	Terkirim	Tidak	Terkirim	Tidak
15	Terkirim	Tidak	Terkirim	Tidak	Terkirim	Tidak
20	Terkirim	Tidak	Terkirim	Ada	Terkirim	Ada
25	Terkirim	Tidak	Terkirim	Ada	Terkirim	Ada
30	Terkirim	Tidak	Terkirim	Ada	Terkirim	Ada
35	Terkirim	Tidak	Terkirim	Ada	Terkirim	Ada

**Tabel 4.17** Hasil Pengujian dengan Halangan (Delay 100ms)

Halangan	Kondisi	Loss Data
1 Tembok	Terkirim	Tidak
2 Tembok	Terkirim	Tidak

Halangan	Kondisi	Loss Data
3 Tembok	Terkirim	Tidak
4 Tembok	Terkirim	Ada

**Tabel 4.18** Hasil Pengujian Baud Rate 9600 dengan Delay 100ms

Jarak (meter)	Kondisi	Loss Data
5	Terkirim	Tidak
10	Terkirim	Tidak
15	Terkirim	Tidak
20	Terkirim	Tidak
25	Terkirim	Tidak
30	Terkirim	Tidak
35	Terkirim	Tidak
40	Terkirim	Tidak
45	Terkirim	Tidak

#### 4.2.11 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pada Tabel 4.20 dapat dilihat kecepatan gerak *crane* setiap derajat per secon dan pada *yaw crane* memiliki gerakan yang paling cepat dan gerakan *pitch crane* memiliki gerakan yang paling lambat.

**Tabel 4.19** Hasil Pengujian Kecepatan Gerak *Camera Crane*

Posisi	Sudut Awal (°)	Sudut Akhir (°)	Waktu yang dibutuhkan	Kecepatan (°/sec)
Pan	0	180	16.5 sec	10.9
Tilt	0	180	16.7 sec	10.8
Yaw Crane	0	180	3.3 sec	54.5
Pitch Crane	0	80	10.2 sec	7.8



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil uji ukur data dari Perancangan Sitem Kendali *Camera Crane* dan *2 Axis Pan-Tilt Head* Menggunakan *Stick Commander* dapat didimpulkan:

1. Hasil tangkap kamera tidak dapat fokus ketika *Camera Crane* dan *2 Axis Pan-Tilt Head* berhenti setelah di gerakkan karena tidak adanya *stabilizer* yang dapat meredam getaran saat berheti.
2. Motor pada base tidak dapat berjalan ketika mendapatkan PWM kurang dari 29%.
3. *Camera Crane* dan *2 Axis Pan-Tilt Head* dapat digunakan di dalam ataupun diluar ruangan tanpa halangan hingga jarak  $\pm$  200 meter.

#### **5.2 Saran**

Untuk pengembangan alat selanjutnya sebaiknya diberikan sensor yang dapat membaca getaran yang terdapat pada *2 Axis Pan-Tilt Head* agar *2 Axis Pan-Tilt Head* dapat dibuat seperti *stabilazer* yang dapat memperhalus gambar yang di tangkap oleh Kamera.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonym.2014.“*Camera Crane/Jimmy JIB*”, <https://en.wikipedia.org/wiki/Jib> [Online : 9 Februari 2017]
- [2] Anonym.2011.”Analog To Digital Converter” <https://learn.sparkfun.com/tutorials/analog-to-digital-conversion> [Online : 13 April 2017]
- [3] Haryo, Budi. 2014 “Low Pass Filter”. Akademi Teknik Elektro Medik, Semarang
- [4] Jung,Water G.2005.*Op Amp Application Handbook*.USA : Elsevier
- [5] Saputro, Adi dan Faisal, “Perancangan Human Machine Interface (HMI) untuk Robot Lengan Tetrix Menggunakan Visual Basic Berbasis Open-GL” Tugas Akhir, Institute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.
- [6] Timothy,Hirzel,2014. “PWM” <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM> [Online : 11 April 2017]
- [7] Uddin, Rafi .2013 “Dasar Dasar Teknik Sensor”. Jurnal. Universitas Hasanudin, Makasar
- [8] Yulianto,Agus, dan Devi, “Perancangan dan Realisasi Segway Menggunakan NI myRio”, Tugas Akhir, Institute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## LAMPIRAN A

### A.1 Program *Camera Crane dan 2Axis Pan-Tilt Head*

```
#include<Servo.h>
// timer
long previousMillis, currentMillis, pan, tilt, crane, base;
//potensio
float adc,y; // ADC dan Y filter
// kontrol pd
double uk = 0; //Sikon
double ek = 0; //Sier
int yr = 0; //yrev
int yo = 0; //yout
double kp = 10; //Nilai KP
double td = 0.1609; //Nilai toD
double ts = 0.01; //Time sampling
int ekm1 = 0; //Sier-1
int pwm = 0; //pwm
// motor crane
int enA = 3;
int in1 = 2;
int in2 = 4;
// motor base
int enB = 6;
int in3 = 5;
int in4 = 7;
//parsing data
int range = 0;
int a = 0;
int b = 0;
int en = 0;
int s1 = 0;
int s2 = 0;
String dataIn;
String dt[10];
int i;
boolean parsing=false;
//servo
int pos = 90;
```

```

int pos1 = 90;
Servo servopan;
Servo servotilt;

void setup()
{
  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(enA, OUTPUT);
  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(enB, OUTPUT);
  pinMode(in3, OUTPUT);
  pinMode(in4, OUTPUT);
  servopan.attach(9);
  servotilt.attach(10);
  pinMode(8,OUTPUT);
  pinMode(13,INPUT);
  Serial.begin(9600);
  dataIn="";
}

void loop()
{
  currentMillis = millis();
  if(digitalRead(13)==HIGH)
  {
    int enB = 0;
    int in3 = 0;
    int in4 = 0;
    int yr = 0;
    pdkon();
    int pos = 90;
    servopan.write(pos);
    int pos1 = 90;
    servotilt.write(pos1);
    digitalWrite(8,LOW);
  }
  else if(Serial.available(>0)

```

```

{
  digitalWrite(8,HIGH);
  char inChar = (char)Serial.read();
  dataIn += inChar;
  if (inChar == '\n') {
    parsing = true;
  }
}
else
{
  digitalWrite(8,LOW);
}

if(parsing)
{
  parsingData();
  parsing=false;
  dataIn="";
}

//crane
if(currentMillis - crane > 80) //sampling time 100ms
{
  crane = currentMillis;
  if(range>30&&yr>0)
  {
    yr-=1;
  }
  if(range<-30&&yr<80)
  {
    yr+=1;
  }
  if(range>-31&&range<31)
  {
    yr==yr;
  }
}

//tilt
if(currentMillis - tilt > 100) //sampling time 10ms
{

```

```

    tilt = currentMillis;
    if(s1<-5&&pos<180)
    {
        pos+=1;
        servotilt.write(pos);
    }
    if(s1>5&&pos>0)
    {
        pos-=1;
        servotilt.write(pos);
    }
    if(s1==0)
    {
        pos=pos;
        servotilt.write(pos);
    }
}
//pan
if(currentMillis - pan > 100) //sampling time 10ms
{
    pan = currentMillis;
    if(s2>5&&pos1>0)
    {
        pos1-=1;
        servopan.write(pos1);
    }
    if(s2<-5&&pos<180)
    {
        pos1+=1;
        servopan.write(pos1);
    }
    if(s2==0)
    {
        pos1=pos1;
        servopan.write(pos1);
    }
}
//base
digitalWrite(in3, b);

```



```

    digitalWrite(in4, a);
    analogWrite(enB, en*2);
    pdkon();
}

```

```

void parsingData()
{
    int j=0;
    dt[j]="";
    for(i=1;i<dataIn.length();i++)
    {
        if ((dataIn[i] == '#') || (dataIn[i] == ','))
        {
            j++;
            dt[j]="";
        }
        else
        {
            dt[j] = dt[j] + dataIn[i];
        }
    }
    range=dt[0].toInt();
    a=dt[1].toInt();
    b=dt[2].toInt();
    en=dt[3].toInt();
    s1=dt[4].toInt();
    s2=dt[5].toInt();
}

```

```

void pdkon()
{
    if(currentMillis - previousMillis > 10) //sampling time 10ms
    {
        previousMillis = currentMillis;
        adc = analogRead(A1);
        y=0.8546*y+0.1454*adc; //Low Pass Filter orde 1
        yo=0.20424743*y-36.4966699; //Kalibrasi potensiometer (sudut)
        ek=y-r-yo; //error=yrev-yout
    }
}

```

```

uk=kp*ek+kp*td*(ek-ekm1)/ts;
ekm1=ek;
digitalWrite(in1, HIGH);
digitalWrite(in2, LOW);
if(uk<0)
{
  uk=uk*-1;
  digitalWrite(in1, LOW);
  digitalWrite(in2, HIGH);
}
if(uk>24)
{
  uk=24;
}
pwm=(uk/24)*70;
analogWrite(enA, pwm);
}
}

```

## LAMPIRAN B

### B.1 Datasheet LM358

#### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS<sup>(1)(2)</sup>

	LM158/LM258/LM358 LM158A/LM258A/LM358A	LM2904
Supply Voltage, $V^+$	32V	28V
Differential Input Voltage	32V	28V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +28V
Power Dissipation <sup>(3)</sup>		
PDIP (P)	830 mW	830 mW
TO-99 (LMC)	860 mW	
SOIC (D)	830 mW	530 mW
DSBGA (YPB)	435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) <sup>(4)</sup>	$V^+ \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous
Input Current ( $V_{IN} < -0.3V$ ) <sup>(5)</sup>	50 mA	50 mA
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	-25°C to +85°C	
LM158	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature, PDIP (P)		
(Soldering, 10 seconds)	280°C	280°C
Lead Temperature, TO-99 (LMC)		
(Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C
Soldering Information		
PDIP Package (P)		
Soldering (10 seconds)	280°C	280°C
SOIC Package (D)		
Vapor Phase (80 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
ESD Tolerance <sup>(6)</sup>	250V	250V

(1) Refer to RETS158AX for LM158A military specifications and to RETS158X for LM158 military specifications.

(2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the TI Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(3) For operating at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904 must be derated based on a +125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W for PDIP, 182°C/W for TO-99, 186°C/W for SOIC package, and 230°C/W for DSBGA, which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM258/LM258A and LM158/LM158A can be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of both amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

(4) Short circuits from the output to  $V^+$  can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of  $V^+$ . At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

(5) This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the  $V^+$  voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than -0.3V (at 25°C).

(6) Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V<sup>+</sup> = +5.0V, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	<sup>(1)</sup> , T <sub>A</sub> = 25°C		1	2		2	3		2	5	mV
Input Bias Current	I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub> , T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>CM</sub> = 0V, <sup>(2)</sup>		20	50		45	100		45	150	nA
Input Offset Current	I <sub>IN(+)</sub> - I <sub>IN(-)</sub> , V <sub>CM</sub> = 0V, T <sub>A</sub> = 25°C		2	10		5	30		3	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range	V <sup>+</sup> = 30V, <sup>(2)</sup>	0		V <sup>-</sup> -1.5	0		V <sup>-</sup> -1.5	0		V <sup>-</sup> -1.5	V
Supply Current	Over Full Temperature Range R <sub>L</sub> = ∞ on All Op Amps										
	V <sup>+</sup> = 30V (LM2904 V <sup>+</sup> = 26V)		1	2		1	2		1	2	mA
	V <sup>+</sup> = 5V		0.5	1.2		0.5	1.2		0.5	1.2	mA

(1) V<sub>OS</sub> ≈ 1.4V, R<sub>OS</sub> = 0Ω with V<sup>-</sup> from 5V to 30V, and over the full input common-mode range (0V to V<sup>-</sup> - 1.5V) at 25°C. For LM2904, V<sup>+</sup> from 5V to 26V.

(2) The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

(3) The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V (at 25°C). The upper end of the common-mode voltage range is V<sup>-</sup> - 1.5V (at 25°C), but either or both inputs can go to +32V without damage (+28V for LM2904), independent of the magnitude of V<sup>-</sup>.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V<sup>+</sup> = +5.0V, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	See <sup>(1)</sup> , T <sub>A</sub> = 25°C		2	7		2	7	mV
Input Bias Current	I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub> , T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>CM</sub> = 0V, See <sup>(2)</sup>		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	I <sub>IN(+)</sub> - I <sub>IN(-)</sub> , V <sub>CM</sub> = 0V, T <sub>A</sub> = 25°C		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range	V <sup>+</sup> = 30V, See <sup>(2)</sup> (LM2904, V <sup>+</sup> = 26V), T <sub>A</sub> = 25°C	0		V <sup>-</sup> -1.5	0		V <sup>-</sup> -1.5	V
Supply Current	Over Full Temperature Range R <sub>L</sub> = ∞ on All Op Amps							
	V <sup>+</sup> = 30V (LM2904 V <sup>+</sup> = 26V)		1	2		1	2	mA
	V <sup>+</sup> = 5V		0.5	1.2		0.5	1.2	mA

(1) V<sub>OS</sub> ≈ 1.4V, R<sub>OS</sub> = 0Ω with V<sup>-</sup> from 5V to 30V, and over the full input common-mode range (0V to V<sup>-</sup> - 1.5V) at 25°C. For LM2904, V<sup>+</sup> from 5V to 26V.

(2) The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

(3) The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V (at 25°C). The upper end of the common-mode voltage range is V<sup>-</sup> - 1.5V (at 25°C), but either or both inputs can go to +32V without damage (+28V for LM2904), independent of the magnitude of V<sup>-</sup>.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V<sup>+</sup> = +5.0V, See<sup>(1)</sup>, unless otherwise stated

Parameter		Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain		V <sup>+</sup> = 15V, T <sub>A</sub> = 25°C, R <sub>L</sub> ≥ 2 kΩ, (For V <sub>O</sub> = 1V to 11V)	50	100		25	100		50	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio		T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>CM</sub> = 0V to V <sup>+</sup> -1.5V	70	85		65	85		70	85		dB
Power Supply Rejection Ratio		V <sup>+</sup> = 5V to 30V (LM2904, V <sup>+</sup> = 5V to 26V), T <sub>A</sub> = 25°C	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling		f = 1 kHz to 20 kHz, T <sub>A</sub> = 25°C (Input Referred), See <sup>(2)</sup>		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source	V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, V <sub>O</sub> = 2V, T <sub>A</sub> = 25°C	20	40		20	40		20	40		mA
		V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>O</sub> = 2V	10	20		10	20		10	20		mA
		V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 0V, T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>O</sub> = 200 mV, V <sup>+</sup> = 15V	12	50		12	50		12	50		μA
	Sink	V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>O</sub> = 2V	10	20		10	20		10	20		mA
		V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 0V, T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>O</sub> = 200 mV, V <sup>+</sup> = 15V	12	50		12	50		12	50		μA
		V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 0V, T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>O</sub> = 200 mV, V <sup>+</sup> = 15V	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	T <sub>A</sub> = 25°C, See <sup>(2)</sup> , V <sup>+</sup> = 15V	40	60		40	60		40	60		mA	
Input Offset Voltage	See <sup>(4)</sup>		4			5			7		mV	
Input Offset Voltage Drift	R <sub>S</sub> = 0Ω		7	15		7	20		7		μV/°C	
Input Offset Current	I <sub>IN(+)</sub> - I <sub>IN(-)</sub>			30			75			100	nA	
Input Offset Current Drift	R <sub>S</sub> = 0Ω		10	200		10	300		10		μA/°C	
Input Bias Current	I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub>		40	100		40	200		40	300	nA	
Input Common-Mode Voltage Range	V <sup>+</sup> = 30 V, See <sup>(5)</sup> (LM2904, V <sup>+</sup> = 26V)	0		V <sup>+</sup> -2	0		V <sup>+</sup> -2	0		V <sup>+</sup> -2	V	
Large Signal Voltage Gain	V <sub>O</sub>	V <sup>+</sup> = +15V	25			15			25			V/mV
		(V <sub>O</sub> = 1V to 11V)										
		R <sub>L</sub> ≥ 2 kΩ										
Output Voltage	V <sup>+</sup> = +30V (LM2904, V <sup>+</sup> = 26V)	26	28		26	28		26	28		V	
Swing	V <sub>CL</sub>	V <sup>+</sup> = 5V, R <sub>L</sub> = 10 kΩ	5	20		5	20		5	20		mV

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

V<sup>+</sup> = +5.0V, See<sup>(1)</sup>, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Current	Source V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = +1V, V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, V <sub>O</sub> = 2V	10	20		10	20		10	20		mA
	Sink V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = +1V, V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, V <sub>O</sub> = 2V	10	15		5	8		5	8		mA

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V<sup>+</sup> = +5.0V, See<sup>(1)</sup>, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Large Signal Voltage	V <sup>+</sup> = 15V, T <sub>A</sub> = 25°C								
Gain	R <sub>L</sub> ≥ 2 kΩ, (For V <sub>O</sub> = 1V to 11V)	25	100		25	100		V/mV	
Common-Mode Rejection Ratio	T <sub>A</sub> = 25°C	65	85		50	70		dB	
	V <sub>CM</sub> = 0V to V <sup>+</sup> -1.5V								
Power Supply Rejection Ratio	V <sup>+</sup> = 5V to 30V (LM2904, V <sup>+</sup> = 5V to 28V), T <sub>A</sub> = 25°C	65	100		50	100		dB	
Amplifier-to-Amplifier Coupling	f = 1 kHz to 20 kHz, T <sub>A</sub> = 25°C (Input Referred, See <sup>(2)</sup> )			-120			-120	dB	
Output Current	Source V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, V <sub>O</sub> = 2V, T <sub>A</sub> = 25°C		20	40		20	40	mA	
		Sink V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>O</sub> = 2V		10	20		10	20	mA
				12	50		12	50	μA
	Short Circuit to Ground	T <sub>A</sub> = 25°C, See <sup>(2)</sup> , V <sup>+</sup> = 15V		40	80		40	80	mA
	Input Offset Voltage	See <sup>(3)</sup>			9			10	mV
Input Offset Voltage Drift	R <sub>g</sub> = 0Ω		7			7		μV/°C	
Input Offset Current	I <sub>IN(+)</sub> - I <sub>IN(-)</sub>			150		45	200	nA	
Input Offset Current Drift	R <sub>g</sub> = 0Ω		10			10		pA/°C	
Input Bias Current	I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub>		40	500		40	500	nA	
Input Common-Mode Voltage Range	V <sup>+</sup> = 30 V, See <sup>(3)</sup> (LM2904, V <sup>+</sup> = 28V)	0		V <sup>+</sup> -2	0		V <sup>+</sup> -2	V	

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

V<sup>+</sup> = +5.0V, See<sup>(1)</sup>, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	V <sup>+</sup> = +15V (V <sub>O</sub> = 1V to 11V) R <sub>L</sub> ≥ 2 kΩ	15			15			V/mV
Output Voltage	V <sub>O</sub> = +30V (LM2904, V <sup>+</sup> = 28V) R <sub>L</sub> = 2 kΩ	26			22			V
Swing	V <sub>CL</sub> V <sup>+</sup> = 5V, R <sub>L</sub> = 10 kΩ		5	20		5	100	mV
Output Current	Source V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = +1V, V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, V <sub>O</sub> = 2V	10	20		10	20		mA
	Sink V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = +1V, V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, V <sub>O</sub> = 2V	5	8		5	8		mA

## TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

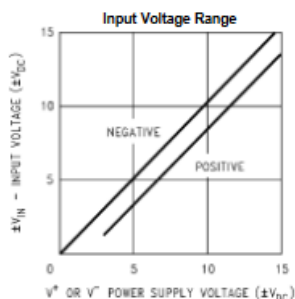


Figure 1.

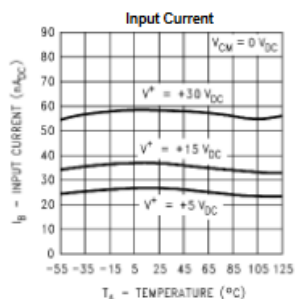


Figure 2.

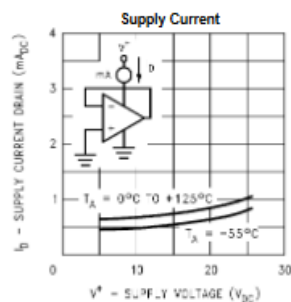


Figure 3.

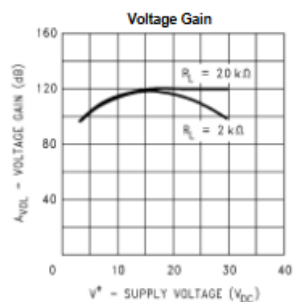
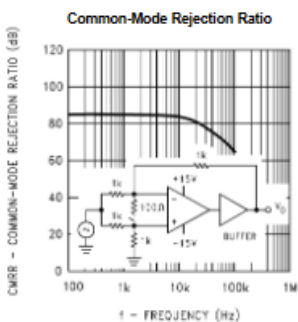
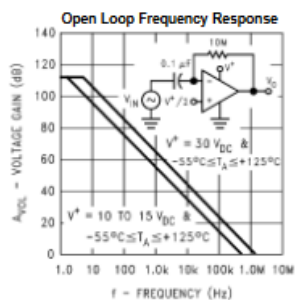


Figure 4.



## TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (continued)

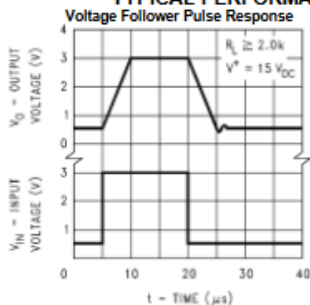


Figure 7.

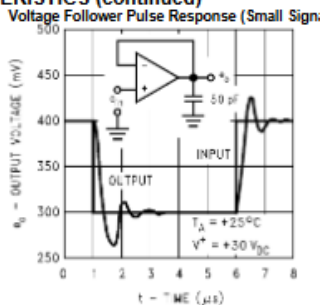


Figure 8.

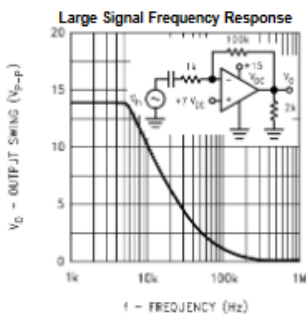


Figure 9.

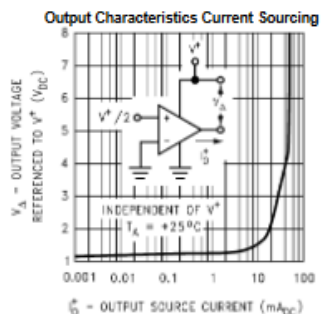
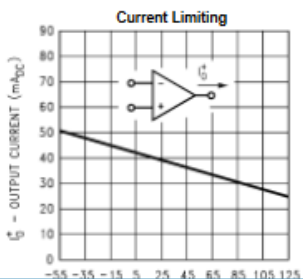
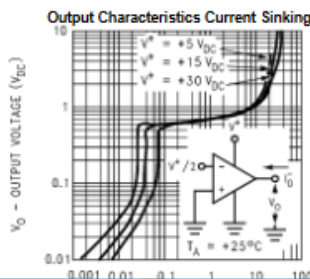


Figure 10.





TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (continued)  
 Input Current (LM2902 only) Voltage Gain (LM2902 only)

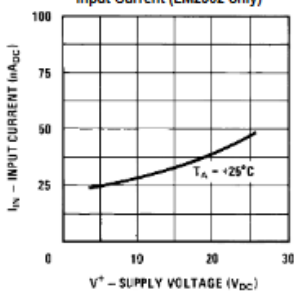


Figure 13.

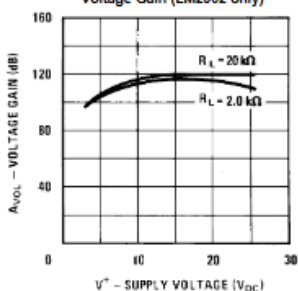


Figure 14.

CONNECTION DIAGRAM

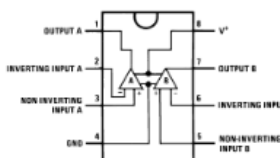


Figure 15. PDIP/CDIP/SOIC Package – Top View  
 (See Package Number P, NAB0008A, or D)

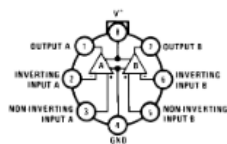


Figure 16. TO-99 Package – Top View  
 (See Package Number LMC)

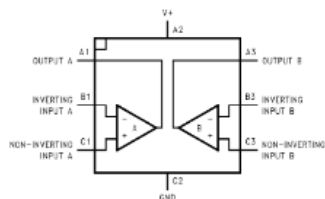
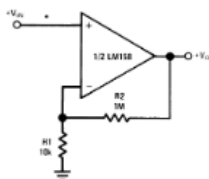


Figure 17. 8-Bump DSBGA - Top View, Bump Side Down  
 (See Package Number YPB0008AAA)

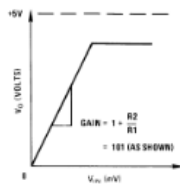
TYPICAL SINGLE-SUPPLY APPLICATIONS

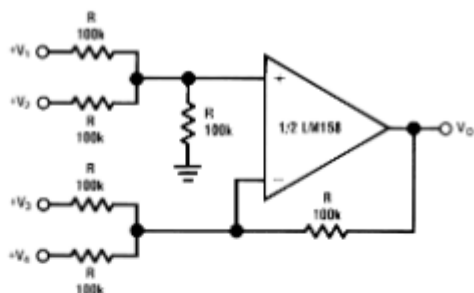
( $V^+ = 5.0\text{ V}_{DC}$ )

Figure 18. Non-Inverting DC Gain (0V Output)



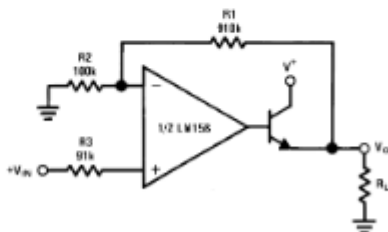
\*R not needed due to temperature independent  $I_{IN}$





Where:  $V_O = V_1 + V_2 - V_3 - V_4$   
 $(V_1 + V_2) \geq (V_3 + V_4)$  to keep  $V_O > 0 V_{DC}$

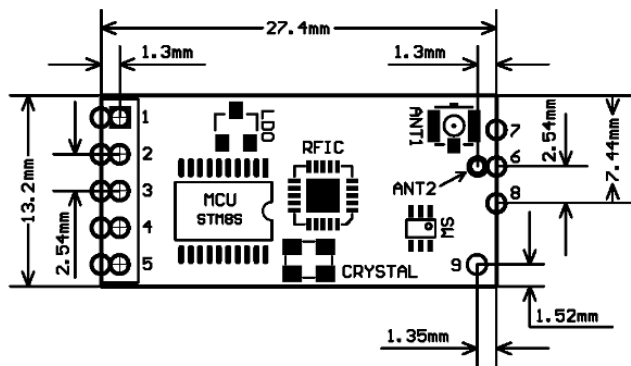
Figure 19. DC Summing Amplifier  
 $(V_{IN's} \geq 0 V_{DC}$  and  $V_O \geq 0 V_{DC}$ )



$V_O = 0 V_{DC}$  for  $V_{IN} = 0 V_{DC}$   
 $A_V = 10$

Figure 20. Power Amplifier

## B.2 Datasheet HC-12



### Definition of Pins

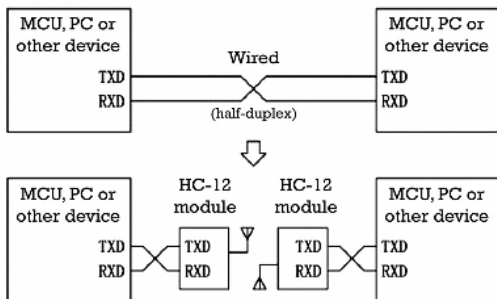
The HC-12 module can be patch soldered, or have a 2.54mm-spacing pin header attached and directly inserted onto the user's PCB. The module has nine pins in total, and one RF antenna socket (ANT1), with definitions as shown in the table below:

Pin	Definition	I/O direction	Notes
1	Vcc		Power supply input, DC3.2V-5.5V, with load capacity not less than 200mA. Note: if the module is working in the transmitting state for an extended time, it is suggested that a 1N4007 diode be connected in series if the supply voltage is greater than 4.5V, so as to avoid overheating the onboard LDO regulator
2	GND		Common ground
3	RxD	Input (weak pullup)	UART data input, TTL level. 1k resistor connected in series inside the module
4	TxD	Output	UART data output, TTL level. 1k resistor connected in series inside the module
5	SET	Input (10k pullup)	Parameter setting control pin, active low level. 1k resistor connected in series inside the module
6	ANT	Input/Output	433MHz antenna pin
7	GND		Common ground
8	GND		Common ground
9	NC		No connection, used in mechanical fixing, compatible with HC-11 module pin position
ANT1	ANT	Input/Output	IPEX20279-001E-03 antenna socket
ANT2	ANT	Input/Output	433MHz spring antenna solder eyelet

Pins 1-6 each have two bonding pads, with the outer half-hole bonding pads intended for patch soldering. When the inner bonding pad ANT2 of Pin 6 is used for connection, the spring antenna can be soldered here by hand. The inner round-hole bonding pads of Pins 1-5 may then be used to solder a 2.54mm-spacing pin header that can be plugged into a PCB socket.

## Wireless Serial Port Transparent Transmission

### (1) Simple introduction of working principle



As shown in the above diagram, two HC-12 modules can be used in place of physical wiring to replace a wired half-duplex serial communications link carrying TTL level signals. The left device sends serial port data to the module, and after the RxD port of the left module receives the serial port data, it will automatically send the data over the air via radio wave. The right module receives the data, and restores the serial port data originally sent by the left device and sends it out TxD. It is the same from right to left. Only a half-duplex link is available between modules, as they can not receive and send data over the air at the same time.

### (2) Serial port transparent transmission

The HC-12 module has four serial port transparent transmission modes, expressed as FU1, FU2, FU3, and FU4. In operation, these modes hide all the details of wireless communications from attached devices. The factory default working mode of the system is FU3 full-speed mode, and in this mode the baud rate in this air is automatically adjusted according to baud rate that the serial port has been set to. The usable communication distance will be the farthest at the lowest baud rate. Different modes can not transmit data to each other, and the user should select the optimal mode according to practical circumstances.

The modules are usually operated in pairs, with data transmitted by means of a half-duplex link. For successful wireless transmission, the transparent transmission mode, serial port baud rate, and wireless communication channel of the two paired modules must be set the same. The factory default module setting are: FU3, 9,600bps (8N1: 8 data bits, no parity, 1 stop bit), CH001 (433.4MHz), 20dBm power (100mW).

The number of bytes that can be continuously sent to the serial port of the module is unlimited in modes FU1 and FU3. However, considering ambient interference and other factors, if thousands of data bytes are sent continuously, some number of bytes may be lost. Therefore, the attached devices at each end of the link should have some sort of response and resending mechanism to avoid information loss.

### (3) The four serial port transparent transmission modes

When the HC-12 module leaves the factory, its default serial port transparent transmission mode is FU3. In this mode the module remains in full-speed state, with an idle current of about 16mA. The module automatically adjusts the baud rate of wireless transmission in the air according to the serial port baud rate,

with the corresponding relationship as shown in the table below:

Serial port baud rate	1200 bps	2400 bps	4800 bps	9600 bps	19,200 bps	38,400 bps	57,600 bps	115,200 bps
Baud rate in the air	5000bps		15,000bps		58,000bps		236,000bps	

To get the maximum communication distance, the serial port baud rate should be set to be low (1200bps or 2400bps). For short-time transmission of mass data, the serial port baud rate may be set high, but be aware that the communication distance will be reduced accordingly.

The receiving sensitivity of the module at different baud rates in the air is as shown in the table below:

Baud rate in the air	5000bps	15,000bps	58,000bps	236,000bps
Wireless receiving sensitivity	-117dBm	-112dBm	-107dBm	-100dBm

Generally, every time the receiving sensitivity is reduced by 6dB, the communication distance will be reduced by half.

When the "SET" pin of the module is pulled low, the serial port transparent transmission mode and other parameters can be set through AT commands (see the introduction in the following chapter for details).

**FU1** mode is a moderate power saving mode, with an idle working current of about 3.6mA. In this mode, the module can also be set to any of the eight serial port baud rates shown in the above table, but the baud rate in the air is a uniform 250,000bps.

**FU2** mode is an extreme power saving mode, with an idle working current of about 80uA. In this mode, the module only supports baud rates of 1200bps, 2400bps, and 4800bps, with the baud rate in the air uniform at 250,000bps. If the module is subsequently set to any other serial port baud rate, the module will not be able to conduct wireless communication normally.

**FU4** mode is useful for maximum range, up to 1.8km. Only a single baud rate of 1200bps is supported, with the in the air baud rate reduced to 500bps for improved communication distance. This mode can only be used for small amounts of data (each packet should be 60 bytes or less), and the time interval between sending packets must not be too short (preferably no less than 2 seconds) in order to prevent loss of data.

The following table gives typical reference values for the various modes:

Mode	FU1	FU2	FU3	FU4	Remarks
Idle current	3.6mA	80uA	16mA	16mA	Average value
Transmission time delay	15-25mS	500mS	4-80mS	1000mS	Sending one byte
Loopback test time delay 1	31mS				Serial port baud rate 9600, sending one byte

Loopback test time delay 2	31mS				Serial port baud rate 9600, sending 10 bytes
Operating range at full power (20dBm)	100m	100m	600m at 9600bps 1000m at 2400bps	1800m at 1200bps	Clear line of sight between modules under ideal conditions

Note: Loopback test time delay means the round trip time taken for data that is sent to the input (RXD pin) of one module, to begin to emerge from the output (TXD pin) of the same module, where a second (remote) module has been configured with the TXD and RXD pins connected together.

#### Module Parameter Setting AT Commands

AT commands are used to set module parameters and switch between module functions when the module is in command mode. After being set, these changes will become valid only after exiting from command mode. Parameters are stored in onboard non-volatile flash memory, so will not be lost when power is removed.

##### **(1) Entering command mode**

There are two ways to enter command mode:

1. while energized, pull Pin 5 ("SET") low, wait 40ms for command mode to engage
2. disconnect the power supply, connect Pin 5 ("SET") to GND, re-energize the module

Note: pin 5 has a 10k pullup resistor connected internally, allowing the pin to be driven by an open-collector output from an attached device.

##### **(2) Command instructions**

- AT

Test command. Send command "AT" to the module, and the module returns "OK".

- AT+Bxxxx

Change the serial port baud rate. The baud rate can be set to 1200bps, 2400bps, 4800bps, 9600bps, 19,200bps, 38,400bps, 57,600bps, or 115,200bps. The default value is 9600bps.

e.g: To set the serial port baud rate of the module to 19,200bps, send command "AT+B19200" to the module, and the module will return "OK+B19200". After exiting from command mode, the module will begin to communicate at 19,200bps.

- AT+Cxxx

Change wireless communication channel, selectable from 001 to 127 (for wireless channels exceeding 100, the communication distance cannot be guaranteed). The default value for the wireless channel is 001, with a working frequency of 433.4MHz. The channel stepping is 400KHz, and the working frequency of channel

100 is 473.0MHz.

e.g: To set the module to work on channel 21, send command "AT+C021" to the module, and the module will return "OK+C021". After exiting from command mode, the module will work on channel 21, with a working frequency of 441.4MHz.  
Note: As the wireless receiving sensitivity of the HC-12 module is relatively high, when the serial port baud rate is greater than 9600bps five adjacent channels should be staggered for use. Even when the serial port baud rate is not greater than 9600bps, over short distances (less than 10m) also five adjacent channels should be staggered for use.

- AT+FUx

Change the serial port transparent transmission mode of the module. Four modes are available, namely FU1, FU2, FU3, and FU4. Only when the serial port speed, channel, and transparent transmission mode of two modules is set to be the same, can normal wireless communications occur. For more details, please see the above section "Wireless Serial Port Transparent Transmission".

e.g: Send command "AT+FU1" to the module, and the module returns "OK+FU1".

- AT+Fx

Set the transmitting power of the module, with x selectable from 1 to 8. The corresponding transmitting power of the module is as shown below:

x value	1	2	3	4	5	6	7	8
Transmitting power of module	-1 dBm (0.8mW)	2 dBm (1.6mW)	5 dBm (3.2mW)	8 dBm (6.3mW)	11 dBm (12mW)	14 dBm (25mW)	17 dBm (50mW)	20 dBm (100mW)

The default value is 8, and the higher the transmitting power, the farther the possible wireless communication distance. When the transmitting power level is set to 1, the transmitting power is at the minimum. Generally speaking, every time the transmitting power is reduced by 6dB, the communication distance will be reduced by half.

e.g: Send command "AT+P5" to the module, and the module returns "OK+P5". After exiting from command mode, the transmitting power of the module will be set to 11dBm.

- AT+Ry

Obtain a single parameter from the module, where y is any letter among B, C, F, and P, respectively representing: baud rate, communication channel, serial port transparent transmission mode, and transmitting power.

Example 1:

Send command "AT+RB" to the module, and if the module returns "OK+B9600" it is confirmed that the serial port baud rate of the module is 9600bps.

Example 2:

Send command "AT+RC" to the module, and if the module returns "OK+RC001" it is confirmed that the communication channel of the module is 001.

Example 3:

Send command "AT+RF" to the module, and if the module returns "OK+FU3" it is confirmed that the module is working in serial port transparent transmission mode FU3.

Example 4:

Send command "AT+RP" to the module, and if the module returns "OK+RP:+20dBm" it is confirmed that the transmitting power of module is set to 20dBm (100mW).

- AT+RX

Obtain all parameters from the module. Returns serial port transparent

transmission mode, serial port baud rate, communication channel, and transmitting power in that order.

e.g: Send command "AT+RX" to the module, and the module returns "OK+FU3\r\n OK+B9600\r\n OK+C001\r\n OK+RP:+20dBm\r\n". ("r\n" means return/newline)

- AT+Udps

Set data bits (d), parity (p), and stop bits (s) for serial port communication. For parity, N means none, O means odd check, and E means even check. For stop bits, 1 means one stop bit, 2 means two stop bits, and 3 means 1.5 stop bits.

e.g: To set the serial port format to eight data bits, odd parity, and one stop bit, send command "AT+US01" to the module. The module will return "OK+US01".

- AT+V

Request firmware version information from the module.

e.g: Send command "AT+V" to the module, and the module returns "HC-12\_V2.3".

- AT+SLEEP

After receiving this command, the module will enter sleep mode upon exiting from command mode, with a working current of about 22uA. This mode doesn't allow serial port data transmission. Upon entering command mode again the module will exit from sleep mode automatically.

- AT+DEFAULT

Set serial port baud rate and configuration, communication channel, power, and serial port transparent transmission mode back to the factory default values.

e.g: Send command "AT+DEFAULT" to the module, and the module returns "OK+DEFAULT", with the factory default values restored. The factory default serial port baud rate is 9600bps, 8 data bits, no parity, 1 stop bit, communication channel is 001, transmitting power is 20dBm, and serial port transparent transmission mode is FU3.

- AT+UPDATE

Puts the module in the state of waiting for a software update. After receiving this command the module will not respond to any further AT commands until power has been cycled.

#### Design Considerations

- Do not connect a light-emitting diode and resistor directly to the module's TxD output as this may affect serial port communication.
- If using a PC or MCU to dynamically modify the module parameters, after pulling pin 5 ("SET") low wait at least 40ms before sending any AT commands to the module. After releasing pin 5 ("SET"), wait at least 80ms for the module to return to serial port pass-through mode.
- The HC-12 may require up to 100mA of current when transmitting. Ensure sufficient current is available - a USB bridge device may not be able to supply sufficient current. It is recommended that a reservoir capacitor be provided across the power supply of at least 22uF, preferably 1000uF.



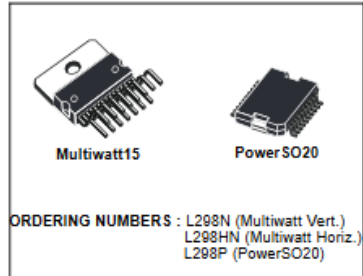
### B.3 Datasheet L298N

## DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

#### DESCRIPTION

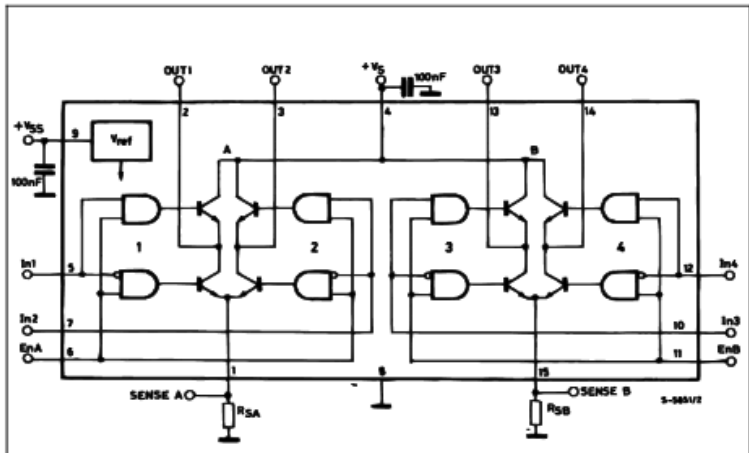
The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



ORDERING NUMBERS : L298N (Multiwatt Vert.)  
L298HN (Multiwatt Horiz.)  
L298P (PowerSO20)

nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

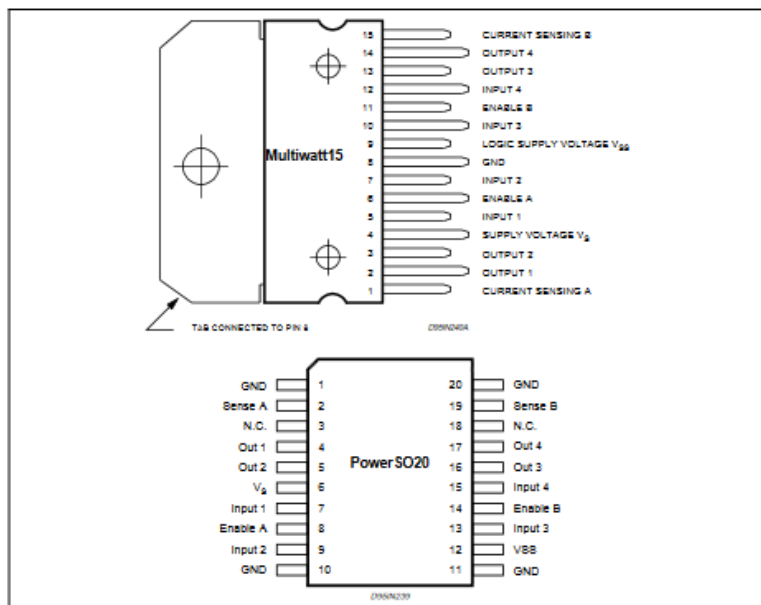
#### BLOCK DIAGRAM



## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_S$	Power Supply	50	V
$V_{SS}$	Logic Supply Voltage	7	V
$V_i, V_{en}$	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
$I_o$	Peak Output Current (each Channel) - Non Repetitive ( $t = 100\mu s$ ) - Repetitive (80% on -20% off, $t_{on} = 10ms$ ) - DC Operation	3 2.5 2	A A A
$V_{sense}$	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
$P_{tot}$	Total Power Dissipation ( $T_{case} = 75^\circ C$ )	25	W
$T_{op}$	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
$T_{stg}, T_j$	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

## PIN CONNECTIONS (top view)



## THERMAL DATA

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th(j-case)}$	Thermal Resistance Junction-case	Max. -	3	$^\circ C/W$
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 13 (*)	35	$^\circ C/W$

(\*) Mounted on aluminum substrate

**PIN FUNCTIONS** (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V <sub>S</sub>	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	VSS	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
-	3;18	N.C.	Not Connected

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (V<sub>S</sub> = 42V; V<sub>SS</sub> = 5V, T<sub>J</sub> = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V <sub>S</sub>	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V <sub>IN</sub> +2.5		48	V
V <sub>SS</sub>	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I <sub>S</sub>	Quiescent Supply Current (pin 4)	V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0 V <sub>I</sub> = L V <sub>I</sub> = H		13 50	22 70	mA mA
I <sub>SS</sub>	Quiescent Current from V <sub>SS</sub> (pin 9)	V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0 V <sub>I</sub> = L V <sub>I</sub> = H V <sub>en</sub> = L V <sub>I</sub> = X		24 7	38 12 6	mA mA mA
V <sub>L</sub>	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		-0.3		1.5	V
V <sub>HI</sub>	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>L</sub>	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>I</sub> = L			-10	μA
I <sub>HI</sub>	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>I</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> - 0.6V		30	100	μA
V <sub>en</sub> = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		-0.3		1.5	V
V <sub>en</sub> = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>en</sub> = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = L			-10	μA
I <sub>en</sub> = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> - 0.6V		30	100	μA
V <sub>CSAT(+) </sub>	Source Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A I <sub>L</sub> = 2A	0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
V <sub>CSAT(-) </sub>	Sink Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V <sub>CSAT</sub>	Total Drop	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V <sub>Sense</sub>	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1 (1)		2	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$T_1$ (V)	Source Current Turn-off Delay	$0.5 V_L$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		1.5		$\mu$ s
$T_2$ (V)	Source Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		0.2		$\mu$ s
$T_3$ (V)	Source Current Turn-on Delay	$0.5 V_L$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		2		$\mu$ s
$T_4$ (V)	Source Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		0.7		$\mu$ s
$T_5$ (V)	Sink Current Turn-off Delay	$0.5 V_L$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.7		$\mu$ s
$T_6$ (V)	Sink Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (3); (4)		0.25		$\mu$ s
$T_7$ (V)	Sink Current Turn-on Delay	$0.5 V_L$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		1.6		$\mu$ s
$T_8$ (V)	Sink Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.2		$\mu$ s
$f_c$ (V)	Commutation Frequency	$I_L = 2A$		25	40	KHz
$T_1$ ( $V_{sat}$ )	Source Current Turn-off Delay	$0.5 V_{sat}$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		3		$\mu$ s
$T_2$ ( $V_{sat}$ )	Source Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		1		$\mu$ s
$T_3$ ( $V_{sat}$ )	Source Current Turn-on Delay	$0.5 V_{sat}$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		0.3		$\mu$ s
$T_4$ ( $V_{sat}$ )	Source Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		0.4		$\mu$ s
$T_5$ ( $V_{sat}$ )	Sink Current Turn-off Delay	$0.5 V_{sat}$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		2.2		$\mu$ s
$T_6$ ( $V_{sat}$ )	Sink Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (3); (4)		0.35		$\mu$ s
$T_7$ ( $V_{sat}$ )	Sink Current Turn-on Delay	$0.5 V_{sat}$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.25		$\mu$ s
$T_8$ ( $V_{sat}$ )	Sink Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.1		$\mu$ s

1) Sensing voltage can be  $-1V$  for  $t \leq 50 \mu$ sec; in steady state  $V_{sat}$  min  $\geq -0.5V$ .

2) See fig. 2.

3) See fig. 4.

4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

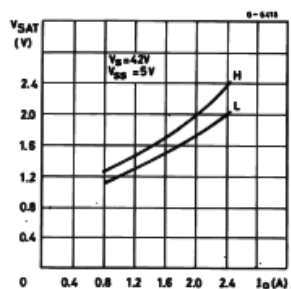
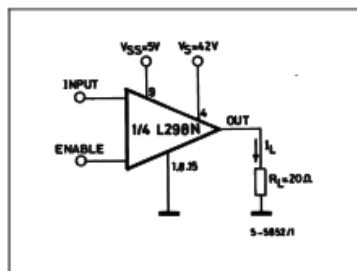


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



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



-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## LAMPIRAN C

- Dokumentasi Box Kontrol Tanpak Depan



- Dokumentasi Box Kontrol Tanpak Atas



- Dokumentasi Box Kontrol Tanpak Kanan



- Dokumentasi Box Kontrol Tanpak Bawah

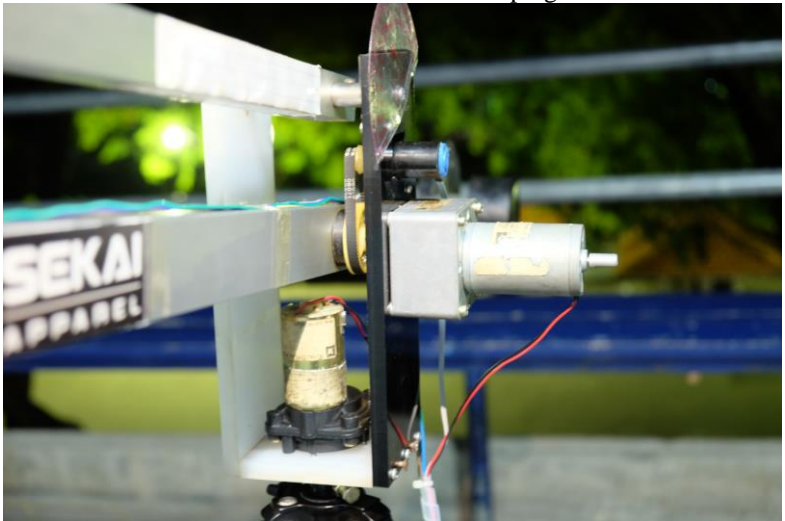




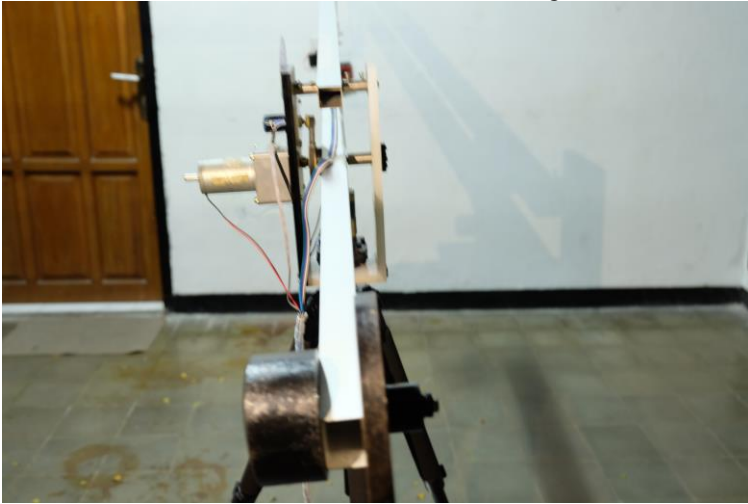
- Dokumentasi *Camera Crane* dan *2 Axis Pan-Tilt Head*



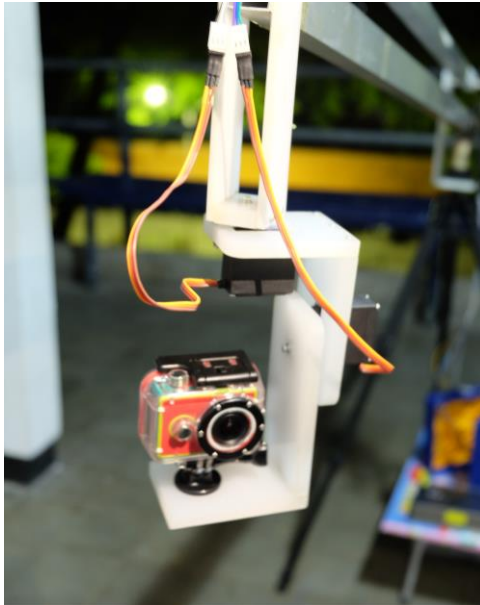
- Dokumentasi *Base Camera Crane* dari Samping Kanan



- Dokumentasi *Base Camera Crane* dari Belakang



- Dokumentasi *2 Axis Pan-Tilt Head*



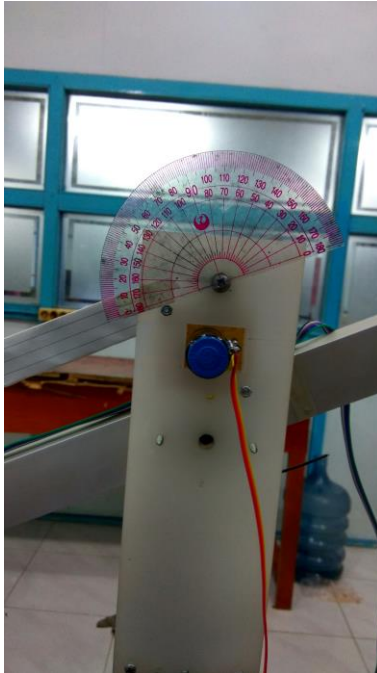
- Dokumentasi Pengambilan Data Kecepatan Motor



- Dokumentasi Pengambilan Data Respon Motor



- Dokumentasi Kalibrasi Sensor



- Dokumentasi Pengambilan Data *Driver Motor*



## RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama : Jevta Marihot Pasaribu  
TTL : Surabaya, 18 Maret 1996  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Kristen  
Alamat Rumah : Jl. Tambak Wedi Baru  
Gg. III No.57 Surabaya  
Telp/HP : +62313767167  
E-mail : marihot1996@gmail.com  
Hobi : Menyanyi

### RIWAYAT PENDIDIKAN

- 2002 – 2008 : SDN Tanah Kali Kedinding IV Sby
- 2008 – 2011 : SMP YP 17 Sby
- 2011 – 2014 : SMAN 19 Sby
- 2014 – 2017 : Bidang Studi Komputer Kontrol, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, ITS Sby

### PENGALAMAN KERJA

- Kerja Praktek di PT PJB UP GRESIK (Januari 2017).

### PENGALAMAN ORGANISASI

- Staff Departemen Riset dan Teknologi HIMA D3TEKTRO Tahun 2015/2016.
- Staff Departemen Pendidikan Ilmu dan Teknologi BEM FTI Tahun 2015/2016.
- Kepala Departemen Riset dan Teknologi HIMA D3TEKTRO Tahun 2016/2017.
- Asisten Laboratorium Automation Computer Laboratory 2016/2017.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----