

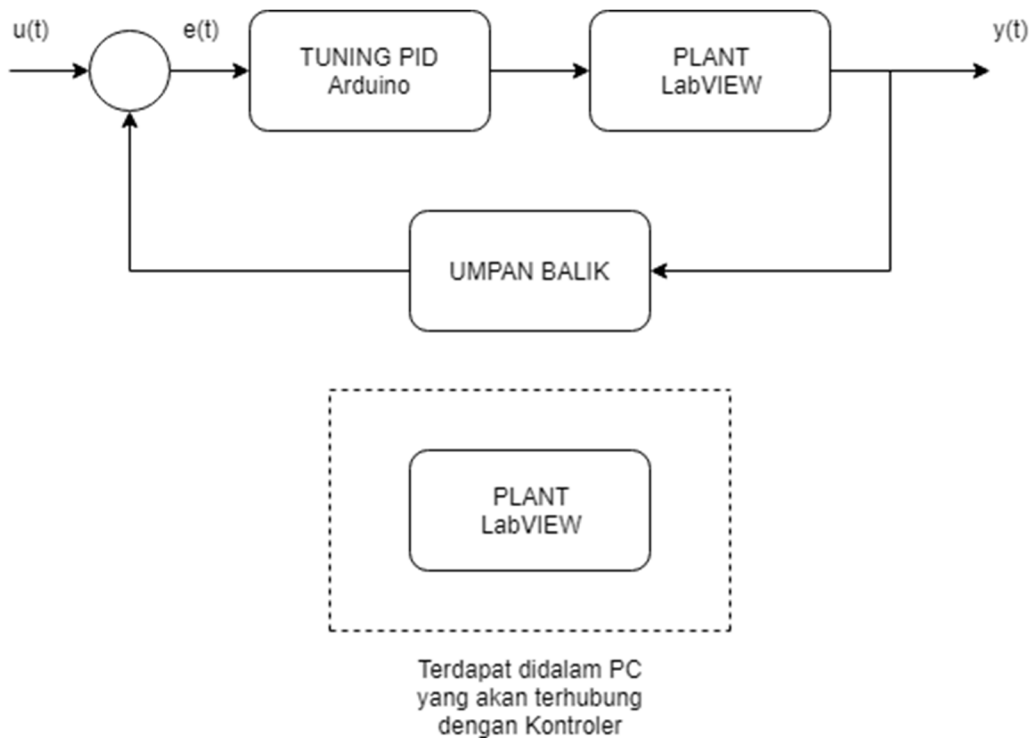
## DAFTAR TABEL

<u>Tabel III- 1 Respon sistem terhadap PID</u> .....	22
<u>Tabel IV- 1 Konversi Tegangan ke RPM</u> .....	32
<u>Tabel IV- 2 Nilai PID</u> .....	38
<u>Tabel IV- 3 Nilai Spesifikasi</u> .....	38
<u>Tabel IV- 4 Nilai PID</u> .....	40
<u>Tabel IV- 5 Nilai Spesifikasi</u> .....	40
<u>Tabel IV- 6 Nilai PID</u> .....	45
<u>Tabel IV- 7 Nilai Spesifikasi</u> .....	45
<u>Tabel IV- 8 Nilai PID yang diinginkan</u> .....	47
<u>Tabel IV- 9 Nilai Spesifikasi yang Digunakan</u> .....	47

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang Masalah

Memasuki abad ke-20 teknologi dengan sangat cepat berkembang di berbagai macam bidang kehidupan dan aspek hidup manusia terutama dibidang Industri, hal ini terbukdi dengan maraknya penggunaan robot dan sistem rekayasa otomatis yang berbasis simulasi. Hal ini menyebabkan banyak perubahan positif yang memungkinkan hasil yang diperoleh akan lebih baik dibandingkan target sebelumnya, salah satunya Hardware in The Loop (HIL).



Gambar I-1 Diagram Blok Umum sistem HIL

Hardware in The Loop merupakan salah satu terobosan yang sudah mulai diterapkan dalam bidang teknologi yang berbasis simulasi yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan keamanan karena hanya akan digunakan sebagai simulasi sebelum diterapkan pada sebuah sistem, sehingga hal ini memberikan banyak keuntungan dan meminimalisir kerugian dengan kemungkinan terjadinya kerusakan alat, mengurai biaya yang harus dikeluarkan apabila terjadi kerusakan pada perangkat keras atau sistem yang akan digunakan dan yang terpenting simulasi ini sangat ramah terhadap biaya karena hanya membutuhkan PC untuk menjadi media simulasi.

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam penerapan Hardware in The Loop adalah Propotional-Integral-Derivative (PID) yang berfungsi untuk menentukan presisi dari system yang akan kita rancang dengan adanya umpan balik pada system tersebut. Pada penelitian ini,

penulis menetapkan Arduino sebagai kontroler dan LabVIEW sebagai plant yang nantinya kedua komponen akan saling berkomunikasi secara serial. Metode PID pada loop akan memberikan umpan balik kepada arduino secara langsung karena sistem bersifat real-time. Input akan diberikan melalui GUI sehingga dapat merubah keadaan tanpa harus mengubah kembali sistem kontrolnya, sedangkan output juga akan ditampilkan melalui GUI (Graphic User Interface). GUI akan dirancang menggunakan LabVIEW. GUI digunakan karena dalam pemakaiannya sangat praktis dan mudah dipelajari, lalu dapat digunakan dalam layar yang lain (dari satu layar ke layar lainnya) tanpa kehilangan informasi. Tampilan juga dapat diatur sedemikian rupa menarik, dan memungkinkan user berkomunikasi dengan sistem akan lebih baik. Dengan Hardware in The Loop yang menggunakan metode Propotional-Integral-Derivative, maka sistem akan dapat diatur target dan presisinya dan dalam pengimplementasiannya akan lebih mudah dengan PC sebagai plant yang dihubungkan dengan kontroler sesungguhnya.

## 1.2 Tujuan dan Manfaat

Adapun *tujuan* dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. LabVIEW menjadi sarana virtual untuk merealisasikan sistem plant yang akan diuji sehingga meminimalisir biaya penggunaan hardware aslinya atau real. (Mengganti kondisi nyata kedalam kondisi virtual)
2. Memiliki selisih nilai yang kecil antara simulasi dengan keadaan real sehingga efektif pada saat perakitan hardware dan menurunkan resiko terjadinya error akibat nilai yang tidak sesuai.
3. Fungsi Tuning PID pada sistem ditujukan agar dapat mengatur overshoot pada sistem sehingga dapat meminimalisir kerusakan.
4. Melalui tuning PID dapat diketahui keadaan settling sistem dan dapat diatur sesuai keinginan pengguna.

Berikut *manfaat* dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Merancang suatu alat/sistem menjadi lebih mudah dan meminimalisir biaya, dengan cara menjadikannya virtual (simulasi/seolah olah nyata).
2. Meminimalisir kerusakan pada perangkat keras sungguhan yang akan dirancang apabila terjadi kegagalan uji.
3. Membuat banyak kondisi prototype dengan waktu yang tidak begitu lama, biaya yang terbatas, dan juga modifikasi yang bias dilakukan berulang ulang kali.

## 1.3 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang sebelumnya, berikut adalah rumusan masalah pada tugas akhir ini:

1. Bagaimana Tuning PID bekerja dalam kondisi HIL?
2. Bagaimana perancangan HIL dapat menggantikan suatu perangkat keras?
3. Bagaimana implementasi HIL terhadap kondisi sungguhan?

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Contoh studi kasus yang diuji adalah mengatur motor DC dengan simulasi HIL.
2. Implementasi yang diterapkan langsung kepada motor DC sungguhan.
3. Pengguna memberikan nilai masukan sesuai dengan yang diinginkan.
4. Sinyal masukan diberikan dari Potensiometer untuk memberikan sinyal awal.
5. Perangkat lunak pengganti Motor DC adalah LabVIEW.
6. Tuning PID menjadi kontroler dalam mengatur tingkat presisi dan akurasi sistem.

## 1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini diantaranya adalah:

### a. Studi Literatur

Tahapan ini, penulis mencari referensi-referensi mengenai Hardware in The Loop untuk mengetahui pengertian, sistem kerja dan fungsi dan tujuan adanya HIL serta keuntungan menggunakan HIL.

### b. Konsultasi

Tahapan ini, Penulis melakukan proses Konsultasi atau Bimbingan dengan dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II begitu juga berkonsultasi dengan pihak-pihak yang memiliki keterkaitan yang berkompetensi dengan materi tersebut agar hasil yang dicapai sesuai dengan target.

### c. Perancangan dan Implementasi Alat

Pada tahap ini, Penulis merancang simulasi Hardware in the Loop dengan menggunakan aplikasi LabVIEW serta akan menggunakan metode Tuning PID.

### d. Simulasi dan Analisis Sistem

Pada tahap akhir ini, Penulis melakukan analisis terhadap hasil HIL yang didalamnya sudah dimasukkan metode Tuning PID dengan dibimbing oleh dosen pembimbing.

## 1.6 Jadwal Pelaksanaan

Berikut adalah jadwal pengerjaan Tugas Akhir:

Tabel I-1 Jadwal Penelitian

	<b>Deskripsi Tahapan</b>	<b>Durasi</b>	<b>Tanggal Selesai</b>	<b>Milestone</b>
1	Design komunikasi (interface).	15 hari	16 Januari 2019	Diagram Blok Simulink.
2	Design GUI pada Hardware-in-The-Loop.	15 hari	31 Januari 2019	Tampilan GUI pada HIL. Ada GUI Input Kontroler dan GUI Output.
3	Uji Coba dan analisis Hardware in The Loop.	30 hari	28 Februari 2019	Analisis hasil output HIL tanpa metode yang berupa grafik pada Simulasi Simulink dan Matlab.
4	Belajar Metode Tuning PID.	14 hari	14 Maret 2019	List buku penopang yang dapat membantu.
5	Penyusunan dan Analisa metode PID.	5 hari	19 Maret 2019	Perancangan dan analisis output setelah HIL sukses.
6	Analisa sistem HIL dengan menggunakan Metode PID.	5 hari	24 Maret 2019	HIL dengan metode Tuning PID sudah selesai.
7	Penyusunan Buku Tugas Akhir.	14 hari	10 April 2019	Buku Tugas Akhir selesai.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan pada Tugas Akhir ini ditujukan agar penyusunan laporan lebih tertata dan teratur, dalam hal ini yang menjadi sasaran penulis tertera sebagai berikut:

### **BAB I : Pendahuluan**

Bab ini membahas latar belakang, tujuan, perumusan masalah, pembatasan masalah, dan metodologi penelitian yang digunakan demi menunjang pembuatan tugas akhir, dan sistematika penulisan.

### **BAB II: Dasar Teori**

Bab ini memaparkan berbagai teori dasar tentang simulasi Hardware-In-the-Loop, tuning PID, modul data acquisition (DAQ) dan hal-hal yang berhubungan dengan masalah yang mungkin akan ditemui.

### **BAB III : Perancangan Alat**

Bab ini akan memaparkan sejumlah keterangan mengenai perancangan alat secara simulasi, spesifikasi alat yang digunakan baik hardware ataupun software, memaparkan flowchart alur dan kerja sistem serta perancangan.

### **BAB IV : Pengujian dan Analisis**

Bab ini yang akan memaparkan hasil pengujian dan analisis dari sistem yang telah dirancang dan sudah diimplementasikan yang terfokus pada metode TUNING PID pada sistem simulasi Hardware-In-the-Loop.

### **BAB V : Kesimpulan dan Saran**

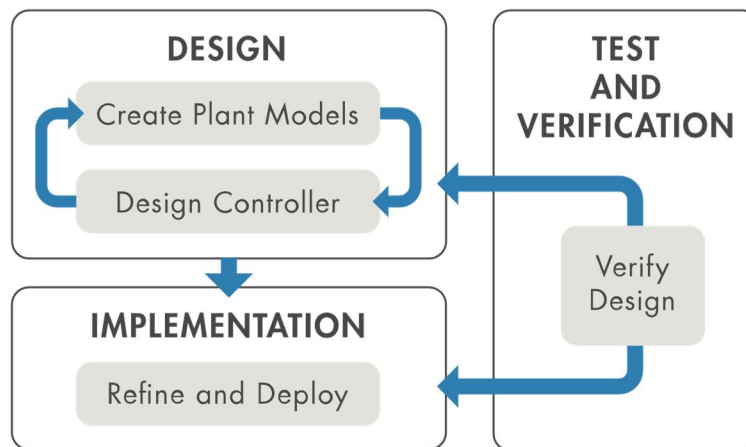
Bab akhir dari serangkaian penulisan tugas akhir yang berupa kesimpulan dan saran.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Simulasi Hardware-In-the-Loop

Simulasi Hardware-In-the-Loop merupakan alternatif lain yang digunakan banyak dibidang penggunaannya masing-masing, dan biasanya sangat dominan dalam bidang perindustrian untuk menyusun suatu konsep yang terstruktur tentang pengembangan suatu proyek. Sistem Hardware-In-the-Loop merupakan salah satu sistem yang menyediakan fitur cepat, flexible dan efisien untuk memverifikasi sebuah sistem yang akan ditinjau atau diuji yang bersifat realtime<sup>[2]</sup>. Simulasi Hardware-In-the-Loop adalah sistem yang merekayasa sistem sesungguhnya, oleh karena itu simulasi ini menyediakan beberapa kelebihan yang tidak kita dapatkan apabila kita menggunakan cara konvensional yaitu dengan langsung mencoba pada perancangan hardware sesungguhnya<sup>[1]</sup>, keuntungan tersebut diantaranya:



Gambar II- 1 Skema Hardware-In-the-Loop berdasarkan Hans P. Halvorsen<sup>[2]</sup>.

Pada penulisannya, penulis hanya melakukan perancangan terhadap plant sebagai simulasi dimana nantinya hasil tes tersebut akan langsung digunakan dalam perangkat aslinya. Pada saat proses pengerjaannya, penulis akan melakukan interfacing atau komunikasi data 2 arah yakni *Arduino-DAQ-LabVIEW* serta *LabVIEW-DAQ-Arduino*, sedangkan kelebihan dari simulasi Hardware-In-the-Loop adalah menambah nilai keamanan terhadap biaya dan waktu serta tingkat akurasi yang ingin dicapai suatu sistem. Dapat mengurangi biaya karena pada penerapannya tidak membutuhkan banyak hardware yang bersangkutan untuk dipilih kemudian dicoba pada penerapan aslinya, hal ini ditujukan guna memperbaiki sistem sebelumnya atau pembuatan sistem baru. Berikutnya, dapat memperingkas waktu dan menambah tingkat akurasi sistem tanpa banyaknya biaya. Hal ini dikarenakan simulasi digunakan hanya didalam perangkat lunak.



## 2.2 Metode Tuning PID

Memasuki abad ke-20, hampir sebagian besar pengontrol yang banyak digunakan pada bidang industri adalah kontrol PID digital, namun di era sebelumnya lebih banyak yang digunakan adalah pengontrol berupa analog. Tujuan utamanya pada hal ini adalah menghasilkan hasil sesuai dengan yang akan dicapai. dengan Tuning PID kita dapat mengoptimalisasi proses dari sistem serta meminimalisir error diantara variabel proses dan juga nilai awal. metode ini dapat digunakan dalam sistem loop tertutup atau dengan timbal balik. persamaan dari PID<sup>[11]</sup> adalah sebagai berikut:

$$u(t) = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dT + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) + b$$

u = sinyal kontrol

e = error pengontrol

Kp = kontrol gain untuk propotional

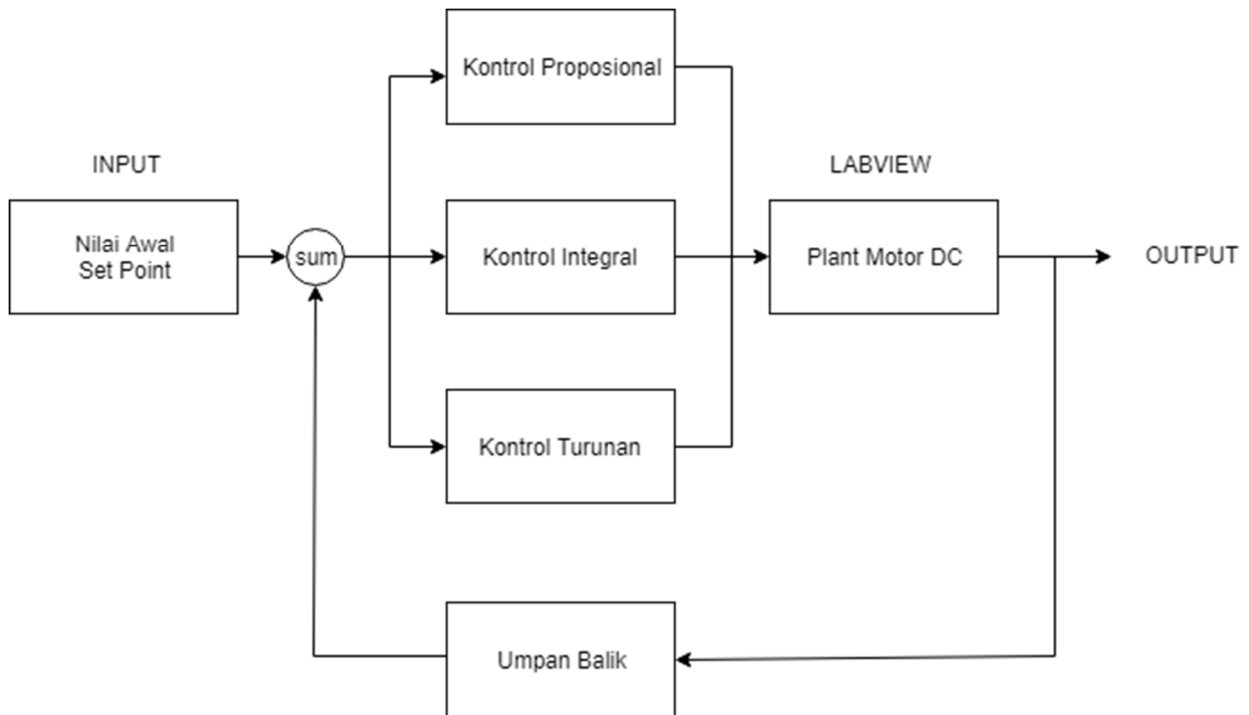
Ti = kontrol integral

Td = kontrol deriativ

T = waktu yang digunakan saat mengukur error

b = sinyal set point.

sehingga yang dapat penulis pahami disini, persamaan diatas ditentukan saat tuning adalah Kc, Ti, Td.



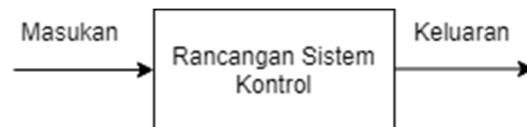
Gambar II- 2 Diagram Blok PID

## 2.3 Komponen Dasar Sistem Kendali

Komponen dasar kendali pada umumnya dibagi sebagai berikut, yaitu:

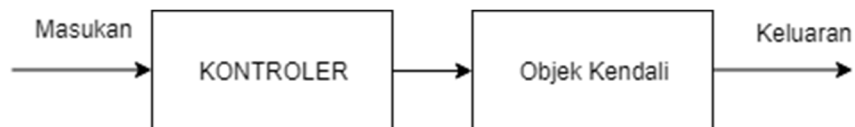
1. Nilai Awal (Input/Masukan)
2. Komponen Sistem Kontrol
3. Hasil (output/keluaran)

Hubungan antara satu dengan lainnya tentunya sangat saling berketergantungan. Input adalah nilai awal yang akan diterapkan ke suatu sistem kendali untuk mendapatkan respon tertentu dari sebuah sistem yang sudah dirancang, dan hasil dari tanggapan yang melalui proses tersebut dinamakan sebagai output<sup>[5]</sup>. Secara lazim, tujuan dari sistem kendali merupakan mengendalikan keluaran dengan berbagai masukan tertentu melalui unsur-unsur sistem kendali.



Gambar II- 3 Ilustrasi Dasar Kendali

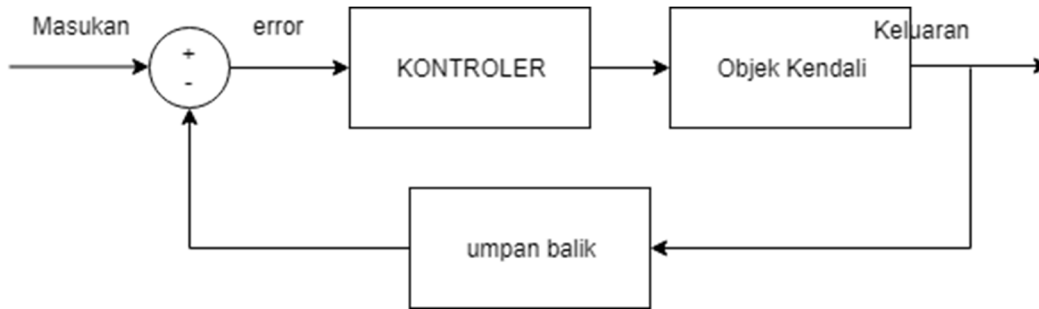
Namun jika kita melihat lebih spesifik lagi, sistem kendali dibagi menjadi dua bagian, dengan karakteristik sistem lup terbuka (Open-Loop) dan lup tertutup (Close-Loop).



Gambar II- 4 Ilustrasi Kendali Lup Terbuka

**Untuk kondisi lup terbuka (Open-Loop)**, output dari sistem tidak memiliki pengaruh terhadap sinyal input terhadap proses yang sedang berlangsung. Hasil akhir ditentukan oleh masukan awal yang diberikan pada sistem. Keuntungan dalam menggunakan sistem kendali lup terbuka adalah rangkaian yang sangat sederhana sehingga dapat dengan cukup mudah dirancang dengan reliabilitas yang cukup baik, namun kekurangan pada sistem kendali ini adalah terkadang hasil yang dicari tidak cukup akurat karena tidak ada koreksi untuk sinyal kesalahan (eror).

Karakteristik lup terbuka adalah dengan tidak terdapat proses pengukuran, variable yang kita control tidak mempengaruhi aksi pengontrolan, hamper sebagian besar didasari oleh waktu, kurang akurat.



Gambar II- 5 Ilustrasi Kontrol Lup Tertutup

**Untuk kondisi lup tertutup (Close-Loop)**, adalah sistem kendali yang sinyal keluarannya memiliki pengaruh terhadap masukan yang diberikan untuk kondisi selanjutnya. Sistem loup tertutup dapat diimplementasikan dalam gambar lingkaran (+) dan (-), lambing tersebut merepresentasikan hasil penjumlahan. Untuk karakteristik lup tertutup adalah tahan terhadap gangguan, terjadinya proses pengukuran dan penjumlahan, variable control mempengaruhi aksi pengontrolan dan lebih akurat untu mencari hasil yang diinginkan, namun hal tersebut juga dapat terjadinya ketidak stabilan sistem.

## 2.4 DAQ (Data Akusisi Modul)

USB NI-6008 merupakan salah satu komponen dalam bidang control yang dibutuhkan guna proses pencuplikan atau pengambilan data yang mengukur suatu kejadian atau fenomena fisik yang kemudian komponen itu akan mengubah nilai digital yang akan mampu dimasukan kedalam simulasi yang ada didalam PC (salah satunya). Untuk komponen DAQ meliputi sensor yang mengubah kejadian fisik menjadi sinyal elektrik, lalu perangkat keras DAQ itu sendiri dan Komputer/PC sebagai perangkat lunak didalamnya, sedangkan untuk medapatkan besaran fisik yang akan penulis pergunakan adalah Potensiometer karena mencari nilai posisi dan percepatan dari motor DC. Komponen utama yang terdapat didalam DAQ adalah sebagai berikut:

### 1. SCC (Signal Conditioning Circuitry).

Dalam bagian komponen ini, DAQ ditugaskan untuk mengkonversi sinyal nyata menjadi sinyal yang dapat diterima oleh simulasi agar nilainya dapat diperhitungkan dan digunakan sebagaimana mestinya dan akan diubah yang menyebabkan adanya amplifikasi, atenuasi, filter dan isolasi sinyal.

### 2. ADC (Analog to Digital Converter).

Analog to Digital Converter (ADC) secara umum merupakan suatu rangkaian yang memiliki resolusi 8 hingga 32 bit. Dimana pada bagian komponen ADC ini penulis dipermudah untuk mengkonversi sinyal analog ke digital.

### 3. COMPUTER BUS.

Perangkat ini berfungsi sebagai fungsi utama agar sebagaimana mestinya DAQ dapat terhubung dengan perangkat PC/Komputer dengan menggunakan USB, PCI dan Ethernet.



Gambar II- 6 Modul DAQ

## 2.5 Motor Listrik

Motor listrik sangat umum digunakan dalam bidang control guna menjadi penyelesaian akhir dari suatu metoda yang akan diuji, ketika yang menjadi acuan merupakan posisi ataupun juga kecepatan. Prinsip kerja motor listrik adalah gaya yang bekerja pada konduktor (penghantar listrik yang baik) yang terdapat dalam suatu kumparan atau medan magnet disaat ada arus yang mengalir kedalam konduktor tersebut [12].



Motor DC merupakan salah satu jenis motor listrik yang umum digunakan dalam bidang control jika hasil akhir yang dicari merupakan kecepatan atau juga posisi. Pada suatu motor DC, kumparan kawat (bahan berjenis konduktor yang maksimal, atau baik.) dipasangkan pada sebuah