

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan dan pembuatan alat ini terdiri dari dua bagian, yaitu perancangan dan pembuatan perangkat keras serta perancangan dan pembuatan perangkat lunak. Perancangan dan pembuatan alat dilakukan secara bertahap untuk memudahkan analisis sistem. Beberapa aspek yang perlu dijelaskan dalam bab ini meliputi penentuan spesifikasi alat, perencanaan masing-masing blok rangkaian serta perencanaan sistem secara keseluruhan.

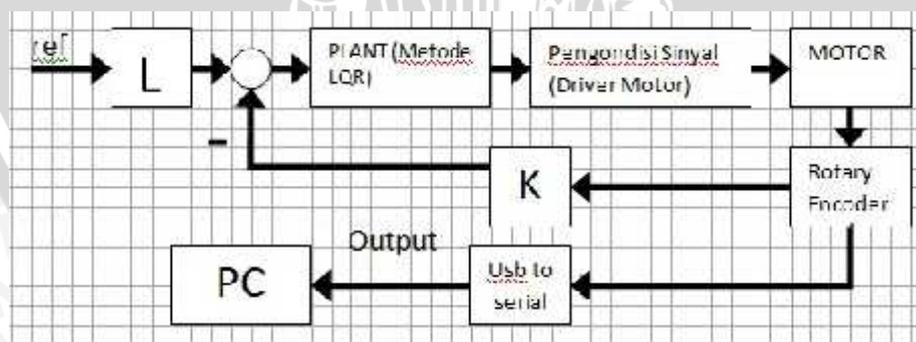
Perancangan ini terdiri dari:

- Perancangan sistem.
- Perancangan perangkat keras (alat pemutar, catu daya sistem, sensor *rotary encoder*, *driver motor*, dan arduino uno sebagai mikrokontroler).
- Perancangan sistem kontroler LQR.
- Perancangan perangkat lunak.

4.1. Perancangan Sistem

4.1.1 Blok Diagram Sistem

Blok diagram sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Gambar Blok Diagram Sistem (perancangan)

Pada sistem mekanik penghancur es ini menggunakan satu motor DC sebagai penggerak. Motor ini dihubungkan oleh sebuah poros yang berfungsi sebagai aktuator. Karena berfungsi sebagai aktuator, maka diharapkan piringan

pemutar dapat berputar seiring dengan berputarnya motor DC sebagai penggerak. Pada alat ini dipasang sebuah sensor *rotary encoder* yang berfungsi menghitung kecepatan putaran motor. Sensor ini terhubung dengan Arduino Uno.

Alat penghancur es menggunakan penggerak motor (*driver motor*) menggunakan system *Pulse Width Modulation* (PWM). *Input setting point* dilakukan dengan memberi masukan yang berupa data digital, yang kemudian dikonversi ke tegangan oleh Arduino Uno. Keluaran dari arduino berupa PWM menjadi masukan untuk Penggerak motor (*driver motor*), di mana kecepatan keluaran dari motor akan dideteksi oleh sensor *rotary encoder*.

Arduino Uno berfungsi sebagai mikrokontroler yang mengolah seluruh data masukan dari sensor dan *driver* pengendali motor, selain itu juga mengolah seluruh perhitungan kontroler LQR. Kemudian data tersebut dibandingkan dengan *set point* untuk kemudian dicari nilai *error*-nya dan dilakukan penghitungan untuk nilai kontroler yang diperlukan. Mikrokontroler ini berhubungan dengan *driver motor* yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal dari sinyal kontrol mikrokontroler menjadi sinyal untuk menggerakkan aktuatornya yaitu motor DC. *Driver motor* ini berfungsi mengeksekusi hasil perhitungan dari mikrokontroler.

4.2. Perancangan Perangkat Keras (*hardware*)

Berdasarkan diagram blok pada Gambar 4.1 perancangan alat yang telah disusun, perancangan perangkat keras terdiri dari alat pemutar es, sensor *rotary encoder*, rangkaian driver motor, motor DC, Arduino Uno.

4.2.1. Spesifikasi Alat

Rangka mekanik berbahan dasar plastic dengan panjang 50 cm dan lebar 25 cm. Motor penggerak alat putar berjumlah 1 buah dan dihubungkan langsung dengan bagian poros alumunium yang berfungsi memutar piringan pemutar yang berdiameter 30 cm. Sensor *rotary encoder* dipasang pada poros yang terhubung motor. Sensor terpasang lurus langsung dengan motor, agar kecepatan motor langsung terdeteksi oleh sensor. Bentuk mekanik alat penghancur es dapat dilihat dalam Gambar 4.2.



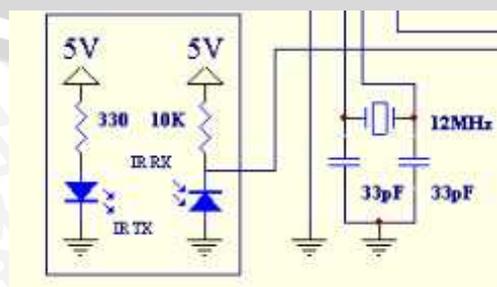
Gambar 4.2 Gambar Rancangan Mekanik

4.2.2. Catu Daya Sistem

Sistem arduino membutuhkan catu daya sebesar 5 volt agar dapat bekerja. Catu daya 5 volt sudah memenuhi tegangan kerja mikrokontroler Arduino uno yang berkisar antara 4,5 volt sampai 5,5 volt berdasarkan *datasheet*. daya dapat di peroleh dengan menggunakan port usb yang di hubungkan ke laptop sebagai sumber tegangan atau menggunakan baterai dengan tegangan 5 volt

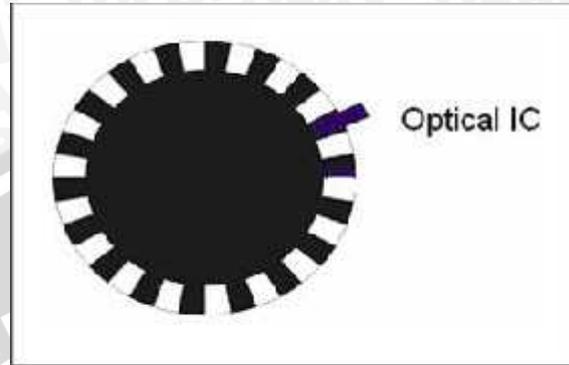
4.2.3. Sensor Rotary Encoder

Sensor putaran (*rotary encoder*) yang digunakan adalah sensor putaran berbasis optik menggunakan komponen *Optical IC* dan piringan berpola. Sensor rotari diletakkan pada sebuah roda yang dihubungkan dengan sebuah pegas dan tidak dipengaruhi oleh roda pergerakan. Komponen ini merupakan kombinasi LED inframerah sebagai pemancar cahaya, regulator tegangan, penguat, dan *phototransistor* NPN sebagai penerima cahaya. Dalam Gambar 4.4 menunjukkan rangkaian sensor *rotary encoder*.



Gambar 4.3 Rangkaian Sensor Rotary Encoder(perancangan)

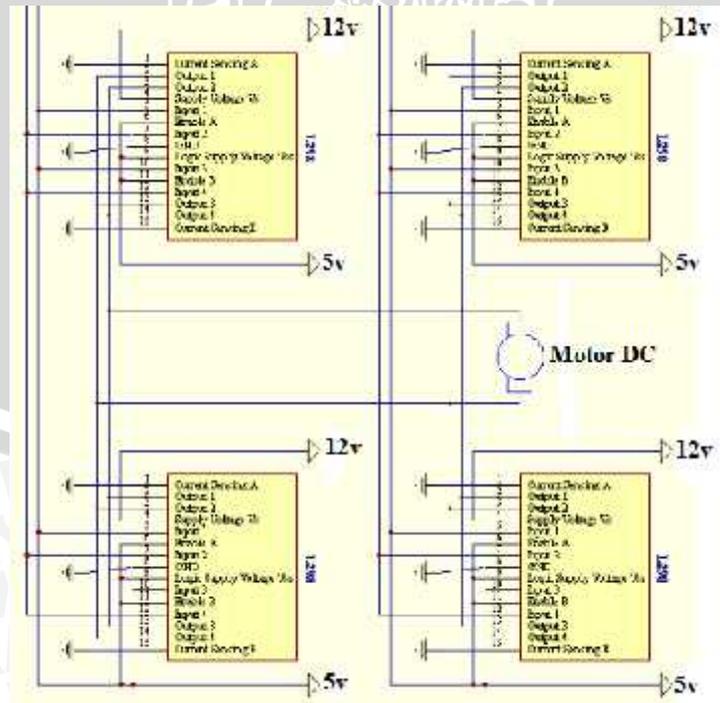
Resolusi sensor yang digunakan pada perancangan ini sebesar 60 pulsa untuk setiap putaran penuh. Sifat sinyal *incremental* didapatkan dengan membuat pola berlubang pada sisi luar piringan berpola seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Letak *Optical IC* Pada Piringan Berpola

4.2.4. Perancangan *Driver Motor*

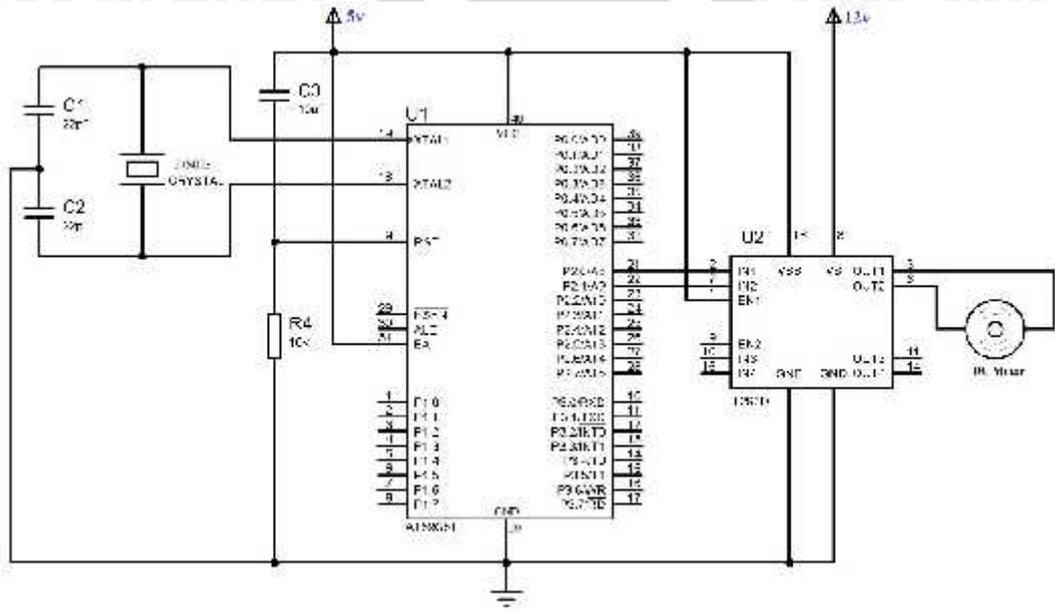
Driver pada rangkaian ini menggunakan *riley* untuk logika *ON-OFF* nya dan untuk mengontrol putaran motor digunakan E-MOSFET kanal N dengan masukan berupa sinyal PWM dari mikrokontroler. Rangkaian *driver* motor akan ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Rangkaian *Driver Motor* (perancangan)

4.2.5 Rangkaian Arduino Uno

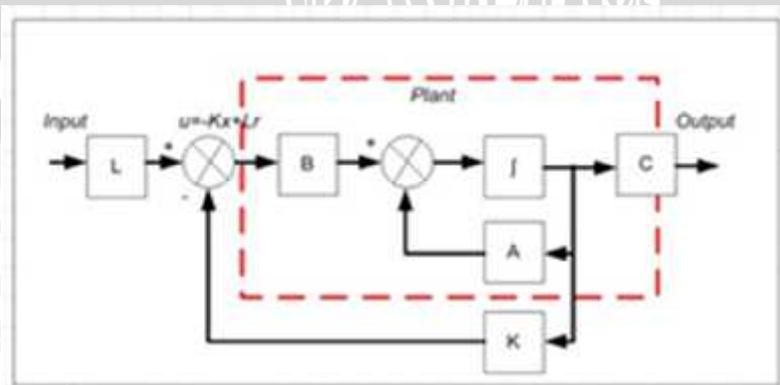
Pada alat pemutar es ini digunakan mikrokontroler Arduino uno sebagai pengolah utama sebagai pengolah data dari sensor *rotary encoder*, pengendali arah dan kecepatan motor serta melakukan proses LQR. Konfigurasi kaki I/O dari Arduino ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Konfigurasi Kaki I/O dari Arduino uno(Perancangan)

4.3 Perancangan Linear Quadratic Regulator (LQR)

Berikut ini adalah blok aplikasi sistem kontrol optimal pada alat pemutar es ditunjukkan dalam Gambar 4.7

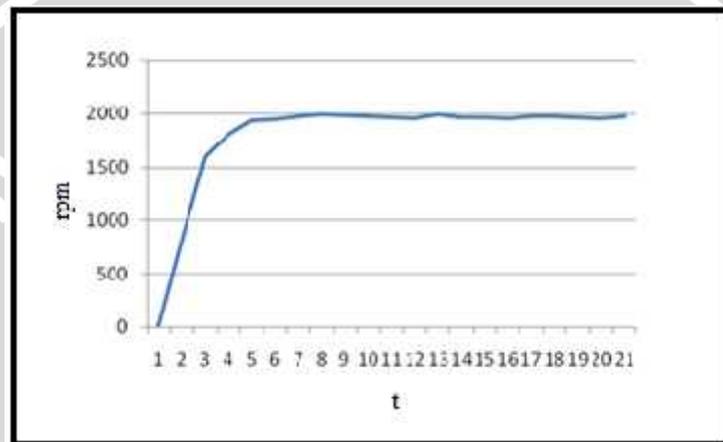


Gambar 4.7 Diagram Blok Aplikasi Perancangan Kontroler pada alat.

Pada proses *tuning* kontrol LQR dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols orde pertama.

4.3.1 Identifikasi Plan Motor DC

Pada pemodelan plant motor dc proyek akhir ini, motor dc diberikan *input* unit step tegangan sebesar 12 volt. Kemudian dari motor tersebut disampling sebesar 10 milisecond untuk diambil datanya. Nilai kecepatan dari pembacaan sensor tadi dibuat kedalam bentuk grafik agar dapat dicari nilai transfer functionnya dengan menggunakan pendekatan metode ziglernichols.



Gambar 4.8 Grafik respon kecepatan motor DC.

menggunakan pendekatan metode zigler nichols orde pertama bahwa respon mencapai kondisi steady state pada sumbu Y bernilai 1950rpm. Nilai *input* tegangan yang diberikan adalah 12 volt sehingga didapatkan nilai K sebesar 162.5. sedangkan nilai T sebesar 0.632 dari kondisi steady state maka berada pada 1232.4 rpm dan nilai T pada titik itu sebesar 0.01s. Maka dapat dimasukkan kedalam persamaan.

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{T + 1}$$

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{T + 1}$$

$$\frac{K}{T + 1} = \frac{162.5}{0.01 + 1}$$

$$G(s) = \frac{1 \cdot s}{0.01 + 1}$$

Dimana:

T = *time constant*

K = kondisi *steady*

4.3.1 Penentuan Penguat umpan balik K

Setelah didapatkan *transfer function* motor DC maka langkah selanjutnya adalah mencari statespace dari transfer function tersebut. Dengan bantuan software matlab di dapatkan nilai spate space sebagai berikut:

$$A = [-100]$$

$$B = [108]$$

$$C = [1]$$

$$D = [0]$$

Sedangkan untuk nilai Q dan R : R= [1] Q= dengan nilai bervariasi Para perancangan ini dipilih 10 nilai Q yaitu: Q={0.0000001, 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 1, 2, 3, 10, dan 100}

Kemudian dengan menggunakan persamaan Ricatti, setelah itu nilai P disubstitusikan ke persamaan Kalman. Dan hasilnya seperti Tabel 4.1

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Matriks K

no	nilai Q	Nilai K
1	0.0000001	3.24E-06
2	0.000	5.40E-05
3	0.00	5.40E-04
4	0.01	0.0054
5	0.1	0.0525
6	1	0.4369
7	2	0.7644
8	3	1.0381
9	10	2.3691
10	10	9.1168

4.3.2. Penentuan Matriks Non Zero Set Point L

Untuk menentukan nilai L maka digunakan persamaan non *zero set point tracking* .Dari persamaan tersebut nilai didapatkan untuk masing masing nilai Q seperti Tabel 4.2

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Matriks L

no	nilai Q	Nilai L
1	0.0000001	0.9259
2	0.0001	0.926
3	0.001	0.9265
4	0.01	0.9313

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Matriks L

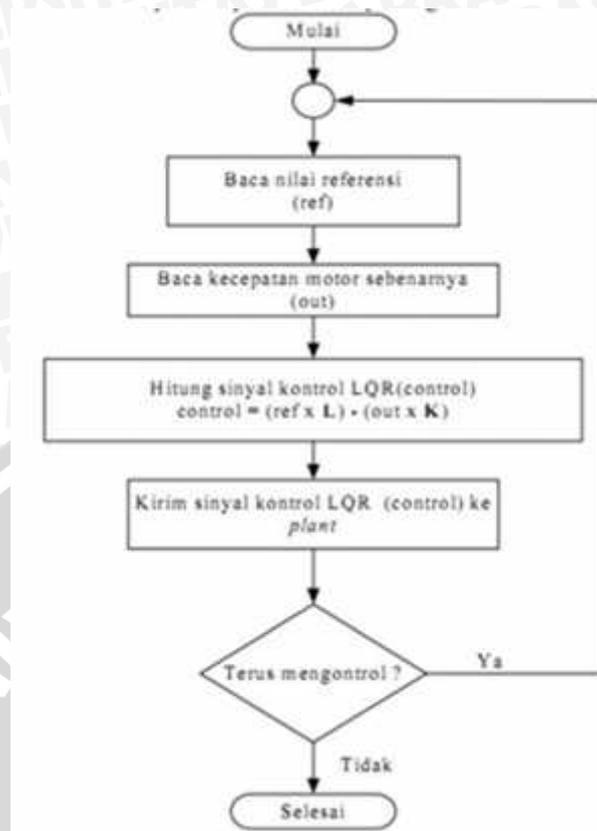
no	nilai Q	Nilai L
5	0.1	0.9784
6	1	1.3628
7	2	1.6904
8	3	1.964
9	10	3.295
10	100	10.0428

4.3.3 Implementasi Teknik Kontrol *Optimal Linear Quadratic Regulator* pada Mikrokontroler

Berdasarkan Diagram blok Gambar 4.7 dapat disusun suatu algoritma untuk pengaturan dengan Linear Quadratic Regulator (LQR) sebagai berikut:

1. Membaca nilai referensi (ref)
2. Membaca nilai keluaran kecepatan motor sebenarnya (*out*)
3. Menghitung sinyal kontrol *Linear Quadratic Regulator* (*control*)

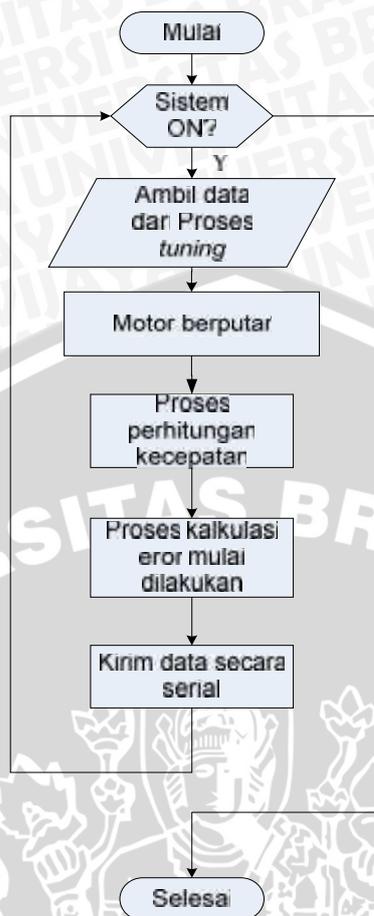
$$control = (ref \times \mathbf{L}) - (out \times \mathbf{K})$$
 Nilai L dan K ditentukan dari perancangan *Linear Quadratic Regulator*.
4. Mengirim sinyal kontrol *Linear Quadratic Regulator* ke *plant*
5. Kembali ke langkah 1 jika akan terus melakukan pengontrolan
6. Algoritma diatas dapat disusun dalam bentuk *flowchart* seperti di perlihatkan pada Gambar 4.9



Gambar4.9 Flowchart implementasi Linear Quadratic Regulator

4.4.1 Diagram Alir Sistem Keseluruhan

Diagram alir sistem keseluruhan ini meliputi diagram alir proses tuning parameter dimana saat pengambilan data yang didasarkan pada aturan Ziegler-Nichols metode kedua dan diagram alir proses berjalanya pemutar es setelah proses tuning selesai dilakukan. Diagram alir sistem keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



Gambar4.10 Diagram Alir Proses berputarnya alat penghancur es.