

**PENGATURAN KECEPATAN
MOTOR INDUKSI 3 PHASE MENGGUNAKAN
PI-FUZZY BERBASIS PCI**

Fajarwati¹, Ir. Gigih Prabowo, MT¹, Ainur Rofiq Nansur, ST, MT².
Mahasiswa Jurusan Elektro Industri¹, Dosen Pembimbing¹, Dosen Pembimbing²
*Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Politeknik Elektronika Negeri
Surabaya (PENS), Surabaya, Indonesia*
Telp : (+62)-31-5947280, Fax : (+62)-31-5946114
Email: fajar_watt@yahoo.com

ABSTRAK

Pada proyek akhir ini telah dikerjakan pengembangan sistem kendali kecepatan motor induksi menggunakan kontrol PI-Fuzzy berbasis PCI 1710. Sistem yang dikendalikan adalah kecepatan dari motor induksi 3 fasa melalui kontroler PI-Fuzzy. Dengan menggunakan metode DTC (Direct Torque Control), pengaturan torka pada motor induksi akan lebih mudah, dan cara ini telah dikembangkan di beberapa literatur. Kontrol kecepatan motor dengan metode ini telah banyak dikembangkan dan dimodelkan melalui matlab-simulink. Pada proyek akhir ini dicoba merealisasikan metode tersebut dengan matlab-simulink melalui PCI 1710 sebagai interface. Dari hasil pengujian diperoleh performansi dari kontrol PI-Fuzzy dengan nilai settling time sebesar 0.6 s dan peak time sebesar 0.055 s.

Kata kunci: PI-Fuzzy, PCI 1710, DTC

ABSTRACT

In this final project have been worked on the development of an induction motor speed control system using PI-fuzzy control-based PCI in 1710. Controlled system is the speed of three phase induction motor via PI-Fuzzy controller. By using DTC (Direct Torque Control), setting the induction motor torque will be much easier, and how this has developed in some literature. Motor speed control with this method has been developed and modeled through a matlab-simulink. At the end of the project is attempted to realize these methods with matlab-simulink through 1710 as the PCI interface.

From the experiment result by using PI-Fuzzy get a value of 0.6 s settling time and peak time of 0.055 s.

Keywords: PI-Fuzzy, PCI 1710, DTC

1. PENDAHULUAN

Motor DC adalah motor yang paling ideal untuk pengemudian listrik (electric drive), karena arus medan dan arus jangkar dapat di control secara terpisah (decoupled system). Disamping itu kecepatan motor dapat dikontrol tanpa bantuan converter. Namun adanya komutator didalam motor DC membutuhkan pemeliharaan yang rutin, ini menyebabkan system kurang handal

(reliable). Karena itu penggunaan motor dc pada industry-industri mulai tergeser oleh motor induksi, kelebihan motor induksi adalah konstruksinya sederhana dan kokoh, harganya relatif murah, serta perawatannya mudah. Namun kelemahan dari motor induksi adalah tidak mampu mempertahankan kecepatannya dengan konstan bila terjadi perubahan kecepatan maupun

torsi beban. Maka untuk mendapatkan kecepatan konstan serta memperbaiki kinerja motor induksi dibuatlah metode Direct Torque Control yaitu suatu metode pengaturan torsi pada motor induksi.

Dalam tugas akhir ini akan dibuat pengembangan sistem kendali PI-Fuzzy untuk pengaturan kecepatan motor induksi 3 phase. Penggunaan kontroler PI pada system pengendalian proses sangatlah populer dikarenakan kontroler PI merupakan kontroler yang mempunyai struktur yang sederhana dan mempunyai performansi yang baik pada daerah operasi yang luas. Perkembangan lebih jauh lagi terjadi pada konsep optimasi terutama pada penggunaan teori fuzzy.

Untuk mendesain kontroler PI diperlukan dua parameter, yaitu *proportional gain* dan *time integral*. perkembangan lebih jauh untuk lebih mengoptimalkan pemilihan kedua parameter tersebut diatas ada dua kategori, yang pertama adalah dengan mentuning seoptimal mungkin pada awal proses dan yang kedua adalah dengan membuat estimasi parameter dengan metode simulasi dan pemodelan system agar lebih adaptif berdasarkan pengetahuan yang pasti tentang karakteristik plant.

Teori fuzzy yang digunakan untuk mengoptimasi parameter kontroler PI. Fuzzy logic digunakan sebagai penala parameter kontroler PI yaitu K_p dan K_i , sehingga kontroler dapat bekerja secara optimal. Dengan kontroler PI-Fuzzy diharapkan dapat mengontrol kecepatan motor.

1.1 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari proyek akhir ini adalah Merancang dan membangun sistem kendali kecepatan putar motor induksi 3 phase dengan kontroler PI-Fuzzy, dengan harapan agar:

1. System memiliki kemampuan mengikuti set point dengan baik

2. Respon dari system yang dihasilkan memiliki performansi yang tinggi, dengan steady state error relatif kecil

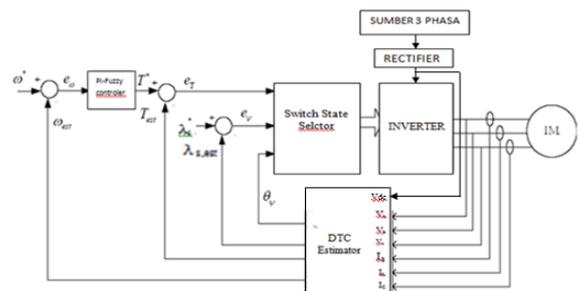
1.2 BATASAN MASALAH

Batasan masalah yang dibahas dalam proyek akhir ini adalah:

1. Motor induksi 3 phase sebagai obyek penelitian atau sebagai plant
2. Metode control yang dikembangkan adalah DTC (Direct Torque Control)
3. Kontroler yang digunakan adalah PI-Fuzzy
4. Interface antara PC dengan Inverter menggunakan PCI Card 1710

2. KONFIGURASI SISTEM

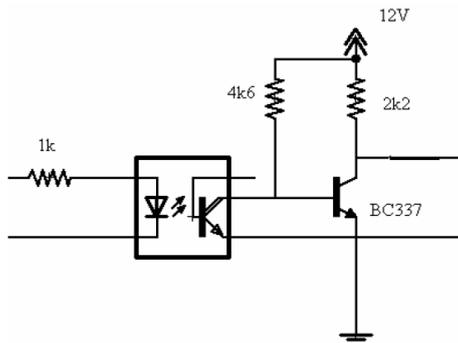
Secara umum gambaran sederhana dari sistem kerja pengaturan motor induksi 3 phase Menggunakan kontroler PI-Fuzzy Berbasis PCI dengan metode DTC (Direct Torque Control) adalah seperti ditunjukkan pada gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 2.1. Perencanaan Sistem

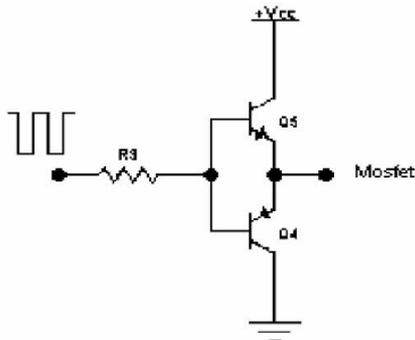
2.1 PERENCANAAN INVERTER 3 PHASE

Untuk merancang inverter 3 phase yang dapat di sulut melalui PCI 1710 kami menggunakan rangkaian optocoupler sebelum masuk ke rangkaian driver untuk memisahkan antara blok kontrol dan driver supaya tidak mengganggu hardware / PC, rangkaian optocoupler adalah sebagai berikut :



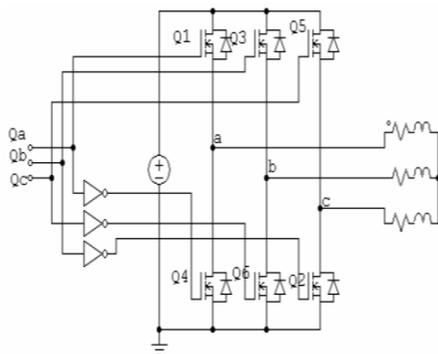
Gambar 2.2 Rangkaian Optocoupler

Keluaran dari rangkaian ini akan dimasukkan ke dalam rangkaian totem pole dan akan mendrive rangkaian inverter yang terdiri dari MOSFET, rangkaian totem pole adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Rangkaian Totem Pole

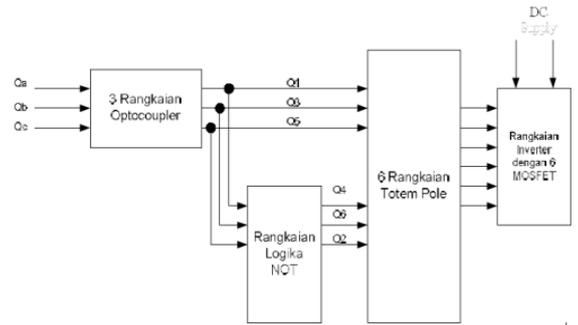
Pada inverter 3 phase yang akan kita buat terdiri dari 6 mosfet dengan konfigurasi sebagai berikut:



Gambar 2.4 Konfigurasi Rangkaian Inverter

Untuk penyulutan inverter ini ada tiga masukan penyulutan yaitu Qa, Qb dan Qc ketika Qa on maka Q1 akan on dan Q4 akan off, ketika Qb on maka Q3 akan on dan Q6 off dan ketika Qc on maka Q5 on dan Q2 off, dari karakteristik tersebut maka untuk mendrive inverter ini dibutuhkan rangkaian logika not untuk mendrive Q2, Q6 dan Q2

sehingga blok diagram dengan sistem keseluruhan adalah :



Gambar 2.5 Rangkaian Perencanaan Inverter 3 Phase

2.2 Perencanaan Pada PCI CARD 1710

2.2.1 Koneksi PC dengan PCI card

Untuk mengkoneksikan antara PC dengan perangkat keras, dibutuhkan suatu alat interface. Pada proyek akhir ini, digunakan satu set interface (PCI 1710 dan PCLD 8710). Sebelum melakukan instalasi *driver* pada PCI 1710 terlebih dahulu tancapkan PCI 1710 pada slot PCI yang ada pada personal komputer pada saat kondisi personal komputer mati. Setelah itu PCI-1710 kita hubungkan ke PCLD – 8710 melalui kabel terminal 68 pin. Setelah selesai kita lakukan proses instalasi kepada kedua *device* tersebut yaitu masukkan CD drivernya lalu program secara otomatis melakukan *Autorun enable* pada sebuah sistem. Gambar 3.8 merupakan setup pada *advantech automation software*.



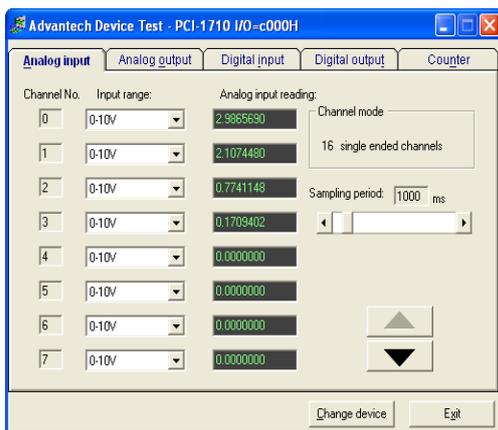
Gambar 2.6 Layar Setup Pada Advantech Automation Software

Pilihlah instalasi pilihlah yang sesuai dengan kebutuhan anda secara satu persatu. Pilihlah *device* yang lebih spesifik ketika proses intruksi setup secara satu persatu sampai dengan lengkap.



Gambar 2.7 ini merupakan *different options for driver setup*.

Setelah selesai proses instalasi secara keseluruhan maka pada PC kita lakukan proses *restart* untuk mengetahui apakah *driver* yang kita instalasikan sudah benar terkoneksi pada PC. Gambar 3.10 adalah bagan tes koneksi PCI dengan PC apabila PCI telah berhasil terkoneksi.



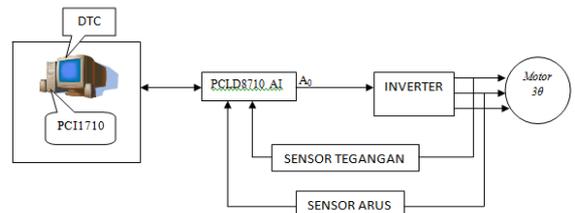
Gambar 2.8 Test Koneksi PCI dengan Personal Komputer

Langkah selanjutnya adalah men-klik pada *test board* maka akan muncul beberapa *board interface* yang sesuai dengan *device interface* pada PCI 1710 HG. Hasil tes koneksi tiap *port* yang ada akan menampilkan keluaran tegangan apabila koneksi dengan personal komputer berhasil dengan baik.

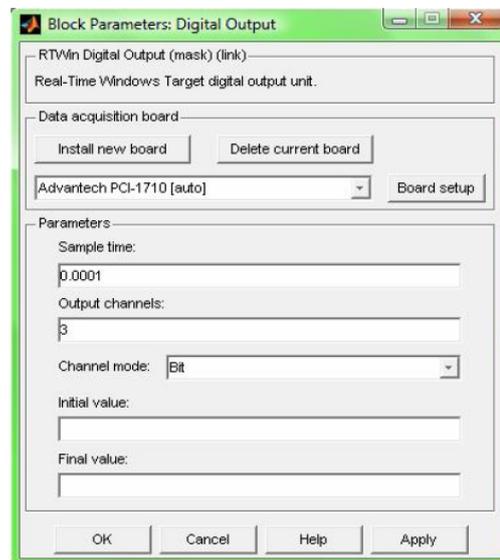
2.2.2 Koneksi PCI Card dengan Perangkat Luar

Satu set interface pada proyek akhir ini digunakan untuk penyulutan DTC dan juga

digunakan untuk menampilkan hasil keluaran sensor arus, sensor tegangan, dan sensor kecepatan. Proses penyulutan DTC melalui PC dapat berjalan dengan baik, bila port digital output pada PCLD 8710 terpasang pada perangkat keras (inverter 3 phase). Sedangkan hasil keluaran sensor arus dan sensor tegangan terpasang pada port analog input



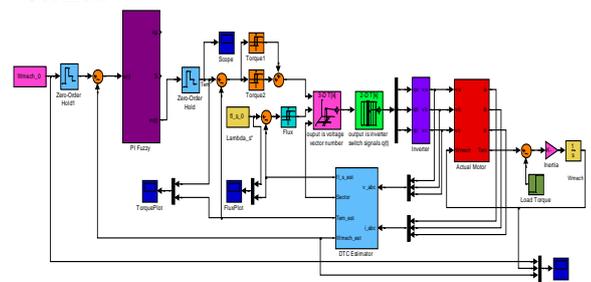
Gambar 2.9 Blok Sistem DTC Melalui PC



Gambar 2.10 Tampilan Blok Parameter Digital Output

2.3 Perencanaan Perangkat Lunak

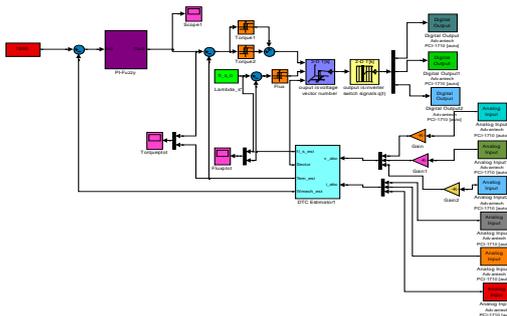
Berdasarkan dari referensi [1] maka blok diagram dari kontrol kecepatan motor induksi tiga fase dengan metode DTC adalah sebagai berikut.



Gambar 2.11 Model simulasi pengaturan motor induksi dengan metode DTC

2.4 Perancangan Interface

Dari program / model pengaturan kecepatan motor induksi 3 phase dengan menggunakan metode DTC terdapat 6 analog input yang terdiri dari 3 sensor arus dan 3 sensor tegangan sedangkan untuk output yang dibutuhkan adalah 3 digital output untuk menyalut inverter, untuk sensor kecepatan menggunakan analog input dari program DTC kita interfacekan sensor arus, sensor tegangan dan sensor kecepatan dengan analog input sedangkan penyulutan inverter menggunakan digital output. Model interface secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



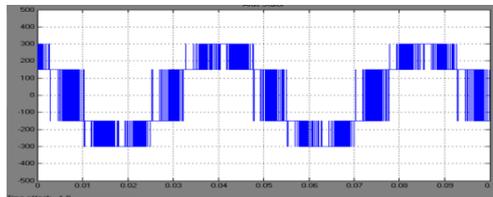
Gambar 2.12 Model DTC dengan interface PCI 1710

3. PENGUJIAN DAN ANALISA

Setelah program yang telah dibuat menunjukkan hasil yang sesuai dan hasil pengukuran hardware dianggap memiliki error yang rendah maka dapat dilakukan uji integrasi antara hardware dan software.

Beberapa data yang dapat di ambil dari integrasi sistem yaitu pengujian kendali kecepatan motor induksi 3 phase dengan metode Direct Torque Control pada saat steady state dengan time sampling 0.25ms setpoint 40 rad/sec dan tegangan phase rms 30V adalah sebagai berikut:

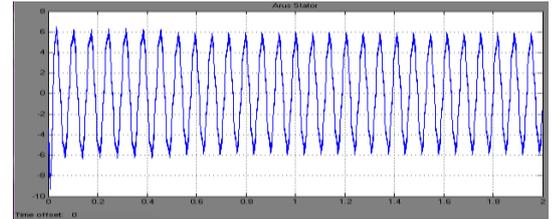
a. Tegangan



Gambar 2.13 Tegangan Simulasi Dari Simulink Kontrol PI-Fuzzy

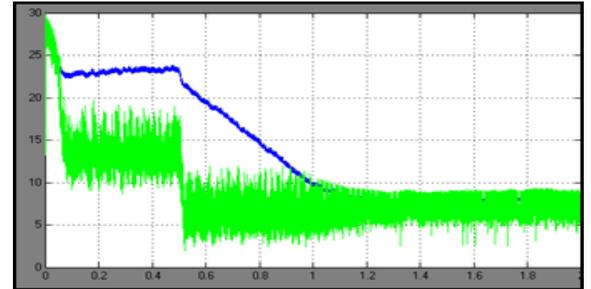
Gambar diatas adalah tegangan hasil simulasi dari system control PI-Fuzzy keluaran dari inverter pada simulink

b. Arus



Gambar 2.14.4 Arus Simulasi Dari Simulink Kontrol PI-Fuzzy

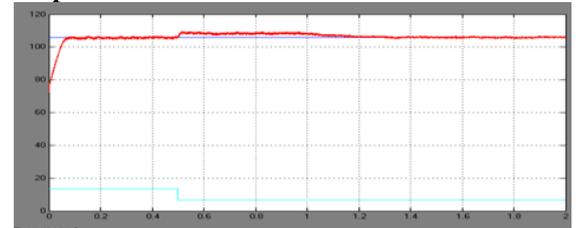
c. Torsi



Gambar 2.15 Estimasi Torsi Simulasi Dari Simulink

3.1 Performansi Sistem Dengan Menggunakan Kontroler PI

Set point 105 rad/s



Gambar 4.10 Kontrol kecepatan menggunakan PI Dengan Setpoint 105 rad/s

Karakteristik yang dimiliki yakni sebagai berikut :

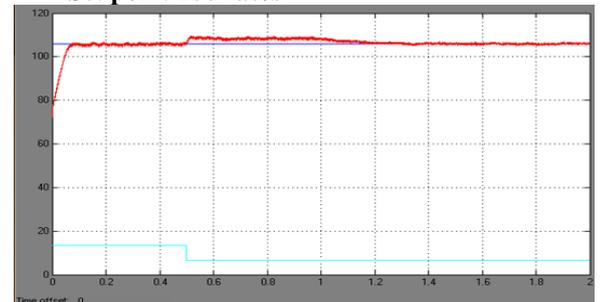
Settling Time = 1.195 s

Peak Time = 0.095 s

Delay Time = 0.05 s

Time Constant = 0.08 s

Set point 106 rad/s



Gambar 4.11 Kontrol kecepatan menggunakan PI Dengan Setpoint 106 rad/s

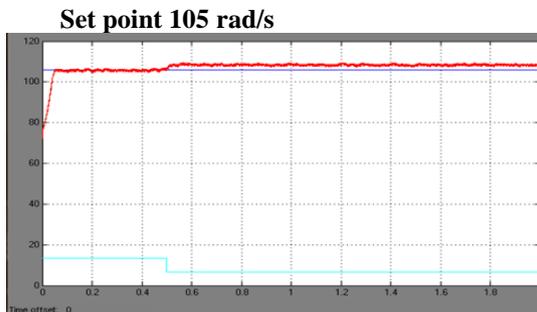
Karakteristik yang dimiliki yakni sebagai berikut :

Settling Time = 1.193 s

Peak Time = 0.08 s
 Delay Time = 0.03 s
 Time Constant = 0.06 s

106	1.193	0.58	0.08	0.06
-----	-------	------	------	------

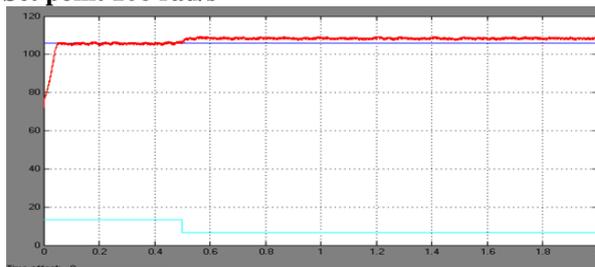
3.2 Performansi Sistem Dengan Menggunakan Kontroler PI-Fuzzy



Gambar 4.12 Kontrol kecepatan menggunakan PI-Fuzzy Dengan Setpoint 105 rad/s

Karakteristik yang dimiliki yakni sebagai berikut :
 Settling Time = 0.6 s
 Peak Time = 0.055 s
 Delay Time = 0.025 s
 Time Constant = 0.065 s

Set point 106 rad/s



Gambar 4.13 Kontrol kecepatan menggunakan PI-Fuzzy Dengan Setpoint 106 rad/s

Karakteristik yang dimiliki yakni sebagai berikut :
 Settling Time = 0.58 s
 Peak Time = 0.06 s
 Delay Time = 0.03 s
 Time Constant = 0.07 s

3.3 Perbandingan masing – masing Kontroler

Dari tabel di bawah ini dapat diketahui perbandingan indeks kinerja sistem putaran motor, dengan menggunakan kontroler PI maupun PI-Fuzzy.

Tabel 4.5 (a) Perbandingan karakteristik kontrol PI dan PI-Fuzzy

Setpoint (rad/s)	Settling time (s)		Peak time (s)	
	PI	PI-FUZZY	PI	PI-FUZZY
105	1.195	0.6	0.095	0.055

Tabel 4.5 (b) Perbandingan karakteristik kontrol PI dan PI-Fuzzy

Setpoint (rad/s)	Delay Time (s)		Time Constant (s)	
	PI	PI-FUZZY	PI	PI-FUZZY
105	0.05	0.025	0.08	0.065
106	0.03	0.03	0.06	0.07

Dari tabel di atas, dapat kita ketahui bahwa performansi dari kontrol PI-Fuzzy yang diterapkan dalam sistem ini ternyata memiliki performansi yang lebih bagus dibandingkan pada kontrol PI.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan proses perencanaan, pembuatan, dan pengujian alat serta dengan simulasi, dari data yang didapat maka dapat diambil kesimpulan: Ketika diberi setpoint sebesar 105 rpm pada kontroler PI dan PI-Fuzzy seperti pada gambar 4.10 dan gambar 4.12 diperoleh hasil karakteristiknya seperti settling time sebesar 1,195 s dan 0.6 s, sedangkan untuk nilai peak time adalah 0.095 s dan 0.055 s.

5 SARAN

Pada pengerjaan tugas akhir ini tentu tidak lepas dari berbagai macam kekurangan, baik itu pada sistem maupun pada peralatan yang telah dibuat. Dapat disarankan bahwa dalam pembuatan alat diperlukan ketelitian mengenai karakteristik dasar suatu komponen yang kadang sering terlupakan, sehingga dalam pemilihan suatu komponen dapat menghasilkan keluaran sesuai dengan yang diinginkan dan untuk pengembangan kedepan supaya hasil yang diperoleh lebih optimal, maka untuk implementasi metode Direct Torque Control perlu dibuat inverter yang mampu disupply dengan tegangan tinggi yang sesuai pada nominal motor induksi dan juga dibutuhkan processor yang memiliki frekwensi sampling tinggi.

1. suatu komponen yang kadang sering terlupakan, sehingga dalam pemilihan suatu komponen dapat menghasilkan keluaran sesuai dengan yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwi Hartanto, Thomas Wahyu. "Analisis Dan Desain System Kontrol Dengan MATLAB". Andy.Yogyakarta. 2001.
- [2] Kuswadi, son. "Kendali Cerdas". Andi. Yogyakarta. 2007.

- [3] Zuhail. "*Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*" Gramedia. Jakarta.1993.
- [4] Muhammad H. Rashid," *Power Electronics Circuits, Devices, and Applications* ", Prentice Hall, 2004 th3
- [5] Rian Putra, Mahendra, "*penggunaan pci 1710 sebagai media interface untuk implementasi metode direct torque control pada motor induksi 3 phase (hardware)*", Proyek Akhir PENS-ITS 2009.
- [6] Sharma, Shailendra. "*Mitigation of Disadvantages in Direct Torque Control of Induction Motor by Applying Fuzzy Logic*" Department of Electrical Engineering, Shri G S Institute of Technology & Science, Indore -452003, MP, INDIA.
- [7] Prasetyo, Atmajaya Eko, "*Penggunaan PCI 1710 Sebagai Media Interface Untuk Implementasi Metode Direct Torque Control Pada Motor Induksi 3 Phase (Software)*", Proyek Akhir PENS-ITS 2009.