

# PENYEARAH TERKONTROL PENGGERAK MOTOR ARUS SEARAH PADA PURWARUPA KONVEYOR

Panji Tawakal<sup>\*)</sup>, Agung Nugroho, and Mochammad Facta

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail : panjiatawakal@gmail.com

## Abstrak

Motor arus searah merupakan salah satu jenis motor yang digunakan sebagai penggerak konveyor. Pengaturan motor pada konveyor sangat diperlukan untuk mengatur laju barang yang akan dikirim. Namun, pada masa sekarang ini masih banyak pengaturan motor arus searah yang menggunakan kendali konvensional dengan proses penyearahan menggunakan autotransformator. Metode konvensional dengan menggunakan autotransformator tersebut memiliki kelemahan dalam penggunaan biaya yang mahal. Sebuah penyearah terkontrol dengan IC TCA 785 sebagai pengatur sudut pemacu *thyristor* dibuat untuk mengatasi masalah tersebut. Penyearah terkontrol dirancang untuk mengatur motor arus searah CSD80-D sebagai penggerak utama pada purwarupa konveyor. Berdasarkan hasil pengujian kerja, penyearah terkontrol mampu menggerakkan motor arus searah CSD80-D pada purwarupa konveyor. Kecepatan motor dapat divariasikan dengan cara mengatur resistor variabel pada pin 11 IC TCA 785. Kecepatan motor yang dihasilkan mencapai 274,8 Rpm dengan tegangan 22,2 Volt dan arus 1,08 Ampere pada kondisi ini juga dihasilkan efisiensi mencapai 93,62 %.

*Kata kunci : Motor Arus Searah, Konveyor, Penyearah Terkontrol*

## Abstract

DC Motor is one type of motor for driving conveyor machines. Motor driving is very important to control material handling on a conveyor. However, at the present time there are many DC Motor drives uses a conventional control by conventional rectifier fed by adjustable autotransformer. The conventional method has several weaknesses in high cost. A controlled rectifier with IC TCA 785 as thyristor trigger pulse is suggested to be made to solve the issue. Controlled rectifier is constructed for driving DC Motor CSD80-D as main prime mover for prototype of conveyor. Based on the test result of works, controlled rectifier has succeeded in driving DC motor CSD80-D. The speed of DC motor can be varied by changing variable resistor value at pin 11 IC TCA785. The speed of DC Motor CSD80-D reached 274,8 Rpm at 22,2 Volt DC output voltage and 1,08 Ampere DC output current and at this condition efficiency reached 93,62%.

*Keywords : DC Motor, Conveyor, Controlled rectifier*

### 1. Pendahuluan

*Belt conveyor* atau konveyor sabuk merupakan salah satu alat angkut *raw material* yang paling banyak digunakan di industri. Selain jarak yang bisa ditempuh cukup jauh alat ini juga mempunyai kapasitas angkut yang cukup besar. Aplikasi konveyor sabuk diantaranya adalah alat angkut pada pabrik pupuk, batu bara dan pabrik semen. Alat ini bisa mengangkut material bulk dari bongkahan yang kecil sampai ukuran sedang (misalnya batubara) [24]. Daya penggerak pada konveyor sabuk ditransmisikan kepada sabuk melalui gesekan yang terjadi antar *belt* puli penggerak yang digerakkan dengan motor listrik [26] [27].

Motor arus searah yaitu motor yang sering digunakan di dunia industri, biasanya motor arus searah ini digunakan sebagai penggerak seperti untuk menggerakkan konveyor sabuk. Hal ini dikarenakan motor arus searah memiliki keunggulan seperti torsi awal yang besar dan metode

pengontrolan putarannya sederhana. [27] Namun, pada masa sekarang ini masih banyak pengontrolan motor arus searah yang menggunakan kendali konvensional dengan cara memutar autotrafo. Seperti kita ketahui bahwa pengaturan dengan autotrafo terdapat berbagai macam kelemahan. Antara lain ditinjau dari segi ekonomis, sebuah autotrafo yang mengalami kerusakan maka untuk mendapatkan komponen atau penggantian dengan yang

baru akan mengalami kesulitan karena harganya yang cukup mahal [9].

Salah satu metode alternatif yang dapat digunakan sebagai pengontrolan motor arus searah adalah dengan menggunakan rangkaian elektronika daya seperti rangkaian Penyearah Terkontrol. Penyearah merupakan rangkaian yang mengkonversikan tegangan AC menjadi DC. Penyearah terkontrol merupakan rangkaian yang menggunakan Thyristor sebagai komponen penyearah yang dapat mengendalikan tegangan keluaran DC. Penyearah Terkontrol ini dapat digunakan sebagai penggerak dan pengatur motor arus searah.

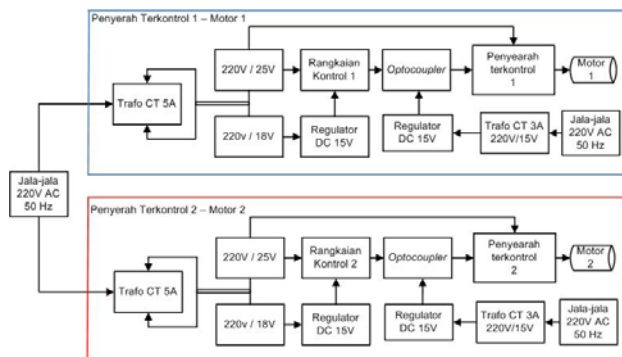
Pengaturan motor arus searah dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan cara mengatur tegangan terminal ( $V_t$ ). Pengaturan tegangan terminal pada lilitan jangkar dapat langsung digunakan untuk mengatur kecepatan pada saat pengasutan (*starting*) dan sekaligus pada saat berjalan (*running*). Pengaturan tegangan terminal ( $V_t$ ) menjadi lebih mudah dan efisien jika menggunakan peralatan elektronika daya [9].

Perancangan penelitian ini digunakan motor arus searah pada prototipe konveyor pemisah magnetik sebagai *plant* yang akan dikontrol. Pengaturan kecepatan motor arus searah dilakukan dengan mengatur sudut pemicuan Thyristor sampai batas nominal yang diinginkan.

## 2. Metode

### 2.1. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

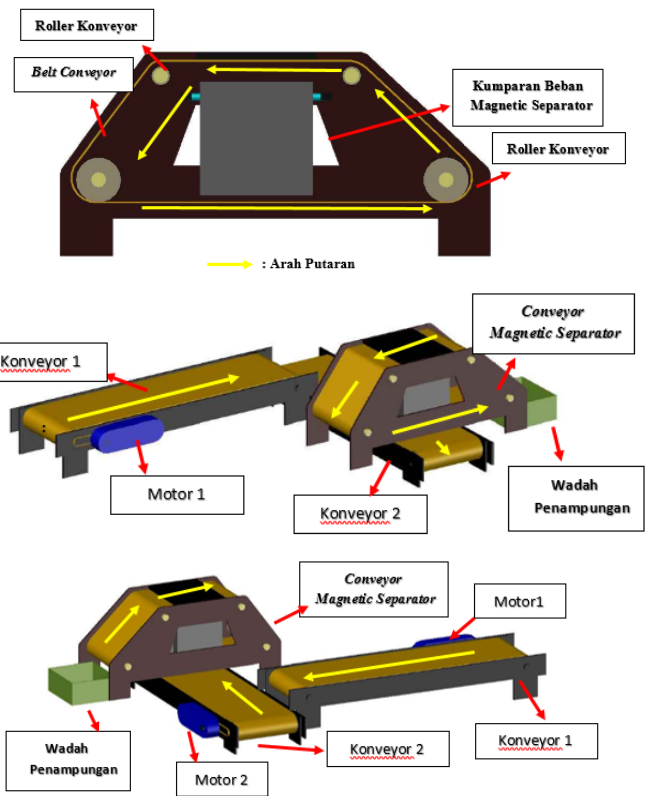
Perancangan alat pada penelitian ini terdiri dari suplai AC 1 fasa, Regulator DC, Optocoupler, Rangkaian kontrol IC TCA 785, Penyearah terkontrol dan Motor arus searah pada prototipe konveyor sebagai beban.



Gambar 1. Blok Diagram Alat

Suplai AC 1 fasa yang digunakan 25 Volt 50 Hz didapat dari tegangan jala-jala 220 Volt dengan *stepdown* menggunakan Tafo CT 220/25 Volt.

### 2.2. Prototipe Konveyor



Gambar 2. Perancangan Protoipe Konveyor

Gambar 2. menunjukkan model prototipe konveyor. *Prototype conveyor magnetic separator* digerakan oleh motor induksi 1 fasa. Prototipe konveyor 1 dan konveyor 2 akan digerakan oleh motor arus searah tipe CSD-80D dengan spesifikasi sebagai berikut :

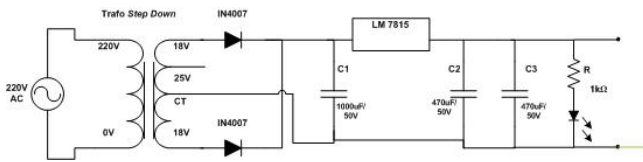
Tabel 1. Spesifikasi motor arus searah CSD-80D

Tipe	Torsi (N.m)	Kecepatan (Rpm)	$V_{rating}$	$I_{no\ load}$
CSD80-D	> 85	$\geq 90$	24	$\leq 1.5$

Penyearah Terkontrol 1 sebagai catu daya sekaligus pengendali kecepatan motor arus searah pada konveyor 1 sedangkan Penyearah terkontrol 2 sebagai catu daya sekaligus pengendali kecepatan motor arus searah pada konveyor 2.

### 2.3. Penyearah

Penyearah berfungsi sebagai pengubah sinyal bolak-balik (AC) menjadi sinyal searah (DC). Rangkaian penyearah ini digunakan sebagai suplai daya Rangkaian kontrol IC TCA 785 dan Optocoupler 4N35. Gambar x menunjukkan rangkaian penyearah:



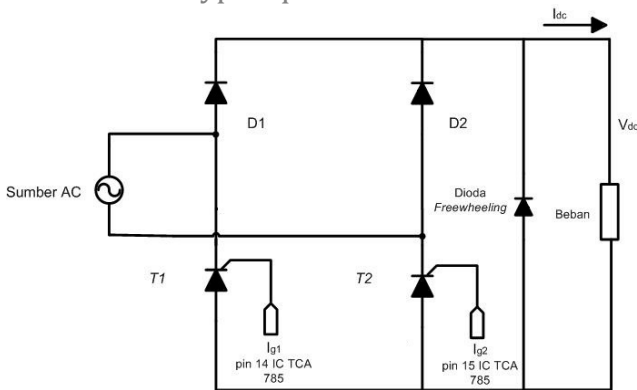
Gambar 3. Rangkaian Penyearah Kontrol

Penyearah pada penelitian ini dilengkapi dengan kapasitor sebagai filter tegangan keluaran.

#### 2.4. Penyearah Terkontrol

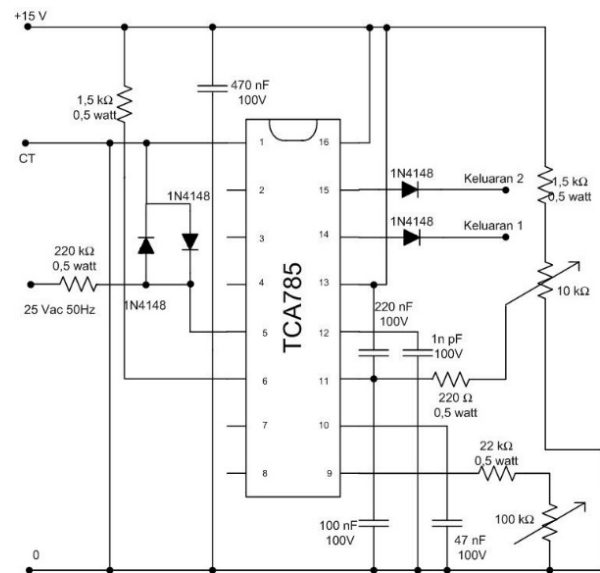
Penyearah satu fasa gelombang penuh setengah terkontrol digunakan sebagai penyedia daya DC sekaligus pengendali kecepatan untuk motor arus searah pada prototipe konveyor

Type equation here.



Gambar 4. Rangkaian Penyearah Satu Fasa Gelombang Penuh Setengah Terkontrol

- Komponen – komponen penyusun yang digunakan pada
1. Sumber AC 25 volt 50 Hz didapat dari tegangan jala-jala 220 volt dengan *stepdown* Trafo CT 220/25 volt.
  2. *Sumber DC*  
Sumber DC yang dibutuhkan untuk mensuplai Rangkaian Kontrol dan *Optocoupler* didapatkan dari rangkaian penyearah sebesar 15 V.
  3. *Thyristor*  
SCR BT151-600R memiliki kemampuan penghantar arus hingga 12 A dan kemampuan tegangan maksimal hingga 600 V. [9] Beban motor arus searah memiliki rating tegangan 24 V dan arus 1.5 A sehingga Thyristor BT151-600R dapat dioperasikan secara normal terhadap beban motor arus searah CSD80-D.
  4. *Dioda*  
Dioda yang digunakan pada penelitian ini adalah MUR 460. Dioda ini dipilih karena mempunyai sifat *Ultrafast Recovery* dimana dioda mempunyai waktu pemulihan yang sangat singkat yaitu 75 ns [19]. Dioda MUR460 memiliki kemampuan arus maksimal sebesar 4 A dan kemampuan tegangan maksimal 600 V [19].
  5. Rancangan Pengendali Fasa IC TCA785

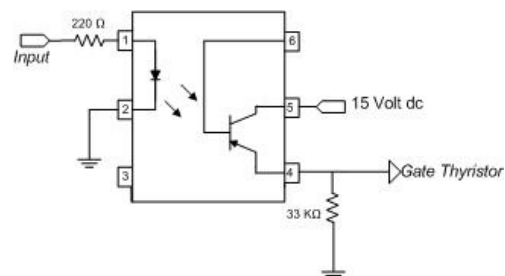


Gambar 5. Rangkaian Pengendali Fasa IC TCA 785

Sudut pemucuan sebagai pengendali fasa diperoleh dari perpotongan gelombang tegangan kontrol ( $V_{11}$ ) dan gelombang gigi gergaji ( $V_{10}$ ). [9] Ketika nilai  $V_{10}$  melebihi  $V_{11}$  komparator pada IC TCA 785 melepaskan sinyal logika berupa pulsa singkat dengan durasi 30  $\mu$ s pada pin 14 dan pin 15. [17] Sebelum dihubungkan pada *gate thyristor* untuk pemucuan, keluaran pulsa pada pin 14 dan pin 15 ini akan dihubungkan ke *optocoupler* untuk mengisolasi rangkaian daya dan rangkaian kontrol. Pengaturan sudut picu dapat divariasikan dari  $0^\circ$ - $180^\circ$  dengan cara mengatur tegangan kontrol pada pin 11 ( $V_{11}$ ). [17]

#### 6. Isolator Pulsa

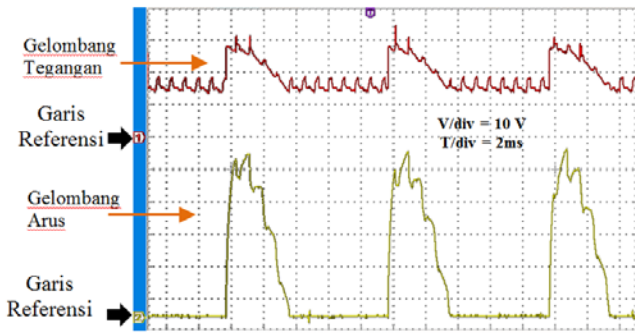
Isolator pulsa digunakan untuk memisahkan rangkaian daya dengan rangkaian kontrol. isolator pulsa yang digunakan adalah *optocoupler* 4N35 dengan wiring yang ditunjukkan pada Gambar 6.



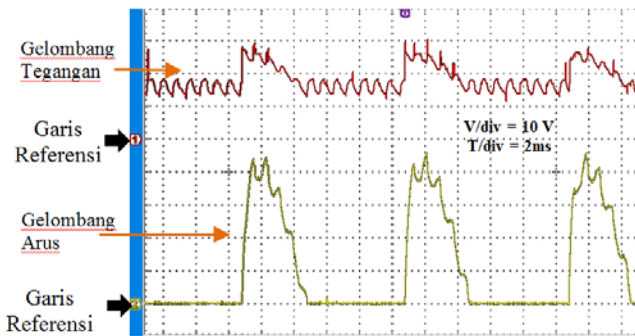
Gambar 6. Rangkaian Optocoupler 4N35

### 3. Hasil dan Analisa

Ketika penyearah terkontrol dihubungkan dengan beban motor arus searah akan menghasilkan proses *switching* yang tidak sempurna akibat adanya komponen induktif dan ggl balik yang dihasilkan oleh motor.



Gambar 7. Gelombang Tegangan dan Arus keluaran Penyearah Terkontrol 1- Motor 1 dengan  $\alpha = 90^\circ$



Gambar 8. Gelombang Tegangan dan Arus keluaran Penyearah Terkontrol 2- Motor 2 dengan  $\alpha = 90^\circ$

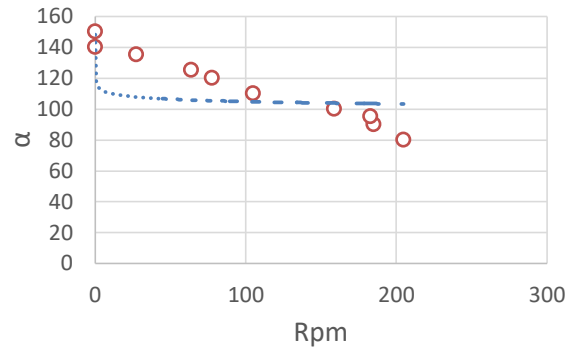
Tabel 2. Hasil Pengujian Penyearah Terkontrol 1 – Motor 1 pada sudut picu  $80^\circ - 150^\circ$

$\alpha$	Penyearah Terkontrol 1 – Motor 1					
	$V_{sAC}$	$I_{sAC}$	$V_{oDC}$	$I_{oDC}$	(Rpm)	Effisiensi (%)
80	25,3	1,39	22,9	1,2	204,9	91,34
90	25,4	1,37	20,04	1,18	185	90,37
95	25,5	1,32	20	1,17	183	90,43
100	25,7	1,29	17,9	1,15	158,7	89,59
110	26,2	1,21	13,5	1,08	105	87,35
120	26,2	1,1	9,63	0,95	77,7	84,85
125	26,42	1,04	7,9	0,92	63,7	82,60
135	26,8	0,89	3,9	0,77	27,5	73,65
140	27,08	0,64	2,4	0,54	0	71,12
150	27,38	0,13	0,73	0,1	0	79,46

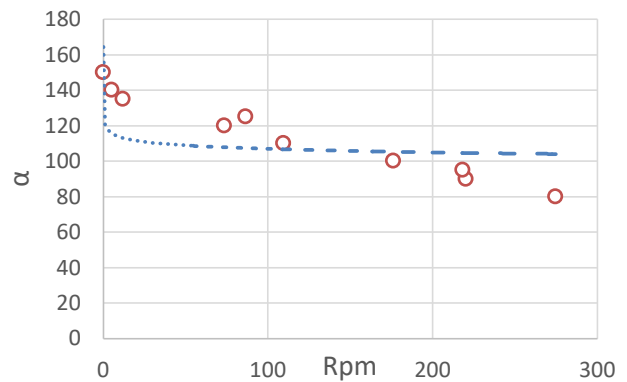
Tabel 3. Hasil Pengujian Penyearah Terkontrol 2 – Motor 2 pada sudut picu  $80^\circ - 150^\circ$

$\alpha$	Penyearah Terkontrol 2 – Motor 2					
	$V_{sAC}$	$I_{sAC}$	$V_{oDC}$	$I_{oDC}$	(Rpm)	Effisiensi (%)
80	23,5	1,23	22,2	1,08	274,8	93,62
90	23,2	1,22	19,2	0,96	220,2	93,46
95	23,8	1,21	16,8	0,92	218,3	92,88
100	24	1,18	15,3	0,89	176,2	92,47
110	24,3	1,14	10,6	0,86	109,5	89,80
120	24,9	1,08	7,9	0,82	73,6	87,32
125	25,4	1,03	6,7	0,8	86,6	85,68
135	25,39	0,84	1,46	0,74	12,1	58,48
140	25,82	0,71	1,22	0,61	5,3	58,69
150	25,9	0,41	0,56	0,22	0	63,91

Berdasarkan Tabel 2. terlihat bahwa hasil pengukuran sudah sesuai dengan teori. Karakteristik Penyearah Terkontrol yaitu sudut picu *thyristor* berbanding terbalik dengan tegangan dan arus searah keluaran [9].



Gambar 8. Pengaruh Variasi Sudut Picu  $80^\circ - 150^\circ$  Penyearah Terkontrol 1 terhadap Kecepatan Motor 1



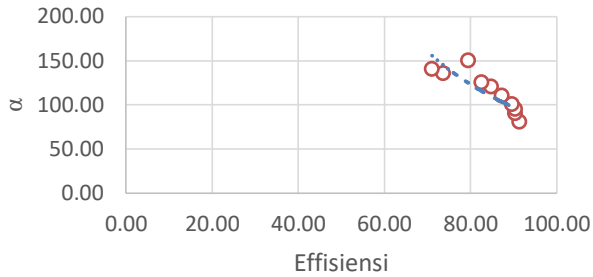
Gambar 9. Pengaruh Variasi Sudut Picu  $80^\circ - 150^\circ$  Penyearah Terkontrol 2 terhadap Kecepatan Motor 2

Penyearah Terkontrol berjalan dengan baik sebagai catu daya sekaligus pengendali kecepatan motor arus searah CSD80-D pada sudut picu  $80^\circ - 150^\circ$  dimana tegangan dan arus searah keluaran dibawah rating maksimum motor CSD80-D. Penyearah Terkontrol 1 Berhasil mengendalikan kecepatan Motor 1 dari 0 – 204,9 Rpm. Penyearah Terkontrol 2 Berhasil mengendalikan kecepatan Motor 2 dari 0 – 274,8 Rpm.

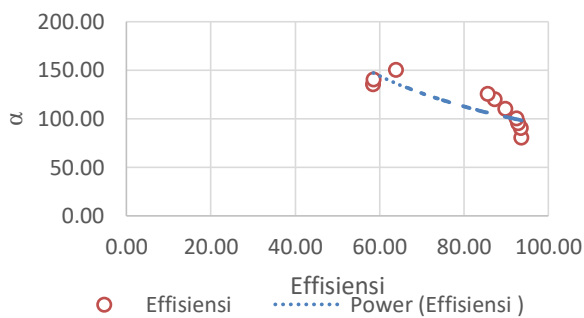
### Effisiensi

Berdasarkan Tabel 2 dapat disajikan grafik perbandingan sudut picu terhadap efisiensi dalam Gambar 11. dan Gambar 12.

Effisiensi Penyearah Terkontrol terhadap Motor CSD80-D meningkat seiring penurunan nilai sudut picu. Effisiensi terbaik mencapai nilai 93,62 % didapat pada pengujian Penyearah Terkontrol 2 – Motor 2 dengan sudut picu  $80^\circ$ .



Gambar 10. Pengaruh Variasi Sudut Picu 80° -150° Penyerah Terkontrol 1 terhadap Motor 1



Gambar 11. Pengaruh Variasi Sudut Picu 80° -150° Penyerah Terkontrol 2 terhadap Motor 2

#### 4. kesimpulan

Berdasarkan pengukuran dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

Purwarupa konveyor berhasil dibuat. Purwarupa konveyor terdiri dari konveyor 1 dan konveyor 2. Masing-masing konveyor digerakan oleh 1 motor arus searah tipe CSD80-D Penyearah Terkontrol dengan topologi penyearah gelombang penuh 1 fasa setengah terkontrol berhasil dibuat sebagai catu daya untuk menggerakan sekaligus mengendalikan kecepatan motor arus searah CSD80-D pada pengujian sudut picu Thyristor 80° – 150°. Pada pengujian sudut picu Thyristor 80° – 150° didapatkan hasil hubungan antara sudut picu ( $\alpha$ ) terhadap kecepatan putar (Rpm) adalah berbanding terbalik. Penambahan sudut picu menyebabkan putaran motor semakin lemah. Kecepatan tercepat didapat pada pengujian Penyearah Terkontrol 2 – Motor 2 dengan sudut picu 80° menghasilkan kecepatan 274,8 Rpm. Penyearah terkontrol berjalan dengan baik dengan pembebanan resistif pada sudut pemicuan Thyristor 80° – 150° didasari pada tegangan dan arus keluaran serta bentuk gelombang keluaran yang dihasilkan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.11 dan 4.12 sesuai dengan teori dan karakteristik. Pada pengujian sudut picu Thyristor 80° – 150° Penyearah terkontrol dengan pembebanan motor arus searah memiliki nilai keluaran tegangan dan arus searah yang berbanding terbalik dengan sudut picu Thyristor. Pada pengujian sudut picu Thyristor 80° – 150° didapatkan hasil sudut picu berbanding terbalik dengan efisiensi

yang dihasilkan pada Penyearah Terkontrol 1 – Motor 1 maupun Penyearah Terkontrol 2 – Motor 2. Hasil pengujian menunjukkan efisiensi paling baik bernilai 93,62 % yang didapat pada pengujian Penyearah Terkontrol 2 - Motor 2 dengan sudut picu 80°

#### Referensi

- [1]. Yon Rijono, *Dasar Teknik Tenaga Listrik*, (Yogyakarta :ANDI, 1997) Halaman 163
- [2]. Siringoringo, W. (2011). *Uji Regeneratif Dalam Menentukan Rugi-rugi dan Efisiensi Motor DC Shun*.Makalah Penelitian : Departmen Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara.
- [3]. Liklikwatil, Yakob (2014). *Mesin-mesin Listrik untuk Program D3*, (Yogyakarta : Deepublish) Halaman 42
- [4]. Zuhail. *Dasar Tenaga Listrik*. (Bandung : ITB 1991
- [5]. W. Hart, Daniel. *Power Electronics*. (New York : McGraw-Hill 2010) Halaman 65
- [6]. Dwi Surjono, Hermawan. *Elektronika :Teori dan Penerapan*. (Jember : Cerdas Ulet Kreatif 2007) Halaman 34
- [7]. Djatmiko, Istanto. *Bahan Ajar Elektronika Daya*. (Yogyakarta : PSD Teknik elektro UNY 2010) Halaman 41
- [8]. Zuhail, *Prinsip dasar elektroteknik*, (Jakarta : Gramedia 2004) Halaman 259
- [9]. Hudaya, Kharla Aji Wahyu and Warsito, Agung and Facta, Mochammad (2002) PEMBUATAN PENYEARAH TERKONTROL PENUH SATU FASA SEBAGAI PENGEMUDI MOTOR DC 3 HP. Undergraduate thesis, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip.
- [10]. Singh, M.D. 1998. *Power Electronics*, New Delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited
- [11]. Nisak, Rosidatun (2007) *Rancang Bangun Penyearah Terkendali Semikonverter Satu Fasa dengan Menggunakan IC TCA 785*. In: Seminar Penelitian S1 Jurusan Fisika FMIPA UNDIP
- [12]. Rajput. *A text Book of Electrical Machines*, (New Delhi : Laxmi Publications 2006) Halaman 300
- [13]. Datasheet IC TCA785
- [14]. Somantri, Oman. 1993. *Sistem Pengontrolan Motor di Industri*. Cet-1. Jakarta: PusatPerbukuan Depdikbud, Jakarta
- [15]. Sivanagaraju. *Power Semiconductor Drives*. (New Delhi : PHI Learning 2009)
- [16]. Wikipedia.org . *Rectifier efficiency*
- [17]. Bakhsi, U.A. 2009. *Power Devices and Machines*. (New Delhi : Technical Publications Pune)
- [18]. Purnomo, Anggun and Sukmadi, Tejo and Facta Mochammad (2015) PERBANDINGAN PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI SATU FASA MENGGUNAKAN VARIAC DAN KONVERTER AC -AC KONTROL SUDUT FASA BERBASIS IC TCA 785. Undergraduate thesis, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip.
- [19]. Basso, Christophe. *Switch Mode Power Supply*. Mc Graw-hill 2014
- [20]. Vcc2gnd.com/sku/UF5408 (diakses pada tanggal 14 Agustus 2016)
- [21]. D. Gustavo. 2012. *Guide to FPGA Implementation of Arithmetic Functions*. (New York : Springer)

- [22]. <http://lang8088.blogspot.co.id/2014/12/mengenal-perbedaan-resistor-pull-up.html> (diakses pada tanggal 14 agustus 2016)
- [23]. Datasheet MUR 460
- [24]. Rizky Saputra, Aidil (2014) ANALISA PENGGUNAAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA PADA BELT CONVEYOR 5857-V DI QUADRANT SHIP LOADER 2 PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG. Other thesis, Politeknik Negeri Sriwijaya. Item availability restricted.
- [25]. Datasheet BT151-600R
- [26]. Depari, Prianto (2010) Studi Pengaruh Ukuran Butir Dan Tingkat Kelembaban Pasir Terhadap Performansi Belt Conveyor Pada Pabrik Pembuatan Tiang Beton. Undergraduate thesis, Universitas Sumatera Utara. Item availability restricted.
- [27]. ARDIANSYAH, Irvan (2012) *RANCANG BANGUN PENGENDALI KECEPATAN MOTOR DC 0,75 KW 160 VOLT DENGAN KONTROLER PID ANALOG*. S1 thesis, Universitas Pendidikan Indonesia.
- [28]. Husodo, Budi Yanto. Elektronika Daya. (Bengkulu : Pusat Pengembangan Bahan Ajar UMB).