

KONVERTER AC-AC TIGA FASE METODE KONTROL SUDUT FASE MENGGUNAKAN TRIAC DAN IC TCA 785 SEBAGAI PENGATUR TEGANGAN PADA *SOFT-STARTING* MOTOR INDUKSI TIGA FASE

Deny Fajar Pamungkas^{*)}, Trias Andromeda, and Mochammad Facta

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

^{*)}E-mail: fp_deny@yahoo.com

Abstrak

Motor induksi dalam dunia industri semakin banyak digunakan karena ketahanan yang tinggi, keandalan, efisiensi, dan biaya perawatannya yang murah. Motor induksi memiliki nilai arus awal yang besar saat pengasutan (*starting*), hal itu menjadi permasalahan dalam penggunaan motor induksi. Arus *starting* yang besar dapat dikurangi dengan mengatur tegangan masukan ke motor secara bertahap. Penelitian ini merancang sebuah konverter AC – AC tiga fase dengan metode kontrol sudut fase menggunakan TRIAC dan IC TCA 785. Rangkaian optoisolator sebagai isolasi ditambahkan pada penelitian ini untuk membuat rangkaian kontrol tetap aman dari gangguan apapun pada rangkaian daya. Penelitian ini menghasilkan konverter AC-AC tiga fase yang mampu mengatur tegangan dari 230 V_{L-N} hingga 0 V dengan pengaturan sudut fase dari 0° sampai 180°. Penggunaan konverter AC-AC untuk *soft-starting* motor sebagai metode mengurangi lonjakan arus *starting* telah berhasil. Arus terbesar yang dihasilkan pada pengujian *soft-starting* motor induksi tiga fase 0,5 HP tanpa beban adalah 0,72 A sedangkan arus saat DOL adalah 1,54 A dan pada motor induksi tiga fase 1 HP tanpa beban adalah 1,66 A sedangkan arus saat DOL adalah 1,94 A. Pembebanan pada motor induksi menyebabkan saat proses pengasutan nilai arus meningkat dan kecepatan putar motor menurun.

Kata kunci: Konverter AC-AC, Soft-starting, IC TCA 785

Abstract

Induction motor in the industry is widely used due to its high resilience, reliability, efficiency, and cheap for treatment. However induction motor has large magnitude of the initial current during starting and it become a problem in the use of the induction motor. Large starting currents can be reduced by adjusting the input voltage to the motor gradually. This study is to design a AC - AC three-phase converters with phase angle control method using a TRIAC and IC TCA 785. Optoisolator circuit as an insulation was added on this research to make control circuit remained safe from any interference at the power circuit. This AC-AC converters made in this work, it was able to be set to produce three-phase voltage from 230 V_{L-N} up to 0 V by setting the phase angle of 0° to 180°. The use of AC-AC converter for *soft-starting* motor as a method to reduce the starting current has worked successfully. The largest current resulted by the proposed *soft-starting* for 0.5 HP three-phase induction motor 0,5 at no load was 0,72 A. The largest current in *soft-starting* for 1 HP three phase induction motor at no load was 1,66 A. Loading on induction motor caused the starting current increased and it also decreased the motor speed.

Keywords: AC-AC converter, Soft-starting, IC TCA 785

1. Pendahuluan

Motor dalam dunia industri merupakan alat yang sangat diperlukan untuk menggerakkan berbagai peralatan. Besarnya arus awal (*starting*) menjadi permasalahan dalam pengoperasian motor induksi 3 fase.

Arus *starting* yang besar dapat dikurangi dengan mengatur kecepatan putar secara bertahap (*soft-starting*)

sampai mencapai kecepatan nominalnya[6]. *Soft-starting* motor induksi tiga fase dapat dilakukan dengan dengan mengatur tegangan masukannya.

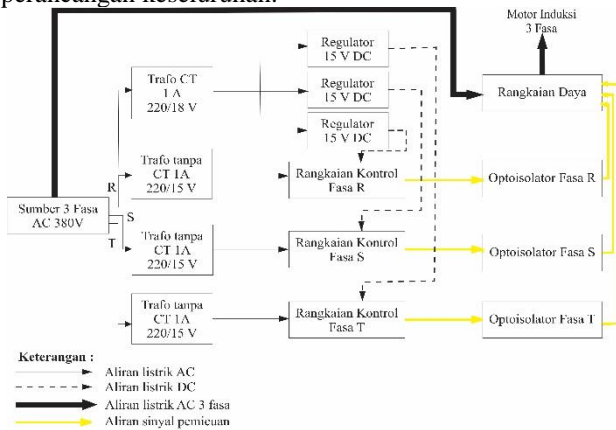
Penelitian sebelumnya[1][2] pengaturan besar tegangan menggunakan dua buah thyristor yang dipasang berbeda arah yang membutuhkan banyak komponen pendukung. Tidak adanya isolasi antara rangkaian kontrol dengan rangkaian daya[3]. Pendektesian *zero crossing* dibutuhkan

rangkaian tambahan *zero crossing detector*[4]. Penelitian lainnya[5], pembahasan hanya pada motor satu fase.

Penelitian ini akan membahas pembuatan konverter AC – AC tiga fase dengan metode kontrol sudut fase untuk mengatur tegangan masukan pada *soft-starting* motor induksi tiga fase. Konverter ini menggunakan TRIAC yang komponennya lebih sedikit dan lebih murah. Rangkaian penyulut (*trigger*) menggunakan IC TCA 785 yang sudah terdapat *zero crossing detector*. Rangkaian isolasi berupa *optoisolator* ditambahkan sebagai pengamanan rangkaian kontrol

2. Metode

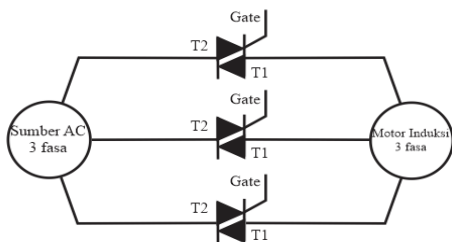
Perancangan konverter AC-AC 3 fase dengan metode kontrol sudut fase menggunakan IC TCA 785 ini tersusun dari beberapa blok utama yaitu sumber tegangan arus bolak-balik atau *alternate current* (AC) dan sumber tegangan arus searah atau *direct current* (DC), rangkaian kontrol pemicuan dengan IC TCA 785, rangkaian isolasi *optoisolator*, rangkaian daya *triode alternating current switch* (TRIAC), dan beban berupa motor induksi tiga fase. Gambar 1. Merupakan gambar blok diagram perancangan keseluruhan.



Gambar 1. Blok diagram perancangan alat secara keseluruhan

2.1. Perancangan Blok Rangkaian Daya

Jenis pengontrolan yang dipakai pada perancangan blok rangkaian daya adalah konverter AC-AC tiga fase pengatur tegangan dengan kontrol sudut fase gelombang penuh.



Gambar 2. Skema rangkaian daya.

2.2. Motor Induksi Tiga Fase

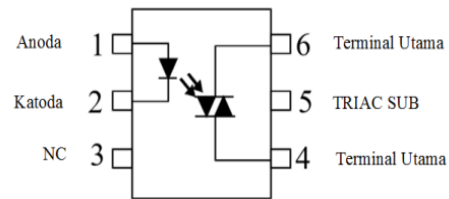
Motor induksi 3 fase yang digunakan dalam pengujian ada dua jenis, yaitu motor induksi 3 fase 0,5 HP / 0,37 KW merk Branco dan motor induksi 3 fase 1 HP / 0,75 KW merk Techo yang terkopel dengan generator DC 1/3 HP / 125V.

2.3. TRIAC

Fungsi TRIAC pada konverter AC-AC 3 fase dengan metode kontrol sudut fase menggunakan IC TCA ini yaitu sebagai pengontrol tegangan AC yang masuk ke motor induksi tiga fase[7]. TRIAC yang digunakan pada Penelitian ini adalah TRIAC BT-138 600E yang biasa diaplikasikan untuk kontrol motor[9].

2.4. Rangkaian Isolasi dengan Optoisolator

Rangkaian isolasi dibutuhkan untuk memisahkan antara rangkaian daya dengan rangkaian kontrol. *Optoisolator* yang digunakan adalah *optoisolator* yang tidak terintegrasi dengan *zero crossing detector*[10], biasanya digunakan pada TRIAC yang difungsikan sebagai pengendali tegangan, yaitu MOC 3021.



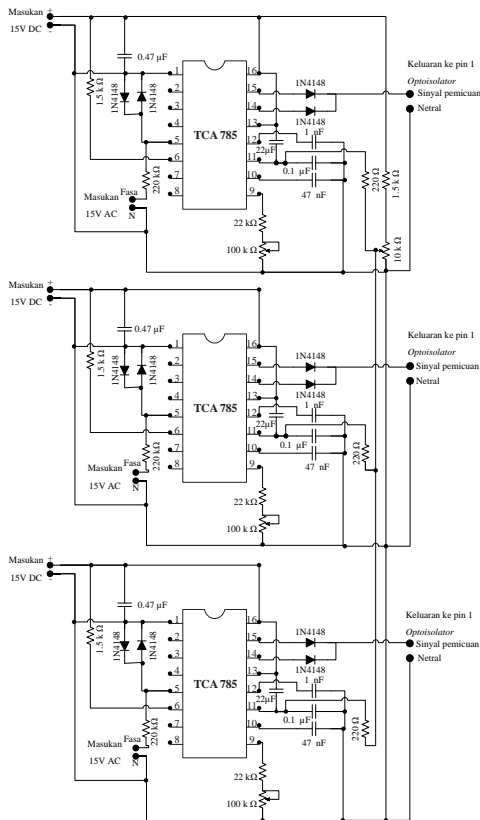
Gambar 3. Skematik MOC 3021[11].

2.5. Rangkaian Pengontrolan IC TCA 785

Rangkaian kontrol IC TCA 785 keseluruhan terdiri dari tiga buah rangkaian kontrol yang masing-masing rangkaiannya mengendalikan sudut fase R, sudut fase S, dan sudut fase T, hal ini dilakukan karena sudut fasor dari masing-masing fase berbeda 120°.

Sumber tegangan yang digunakan pada IC TCA 785 ada dua, yaitu sumber tegangan 15 V_{DC} untuk sumber tegangan utama IC dan sumber tegangan 15 V_{AC} untuk sinkronisasi tegangan[12].

Pengontrolan tegangan dilakukan dengan mengatur sudut pemicuan IC TCA 785[8]. Potensiometer diparalel pada masing-masing pin 11 IC TCA 785 untuk mendapatkan pengaturan sudut pemicuan yang serempak.

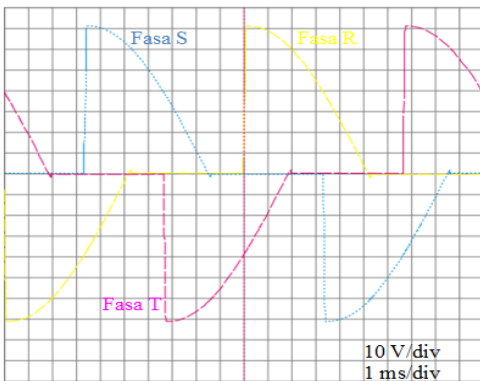


Gambar 4. Rangkaian kontrol IC TCA 3 fase

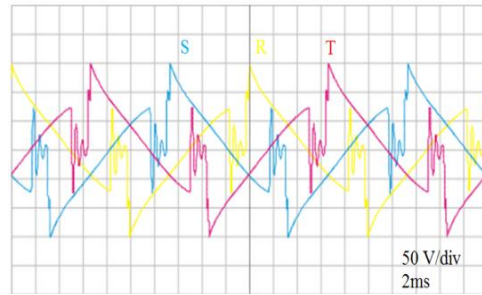
2.6. Simulasi dengan ISIS Proteus 8

Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan *software* ISIS Proteus 8.0. *Software* ini dipilih karena pada *software* tersebut sudah terdapat IC TCA 785

Simulasi dengan *software* ISIS Proteus dilakukan untuk mengetahui kinerja dari rangkaian keseluruhan untuk mengontrol tegangan AC 3 fase. Rangkaian simulasi keseluruhan dimana TRIAC Q5010L5 ($I_{t(rms)}=10A$, $V_{drm}=500V$) digunakan sebagai pengganti TRIAC BT-138 dikarenakan pada *software* ISIS Proteus tidak ada TRIAC BT-138 ($I_{t(rms)}=12A, V_{drm}=600V$).

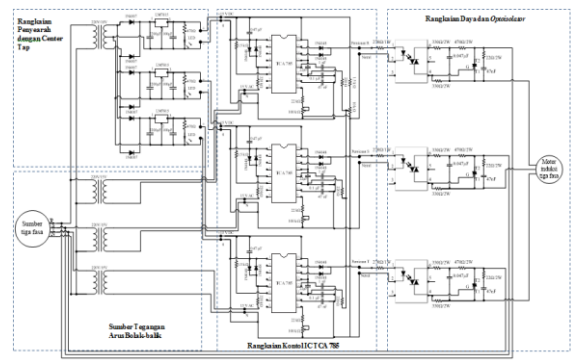


Gambar 5. Hasil simulasi beban resistif



Gambar 6. Hasil simulasi beban R-L

2.7. Rangkaian Keseluruhan Perangkat Keras



Gambar 7. Rangkaian Keseluruhan Perangkat Keras

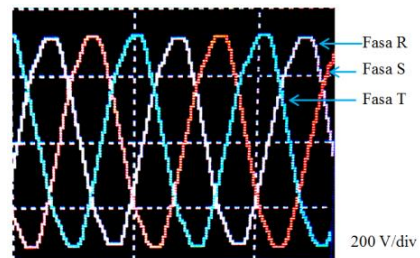
3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengambilan Data Bentuk Gelombang

Pengambilan bentuk gelombang dimaksudkan untuk melihat apakah rangkaian yang dibuat sudah sesuai dengan perancangan.

3.1.1. Pengujian Sumber Tegangan 3 fase Jala-jala PLN

Sumber tegangan yang digunakan pada Penelitian ini yaitu tegangan tiga fase yang berasal dari jala- jala PLN.



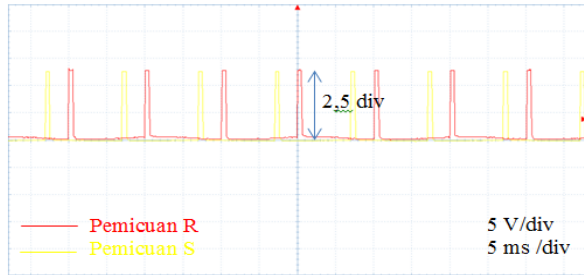
Gambar 8. Bentuk gelombang sumber tiga fase

Tabel 1. Hasil pengujian sumber tiga fase

fase	Tegangan (volt)	Tegangan puncak (volt)	Frekuensi (Hz)	$[V^\circ]$
R	228,3	319,2	50,07	0,0
S	231,8	326,9	50,07	-119,4
T	230,4	323,0	50,07	119,2

3.1.2. Pengujian Gelombang Pemicuan IC TCA

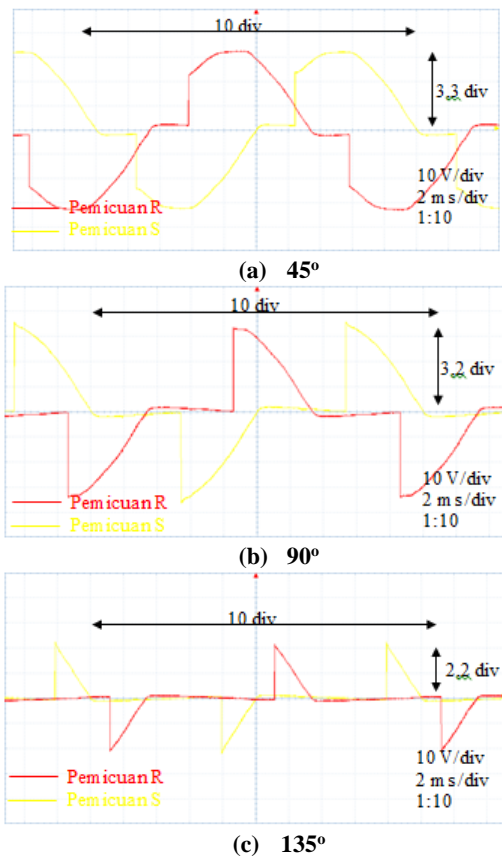
Gelombang pemicuan ini diperoleh pada gabungan keluaran pin 14 dan 15 IC TCA. Gelombang pemicuan ini digunakan untuk memicu TRIAC melalui *optoisolator* MOC 3021.



Gambar 9. Gelombang keluaran pemicuan IC TCA 785 fase R dan fase S.

3.1.3. Pengujian Gelombang Hasil Pengontrolan Dengan Konverter AC – AC Tiga Fase

Sudut pemicuan sebesar α diterapkan sehingga dihasilkan suatu gelombang sinusoidal yang terpotong sepanjang $0^\circ - \alpha$ untuk siklus positif dan $180^\circ - (180^\circ + \alpha)$ untuk siklus negatif.



Gambar 10. Hasil gelombang pemicuan

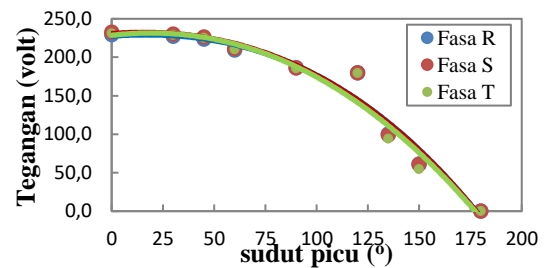
3.2. Pengujian dan Analisis

3.2.1. Pengujian Pengontrolan Tegangan dengan Konverter AC-AC

Pengujian konverter AC-AC tiga fase dilakukan untuk melihat hasil pengontrolan tegangan dari sumber tiga fase. Pada pengujian ini 3 buah beban resistif yang bernilai sama digunakan sebagai beban agar TRIAC dapat terpicu.

Tabel 2. Hasil pengujian konverter AC-AC tiga fase.

α ($^\circ$)	Tegangan <i>line to neutral</i> keluaran konverter AC-AC (volt)		
	R	S	T
0	229,2	232,6	230,9
30	227,4	230,1	229,1
45	223,6	226,2	225,3
60	209,5	211,6	210,3
90	186,6	185,9	185,5
120	179,9	179,9	179,6
135	100,2	99,0	94,2
150	61,2	60,9	54,6
180	0	0	0



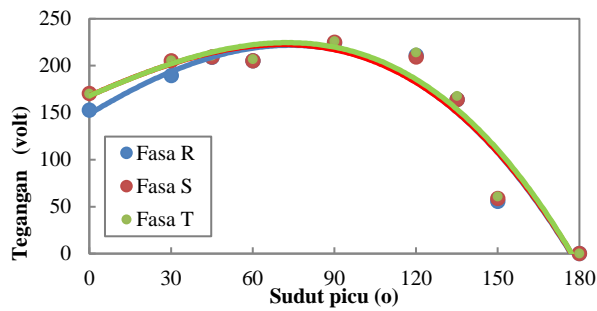
Gambar 11. Grafik hubungan α -V beban resistif.

3.2.2. Pengasutan Soft-Starting menggunakan Konverter AC-AC pada Motor Induksi Tiga fase 0,5 HP Tanpa Beban

Rangkaian konverter AC – AC dengan metode kontrol sudut fase pada pengujian ini berfungsi untuk mengatur besar tegangan yang masuk ke motor induksi tiga fase. Tegangan sinusoidal dilewatkan melalui TRIAC kemudian dipicu dengan sudut fase atau sudut pemicuan tertentu oleh rangkaian pemicuan yang menggunakan IC TCA 785.

Tabel 3. Data hasil pengujian tegangan pada motor induksi tiga fase 0,5 HP tanpa beban.

α ($^\circ$)	Tegangan <i>line to neutral</i> (volt)		
	Fase R	Fase S	Fase T
180	0	0	0
150	55,7	58,8	60,9
135	164,1	164,0	167,8
120	211,0	209,4	214,2
90	224,4	225,1	226,2
60	205,3	205,3	206,9
45	209,0	209,4	210,6
30	189,7	205,2	205,6
0	152,9	170,5	170,2

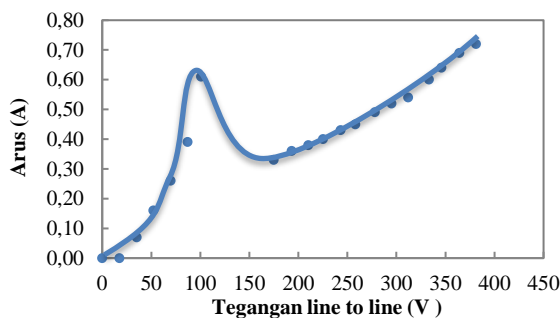


Gambar 12. Grafik hubungan α -V beban motor induksi

sudut pemucuan tidak benar-benar memotong gelombang sinus sepanjang $0^\circ - \alpha$ untuk siklus positif dan $180^\circ - (180^\circ + \alpha)$. Hal ini dikarenakan adanya tegangan balik dari motor induksi tiga fase yang merupakan beban induktif. Tegangan dalam rentang sudut ini (0° sampai 90°) mudah mengalami deviasi ketika motor induksi berbeban bahkan ketika dia memikul beban rotornya sendiri. Kontrol tegangan efektif untuk motor induksi tiga fase dengan hubung bintang adalah $\alpha > 90^\circ$ [9], sehingga untuk sudut pemucuan konverter AC-AC tiga fase yang digunakan pada metode *soft-starting* motor induksi 3 fase dimulai dari sudut 180° sampai 90° .

Tabel 4. Hasil pengujian *soft-starting* motor 0,5 HP

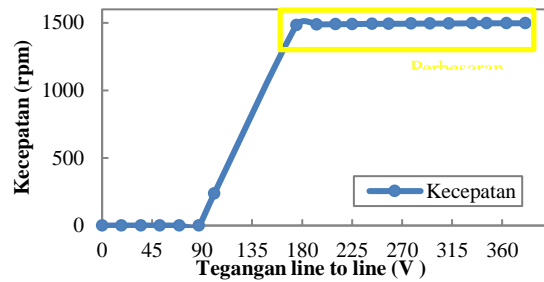
Range Tegangan (V _{LL})	Tegangan (V _{LL})	Arus (A)	Kecepatan (rpm)	PF	P(Watt)
0	0	0	0	1	0,00
10	17	0	0	1	0,00
20	35	0,07	0	1	2,45
30	52	0,16	0	1	8,32
40	69	0,26	0	1	18,10
50	87	0,39	0	0,99	33,59
60	101	0,61	236	0,99	59,09
100	175	0,33	1484	0,98	56,59
110	193	0,36	1488	0,98	68,09
120	210	0,38	1490	0,95	75,81
130	225	0,40	1491	0,94	84,60
140	243	0,43	1493	0,94	98,22
150	258	0,45	1493	0,9	104,49
160	278	0,49	1494	0,88	119,87
170	295	0,52	1495	0,85	130,39
180	312	0,54	1495	0,82	138,15
190	333	0,60	1497	0,8	159,84
200	346	0,64	1497	0,76	168,29
210	364	0,69	1497	0,66	165,77
220	381	0,72	1497	0,54	148,13



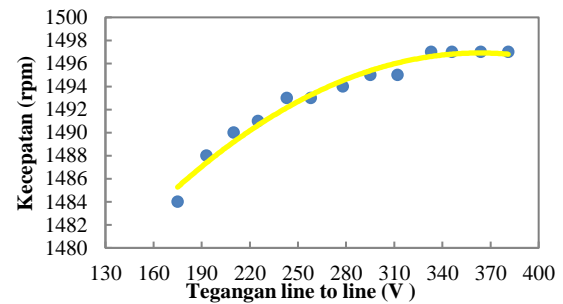
Gambar 13. Grafik hubungan V-I motor 0,5HP

Grafik hubungan diatas menunjukkan bahwa besar arus naik sampai pada tegangan 100 V lalu turun derastis pada tegangan 175 V dan kembali naik perlahan-lahan sesuai kenaikan tegangan, hal ini disebabkan karena ada perubahan kondisi untuk mengatasi momen inersia diam (torsi diam) ke torsi bergerak.

Perubahan arus sebanding dengan perubahan tegangan, sehingga dengan memberikan tegangan secara bertahap maka arus *starting* yang terjadi tidak langsung melonjak sebesar 3-5 kali arus nominal seperti pada rangkaian DOL yang terukur sebesar 1,54 A.

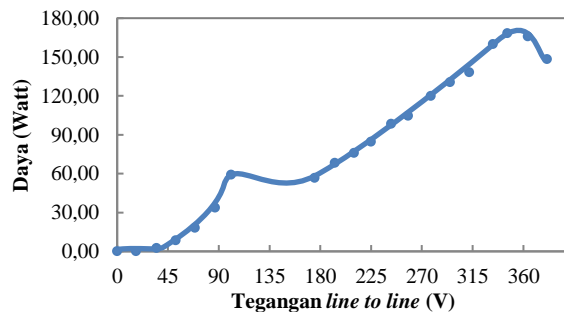


Gambar 14. Grafik hubungan V-n motor 0,5HP



Gambar 15. Perbesaran grafik hubungan V-n motor 0,5HP

Kecepatan putar motor induksi saat mendekati kecepatan nominal akan naik secara perlahan bersamaan dengan naiknya nilai tegangan masukan yang diberikan.



Gambar 16. Grafik hubungan V-P motor 0,5HP

Penurunan nilai daya pada tegangan *line to line* senilai 380 volt dikarenakan pada tegangan tersebut motor sudah

mencapai batas maksimum dari tegangan kerjanya sehingga terjadi gejala saturasi daya.

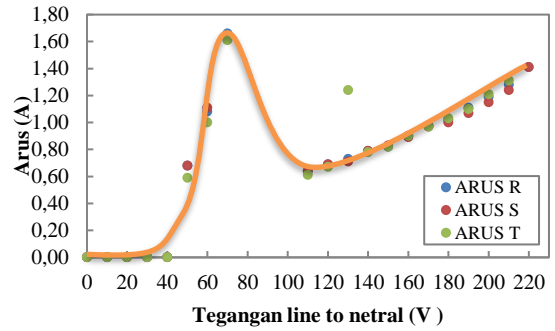
3.2.3. Pengasutan Soft-Starting menggunakan Konverter

AC-AC pada Motor Induksi Tiga fase 1 HP Tanpa Beban Motor induksi tiga fase dengan tenaga sebesar satu tenaga kuda atau HorsePower (HP) yang digunakan pada pengujian ini sudah terkopel dengan generator DC, akan tetapi dalam pengujian kali ini generator tidak diberi catu daya dan beban, sehingga dapat diambil data nilai tegangan, arus, daya, dan kecepatan putar motor induksi saat kondisi tanpa beban.

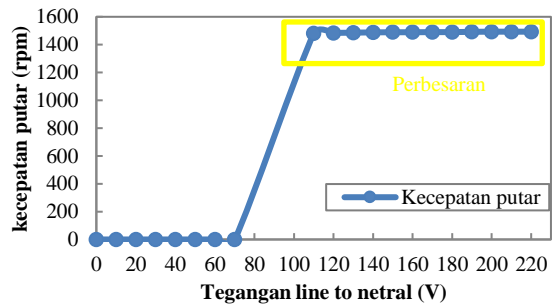
Tabel 5. Hasil pengujian konverter AC- AC pada soft-starting motor 1 HP tanpa beban

Tegangan			P (Watt)	Arus (A)			Kecepatan putar (rpm)
R-N	S-N	T-N		R-N	S-N	T-N	
0	0	0	0,00	0	0	0	0
10,4	10,3	12,7	0,00	0	0	0	0
20,0	20,6	20,2	0,00	0	0	0	0
30,9	30,8	30,4	0,00	0	0	0	0
40,8	40,3	40,8	0,00	0	0	0	0
50,6	50,5	50,4	24,23	0,68	0,68	0,59	0
60,8	60,8	60,7	60,12	1,08	1,11	1	0
70,6	72,5	68,6	140,53	1,66	1,62	1,61	0
110,0	110,5	109,9	65,57	0,64	0,64	0,61	1480
120,5	120,8	120,3	72,12	0,69	0,69	0,67	1484
130,3	130,4	130,1	92,19	0,73	0,71	1,24	1486
140,8	140,5	140,3	82,17	0,79	0,79	0,78	1488
150,0	150,4	150,3	86,84	0,82	0,83	0,82	1489
160,3	160,9	160,8	93,91	0,9	0,89	0,9	1489
170,1	170,8	170,6	106,88	0,98	0,97	0,97	1490
180,0	180,8	180,6	108,55	1,02	1	1,03	1490
190,5	191,3	190,8	118,91	1,11	1,07	1,1	1492
200,3	200,8	200,7	131,85	1,19	1,15	1,21	1493
209,5	210,8	210,2	121,46	1,28	1,24	1,31	1493
220,1	222,4	221,2	140,94	1,41	1,41	1,5	1493

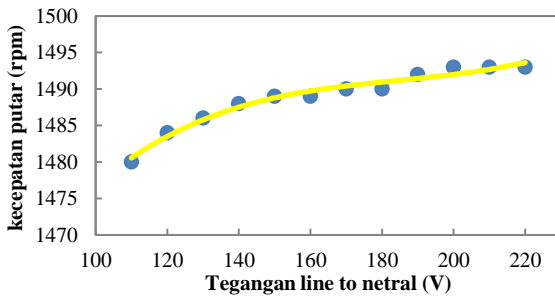
Tabel 4. menunjukkan arus yang diserap oleh motor terlihat semakin besar saat tegangan yang diberikan juga diperbesar. Kenaikan dan penurunan arus dari interval 70 volt dikarenakan saat *starting* dimulai motor menyerap arus yang besar untuk berakselerasi dan saat tegangan mencapai nilai 110 volt motor sudah berputar hampir mendekati putaran nominalnya. Kenaikan arus ini masih dapat ditolerir karena kenaikan arus terbesar yang bernilai 1,66 A masih dibawah nilai arus motor saat DOL yang terukur sebesar 1,94 A.



Gambar 17. Grafik hubungan V-I motor 1 HP

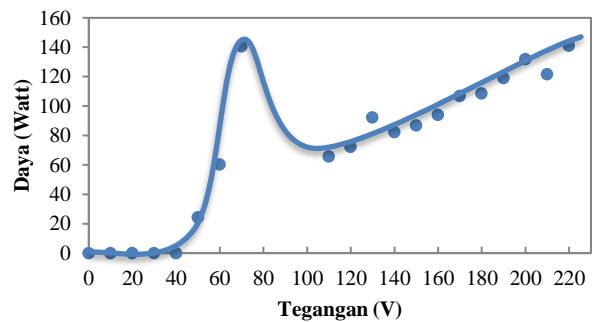


Gambar 18. Grafik hubungan V-n motor 1 HP



Gambar 19. Perbesaran grafik hubungan V-n motor 1 HP

Kecepatan putar motor terlihat semakin besar saat tegangan yang dimasukkan ke stator semakin diperbesar. Kecepatan putar motor saat kondisi tanpa beban dapat mencapai nilai 1493 rpm pada tegangan 200 volt.



Gambar 20. Grafik hubungan V-P motor 1 HP

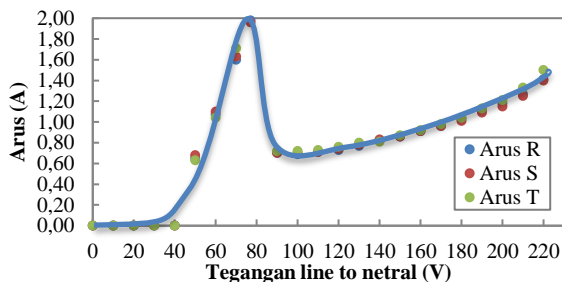
Pada interval tegangan 70 sampai 100 volt sempat terjadi penurunan nilai daya, hal ini dikarenakan adanya perubahan kondisi dari motor diam ke bergerak.

3.2.4. Pengasutan Soft-Starting menggunakan Konverter AC-AC pada Motor Induksi Tiga fase 1 HP Berbeban

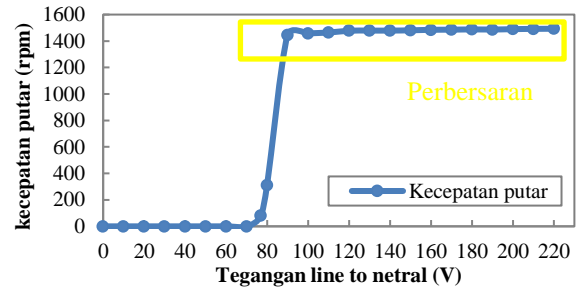
Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh pembebanan pada *soft-starting* motor induksi tiga fase 1 HP menggunakan konverter AC-AC yang telah dibuat. Pembebanan dilakukan dengan memberikan sumber tegangan DC untuk penguatan pada generator DC dan memberikan beban berupa lampu pijar 60 Watt pada keluaran generator DC.

Tabel 6. Hasil pengujian motor induksi 1 HP berbeban

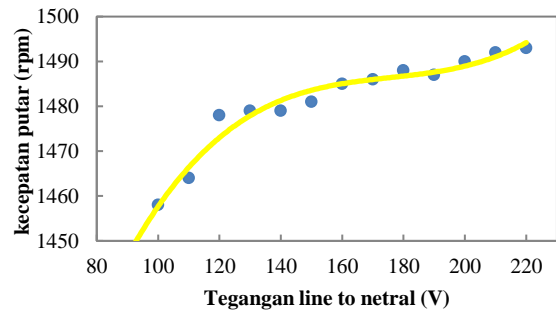
Tegangan			Arus (A)			P (Watt)	Kecepatan (rpm)
R-N	S-N	T-N	R-N	S-N	T-N		
0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
10,1	10,4	10,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
20,1	20,3	20,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
30,1	30,6	30,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
40,7	40,9	40,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
50,8	50,8	49,9	0,65	0,68	0,63	24,94	0,0
61,2	60,3	59,5	1,07	1,10	1,04	62,00	0,0
70,5	72,3	70,7	1,60	1,63	1,71	144,62	0,0
77,1	77,6	79,0	1,98	1,96	2,01	214,31	80,6
80,1	80,3	80,9	2,10	2,08	2,07	254,37	309,8
91,9	92,1	93,2	0,70	0,70	0,72	105,37	1446,0
100,9	102,1	102,9	0,69	0,70	0,72	105,91	1458,0
110,2	110,1	111,7	0,71	0,71	0,73	109,29	1464,0
120,9	120,8	121,8	0,73	0,74	0,76	102,89	1478,0
130,6	130,7	131,9	0,77	0,78	0,80	117,51	1479,0
140,2	140,5	140,6	0,82	0,83	0,81	121,98	1479,0
150,4	150,3	150,9	0,86	0,86	0,87	127,33	1481,0
160,0	160,7	160,8	0,91	0,91	0,92	134,85	1485,0
170,0	170,3	170,5	0,96	0,96	0,98	145,17	1486,0
180,0	180,9	181,0	1,03	1,01	1,04	150,34	1488,0
191,1	191,7	191,6	1,12	1,09	1,13	150,15	1487,0
200,0	200,9	200,9	1,18	1,15	1,21	170,01	1490,0
209,8	211,1	211,0	1,27	1,25	1,33	184,24	1492,0
220,0	221,9	221,5	1,41	1,40	1,50	205,17	1493,0



Gambar 21. Grafik hubungan V-I 1HP berbeban



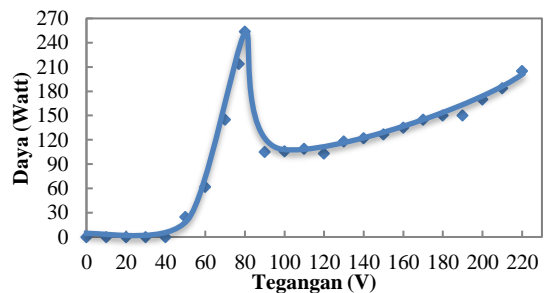
Gambar 22. Grafik hubungan V-n 1HP berbeban



Gambar 23 Grafik hubungan V-n 1HP berbeban.

Perubahan kenaikan dan penurunan arus terjadi karena motor dari kondisi diam mulai berakselerasi sampai putaran 309,8 rpm sehingga arus yang diserap motor naik. Kenaikan arus yang terjadi masih dapat ditolerir karena kenaikan arus terbesar yang bernilai 2,12 A masih dibawah nilai arus DOL yang terukur sebesar 2,46 A.

Kenaikan kecepatan terjadi pada interval tegangan 90 volt sampai 220 volt, hal ini dikarenakan kontrol tegangan tidak banyak memberikan pengaruh perubahan kecepatan ketika motor telah mendekati kecepatan nominalnya.



Gambar 24 Grafik hubungan V-P 1 HP berbeban.

Perubahan kenaikan dan penurunan pada interval tegangan 90 sampai 110 volt dikarenakan motor menyerap daya yang lebih besar untuk menggerakkan rotor motor dari diam untuk berputar.

3.2.5. Perbandingan Pengasutan Soft-Starting pada Motor Induksi Tiga fase 1 HP Tanpa Beban dan Berbeban

Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh pembebanan motor pada *soft-starting* motor induksi tiga fase,

Tabel 7. Perbandingan pengujian motor tanpa beban dan berbeban

Range V _{L-N}	Tanpa Beban				Berbeban			
	I _r (A)	I _s (A)	I _r (A)	n(rpm)	I _r (A)	I _s (A)	I _r (A)	n(rpm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0,68	0,68	0,59	0	0,65	0,68	0,63	0
60	1,08	1,11	1	0	1,07	1,10	1,04	0
70	1,66	1,62	1,61	0	1,60	1,63	1,71	0
77	-	-	-	-	1,98	1,96	2,01	80,6
80	-	-	-	-	2,10	2,08	2,07	309,8
90	-	-	-	-	0,70	0,70	0,72	1446
100	-	-	-	-	0,69	0,70	0,72	1458
110	0,64	0,64	0,61	1480	0,71	0,71	0,73	1464
120	0,69	0,69	0,67	1484	0,73	0,74	0,76	1478
130	0,73	0,71	1,24	1486	0,77	0,78	0,80	1479
140	0,79	0,79	0,78	1488	0,82	0,83	0,81	1479
150	0,82	0,83	0,82	1489	0,86	0,86	0,87	1481
160	0,9	0,89	0,9	1489	0,91	0,91	0,92	1485
170	0,98	0,97	0,97	1490	0,96	0,96	0,98	1486
180	1,02	1	1,03	1490	1,03	1,01	1,04	1488
190	1,11	1,07	1,1	1492	1,12	1,09	1,13	1487
200	1,19	1,15	1,21	1493	1,18	1,15	1,21	1490
210	1,28	1,24	1,31	1493	1,27	1,25	1,33	1492
220	1,41	1,41	1,5	1493	1,41	1,40	1,50	1493

nilai arus terbesar pada kondisi berbeban (2,12 A) lebih besar dari nilai arus terbesar saat kondisi tanpa beban (1,66 A) dan rata-rata nilai arus saat kondisi berbeban lebih besar dari kondisi saat tanpa beban, pembebanan menyebabkan arus *starting* pada motor semakin tinggi. Variasi range tegangan masukan kondisi tanpa beban dari 70 volt langsung lewat ke 110 volt, hal ini dikarenakan tidak adanya beban menyebabkan motor berputar menuju kecepatan nominal lebih cepat dan menyebabkan motor menyerap tegangan dan arus lebih cepat dari kondisi berbeban.

4. Kesimpulan

Konverter AC – AC tiga fase menggunakan IC TCA 785 dan TRIAC berhasil dibuat, pada beban resistif konverter AC-AC mampu mengatur tegangan dari 230 V_{L-N} hingga 0 V_{L-N} dengan pengaturan sudut fase dari 0° sampai 180°. Semakin besar nilai tegangan yang diberikan semakin besar kecepatan putar motor. Nilai arus terbesar pada pengujian *soft-starting* motor induksi tiga fase 0,5 HP tanpa beban adalah 0,72 A sedangkan arus DOL sebesar 1,54 A dan pada motor 1 HP tanpa beban adalah 1,66 A sedangkan arus saat DOL sebesar 1,94 A, sehingga penggunaan konverter AC-AC untuk *soft-starting* motor

sebagai metode mengurangi lonjakan arus *starting* sudah berhasil. Pembebanan pada pengujian pengasutan *soft-starting* motor menyebabkan nilai arus yang diserap oleh motor meningkat. Pengaturan sudut picu pada konverter AC-AC tiga fase dengan beban berupa motor induksi tiga fase menghasilkan pengaturan dengan interval 90° sampai 180°, karena itu metode atau komponen lain dapat digunakan untuk memperpanjang interval pengaturan sudut picu.

Referensi

- [1]. A. B. Wahyu, “Softstarting Pada Motor Induksi 3 Phasa Menggunakan IC TCA 785”, 2006. [Online]. Tersedia: <http://eprints.undip.ac.id/25907/>. Diakses: Mei, 20, 2016.
- [2]. D. Rheni, “Analisa Harmonisa Konverter AC-AC Tiga Fase”, 2006. [Online]. Tersedia: <http://eprints.undip.ac.id/25669/1/ML2F001635.pdf>. Diakses: Mei, 20, 2016.
- [3]. N. W. Febrian, S. Tedjo dan M. Facta, “Perancangan Modul dan Perbandingan Metode Starting dan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fase”, *TRANSIENT*, vol. 4, no. 1, Mar. 2015.
- [4]. B. P. Aditya, S. Tedjo dan S. Iwan, “Perancangan Modul Soft Starting Motor Induksi 3 Fase dengan Atmega 8535”, *TRANSMISI*, vol. 12, no. 4, hal 160-167, 2010.
- [5]. P. Anggun, M. Facta dan S. Tejo, “Perbandingan Pengaruh Pengaturan Tegangan Masukan Terhadap Kecepatan Motor Induksi Satu Fase dengan Catu Daya Variac dan Konverter AC – AC Kontrol Sudut Fase Berbasis IC TCA 785,” *TRANSIENT*, vol. 3, no. 4, Des. 2014.
- [6]. W. Theodore, *Electrical Machines, Drives, and Power Systems*: Prentice-Hall International, 2002
- [7]. M.H. Rashid, *Power Electronic Handbook: Device, Circuit, and Application*. Prentice-Hall International Inc. 1998.
- [8]. Siswoyo, *Teknik Listrik Industri*. Jakarta, Indonesia: Depdiknas, 2008.
- [9]. *Philips BT138 Series Datasheet*, NXP Semiconductors, Eindhoven, Belanda, 1997
- [10]. *Motorola Semiconductor MOC3020 Series Datasheet*, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix,AZ, 1989.
- [11]. *Lite-On Technology Corporation MOC3021 Datasheet*, Lite-On Technology Corporation, Taiwan.
- [12]. *Siemens Semiconductor Group TCA785 Datasheet*. Siemens AG, Berlin, Jerman.