

Analisis Pengaturan Putaran Motor Satu Fasa dengan Parameter Frekuensi Menggunakan Power Simulator (PSIM)

Dwi Hadidjaja, Onny Setyawati dan Didik Rahadi Santoso

Abstract—The Setting of a single-phase motor rotation can be performed in various ways, such as by adjusting the frequency of the motor, the voltage, motor resistor or increasing the number of motor poles.

By using a stable oscillator circuit, setting a single-phase motor rotation frequency parameters can be done by setting the value of the variable resistor. Thyristor trigger circuit can be used to control a single-phase motor rotation. Thyristor trigger phase angle changes, caused changes in the frequency, followed by the change of motor rotation. Changes in the value of the variable resistor in PSIM simulation produced the single-phase motor rotation frequency changes. PSIM simulation is used to analyze single-phase motor rotation of the model simulation results of the transformer output voltage.

PSIM simulation can visualize electronic basic circuit and minimize the failure of real circuit.

Index Terms—Frequency, PSIM simulation, Single-Phase Motor, Thyristor

Abstrak—Pengaturan putaran motor satu fasa dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain dengan mengatur frekuensi motor, tegangan, resistor motor atau menambah jumlah kutub motor.

Dengan menggunakan rangkaian osilator stabil, pengaturan putaran motor satu fasa dengan parameter frekuensi dapat dilakukan dengan mengatur nilai variabel resistor. Rangkaian pemacu thyristor dapat dipergunakan untuk pengaturan putaran motor satu fasa. Perubahan sudut fasa pemacu thyristor, menyebabkan perubahan frekuensi yang diikuti dengan perubahan putaran motor satu fasa. Perubahan nilai variabel resistor pada simulasi PSIM menghasilkan perubahan frekuensi putaran motor satu fasa. Simulasi PSIM digunakan untuk menganalisis putaran motor satu fasa dari hasil pemodelan tegangan output transformator.

Simulasi PSIM dapat memvisualisasikan rangkaian dasar elektronik dan meminimalkan kegagalan rangkaian sebenarnya.

Kata Kunci—Frekuensi, Motor satu fasa, PSIM Simulasi, Thyristor

I. PENDAHULUAN

MOTOR induksi disebut juga motor AC, dalam pemakaian motor induksi dikategorikan motor 3 fasa dan 1 fasa. Di industri untuk menggerakkan peralatan mesin banyak menggunakan motor 1 fasa.

Dwi Hadidjaja, mahasiswa Program Magister Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (e-mail: hadidjajadwi@gmail.com).

Onny Setyawati, dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

Didik Rahadi Santoso, dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

Pengaturan putaran motor satu fasa dapat dilakukan dengan mengubah frekuensi, torsi, atau tegangan stator. Sedangkan motor satu fasa mempunyai kelemahan berupa arus start yang besar sekitar 3 sampai 5 kali, sedangkan untuk arus nominal dan putaran relatif konstan atau sulit diatur [1][2]. Tetapi dalam pemakaian sebagai penggerak, putaran motor satu fasa dapat diubah-ubah sesuai dengan putaran beban yang diinginkan. Untuk memperoleh stabilitas putaran motor satu fasa, salah satunya dengan menggunakan parameter frekuensi.

Rangkaian pengaturan putaran motor satu fasa dapat disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak seperti *Power Simulator (PSIM)*. PSIM merupakan Perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mensimulasikan rangkaian *power electrical*, juga bisa digunakan untuk mengetahui dan mempelajari sistem kerja dari rangkaian yang kita rancang. Hasil simulasi PSIM bisa divisualisasikan dalam bentuk grafik tegangan, arus, putaran motor dan torsi yang dihasilkan oleh rangkaian seperti pengaturan putaran motor. PSIM dapat digunakan sebagai masukan terhadap kesalahan dalam pembuatan rangkaian yang sebenarnya.

II. DESAIN SIMULASI

A. Motor Induksi Sangkar Tupai

Rotor motor induksi terdiri dari 2 kategori yaitu motor induksi sangkar tupai (*squirrel cage induction motor*) dan motor induksi rotor lilit (*wound rotor induction motor*) [1][2]. Motor induksi sangkar tupai mempunyai putaran yang hampir konstan, sedangkan motor induksi rotor lilit mempunyai putaran dan torsi yang dapat diatur (*adjustable*). Motor induksi rotor lilit mempunyai kelemahan, akan tetapi dapat diperbaiki, selain itu motor induksi rotor lilit mempunyai konstruksi yang tidak sederhana. Rumus putaran motor induksi adalah sebagai berikut [1][2].

$$n_m = \frac{(1-s) f \times 60}{p} \quad (1)$$

dimana:

n_m : Putaran motor (rpm)

s : Slip

f : Frekuensi sumber atau catu daya (Hz)

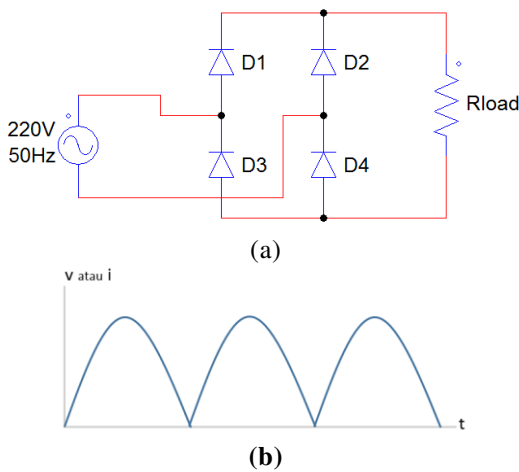
p : Jumlah pasang kutub

Besarnya slip tergantung dari beban motor. Beban yang konstan, maka slip motor akan bernilai tetap. Dari persamaan (1) diketahui bahwa putaran motor dapat diatur dengan cara mengubah frekuensi maupun jumlah kutub. Mengatur putaran dengan cara mengatur jumlah kutub sudah banyak dilakukan namun daerah pengaturan putaran terbatas dan

perubahannya kasar, tetapi dengan menggunakan pengaturan frekuensi diperoleh putaran motor yang lebih halus dan jangkauan putaran menjadi lebar. Catu daya AC dengan frekuensi 50 Hz dapat diubah dengan menggunakan beberapa komponen. Dalam rancangan catu daya AC 50 Hz diubah menjadi DC, kemudian diubah menjadi AC kembali dengan frekuensi yang dapat diatur. Dalam rancangan simulasi ini terdiri dari penyearah gelombang penuh, osilator *astable* sebagai pengubah frekuensi dan inverter[3].

B. Penyearah Gelombang Penuh

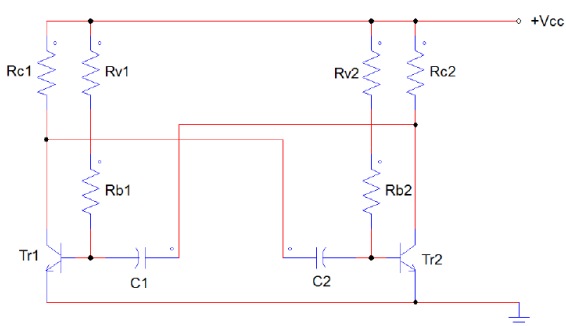
Penyearah adalah sebuah rangkaian dari AC menjadi DC. Rangkaian elektronik tersebut berupa komponen dioda. Untuk penyearah tegangan bolak-balik digunakan penyearah gelombang penuh dengan menggunakan sebuah dioda jembatan/*bridge*[4], yang digambarkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Penyearah Gelombang Penuh. a). Rangkaian b). Bentuk Gelombang Output [4]

C. Osilator Astable

Osilator *astable* adalah rangkaian elektronik yang bekerja sebagai pembangkit gelombang denyut. Rangkaian pembangkit gelombang jenis multivibrator tidak stabil ditunjukkan dalam Gambar 2 [5][6].



Gambar 2. Osilator Astable Multivibrator [4][5][6]

Dimana transistor Tr_1 dan Tr_2 bekerja ON (saturasi) dan OFF (cut off) secara bergantian. Dan akan terjadi terus menerus hingga terbentuk sinyal tegangan denyut pada kolektor pada ke dua transistor. Dalam selang

waktu pergantian antar ON dan OFF dari ke dua transistor disebut sebagai konstanta waktu dari osilator yang besarnya adalah[5]:

$$T_1 = 0,69 \times R_{B1} \times C_1 \quad (2)$$

Dimana:

T_1 = Waktu $\frac{1}{2}$ dari periode ON ke OFF kembali ke ON lagi dari transistor $Tr_1(dt)$

R_{B1} = $R_{b1} + R_V$ adalah nilai resistor terhubung basis transistor (Ω).

C_1 = Kapasitansi dari nilai kondensator terhubung basis transistor (F).

T_2 dapat diperoleh menggunakan persamaan (2) yang diperoleh dari nilai resistor (R_{B2}) dan nilai kondensator (C_2).

$$\text{Jadi: } T_1 + T_2 = T = 0,69 \times (R_{B1} \times C_1 + R_{B2} \times C_2).$$

Jika nilai resistor $R_{B1} = R_{B2} = R_B$ dan nilai kondensator $C_1 = C_2 = C$, maka diperoleh $T = 0,69 \times 2 \times R_B \times C$

$$T = 1,38 \times R_B \times C$$

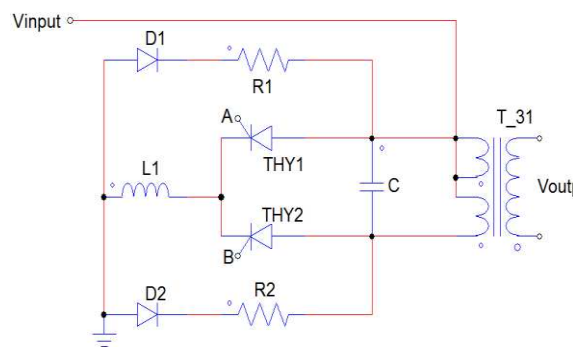
Sehingga frekuensi osilator $T = \frac{1}{f}$ (Hz) adalah[6]:

$$f = \frac{1}{1,38 \times R_B \times C} \quad (3)$$

Dari persamaan (3) maka kita dapat mengetahui besarnya frekuensi yang dihasilkan dengan mengatur nilai R_B .

D. Inverter Thyristor

Rangkaian inverter digunakan untuk merubah tegangan DC menjadi AC. Komponen utama rangkaian inverter berupa transistor atau thyristor. Bila menggunakan transistor maka daya yang digunakan terbatas, tetapi untuk frekuensi tinggi tidak perlu rangkaian komutasi. Bila menggunakan thyristor maka daya yang digunakan besar, tetapi untuk frekuensi rendah diperlukan rangkaian komutasi sebagai pemutus thyristor. Rangkaian inverter dengan thyristor ditunjukkan dalam Gambar 3 [7][8].



Gambar 3. Rangkaian Inverter Thyristor [5]

Gambar 3 menunjukkan bahwa THY_1 dan THY_2 dilakukan pemicu pada kaki *gate* bergantian melalui titik A dan titik B oleh sinyal yang berasal dari osilator *astable* multivibrator pada Gambar 2. Sedang pemutusan *THY* dilakukan oleh rangkaian komutator berupa kapasitor C yang dipasang pada belitan primer dari transformator. Dengan *THY* ON dan OFF saling bergantian maka arus dari sumber + (positif) melewati

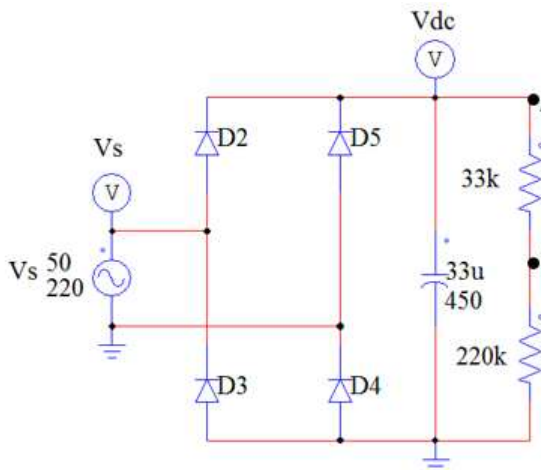
tap tengah (*centertap*) trafo ke primer P₁ dan P₂ saling bergantian. Arus yang mengalir pada sisi primer transformator selalu bergantian atau bolak-balik sehingga dihasilkan tegangan induksi bolak-balik (AC) pada sisi sekunder. Frekuensi dari tegangan induksi tersebut dapat diatur oleh osilator *astable* sebagai pemicu kedua thyristor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam rancangan pengaturan putaran motor satu fasa, dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PSIM sebagai simulasi. Dalam simulasi perancangan pengaturan putaran motor satu fasa digunakan untuk merancang rangkaian penyearah gelombang penuh, osilator *astable*, inverter thyristor, transformator *center tap* dan motor induksi satu fasa sangkar tupai.

A. Perancangan Penyearah Gelombang Penuh.

Penyearah gelombang penuh direncanakan memakai empat buah diode dan terhubung menjadi rangkaian diode jembatan. Keluaran dari penyearah gelombang penuh digunakan untuk input ke inverter dan osilator. Rancangan rangkaian penyearah gelombang penuh menggunakan komponen diode, kapasitor dengan nilai 33uF/450V dan resistor dengan nilai 33KΩ dan 220KΩ. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Penyearah gelombang penuh dengan menggunakan diode jembatan di PSIM

Tegangan titik A dan B berbeda dengan tegangan titik B dan *ground*. Tegangan pada kedua titik ditentukan nilai dari resistor, nilai tegangan titik A dan B ditentukan dengan persamaan [9].

$$V_{33K} = \frac{33K}{33K+220K} \times V_{dc} \tag{4}$$

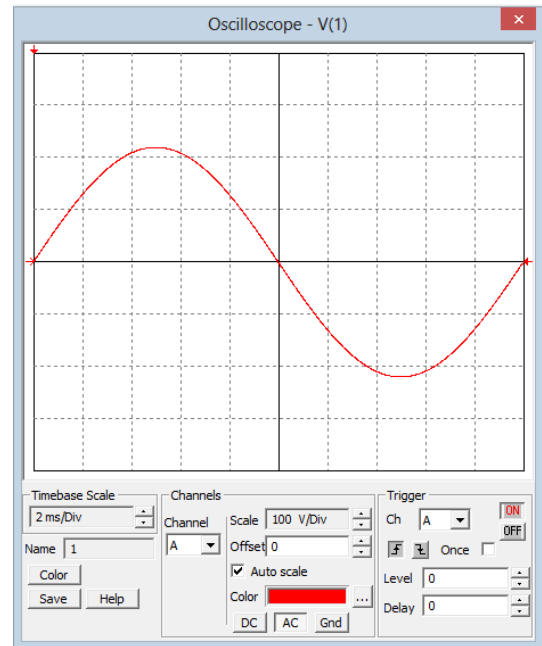
Dimana:

- V_{33Kohm} = Tegangan titik A dan B
- 33 KOhm = Nilai Resistor
- 220 KOhm = Nilai Resistor
- V_{dc} = Tegangan DC

Dengan mempergunakan simulasi osiloskop yang terdapat di program PSIM, maka tampilan bentuk gelombang yang dihasilkan sumber AC (Vs) seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.

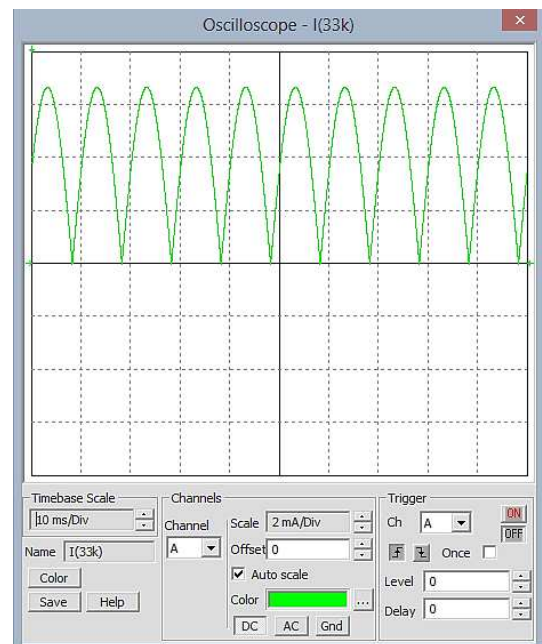
Tampilan bentuk gelombang yang dihasilkan Vs

menunjukkan nilai tegangan puncak 100V/Div×2,2, sehingga diperoleh tegangan puncak 220 Volt. Nilai 2,2 diperoleh dari pembacaan jumlah kotak pada tampilan osiloskop.



Gambar 5. Bentuk gelombang yang dihasilkan Vs dari OsiloskopPSIM.

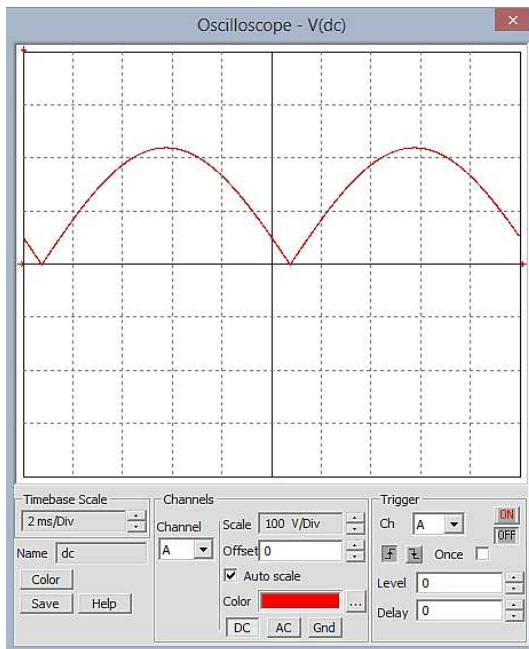
Dari rangkaian penyearah gelombang penuh menggunakan komponen diode jembatan seperti dalam Gambar 4., maka arus DC yang melalui resistor 33KΩ dan tegangan DC setelah diode jembatan dari hasil simulasi PSIM seperti ditunjukkan dalam Gambar 6. dan Gambar 7.



Gambar 6. Bentuk gelombang Idc pada resistor 33KΩ dari Osiloskop PSIM.

Tampilan bentuk gelombang Idc (Arus DC) yang melewati resistor 33 KOhm menunjukkan nilai arus

puncak $2 \text{ mA/Div} \times 3,3$, sehingga diperoleh arus puncak pada resistor 33 KOhm adalah $6,6 \text{ mA}$.

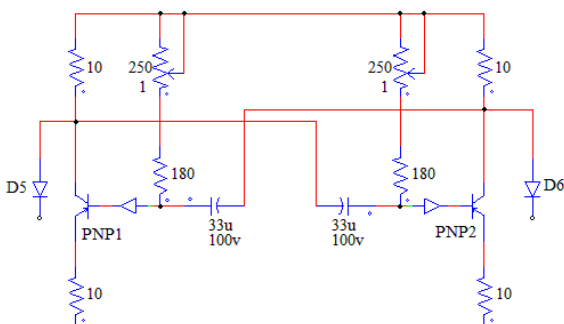


Gambar 7. Bentuk gelombang yang dihasilkan Vdc dari OsiloskopPSIM.

Tampilan bentuk gelombang yang dihasilkan Vdc menunjukkan nilai tegangan puncak $100\text{V/Div} \times 2,2$, sehingga diperoleh tegangan puncak 220 Volt . Tampilan bentuk gelombang pada Gambar 7. merupakan bentuk gelombang penuh.

B. Perancangan Multivibrator

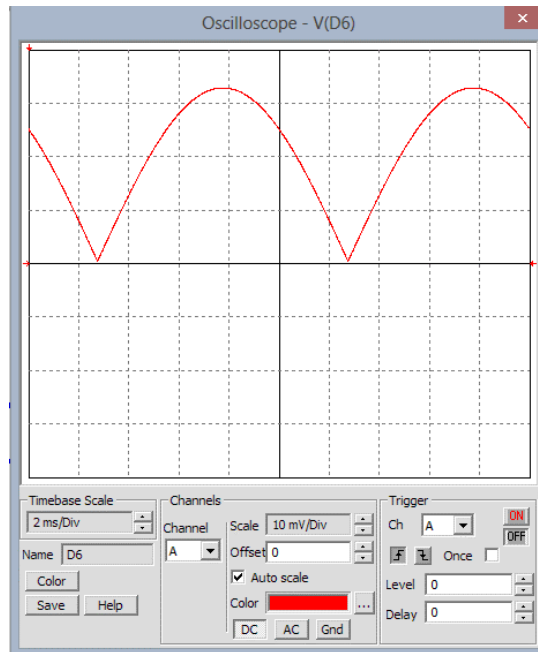
Rangkaian multivibrator yang digunakan dalam perancangan simulasi adalah rangkaian osilator *astable*, pada rangkaian osilator *astable* simulasi menggunakan transistor PNP dan diode yang digunakan pada rangkaian osilator *astable* berfungsi untuk mencegah arus balik induksi yang berasal dari thyristor. Output dari ke dua diode selanjutnya dihubungkan dengan kaki *Gate Thyristor* yang digunakan sebagai pemacu.



Gambar 8. Rangkaian osilator *Astable* Multivibrator dengan transistor type PNP.

Untuk menghasilkan simulasi pada PSIM, pada ke dua kaki Basis Transistor PNP dihubungkan dengan komponen *On-off switch controller*. Perancangan multivibrator dengan menggunakan rangkaian osilator *astable* untuk simulasi ditunjukkan dalam Gambar 8.

Bentuk gelombang yang dihasilkan oleh simulasi rangkaian osilator *astable* dengan perangkat lunak PSIM, pada kedua kaki katode diode bentuk gelombang yang dihasilkan ditunjukkan seperti dalam Gambar 9.

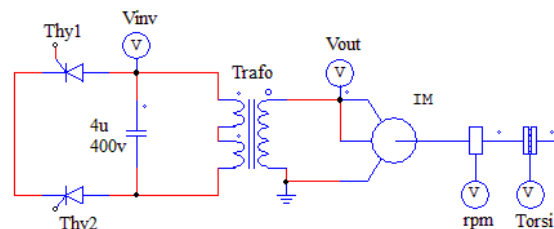


Gambar 9. Bentuk gelombang yang dihasilkan oleh Osilator *Astable* Multivibrator pada kaki katode diode hasil PSIM.

Tampilan bentuk gelombang yang dihasilkan pada kaki katode diode menunjukkan nilai tegangan puncak $10\text{mV/Div} \times 3,2$, sehingga diperoleh tegangan puncak 32 mV .

C. Perancangan Inverter

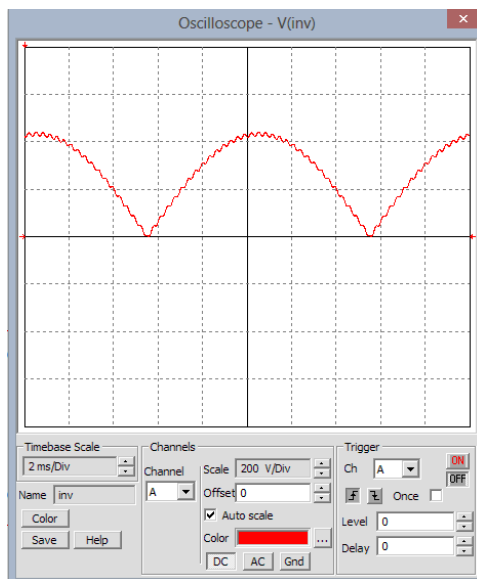
Dalam perancangan inverter komponen yang dipergunakan adalah thyristor dan sebuah kapasitor serta sebuah transformator yang memiliki *center tap*. Dan output yang digunakan adalah motor induksi sangkar tupai satu fasa, ke empat komponen tersebut digunakan dalam simulasi perancangan inverter dengan perangkat lunak PSIM. Perancangan inverter untuk simulasi ditunjukkan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian inverter menggunakan dua buah thyristor dengan output motor induksi 1 fasa.

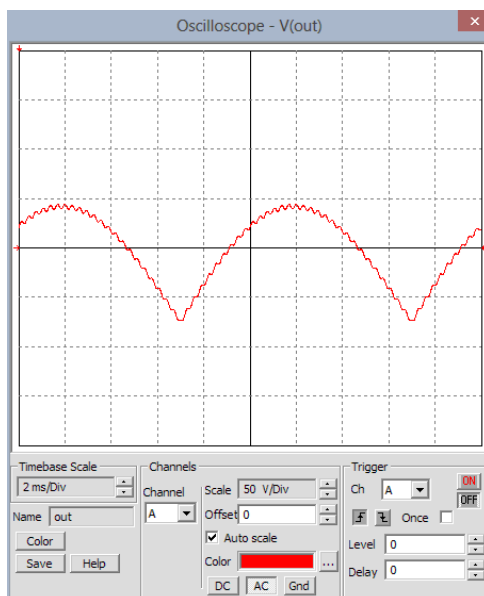
Gambar 10. rangkaian inverter yang dipergunakan untuk merubah tegangan DC menjadi AC. Perubahan ini dilakukan oleh SCR ON dan OFF secara bergantian, sedangkan permutusan SCR dilakukan oleh komutator berupa kapasitor (C) $4\mu\text{F}/400\text{Volt}$ yang terpasang secara paralel dengan belitan primer trafo.

Hasil simulasi yang dilakukan pada PSIM, menghasilkan bentuk gelombang yang dilakukan oleh probe osiloskop pada posisi V_{inv} . Bentuk gelombang pada V_{inv} ditunjukkan dalam Gambar 11.



Gambar 11. Bentuk gelombang yang dihasilkan oleh rangkaian inverter di titik V_{inv} dihasilkan oleh osiloskop PSIM

Untuk bentuk gelombang tegangan output yang dihasilkan oleh transformator pada simulasi PSIM dari Gambar 10. Pada titik V_{out} seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Bentuk gelombang tegangan output di titik V_{out} yang dihasilkan oleh osiloskop PSIM.

Dari masing-masing perancangan yang telah dilakukan diantaranya perancangan rangkaian penyearah gelombang penuh, perancangan multivibrator berupa rangkaian osilator astabil menggunakan

transistor PNP dan perancangan inverter. Selanjutnya dihubungkan menjadi sebuah rangkaian yang dipergunakan untuk pengaturan putaran motor satu fasa. Lebih jelasnya rangkaian yang telah terhubung seluruhnya dan dipergunakan sebagai pengaturan putaran motor satu fasa ditunjukkan dalam Gambar 13.

Dalam rangkaian simulasi yang ditunjukkan dalam Gambar 13. pengaturan putaran motor satu fasa dilakukan dengan mengatur dua buah variabel resistor, nilai variabel resistor yang digunakan adalah 250 Ohm (V_{r1}) dan 250 Ohm (V_{r2}). Dalam pengaturan variabel resistor kedua variabel resistor diatur dengan nilai yang sama ($1=100\%$), bertujuan menghasilkan pemacu pada thyristor 1 (Thy1) dan thyristor 2 (Thy2).

Pada rangkaian simulasi pengaturan putaran motor satu fasa diatas terdapat tambahan komponen yang menghubungkan dua keluaran osilator ke kaki gate thyristor, karena dalam PSIM perlu untuk menambah komponen *Not gate* dan *On-off switch controller*, yang digunakan untuk pergantian waktu pemacu thyristor.

Pada PSIM rangkaian output untuk motor satu fasa menggunakan model motor AC tiga fasa yang dijadikan model satu fasa. Untuk mensimulasikan putaran motor satu fasa dimodelkan menggunakan sensor *speed*(RPM), sedangkan untuk torsi dimodelkan menggunakan sensor torsi.

IV. KESIMPULAN

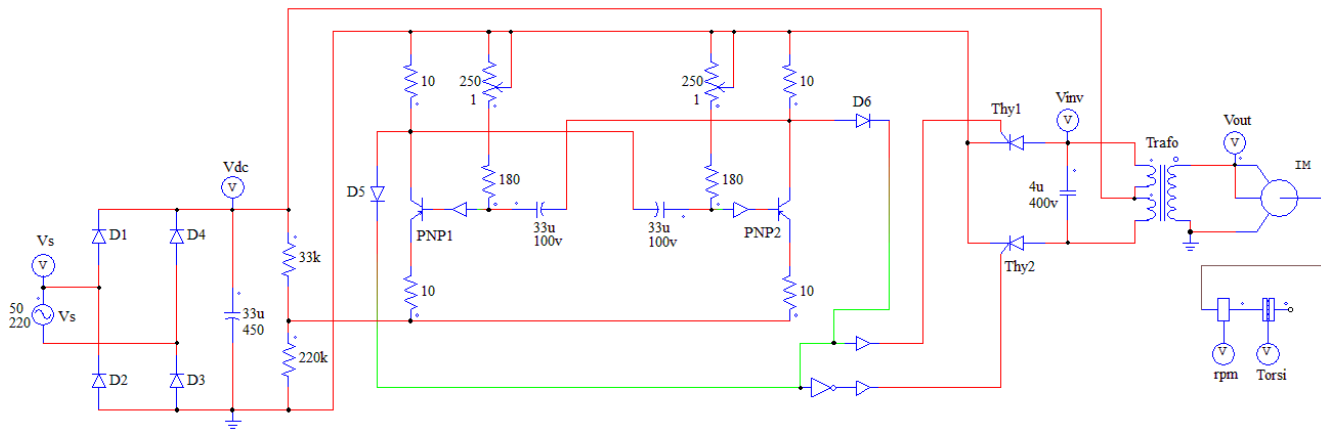
Dari perancangan dan simulasi yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PSIM dapat disimpulkan sebagai berikut:

Pengaturan putaran motor satu fasa dapat diatur menggunakan frekuensi dengan merubah nilai variabel resistor. Pada variabel resistor bernilai 1 pada simulasi PSIM sama dengan 100%.

Dengan menggunakan simulasi PSIM dapat divisualisasikan rangkaian dasar elektronika untuk penyearah gelombang penuh, osilator astabil dan inverter thyristor dapat meminimalkan kegagalan rangkaian sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A.E. Fitzgerald, Djoko Achyanto, "Mesin –Mesin Listrik", Erlangga, Edisi ke Empat, Jakarta, 1992.
- [2]. Sumanto, "Motor Listrik Arus Bolak-Balik", Andi Offset Yogyakarta, Edisi pertama, 1993.
- [3]. A.E. Fitzgerald, Pantur Silaban, "Dasar-Dasar Elektro Teknik", Erlangga, Edisi ke lima, Jakarta, 1984.
- [4]. Barry G. Woollard, H. Kristiono, "Elektronika Praktis", Pradnya Paramita, Jakarta, cetakan kelima, 2003.
- [5]. G.Loveday, "Pengujian Elektronik Dan Diagnosa Kesalahan", Elex Media Komputindo, Jakarta, 1994.
- [6]. Ichwan Haryadi, "Televisi Transistor", Bina ilmu, Surabaya, cetakan pertama, 1985.
- [7]. George M.Chute, Robert D. Chute, "Electronics in Industry", McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, fifth edition, 1981.
- [8]. Wasito S., "Elektronika Dalam Industri", Karya Utama, Jakarta, cetakan kedua, 1986.
- [9]. Ali Mohamed Eltamaly, "Power Electronics", Mansoura University



Gambar 13. Rangkaian pengaturan putaran motor satu fasa dengan parameter frekuensi