

ANALISIS PERBANDINGAN UNJUK KERJA MOTOR INDUKSI SATU FASA *SPLIT-PHASE* DAN MOTOR INDUKSI SATU FASA KAPASITOR *START-RUN* DENGAN MENGUNAKAN MATLAB SIMULINK

Andry Nico Manik, Riswan Dinzi

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: nico_manic@yahoo.co.id

Abstrak

Motor induksi satu fasa *split-phase* adalah motor induksi satu fasa yang dioperasikan dengan bantuan belitan bantu pada belitan utama stator. Belitan bantu dan belitan utama stator terpisah 90° listrik dan memiliki saklar sentrifugal yang dirancang untuk memutuskan rangkaian dari belitan bantu setelah motor mencapai kecepatan nominal. Motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* adalah jenis motor induksi satu fasa yang mempunyai dua buah kapasitor, kapasitor run yang secara permanen dihubungkan seri dengan belitan bantu dan belitan bantu tersebut paralel dengan belitan utama dan kapasitor start yang diparalelkan dengan kapasitor run yang dilengkapi dengan saklar sentrifugal yang digunakan untuk memutuskan rangkaian dari kapasitor start saat putaran mendekati putaran nominal. Dalam penggunaan motor induksi satu fasa ini perlu diketahui unjuk kerja motor agar dapat dipilih motor yang lebih baik dan efisien. Paper ini membahas analisis perbandingan unjuk kerja antara kedua motor induksi satu fasa *split-phase* dan motor kapasitor *start-run* dengan menggunakan simulasi. Setelah dilakukan simulasi didapat nilai efisiensi pada motor induksi satu fasa *split-phase* bernilai 0,02 sementara pada motor jenis kapasitor *start-run* sebesar 0,2257. Nilai faktor daya pada motor induksi satu fasa *split-phase* adalah 0,6497 dan pada motor kapasitor *start-run* adalah 0,98. Arus start pada motor induksi satu fasa *split-phase* adalah 29 A dan pada motor kapasitor *start-run* adalah 22 A. Torsi pada motor induksi *split-phase* bernilai 2 N.m yang bernilai lebih kecil dari torsi start pada motor kapasitor *start-run* yang bernilai 20 N.m.

Kata Kunci: motor *split-phase*, motor kapasitor *start-run*, unjuk kerja

1. Pendahuluan

Motor induksi satu fasa beroperasi pada jala-jala satu fasa dan umumnya berupa rotor sangkar dimana salah satu masalah dalam jala-jala satu fasa adalah tidak diproduksinya medan magnet putar seperti halnya pada motor induksi yang menggunakan sumber tiga fasa [1].

Motor induksi satu fasa dirancang untuk memproduksi medan magnet putar dengan menambah belitan bantu di stator seperti yang terdapat pada motor induksi satu fasa *split-phase*. Pada jenis motor induksi satu fasa jenis *split-phase* ini, belitan utama dan belitan bantu berbeda sekitar 90° listrik dengan tahanan dan reaktansi yang berlainan sehingga arus yang mengalir tidak sefasa. Perbedaan arus pada kedua belitan ini akan menyebabkan perbedaan fluks medan putar belitan utama dan belitan

bantu pada stator, sehingga akan menghasilkan medan putar yang menimbulkan kopel mula pada motor.

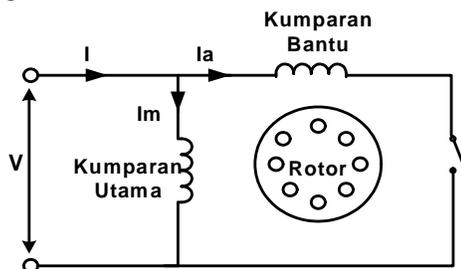
Motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* adalah salah satu jenis motor induksi satu fasa yang pemakaiannya cukup luas dimana terdapat kapasitor permanen yang dihubungkan seri dengan belitan bantu serta paralel dengan belitan utama dan kapasitor start yang dilengkapi dengan saklar sentrifugal untuk memutuskan rangkaian dari kapasitor start saat motor telah beroperasi mendekati putaran nominalnya.

Di dalam penggunaan motor induksi satu fasa ini perlu diketahui unjuk kerja motor. Hal ini diperlukan untuk memilih motor yang sesuai dengan kebutuhan sehingga memenuhi syarat teknis dan ekonomis serta efisien. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan membahas serta membandingkan unjuk kerja atau performansi

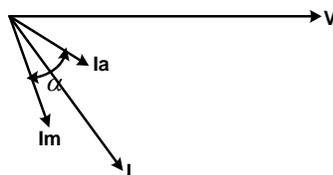
antara motor induksi satu fasa *split-phase* dan motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* [2].

2. Motor Induksi Satu Fasa *Split-Phase* dan Kapasitor *Start-Run*

Motor fasa terpisah adalah jenis motor induksi satu fasa yang dijalankan dengan bantuan sebuah belitan bantu pada belitan utama di stator dimana belitan terpisah sebesar 90° listrik pada stator motor dan dieksitasi dengan dua ggl bolak-balik yang berbeda fasa sebesar 90° listrik. Rangkaian ekuivalen dari motor induksi satu fasa ini dapat dilihat pada Gambar 1. Belitan bantu dirancang memiliki perbandingan tahanan terhadap reaktansi yang lebih tinggi daripada belitan utama, sehingga arus pada belitan bantu akan mendahului (leading) dari arus pada belitan utama. Perbedaan fasa kedua arus dapat ditunjukkan pada Gambar 2. Perbandingan tahanan terhadap reaktansi (R/X) yang tinggi didapat dengan menggunakan kawat yang lebih murni pada belitan bantu hanya dipakai pada saat start. Setelah mencapai kecepatan sinkron sebesar sekitar 70 sampai 80 persen kecepatan sinkron, sakelar sentrifugal akan memisahkan belitan bantu dari rangkaian [1].

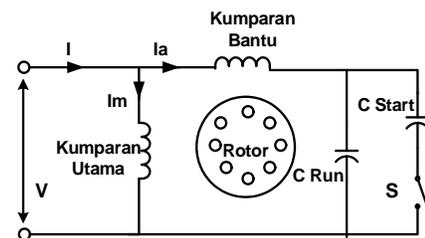


Gambar 1 Rangkaian ekuivalen motor induksi *split-phase* [2]

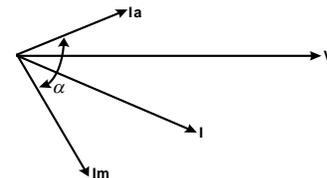


Gambar 2 Perbedaan fasa arus belitan bantu dan utama stator pada motor *split-phase* [2]

Motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* mempunyai dua buah kapasitor, kapasitor run yang secara permanen dihubungkan seri dihubungkan dengan belitan bantu dan belitan bantu tersebut paralel dengan belitan utama dan kapasitor start juga diparalelkan dengan kapasitor run yang dilengkapi dengan saklar sentrifugal yang digunakan untuk memutuskan rangkaian dari kapasitor start saat putaran mendekati putaran nominalnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Secara praktis keadaan start dan berputar yang optimal dapat diperoleh dengan menggunakan dua buah kapasitor elektrolit. Kapasitor run secara permanen dihubungkan seri dengan belitan bantu dengan nilai yang lebih kecil dan dipakai kapasitor kertas. Sudut fasa antar belitan sama seperti pada motor kapasitor permanen seperti pada Gambar 4.



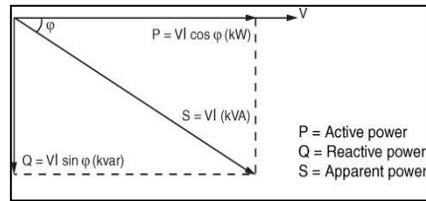
Gambar 3 Rangkaian ekuivalen motor induksi kapasitor *start-run* [2]



Gambar 4 Perbedaan fasa arus belitan bantu dan utama stator pada motor *kapasitor start-run* [2]

Parameter unjuk kerja motor induksi:

1. Efisiensi.
Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai perbandingan output motor yang digunakan terhadap inputnya [3].
2. Faktor daya atau yang sering disebut dengan $\cos \phi$ adalah perbandingan daya aktif dan daya semu. Sudut ϕ adalah sudut yang dibentuk antara sisi daya aktif (P) dan daya semu (S), seperti yang terlihat pada Gambar 5.



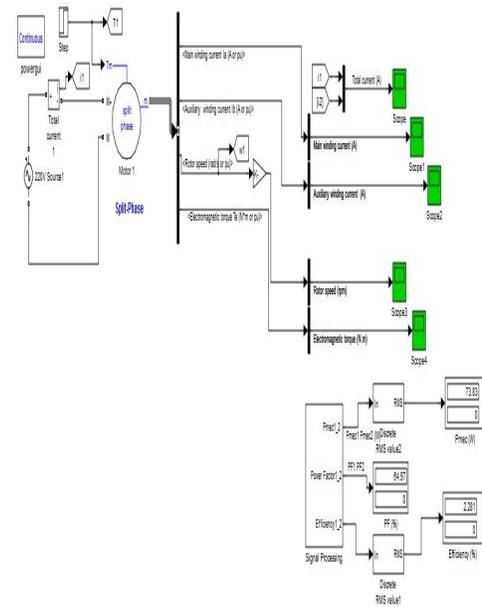
Gambar 5 Segitiga Daya [4]

3. Arus start
Selama proses starting dan mencapai keadaan nominal, besar arus yang masuk ke belitan stator baik di belitan utama dan belitan bantu. Untuk motor induksi berdaya kecil, metode starting yang biasa dipakai adalah Direct On Line (DOL) starter. Kelemahan starter model ini adalah kemungkinan timbulnya arus start yang sangat tinggi, biasanya untuk starting motor menggunakan DOL arus startnya 5 – 7 kali arus nominal. Pada saat starter ini di start, torsi saat start ini juga sangat tinggi dan biasanya lebih tinggi dari kebutuhan [5].
4. Torsi start
5. Waktu dalam proses start
Waktu yang diperlukan motor untuk berjalan mulai dari keadaan diam. Motor dengan saklar sentrifugal biasanya dirancang untuk lebih cepat untuk beroperasi dengan waktu dimana apabila suatu belitan start motor *energized* lebih dari 15 detik biasanya tidak dianjurkan karena akan berdampak pada panas yang berlebihan.
6. Kecepatan putaran
Waktu dari motor hingga mencapai kecepatan sinkron ditentukan oleh kapasitansi dari kapasitor [6].

3. Simulasi Motor Induksi Satu Fasa Split-Phase dan Kapasitor Start-Run

Analisis perbandingan unjuk kerja motor induksi satu fasa ini dilakukan dengan menggunakan *simulink* yang ada pada program simulasi.

Pemodelan perbandingan motor induksi *split-phase* dan kapasitor *start-run* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Bentuk Pemodelan Motor Induksi Satu Fasa

Data simulasi motor induksi dapat dilihat pada Tabel 1 [2].

Tabel 1 Data Parameter-Parameter Blok Simulasi Motor Induksi Satu Fasa *Split-Phase* dan Kapasitor *Start-Run*

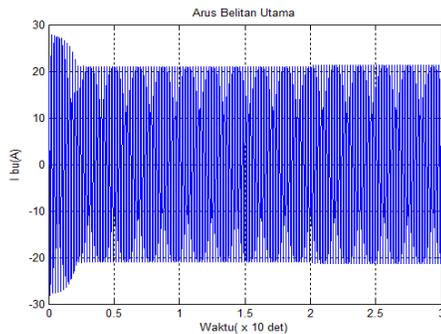
Parameter	Motor Induksi Split-Phase	Motor Induksi Kapasitor Start-Run
Daya nominal, tegangan, frekuensi	1 HP, 220 volt, 50Hz	1 HP, 220 volt, 50Hz
Tahanan belitan utama stator	5 ohm	5 ohm
Induktansi belitan utama stator	0,0104 H	0,0104 H
Tahanan belitan utama rotor	3,11 ohm	3,11 ohm
Induktansi belitan utama rotor	0,00157 H	0,00157 H
Main winding mutual inductance	0,304 H	0,304 H
Tahanan belitan bantu stator	5,56 ohm	5,56 ohm
Induktansi belitan bantu stator	0,0104 H	0,0104 H
Pole	4	4
Kapasitor Start	-	100µF
Kapasitor Run	-	25µF

4. Hasil Simulasi dan Analisis

Hasil simulasi motor induksi satu fasa *split-phase* dan kapasitor *start-run* adalah berupa grafik dari arus yang terdapat pada belitan stator, kecepatan motor, torsi elektromagnetik serta efisiensi dan faktor daya motor.

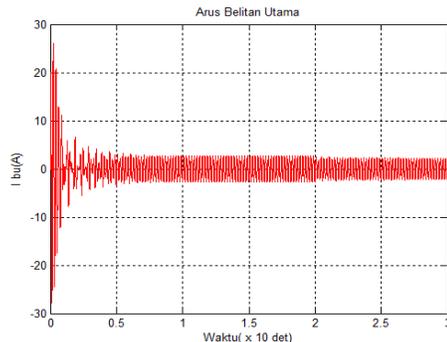
1. Arus Belitan Utama

Hasil simulasi arus belitan utama motor induksi satu fasa *split-phase* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik Arus Belitan Utama Motor Induksi *Split-Phase*

Hasil simulasi arus belitan utama motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* dapat dilihat pada Gambar 8.



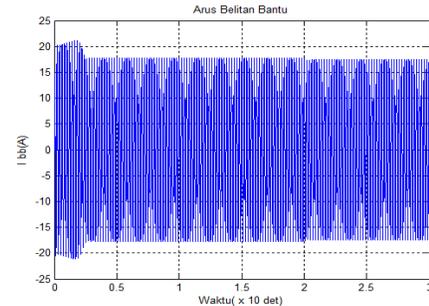
Gambar 8 Grafik Arus Belitan Utama Motor Induksi Kapasitor *Start-Run*

Berdasarkan grafik pada Gambar 7, arus start pada belitan utama motor induksi satu fasa *split-phase* mencapai 29 A yang kemudian turun pada waktu 3 detik. Sementara berdasarkan grafik pada Gambar 8, arus start pada belitan utama motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* mencapai 22 A yang kemudian turun menjadi 2,5 A pada waktu 2 detik. Pengaruh penempatan kapasitor pada belitan utama pada

jenis motor induksi kapasitor *start-run* mempengaruhi cepatnya proses start.

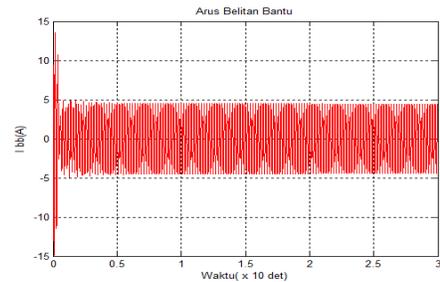
2. Arus belitan bantu

Hasil simulasi arus belitan bantu motor induksi satu fasa *split-phase* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Grafik Arus Belitan Bantu Motor Induksi *Split-Phase*

Hasil simulasi arus belitan bantu motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* dapat dilihat pada Gambar 10.

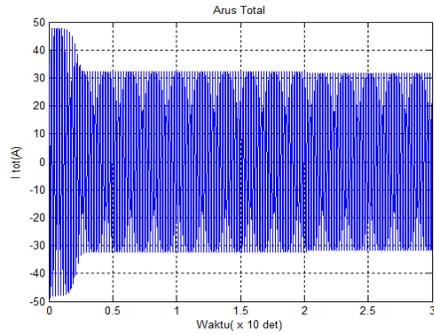


Gambar 10 Grafik Arus Belitan Bantu Motor Induksi Kapasitor *Start-Run*

Berdasarkan grafik pada Gambar 9, arus belitan bantu pada motor induksi satu fasa *split-phase* mencapai 20 A dalam membantu proses *starting* dan kemudian turun menjadi 17 A setelah 3 detik. Sedangkan berdasarkan grafik pada Gambar 10, arus start pada belitan bantu motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* mencapai 14 A hingga pada 2 detik dan kemudian turun menjadi ± 4 A setelah keadaan nominal.

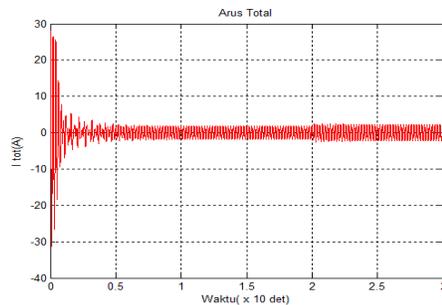
3. Arus total

Hasil simulasi arus total motor induksi satu fasa *split-phase* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Grafik Arus Total Motor Induksi Split-Phase

Hasil simulasi arus total motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* dapat dilihat pada Gambar 12.

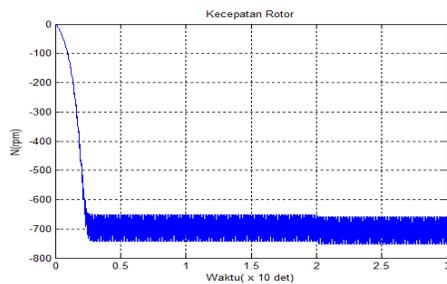


Gambar 12 Grafik Arus Total Motor Induksi Kapasitor Start-Run

Berdasarkan grafik pada Gambar 11, arus total pada motor induksi satu fasa *split-phase* adalah 49 A dan mengalami penurunan menjadi 30 A pada keadaan nominal. Sementara berdasarkan grafik pada Gambar 12, besar arus total pada motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* mencapai 28 A dan turun menjadi 2,5 A pada keadaan nominal.

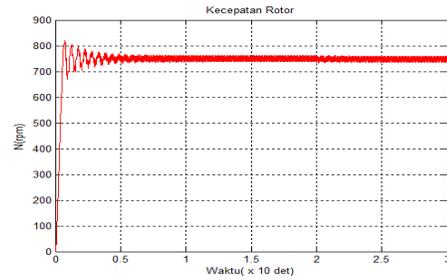
4. Kecepatan rotor

Hasil simulasi kecepatan rotor motor induksi satu fasa *split-phase* dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Grafik Kecepatan Rotor Motor Induksi Split-Phase

Hasil simulasi kecepatan rotor motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* dapat dilihat pada Gambar 14.

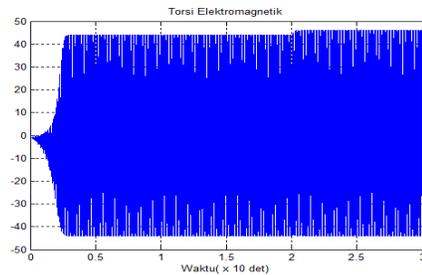


Gambar 14 Grafik Kecepatan Rotor Motor Induksi Kapasitor Start-Run

Berdasarkan grafik pada Gambar 13, nilai kecepatan rotor pada motor induksi satu fasa *split-phase* mencapai nilai maksimal ± 700 rpm pada waktu 3 detik. Sementara Berdasarkan grafik pada Gambar 14, nilai kecepatan pada jenis motor induksi kapasitor *start-run* mencapai ± 750 rpm dicapai pada waktu 2 detik.

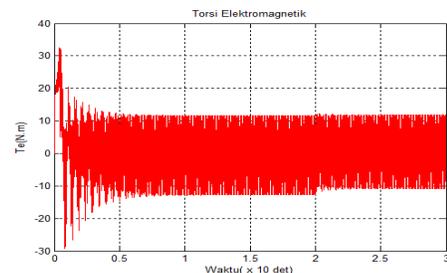
5. Torsi elektromagnetik

Hasil simulasi torsi elektromagnetik motor induksi satu fasa *split-phase* dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Grafik Torsi Elektromagnetik Motor Induksi Split-Phase

Hasil simulasi torsi elektromagnetik motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Grafik Torsi Elektromagnetik Motor Induksi Kapasitor Start-Run

Berdasarkan grafik pada Gambar 15, torsi start pada motor induksi *split-phase* bernilai 2 N.m dan torsi yang dibutuhkan dalam proses *running* adalah 45 N.m. Sementara berdasarkan grafik pada Gambar 16, torsi start motor induksi kapasitor *start-run* bernilai 20 N.m dan torsi yang dibutuhkan dalam proses *running* pada motor kapasitor *start-run* bernilai 10 N.m.

Hal lain yang dapat dilihat untuk membandingkan unjuk kerja antara kedua motor adalah dengan membandingkan antara faktor daya dan efisiensi motor seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan Nilai Faktor Daya Dan Efisiensi Motor

Jenis Motor Induksi Satu Fasa	Daya Mekanik Motor(Watt)	Faktor daya ($\cos\phi$)	Efisiensi (%)
Split-Phase	73,83	64,97	2,281
Kapasitor Start-Run	78,34	98,37	22,57

5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisa, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Waktu yang dibutuhkan motor induksi satu fasa *split-phase* dalam proses start adalah 3 detik dengan arus start pada belitan stator bernilai 29 A, sementara waktu yang dibutuhkan motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* dalam proses starting adalah 2 detik dengan arus start pada belitan stator bernilai 22 A.
2. Nilai faktor daya ($\cos \phi$) pada motor induksi satu fasa *split-phase* adalah 0,6497 dan nilai faktor daya ($\cos \phi$) motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* adalah 0,98.
3. Efisiensi pada motor induksi satu fasa *split-phase* lebih bernilai 0,02 sementara efisiensi motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* sebesar 0,2257.
4. Torsi start pada motor induksi *split-phase* bernilai 2 N.m yang bernilai lebih kecil dari torsi start pada motor kapasitor *start-run* yang bernilai 20 N.m.
5. Torsi yang dibutuhkan pada proses *running* pada motor induksi *split-phase* bernilai 45 N.m yang bernilai lebih besar

dari torsi pada motor kapasitor *start-run* yang bernilai 10 N.m.

6. Motor induksi satu fasa kapasitor *start-run* memiliki performansi (unjuk kerja) yang lebih baik daripada motor induksi satu fasa *split-phase* karena memiliki arus start yang kecil, waktu start yang lebih cepat, torsi start lebih besar, torsi *running* yang lebih kecil serta nilai faktor daya dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan induksi satu fasa *split-phase*.

6. Daftar Pustaka

- [1] Chapman S.J. 1985. "Electric Machinery Fundamental", McGraw-Hill Book Company.
- [2] Sibuea, Ronald. 2008. *Analisis Pengaruh Pemilihan Kapasitor Start Dan Run Dalam Meningkatkan Efektivitas Kerja Motor Induksi Satu Fasa Dengan Teori Dua Reaksi*. Skripsi. Medan, Indonesia: Universitas Sumatera Utara.
- [3] <http://www.energyefficiencyasia.org>.
- [4] Rahardjo, Yadi Yunus. 2010. *Perbaikan Faktor Daya Motor Induksi 3 Fase*. Bahan Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta.
- [5] B.L. Theraja. 1978. "A Text Book Of Electrical Technology", Revised Edition, S.Chan & Company, New Delhi.
- [6] http://www.jmag-international.com/catalog/38_SinglePhaseInductionMotor.