

ANALISA EFISIENSI MOTOR KAPASITOR SEBAGAI PENGGERAK POMPA SENTRIFUGAL RANGKAIAN SERI

Yolnasdi¹, Chrismondari²

Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

*Corresponding Author : yolnasdi0@gmail.com

Abstrak

Efisiensi motor kapasitor dan beban merupakan suatu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan, untuk alasan ini maka dalam mengkaji kinerja pompa/motor kapasitor yang dioperasikan secara individual/tunggal dan secara bersamaan (hubung seri) akan bermanfaat bila dapat ditentukan berapa persentase beban dengan nilai efisiensi yang tinggi, pada pengujian ini pompa/motor kapasitor diberi beban fluida dengan cara mengatur bukaan katup dari 100 % sampai 10 %. Dan setelah dilakukannya pengujian dua buah motor kapasitor (motor A dan motor B) ini yang dioperasikan secara tunggal dan terhubung seri, hanya menghasilkan nilai efisiensi yang baik pada pengujian dengan pembebanan 100 % (posisi bukaan katup 10 %), yakni untuk motor A menghasilkan daya output sebesar 47,22 watt pada kondisi motor operasi tunggal dan 54,56 watt pada kondisi operasi motor seri (bersama) sedang efisiensi yang dihasilkan adalah 27,48 % pada motor operasi tunggal dan 29,91 % pada operasi motor seri (bersama). Untuk motor kapasitor B menghasilkan daya output sebesar 48,18 watt pada motor operasi tunggal dan 58 watt pada operasi motor seri (bersama) sedang efisiensi yang dihasilkan adalah 27,58 % pada motor operasi tunggal dan 30,98 % pada operasi motor seri (bersama). Dan terlihat bahwa pengoperasian motor kapasitor secara seri (bersama) menghasilkan nilai daya output dan nilai efisiensi yang lebih baik dibanding pengoperasian motor secara tunggal tetapi tidak menunjukkan perbedaan nilai yang begitu besar, jadi dapat disimpulkan bahwa pengoperasian motor kapasitor secara tunggal dan secara seri (bersama) tidak menunjukkan nilai efisiensi yang jauh berbeda, dan kelebihan dari pengoperasian secara seri (bersama) ini hanya terlihat untuk menaikkan tekanan pada sistem pemipaan fluida. Sedangkan dari total rugi-rugi daya yang dihasilkan, yang paling besar menyumbang rugi-rugi daya adalah inti stator yakni sebesar 52,1 watt, dimana rugi-rugi ini merupakan rugi-rugi daya tetap yang tidak terpengaruh oleh perubahan beban.

Kata Kunci : Motor kapasitor, Beban, Efisiensi, Daya output, Rugi-rugi daya.

PENDAHULUAN

Saat ini banyak jenis pompa yang digunakan untuk memindah fluida dari suatu tempat ke tempat lain baik di rumah tangga maupun di dunia industri, untuk daerah operasi yang luas dimana pompa dapat bekerja pada tekanan rendah sampai tekanan tinggi, maka jenis pompa yang sering digunakan adalah pompa sentrifugal, sedangkan untuk hasil yang maksimal dibutuhkan desain yang tepat, disamping instalasi pemipaan yang benar ada satu hal yang tak kalah penting adalah kapasitas serta jenis motor penggerak yang digunakan karena sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari motor tersebut.

Dapat dikatakan bahwa hampir semua industri menggunakan motor listrik sebagai penggerak utama. Yang paling banyak digunakan adalah motor listrik jenis induksi tiga fasa maupun motor induksi satu fasa. Hal ini disebabkan motor induksi mempunyai konstruksi yang cukup sederhana, mudah dijalankan, kuat, keandalan yang tinggi serta harga yang relative murah dibanding dengan motor jenis lain, kalau untuk keperluan di rumah tangga banyak kita

lihat penggunaan motor induksi 1 fasa ini digunakan sebagai penggerak pompa air, kipas angin dan sebagainya.

Mengingat dipasaran jumlah pompa sentrifugal dengan kapasitas yang besar jumlahnya cukup terbatas ditambah lagi dengan harga yang cukup mahal, maka untuk meningkatkan kapasitas dan head yang tinggi dari pompa tersebut banyak kalangan dunia industri yang kecil-kecil menggunakan beberapa buah pompa berkapasitas kecil dioperasikan dengan cara dirangkai hubung seri, untuk itu penulis ingin meneliti bagaimana pengaruhnya pompa yang dioperasikan secara individual dibandingkan dengan pompa yang dioperasikan secara rangkaian seri ini terhadap efisiensi yang dihasilkan oleh motor kapasitor sebagai penggerak pompa sentrifugal tersebut. Dalam pengujiannya pompa/motor kapasitor akan diberi beban dengan aliran fluida yang berubah-ubah dengan cara mengatur bukaan katup pada instalasi pompa.

TINJAUAN PUSTAKA

Prinsip kerja motor kapasitor

Jika motor kapasitor diberi sumber tegangan (suplay 220 Volt AC) pada belitan start, maka terjadi pengaliran arus pada belitan tersebut. Dengan adanya kapasitor yang terhubung seri dengan belitan bantu sehingga arus belitan bantu mendahului (leading) terhadap arus belitan utama, kondisi tersebut menyebabkan terbentuk suatu medan magnet putar. Medan magnet putar ini memotong batang-batang konduktor dari belitan rotor yang menyebabkan pada ujung-ujung belitan rotor timbul gaya gerak listrik, karena belitan rotor merupakan rangkaian tertutup sehingga menghasilkan arus pada rotor dan kedua fluks magnet antara fluks belitan stator dan rotor akan berinteraksi sedemikian yang membuat rotor motor kapasitor berputar.

Daya (Watt)

Perkalian harga arus dan tegangan efektif dalam rangkaian arus bolak-balik (AC) dinyatakan dalam Volt Ampere (VA) atau Kilo Volt Ampere (KVA). Daya yang berguna atau daya nyata (actual power) diukur dalam watt dan diperoleh jika Volt-ampere dari rangkaian dikalikan dengan faktor daya. Daya dalam rangkaian arus bolak balik satu fase dapat ditulis :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \Phi \dots \dots \dots (1)$$

Dimana ;

P = Daya (watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\cos \Phi$ = Faktor daya.

Rumus di atas digunakan untuk mencari daya input suatu motor listrik

Arus (Ampere)

Arus dapat mengalir apabila pada rangkaian yang diberi tegangan terjadi siklus tertutup atau mendapat beban. Setiap motor listrik mempunyai kapasitas arus yang terdapat pada nameplate motor listrik itu sendiri. Arus dapat berubah apabila beban yang dipasang pada poros motor diganti. Rumus arus dapat ditulis yaitu :

$$I = \frac{V}{R} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

I = Arus (ampere)

V = Tegangan (volt)

R = Tahanan (Ohm)

Efisiensi (η)

Efisiensi motor listrik sangat diinginkan agar nilai efisiensinya besar, pada saat kenaikan beban efisiensi motor juga akan baik dan akan menurun kembali pada pembebanan yang lebih besar. Efisiensi yang baik diperoleh dengan penggunaan baja laminasi seperti yang ada pada

inti stator motor listrik. Nilai efesiensi suatu motor listrik dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \dots \dots \dots (3)$$

atau

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{rugi\ tot}} \dots \dots \dots (4)$$

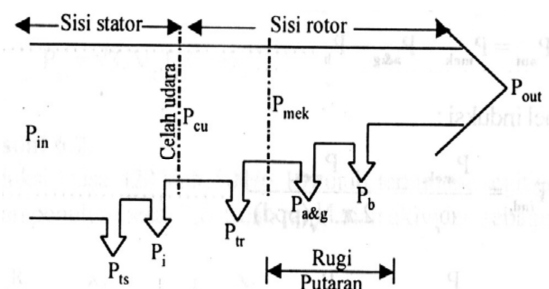
Dimana ;

η = Efesiensi (%)

P out = Daya output motor (watt)

P in = Daya input motor (watt).

Prugi tot = Rugi-rugi daya total pada motor (watt)



Gambar 1 Diagram aliran daya motor induksi

Keterangan :

Pcu = daya yang diinputkan ke rotor (Watt)

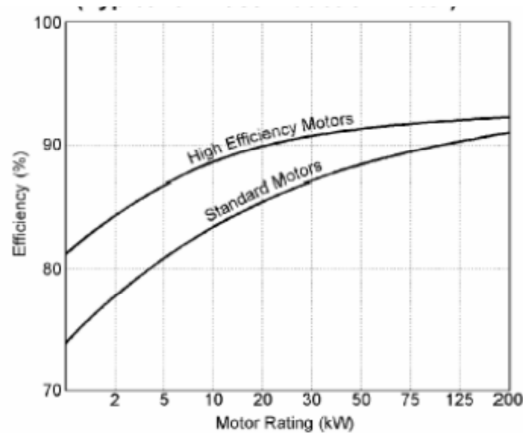
Ptr = rugi – rugi tembaga rotor (Watt)

Pmek = daya mekanik dalam bentuk putaran (Watt)

Efisiensi dari motor induksi dapat diperoleh dengan melakukan pengujian beban nol dan pengujian hubung singkat. Dari pengujian beban nol akan diperoleh rugi – rugi mekanik dan rugi – rugi inti. Rugi – rugi tembaga stator tidak dapat diabaikan sekalipun motor berbeban ringan maupun tanpa beban.

Efisiensi motor ditentukan oleh rugi-rugi atau kehilangan dasar yang hanya dapat dikurangi oleh perubahan pada rancangan dasar motor dan kondisi sistem operasi. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga 20 persen.

Terdapat hubungan yang jelas antara efisiensi motor dan beban. Pabrik motor membuat rancangan motor untuk beroperasi pada beban 50-100% dan akan paling efisien pada beban antara 75% sampai dengan 80%.. Tetapi, jika beban turun dibawah 50% efisiensi turun dengan cepat seperti. Mengoperasikan motor dibawah laju beban 50% memiliki dampak pada faktor dayanya. Efisiensi motor yang tinggi dan faktor daya yang mendekati 1 sangat diinginkan untuk operasi yang efisien dan untuk menjaga biaya rendah untuk seluruh pabrik, tidak hanya untuk motor.



Gambar 2. Perbandingan antara motor yang berefisiensi tinggi dengan motor standar

Pengujian Beban Nol

Pada waktu pengujian beban nol maka daya masuk (P_0) terdiri dari rugi-rugi inti, rugi gesek bantalan dan angin serta rugi tembaga beban nol atau dengan persamaan :

$$P_0 = P_{core} + P_{f+w} + I_{01}^2 R_1 + I_{02}^2 R_2 \dots \dots \dots (5)$$

Karena slip kecil maka rugi tembaga rotor ($I_{02}^2 R_2$) dapat diabaikan.

METODE PENELITIAN

Dalam pelaksanaan penelitian ini, penulis melakukan pengujian tanpa beban dan pengujian berbeban serta melakukan pengujian nilai tahanan dari motor kapasitor sebagai penggerak pompa sentrifugal di Laboratorium Mesin-mesin Listrik STT Pekanbaru, dengan cara mengoperasikan dua buah pompa/motor kapasitor secara individual dan secara rangkaian seri dimana pompa/motor kapasitor akan diberi beban dengan aliran fluida yang berubah-ubah dengan cara mengatur bukaan katup pada instalasi pompa dari bukaan 100% sampai 10%. Adapun spesifikasi dari kedua pompa/motor kapasitor ini adalah :

- Merk : EFOS
- Power Surce : 220V, 50 Hz
- Capacity : max 30 L/Min
- Suction Head : 9 Meter
- Discarge Head : 23 Mtr
- Total Head : 24 Meter
- Daya Out Put : 125 Watt
- RPM : 2850



Gambar 3. Rangkaian pompa/motor kapasitor terhubung seri yang diuji.

Pengujian Dan Rangkaian Pengujian

Dalam penelitian ini ada tiga jenis pengujian yang dilakukan :

1. Pengukuran Tahanan Belitan stator

Pengukuran resistansi stator dilakukan dengan memberikan tegangan DC pada belitan stator, kemudian mengukur nilai tegangan dan arus yang mengalir pada stator, maka resistansi stator dapat diketahui dengan menggunakan formula :

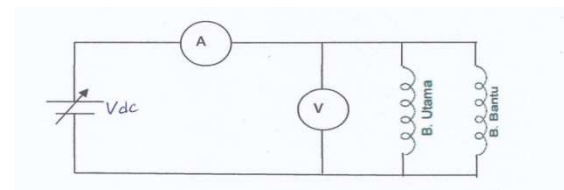
$$R = \frac{V_{dc}}{I_{dc}} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

R = Tahanan Belitan Motor (Ohm)

V_{dc} = Tegangan belitan (V)

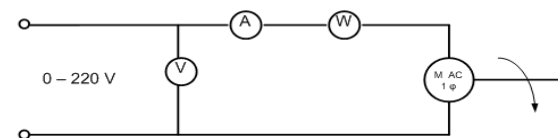
I_{dc} = Arus Belitan (A)



Gambar 4 Rangkaian Pengukuran tahanan belitan

2 Pengujian Beban Nol

Tujuan dari pengujian beban nol motor induksi untuk mendapatkan data mengenai arus, daya serta rugi-rugi pada waktu beban nol.

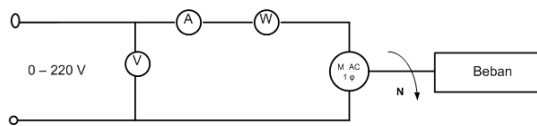


Gambar 5 Rangkaian Pengujian Beban Nol

3 Pengujian Berbeban

Setelah melakukan pengujian tanpa beban, kemudian motor dikopel dengan beban (*Dynamo Brake*) dimana beban ini terdiri dari rem tromol yang nantinya akan dipasang pada poros pompa/

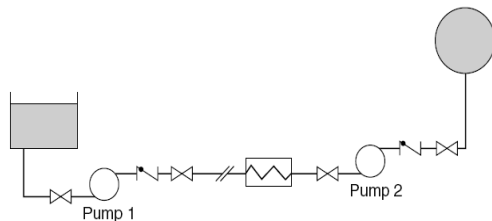
motor kapasitor, pada pengujian berbeban dari motor kapasitor ini adalah untuk mendapatkan data mengenai arus, tegangan, daya, torsi serta rugi-rugi pada waktu berbeban



Gambar 6 Rangkaian Pengujian Berbeban

Rangkaian Seri Pompa

Dalam rangkaian ini, saluran tekan dari satu pompa masuk atau mengisi ke pompa saluran isap pompa selanjutnya. Debit yang mengalir melalui rangkaian ini adalah sama sebab berapa pun debit yang melalui satu pompa pasti akan melewati pompa berikutnya.



Gambar 7. Rangkaian pompa seri

ANALISA DAN HASIL

1. Hasil Penelitian

Tabel 1. Pengukuran Tahanan Belitan Stator Motor A

No	V dc (V)	I dc (A)	R (Ohm)
1	10	0,26	38,5
2	18	0,45	40
3	25,2	0,63	40
Rata-rata			39,5

Tabel 2 Pengukuran Tahanan Belitan Stator Motor B

No	V dc (V)	I dc (A)	R (Ohm)
1	10	0,25	40
2	20,5	0,52	39,4
3	30	0,77	39
Rata-rata			39,5

Tabel .3. Pengujian Beban Nol Motor A dan Motor B

Moto r	V _{NL} (Volt)	I _{NL} (A)	P _{NL} (Watt)	N (Rpm)
A	220,4	0,53	110,1	2884
B	220,2	0,53	110,2	2882

Tabel 4. Pengujian Beban Nol Saat Motor Mulai Berputar

Motor	V _{NL} (Volt)	I _{NL} (A)	P _{NL} (Watt)
A	132,9	0,37	47,2
B	132,9	0,37	47,1

Tabel 5. Pengujian Motor Kapasitor A Secara Tunggal

N o	Bukaan Katup (%)	V (V)	I (A)	Pin (Watt)	N (Rpm)	Cos Phi
1	100	220	0,62	131,1	2799	0,965
2	90	220,4	0,62	131,1	2795	0,968
3	80	220,4	0,62	132,7	2793	0,959
4	70	220,2	0,62	133,7	2793	0,968
5	60	220,4	0,63	134,8	2786	0,956
6	50	220,2	0,64	136,6	2784	0,962
7	40	220,2	0,65	140,1	2775	0,965
8	30	220	0,70	149	2750	0,965
9	20	220,4	0,76	163,3	2598	0,962
10	10	220,3	0,80	171,8	2524	0,962

Tabel 6. Pengujian Motor Kapasitor B Secara Tunggal

No	Bukaan Katup (%)	V (V)	I (A)	Pin (Watt)	N (Rpm)	Cos phi
1	100	220,6	0,63	133,9	2829	0,958
2	90	220,4	0,63	134,3	2825	0,959
3	80	220,4	0,63	134,3	2822	0,959
4	70	220,2	0,63	134,7	2815	0,959
5	60	220	0,64	135,4	2814	0,959
6	50	220,3	0,65	138,3	2800	0,962
7	40	220,5	0,69	146,1	2774	0,958
8	30	220,2	0,74	155,9	2714	0,953
9	20	220,3	0,80	169,6	2632	0,959
10	10	220	0,83	174,7	2557	0,950

Tabel 7. Pengujian Motor Kapasitor A Terhubung Seri

No	Bukaan Katup (%)	V (V)	I (A)	Pin (Watt)	N (Rpm)	Cos phi
1	100	220,1	0,60	127	2816	0,956
2	90	220,2	0,60	127	2810	0,956
3	80	220,3	0,60	127,2	2807	0,956
4	70	220,4	0,60	128,2	2806	0,956
5	60	220,3	0,60	129,7	2800	0,959
6	50	220,1	0,62	131,7	2797	0,959
7	40	220,4	0,64	137,4	2756	0,959
8	30	220,2	0,71	153,6	2675	0,959
9	20	220,4	0,83	177,4	2521	0,968
10	10	220,3	0,85	182,4	2434	0,98

Tabel 8. Pengujian Motor Kapasitor B Terhubung Seri

No	Bukaan Katup (%)	V (V)	I (A)	Pin (Watt)	N (Rpm)	Cos phi
1	100	220,4	0,63	132,7	2820	0,956
2	90	220,2	0,63	133	2820	0,956
3	80	220,1	0,63	133,2	2816	0,956
4	70	220,1	0,63	134,5	2812	0,956
5	60	220,3	0,64	135,2	2809	0,959
6	50	220,1	0,65	138,2	2800	0,959
7	40	220,4	0,68	144,5	2765	0,959
8	30	220,2	0,75	160	2691	0,959
9	20	220,3	0,86	184,1	2534	0,968
10	10	220,2	0,87	187,2	2467	0,98

2. Analisa Data

Perhitungan Rugi-Rugi Daya

Untuk menentukan rugi-rugi daya pada motor induksi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan .

$$P_0 = P_{core} + P_{f+w} + I_{01}^2 R_1 + I_{02}^2 R_2$$

Dimana :

Po = Daya input pada penguji beban nol (Watt)

P_{core} = Rugi daya inti stator (Watt)

P_{f+w} = Rugi geseran dan angin (Watt)

I₀₂²R₁ = Rugi Tembaga stator (Watt)

I₀₂²R₂ = Rugi Tembaga Rotor (Watt)

Karena slip kecil maka rugi tembaga rotor (I₀₂²R₂) dapat diabaikan sehingga persamaan menjadi :

$$P_0 = P_{core} + P_{f+w} + I_0^2 R_1$$

Dari data pengujian beban nol didapat arus Io untuk motor A sebesar 0,53 Amper dan motor B sebesar 0,53 Amper dan tahanan belitan motor A sebesar 39,5 Ohm dan Motor B sebesar 39,5 Ohm, maka didapat rugi tembaga stator sebesar :

Motor A

$$I_0^2 R_1 = (0,53)^2 \cdot 39,5 = 11 \text{ Watt}$$

Motor B

$$I_0^2 R_1 = (0,53)^2 \cdot 39,9 = 11 \text{ Watt}$$

Sedangkan rugi geseran dan angin dapat ditentukan berdasarkan data pengujian beban nol yaitu pada pengujian daya yang didapat adalah sebesar 47,2 watt (motor A) dan 47,1 watt (motor B) , dimana daya ini adalah daya pada tegangan minimum motor mulai berputar. Sehingga rugi daya geseran dan angin dapat ditentukan sebesar 47,2 watt untuk motor A dan 47,1 untuk motor B . Setelah didapat rugi tembaga stator serta rugi geseran dan angin

maka besar rugi inti stator dapat ditentukan dengan cara :

$$P_0 = P_{core} + P_{f+w} + I_{01}^2 R_1$$

Motor A

$$110,3 = P_{core} + 47,2 + 11$$

$$P_{core} = 52,1 \text{ Watt}$$

Motor B

$$110,2 = P_{core} + 47,1 + 11$$

$$P_{core} = 52,1 \text{ Watt}$$

Rugi-rugi Inti dan rugi geseran-angin ini adalah merupakan rugi-rugi tetap atau nilainya tidak terpengaruh oleh perubahan beban, jika keduanya dijumlahkan maka didapat nilai Pc + Pfw untuk kedua motor sebesar 99,3 Kemudian baru ditentukan besar rugi-rugi tembaga dan rugi-rugi total dalam kondisi berbeban dengan cara berikut:

Motor A tunggal

Untuk beban 100 % , I = 0,62 A

$$\text{Rugi tembaga } (I_0^2 R_1) = (0,62)^2 \cdot 39,5 = 15,18 \text{ Watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Rugi total} &= 99,3 \text{ watt} + 15,18 \text{ Watt} \\ &= 114,48 \text{ watt} \end{aligned}$$

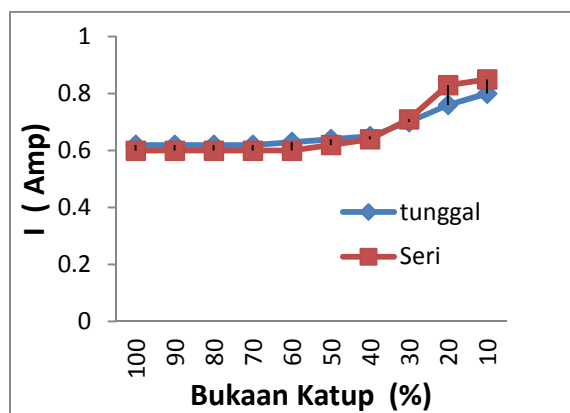
Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 9. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Daya Pengujian Motor Kapasitor A secara Tunggal

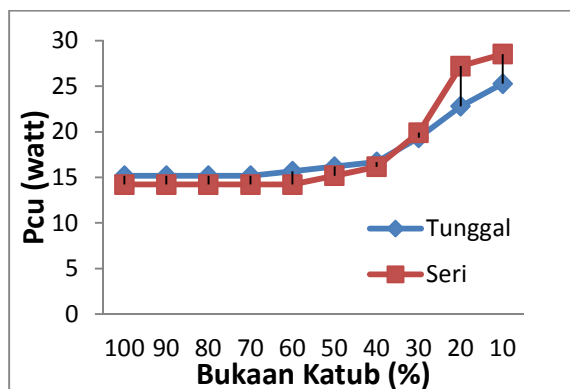
No	Bukaan katup (%)	I (A)	Pc+Pfw (Watt)	P _{cus} (Watt)	Prugi tot (Watt)
1	100	0,62	99,3	15,1838	114,484
2	90	0,62	99,3	15,1838	114,484
3	80	0,62	99,3	15,1838	114,484
4	70	0,62	99,3	15,1838	114,484
5	60	0,63	99,3	15,6776	114,978
6	50	0,64	99,3	16,1792	115,479
7	40	0,65	99,3	16,6888	115,989
8	30	0,70	99,3	19,355	118,655
9	20	0,76	99,3	22,8152	122,115
10	10	0,80	99,3	25,28	124,58

Tabel 10. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Daya Pengujian Motor Kapasitor A Terhubung Seri (Bersama)

No	Bukaan katup (%)	I (A)	Pc+Pfw (Watt)	P _{cus} (Watt)	Prugi tot (Watt)
1	100	0,60	99,3	14,22	113,52
2	90	0,60	99,3	14,22	113,52
3	80	0,60	99,3	14,22	113,52
4	70	0,60	99,3	14,22	113,52
5	60	0,60	99,3	14,22	113,52
6	50	0,62	99,3	15,18	114,48
7	40	0,64	99,3	16,17	115,47
8	30	0,71	99,3	19,91	119,21
9	20	0,83	99,3	27,21	126,51
10	10	0,85	99,3	28,53	127,83



Gambar 8. Grafik Perubahan Arus Motor A terhadap Bukaan Katup Fluida



Gambar 9. Grafik Perubahan Rugi Tembaga Motor A terhadap Bukaan Katup Fluida

Pada tabel diatas (tabel 9 & 10) terlihat bahwa nilai arus dan rugi-rugi tembaga motor kapasitor A pada bukaan katup 100% sampai 70% masih sama atau belum ada perubahan dan kenaikan arus terjadi pada bukaan katup 60% sampai 10%, baik pada operasi tunggal maupun operasi Seri (bersama). Sedangkan nilai paling tinggi dihasilkan pada bukaan katup fluida 10 %, karena pada kondisi ini motor mengalami beban paling

berat dengan menghasilkan tekanan yang begitu tinggi, yang disebabkan oleh bukaan katup hanya 10% atau hampir tertutup sama sekali ,sesuai teoritis bahwa nilai arus akan bertambah seiring dengan bertambahnya nilai beban sehingga otomatis rugi-rugi tembaga yang dihasilkan juga bertambah dengan bertambah nya beban. Sedangkan rugi-rugi inti besi serta rugi daya angin dan geseran merupakan rugi daya tetap yang tidak terpengaruh oleh perubahan beban tetapi menghasilkan rugi daya yang cukup tinggi dibanding rugi-rugi tembaga. Adapun persentase rugi rugi tembaga yang dihasilkan motor kapsitor A adalah sebagai berikut :

Pengoperasian motor secara tunggal :

$$\% \text{ rugi tembaga} = \frac{25,28}{124,58} \times 100\% = 20,3 \%$$

Pengopersian motor secara seri (bersama).

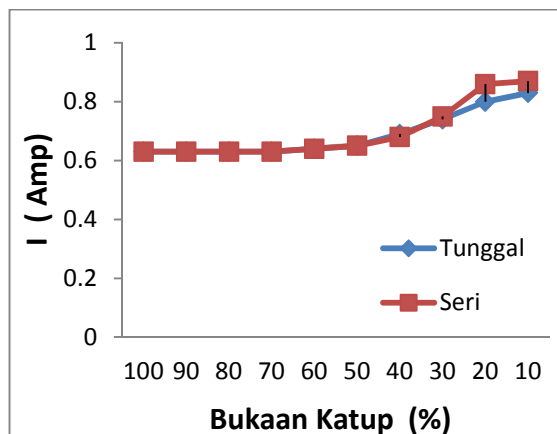
$$\begin{aligned} \% \text{ rugi tembaga} &= \frac{28,53}{127,83} \times 100\% \\ &= 22,3 \%. \end{aligned}$$

Tabel 11. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Daya Pengujian Motor Kapasitor B secara Tunggal.

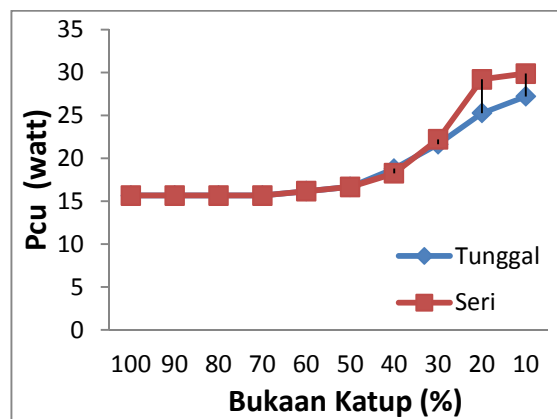
No	Bukaan katup (%)	I (A)	Pc+Pfw (Watt)	P _{cus} (Watt)	Prugi tot (Watt)
1	100	0,63	99,3	15,67	114,97
2	90	0,63	99,3	15,67	114,97
3	80	0,63	99,3	15,67	114,97
4	70	0,63	99,3	15,67	114,97
5	60	0,64	99,3	16,17	115,47
6	50	0,65	99,3	16,68	115,98
7	40	0,69	99,3	18,80	118,10
8	30	0,74	99,3	21,63	120,93
9	20	0,80	99,3	25,28	124,58
10	10	0,83	99,3	27,21	126,51

Tabel 12. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Daya Pengujian Motor Kapasitor B Terhubung Seri (Bersama)

No	Bukaan katup (%)	I (A)	Pc+Pfw (Watt)	P _{cus} (Watt)	Prugi tot (Watt)
1	100	0,63	99,3	15,677	114,97
2	90	0,63	99,3	15,67	114,97
3	80	0,63	99,3	15,677	114,97
4	70	0,63	99,3	15,67	114,97
5	60	0,64	99,3	16,17	115,47
6	50	0,65	99,3	16,68	115,98
7	40	0,68	99,3	18,26	117,56
8	30	0,75	99,3	22,21	121,51
9	20	0,86	99,3	29,21	128,51
10	10	0,87	99,3	29,89	129,19



Gambar 10. Grafik Perubahan Arus Motor B terhadap Bukaannya Katup Fluida



Gambar 11. Grafik Perubahan Rugi Tembaga Motor B terhadap Bukaannya Katup Fluida

Sebagaimana halnya motor kapasitor A begitu juga yang dialami oleh motor kapasitor B, pada tabel diatas (5.9 & 5.10) terlihat bahwa nilai arus dan rugi-rugi tembaga motor kapasitor B pada bukaan katup 100% sampai 70% masih sama atau belum ada perubahan dan kenaikan arus terjadi pada bukaan katup 60% sampai 10%, baik pada operasi tunggal maupun operasi Seri (bersama). Sedangkan nilai paling tinggi dihasilkan pada bukaan katup fluida 10 %, karena pada kondisi ini motor mengalami beban paling berat dengan menghasilkan tekanan yang begitu tinggi, yang disebabkan oleh bukaan katup hanya 10% atau hampir tertutup sama sekali ,sesuai teoritis bahwa nilai arus akan bertambah seiring dengan bertambahnya nilai beban sehingga otomatis rugi-rugi tembaga yang dihasilkan juga bertambah dengan bertambah nya beban. Sedangkan rugi-rugi inti besi serta rugi daya angin dan geseran merupakan rugi daya tetap yang tidak terpengaruh oleh perubahan beban tetapi menghasilkan rugi daya yang cukup tinggi dibanding rugi-rugi tembaga. Adapun persentase rugi rugi tembaga

yang dihasilkan motor kapsitor A adalah sebagai berikut :

Pengoperasian motor secara tunggal :

$$\% \text{ rugi tembaga} = \frac{27,21}{126,51} \times 100\% = 21,5 \%$$

Pengopersian motor secara seri (bersama).

$$\% \text{ rugi tembaga} = \frac{29,89}{129,19} \times 100\% = 23,13 \%$$

Perhitungan Daya Output Dan Efisiensi

Untuk menentukan Harga Daya Output (P_o) dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut

: $P_o = P_{in} - \text{Prugi total}$

$$\text{Efisiensi} : \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

Motor A

Bukaan katup 100 % , $P_{in} = 173,2$ watt,

Prugi tot = 135,983

$P_o = 173,2 - 135,983 = 37,21$ Watt

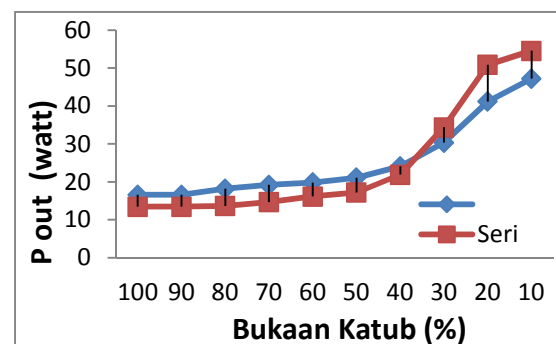
$$\eta = \frac{37,21}{173,2}$$

$$\eta = 21,48 \%$$

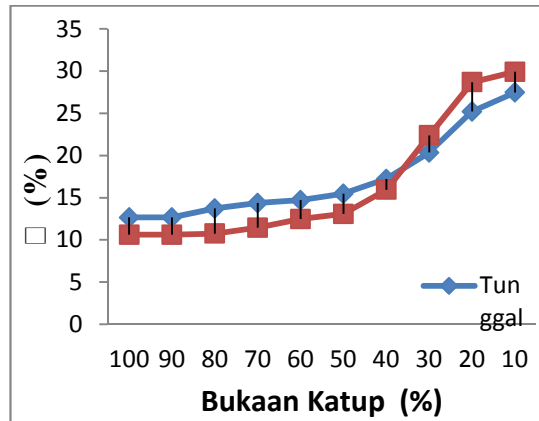
Dengan cara yang sama maka didapatkan nilai Daya Output dan Nilai Efisiensi untuk ke tiga jenis pengujian pada tabel berikut ini.

Tabel 13. Perbandingan Daya Input (P_{in}), Daya Output (P_{out}) dan Efisiensi antara Pengoperasian Tunggal Dan Pengoperasian Seri (Bersama)

Bukaan katup (%)	P_{in} A Tunggal (watt)	P_{in} A Seri (watt)	P_{out} A Tunggal (watt)	P_{out} A Seri (watt)	Efisiensi A Tunggal (%)	Efisiensi A Seri (%)
100	131,1	127	16,61	13,48	12,67	10,61
90	131,1	127	16,61	13,48	12,67	10,61
80	132,7	127,2	18,21	13,68	13,72	10,75
70	133,7	128,2	19,21	14,68	14,37	11,45
60	134,8	129,7	19,82	16,18	14,70	12,47
50	136,6	131,7	21,12	17,21	15,46	13,07
40	140,1	137,4	24,11	21,92	17,21	15,95
30	149	153,6	30,34	34,38	20,36	22,38
20	163,3	177,4	41,18	50,88	25,22	28,68
10	171,8	182,4	47,22	54,56	27,48	29,91



Gambar 12. Grafik Perubahan Daya Output Motor A terhadap Bukaannya Katup Fluida

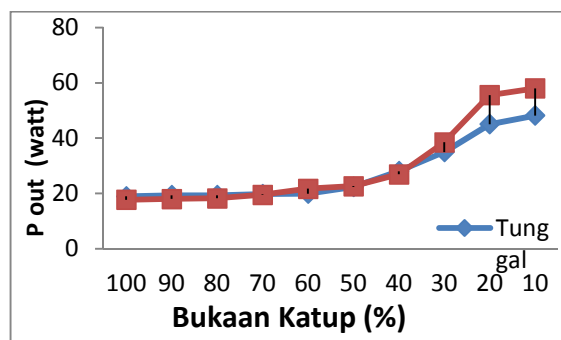


Gambar 13. Grafik Perubahan Efisiensi (□) Motor A terhadap Bukaannya Katup Fluida

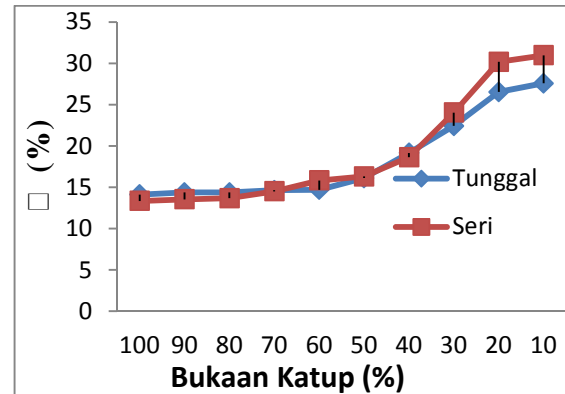
Pada tabel diatas (tabel 13) dan grafik diatas terlihat bahwa nilai Daya Output dan Efisiensi yang dihasilkan oleh motor kapsitor A baik pada kondisi operasi tunggal maupun operasi Seri (bersama) nilai yang paling baik dihasilkan pada bukaan katup fluida 10 %, yakni daya output sebesar 47,22 watt untuk motor operasi tunggal dan 54,56 watt untuk operasi motor seri (bersama) sedang efisensi yang dihasilkan adalah 27,48 % untuk motor opeasi tunggal dan 29,91 % untuk operasi motor seri (bersama).

Tabel 14. Perbandingan Daya Input (Pin), Daya Output (Pout) dan Efisiensi Antara Pengoperasian Tunggal Dan Pengoperasian Seri (Bersama)

Bukaan katup (%)	Pin B Tunggal (watt)	Pin B Seri (watt)	Pout B Tunggal (watt)	Pout B Seri (watt)	Efisiensi B Tunggal (%)	Efisiensi B Seri (%)
100	133,9	132,7	18,92	17,72	14,13	13,35
90	134,3	133	19,32	18,02	14,38	13,55
80	134,3	133,2	19,32	18,22	14,38	13,68
70	134,7	134,5	19,72	19,52	14,64	14,51
60	135,4	137,2	19,92	21,72	14,71	15,83
50	138,3	138,6	22,31	22,61	16,13	16,31
40	146,1	144,5	27,99	26,93	19,16	18,64
30	155,9	160	34,96	38,48	22,43	24,05
20	169,6	184,1	45,02	55,58	26,54	30,19
10	174,7	187,2	48,18	58,00	27,58	30,98



Gambar 14. Grafik Perubahan Daya Output Motor B terhadap Bukaannya Katup Fluida



Gambar 15. Grafik Perubahan Efisiensi Motor B terhadap Bukaannya Katup Fluida

Sebagaimana dengan motor kapastor A, motor kapasitor B juga mengalami hal yang sama, Pada tabel 14 dan grafik diatas terlihat bahwa nilai Daya Output dan Efisiensi yang dihasilkan oleh motor kapasitor B baik pada kondisi operasi tunggal maupun operasi Seri (bersama) nilai yang paling baik dihasilkan pada bukaan katup fluida 10 %, yakni daya output sebesar 48,18 watt untuk motor operasi tunggal dan 58 watt untuk operasi motor seri (bersama) sedang efisensi yang dihasilkan adalah 27,58 % untuk motor operasi tunggal dan 30,98 % untuk operasi motor seri (bersama). Untuk motor induksi dengan daya kecil seperti motor kapasitor ini, memiliki efisiensi yang jelek, karena motor induksi satu fasa ini menghasilkan rugi daya tanpa beban yang besar yaitu motor A sebesar 110,1 watt dan motor B sebesar 110,2 watt, dimana rugi daya tanpa beban ini digunakan untuk mengatasi rugi-rugi inti serta rugi-rugi geseran dan rugi angin yang nilainya tetap tidak terpengaruh oleh perubahan beban. Dari tabel dan grafik hasil analisa terlihat bahwa pengoperasian motor kapasitor secara seri (bersama) menghasilkan nilai daya output dan nilai efisiensi yang lebih baik dibanding pengoperasian motor secara tunggal.

KESIMPULAN

Hasil yang didapat setelah melakukan pengujian dan perhitungan motor kapasitor yang dioperasikan secara tunggal dan secara terhubung seri adalah sebagai berikut :

1. Untuk motor induksi dengan daya kecil seperti yang dipakai pada penelitian ini, memiliki efisiensi yang jelek, karena motor kapasitor 125 watt ini menghasilkan rugi daya tanpa beban yang besar yaitu motor A sebesar 110,1 watt dan motor B sebesar 110,2 watt, dimana rugi-rugi daya beban nol ini semuanya digunakan untuk mengatasi rugi-rugi inti besi dengan rugi angin dan geseran.

2. Daya Output dan Efisiensi yang dihasilkan oleh motor kapasitor A dan B, baik pada kondisi operasi tunggal maupun operasi Seri (bersama) nilai yang paling baik dihasilkan pada bukaan katup fluida 10 % (beban penuh), yakni untuk motor A menghasilkan daya output sebesar 47,22 watt pada kondisi motor operasi tunggal dan 54,56 watt pada kondisi operasi motor seri (bersama) sedang efisiensi yang dihasilkan adalah 27,48 % pada motor operasi tunggal dan 29,91 % pada operasi motor seri (bersama). Untuk motor kapasitor B menghasilkan daya output sebesar 48,18 watt pada motor operasi tunggal dan 58 watt pada operasi motor seri (bersama) sedang efisiensi yang dihasilkan adalah 27,58 % pada motor operasi tunggal dan 30,98 % pada operasi motor seri (bersama). Dan terlihat bahwa pengoperasian motor kapasitor secara seri (bersama) menghasilkan nilai daya output dan nilai efisiensi yang lebih baik dibanding pengoperasian motor secara tunggal tetapi tidak menunjukkan perbedaan nilai yang begitu besar, jadi dapat disimpulkan bahwa pengoperasian motor kapasitor secara tunggal dan secara seri (bersama) tidak menunjukkan nilai efisiensi yang jauh berbeda, dan kelebihan dari pengoperasian secara seri (bersama) terlihat hanya untuk menaikkan tekanan pada sistem pemipaan fluida.
3. Dari total rugi-rugi daya yang dihasilkan, yang paling besar menyumbang rugi-rugi daya adalah inti stator yakni sebesar 52,1 watt dari nilai total rugi-rugi daya yang dihasilkan. Dimana rugi-rugi daya ini merupakan rugi daya tetap yang tidak terpengaruh oleh perubahan beban.

Atmam, dkk, 2016, Analisis Pengaruh Perubahan Besaran Kapasitor Terhadap Arus *Start* Motor Induksi Satu Phasa, Jurnal Teknik Elektro, Volume 1 No. 1, Universitas Lancang Kuning, Riau

Ahmad Muhajir Hasibuan, dkk, 2013, Analisis Perbandingan Efisiensi dan Faktor Daya Motor Kapasitor *Start* Dengan Motor Kapasitor Run Dengan Teori Medan Putar Silang Dan Teori Medan Putar Ganda, Jurnal Teknik Elektro, Volume 2 No. 2, Universitas Sumatera Utara, Medan

DAFTAR ACUAN

- Sumanto Drs, MA. 1992. *Mesin Arus Searah*. Yogyakarta : Penerbit Andi Offset.
- Zuhal, 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung : Penerbit ITB.
- Thearaja B.L. 1984. *A Tex-Book of Electrical Technology*. New Delhi : Penerbit Nurja Construction & Development.
- Yon, Rijono Drs. 2002. *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta : Penerbit Andi Offset.
- Hamzah, Berahim Ir. 1991. *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*, Yogyakarta : Penerbit Andi Offset.
- <http://www.homepagez.com/>. 2013. *Motor induksi satu fasa*.
- <http://www.itttelkom.ac.id/>. 20013. *Motor kapasitor*