

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK MOTOR INDUKSI BELITAN GELUNG DENGAN BELITAN SPIRAL

Muhammad Sarjan
Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Tadulako
Email: muhammad_sarjan@yahoo.co.id

Abstract—In studying the behaviour of a motor selected to drive industrial equipment, the main problem being faced is to determine whether the characteristic of the motor suits the requirements imposed by the driven unit. Different kinds of machines and mechanisms as well as electrical motor exhibit different characteristics.

The aim of this research is to compare the characteristic of induction motor using loop winding and concentric winding. The parameters observed are current, voltage, power factor, torque and speed.

The experiment was conducted in the laboratory of Electrical Engineering Department of Tadulako University and the result of this study indicated that characteristic of the loop winding induction motor is better than that of the concentric winding.

Keyword: *induction motor, speed, torque, characteristic.*

I. PENDAHULUAN

Dalam suatu masyarakat industri modern, diperlukan berbagai motor listrik penggerak mesin-mesin dengan berbagai karakteristik. Terdapat kemungkinan bahwa mesin-mesin produksi dalam industri tersebut mensyaratkan motor listrik penggerak dengan tingkat kebisingan yang rendah dan sesuai dengan kondisi lingkungan yang ada di industri bersangkutan. Tetapi terdapat pula industri yang membutuhkan motor listrik penggerak dengan konstruksi sederhana, mudah dijalankan dan rendah biaya perawatan serta karakteristik yang konstan untuk berbagai kondisi pembebanan.

Untuk mempelajari perilaku dari suatu motor yang akan digunakan untuk menggerakkan mesin atau peralatan industri, maka salah satu masalah yang harus

diperhitungkan adalah menentukan apakah karakteristik torsi-kecepatan dari motor tersebut sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan oleh beban yang digerakkan. Perilaku beban pada kondisi transient disaat starting, pengereman, atau pengaturan kecepatan sangat tergantung pada perubahan karakteristik torsi kecepatan motor maupun beban yang digerakkan.

Oleh sebab itu sangatlah penting untuk mengetahui karakteristik motor maupun beban yang digerakkan agar dapat memilih motor penggerak dengan tepat sehingga sistem penggerak tersebut menjadi lebih ekonomis.

Terlepas dari pertimbangan karakteristik listrik mesin penggerak ini, maka terdapat tiga parameter mekanis yang sangat dipertimbangkan oleh pengguna, yaitu; kecepatan putaran, torsi yang dihasilkan dan daya output mekanisnya. Besaran-besaran ini relatif sulit ditentukan, sehingga terlebih dahulu perlu meninjau kembali sejumlah metode pengukuran yang umum digunakan untuk mengetahui dan mempelajari besaran-besaran dimaksudkan.

Ditinjau dari jenis motor listrik yang umum digunakan sebagai motor penggerak mesin atau peralatan dalam industri, maka motor induksi merupakan jenis motor listrik yang sangat luas penggunaannya. Hal ini disebabkan oleh karena jenis motor ini mempunyai kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan jenis motor listrik lainnya, antara lain karena konstruksinya sederhana, lebih reliabel dan yang lebih penting lagi adalah harganya yang relatif murah serta lebih ringan.

Terdapat dua jenis belitan stator motor induksi, yaitu belitan gelung (wave winding) dan belitan spiral/rantai (concentric winding). Kedua jenis belitan ini juga akan menentukan karakteristik listrik maupun karakteristik mekanis motor induksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Motor induksi fasa tiga adalah jenis motor yang paling umum dijumpai dan digunakan di industri. Karena motor ini mempunyai konstruksi sederhana, kuat, harganya relatif murah dan mudah pemeliharaannya (Wildi, 2000). Kecepatan putarnya konstan, namun karena kecepatannya tergantung pada frekwensi jaringan listrik, sehingga pengaturan kecepatannya sulit dilaksanakan. Tetapi penggunaan piranti elektronik yang sudah semakin luas, sangat membantu untuk pengaturan putaran motor induksi.

A. Komponen-Komponen Utama

Motor induksi 3 phase mempunyai 2 (dua) bagian utama :

- a. Bagian yang tidak bergerak (stator)
- b. Bagian yang bergerak (rotor).

Bagian stator dipisahkan dari bagian rotor oleh celah udara dengan jarak antara 0,4mm sampai 4 mm, tergantung pada daya motor bersangkutan (Hubert,1991).

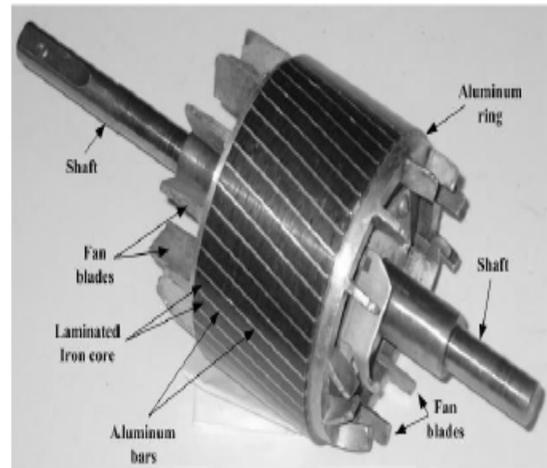
Stator terdiri dari rangka baja yang menyangga inti berongga berbentuk silindris, inti ini dibuat dari laminasi-laminasi. Sejumlah slot yang terdistribusi merata terdapat pada lingkaran bagian dalam dari inti, sebagai tempat belitan/kumparan stator. Bagian rotor juga terbuat dari laminasi-laminasi besi baja yang dipres satu dengan lainnya serta dibuat alur-alur (slot) sebagai tempat kumparan rotor. Ada 2 (dua) jenis belitan yang digunakan untuk rotor motor induksi (asinkron) : (a). Belitan 3 fasa konvensional yang terbuat dari kawat berisolasi (rotor belitan) dan (b) belitan sangkar tupai (rotor sangkar).

Berdasarkan pada kedua jenis belitan rotor ini, sehingga motor induksi dibagi menjadi : motor induksi rotor sangkar dan motor induksi rotor belitan.

1. Rotor sangkar

Rotor sangkar terbuat dari batangan-batangan tembaga telanjang, yang sedikit lebih panjang dari rotor itu sendiri dan dipress kedalam slot (alur) rotor. Kedua ujung-ujung batang tembaga ini disolder pada cincin tembaga, sehingga batangan tembaga tersebut terhubung singkat.

Konstruksi dari batangan tembaga dan cincin tembaga menyerupai sangkar, sehingga dinamakan rotor sangkar. Untuk motor-motor induksi ukuran kecil dan menengah, batangan-batangan dan cincin hubung singkat terbuat dari aluminium tuang, yang dicetak sedemikian rupa sehingga menjadi bagian yang menyatu.



Gambar 1. Rotor sangkar (squirrel cage)

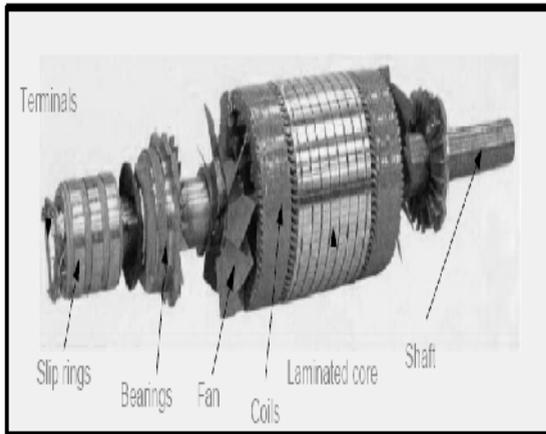
2. Rotor belitan

Rotor belitan mempunyai belitan fasa tiga, yang mirip dengan belitan stator. Belitan-belitan ini terdistribusi secara seragam pada alur-alur (slot) serta terhubung bintang (Y). Terminal-terminalnya disambungkan pada tiga cincin seret (slip ring) yang ikut berputar dengan rotor. Cincin seret ini serta sikat-sikat tetap (stationer) memungkinkan dilakukan penyambungan dengan tahanan luar (external resistor) secara seri dengan belitan rotor. Tahanan luar ini utamanya digunakan pada saat starting, dan pada saat motor berputar normal ketiga sikat-sikat dari slip ring dihubungkan singkat.

B. Prinsip Kerja Motor Induksi

Menurut Wildi (2000),terdapat 4 prinsip dasar yang menjelaskan bagaimana medan magnet dimanfaatkan dalam mesin-mesin listrik, baik untuk trnsformator, generator maupun motor listrik, yaitu:

1. Suatu konduktor yang beraliran listrik akan membangkitkan medan magnet disekitar penghantar tersebut, yang arahnya ditentukan menurut hukum Ampere.



Gambar 2. Rotor Belitan (wound rotor)

2. Medan magnet yang berubah-ubah terhadap waktu, jika melalui kawat belitan akan menginduksi suatu tegangan pada belitan tersebut. Hal ini sesuai dengan hukum Faraday dan menjadi prinsip dasar transformator.
3. Suatu konduktor beraliran listrik yang berada di dalam medan magnet akan mengalami suatu gaya. Hal ini dijelaskan oleh Lorenz dan menjadi prinsip dasar motor listrik.
4. Suatu kawat belitan yang bergerak memotong garis gaya magnet, akan menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) induksi pada kawat belitan tersebut. Demikian pula jika suatu garis gaya magnet bergerak memotong kawat belitan akan menginduksi gaya gerak listrik (g.g.l) pada kawat belitan tersebut. Hal ini dijelaskan oleh hukum Faraday dan menjadi prinsip dasar generator listrik.

Bird (1995) menjelaskan bahwa jika belitan stator motor induksi dihubungkan ke sumber tegangan 3 fasa, akan dibangkitkan medan magnet putar. Pada saat fluks magnet memotong batangan konduktor rotor (untuk rotor sangkar) atau konduktor belitan rotor (untuk rotor belitan), akan diinduksikan ggl pada konduktor rotor tersebut. Karena batangan konduktor rotor atau terminal slip ring terhubung singkat, maka akan mengalir arus rotor. Pengaliran arus ini disertai dengan timbulnya fluks magnet disekitar konduktor rotor, interaksi antara fluks medan magnet putar dengan fluks yang dibangkitkan oleh

arus rotor akan menyebabkan gaya lorenz. Gaya ini akan mendorong batangan atau belitan rotor se arah dengan arah medan magnet putar. Gaya yang sama bekerja pada seluruh konduktor atau belitan rotor, yang menyebabkan rotor berputar searah dengan medan magnet putar.

Gaya yang dibangkitkan oleh batangan rotor menyebabkan rotor berputar sesuai dengan arah medan magnet putar. Dengan meningkatnya kecepatan putaran rotor, maka kecepatan pemotongan fluks magnet semakin berkurang, ggl induksi rotor menurun dan frekwensi arus rotor juga berkurang. Jika rotor berputar pada kecepatan yang sama dengan kecepatan medan magnet putar, tidak terjadi pemotongan fluks magnet pada konduktor rotor, tidak ada ggl induksi, tidak ada pengaliran arus rotor serta tidak timbul gaya pada konduktor rotor. Sehingga kecepatan putaran rotor akan menurun. Hal inilah yang menyebabkan rotor tidak pernah mencapai kecepatan yang sama dengan kecepatan medan magnet putar (kecepatan sinkron).

Perbedaan kecepatan putaran rotor n_r dengan kecepatan sinkron n_s disebut slip. Sehingga:

$$\text{Slip} = n_s - n_r \quad (1)$$

Slip s biasanya dinyatakan dalam persen, maka :

$$\text{Slip } s = (n_s - n_r) / n_s \times 100 \% \quad (2)$$

Nilai slip antara motor tanpa beban dengan motor dalam kondisi beban penuh sekitar 4 – 5 persen untuk motor induksi berukuran kecil, sedangkan untuk motor berukuran besar antara 1,5 – 2 persen.

Selanjutnya menurut Hubert (1991), prinsip kerja motor induksi tiga fasa didasarkan pada hukum Faraday dan gaya Lorenz yang bekerja pada konduktor, dimana pada saat medan magnet putar B menyapu sepanjang dan memotong konduktor akan terjadi hal-hal berikut :

1. Suatu tegangan $E = B l v$ diinduksikan pada setiap konduktor pada saat dipotong oleh fluks magnet B (Hukum Faraday).

2. Tegangan induksi ini diiringi oleh pengaliran arus I, yang mengalir pada konduktor yang terletak persis dibawah permukaan kutub magnet ke arah bawah, melalui batang hubung singkat dan kembali ke konduktor lainnya (kaidah tangan kiri Fleming).
3. Karena konduktor beraliran berada di dalam medan magnet, maka akan mengalami gaya mekanik (gaya Lorenz).
4. Gaya-gaya ini selalu bekerja dalam arah sedemikian rupa sehingga mendorong/mengangkat konduktor yang dilalui medan/fluks magnet.

Jika konduktor ini bebas bergerak, maka akan bergerak ke arah kanan mengikuti gerakan kutub magnet. Akan tetapi jika kecepatan gerakan tersebut sama dengan kecepatan medan/fluks magnet, maka kecepatan pemotongan konduktor oleh fluks magnet akan berkurang, akibatnya tegangan yang diinduksikan E serta arus I yang bangkitkan juga akan berkurang. Dengan demikian gaya yang bekerja pada konduktor tersebut juga akan berkurang. Jika kecepatan gerakan konduktor menyamai kecepatan gerakan fluks magnet, maka tegangan induksi E dan arus I maupun gaya yang bekerja pada konduktor akan menjadi nol.

Pada motor induksi rotor sangkar, ujung-ujung tangga konduktor tersebut disatukan dan dibentuk menjadi sebuah silinder, sedangkan kutub magnet yang bergerak digantikan dengan medan magnet putar. Medan magnet putar ini dihasilkan oleh arus-arus tiga fasa yang mengalir pada belitan stator.

C. Karakteristik Motor Induksi

Karakteristik motor listrik menunjukkan kinerja motor tersebut dalam berbagai kondisi operasi (Deshpande, 1990). Karakteristik motor listrik yang utama, yang perlu diperhatikan adalah :

1. Karakteristik torsi-arus;
2. Karakteristik kecepatan-arus;
3. Karakteristik torsi-kecepatan.

Torsi M di bangkitkan pada poros motor atau mesin penggerak dengan kecepatan putar n. Dari kedua 2 besaran ini,

maka dapat diketahui daya mekanis motor atau mesin penggerak tersebut (Hornemann, et.al, 1983).

Kecapatan putaran motor n adalah jumlah revolusi untuk suatu periode waktu tertentu. Kecepatan putaran motor diukur dalam satuan revolusi per menit (rpm) atau revolusi per detik (rps). Kecepatan putaran motor listrik umumnya menggunakan satuan revolusi per menit (rpm).

Untuk pengukuran torsi dapat digunakan tongkat penyeimbang, dimana hasil kali antara gaya F dan panjang s dari lengan penyeimbang merupakan torsi M yang dihasilkan.

$$M = F \times S \text{ (Newton-meter)}. \quad (3)$$

Jika torsi yang searah jarum jam sama besar dengan torsi yang berlawanan arah jarum jam, maka tercapai posisi seimbang. Jika kedua torsi ini tidak seimbang, maka kedua lengan ini akan berputar ke arah torsi yang lebih besar.

Torsi juga dibangkitkan oleh mesin listrik putar, dimana medan magnet membangkitkan garis gaya magnet (fluks) di dalam stator. Berdasarkan prinsip dasar motor, maka gaya F yang dibangkitkan pada konduktor kumparan rotor yang dialiri arus adalah :

$$F=B.I.L \quad (4)$$

Gaya ini bekerja pada konduktor yang berjarak s dari titik tengah poros rotor. Jika terdapat sejumlah z konduktor yang dialiri arus yang diberada dalam garis gaya magnet, maka akan dihasilkan torsi M yang besarnya:

$$M = F \cdot s \quad (5)$$

$$M = B \cdot I \cdot l \cdot z \cdot s \quad (6)$$

Motor akan mencapai suatu kecepatan konstan jika torsi yang dibangkitkan sama besar dengan torsi lawan (torsi pengereman) yang disebabkan oleh rotor itu sendiri, gesekan yang timbul dan beban yang digerakkan.

Pada mesin listrik putar, torsi diukur dengan rem, dinamometer (cradle

dynamometer) atau rem arus pusar (eddy current brake).

Untuk motor listrik, terdapat hubungan antara torsi M dan kecepatan putaran n motor. Kecepatan putaran n akan menurun seiring dengan kenaikan torsi M yang dibangkitkan.

Torsi M di bangkitkan pada poros motor atau mesin penggerak dengan kecepatan putar n . Dari kedua 2 besaran ini, maka dapat diketahui daya mekanis motor atau mesin penggerak tersebut (Hornemann, et.al, 1983).

Kriteria yang penting untuk mengevaluasi dan memilih sebuah motor listrik adalah faktor daya ($\cos \phi$), Efisiensi η , Kecepatan putaran n dan daya motor P . Hubungan anatar variabel-variabel ini juga tidak kalah pentingnya. Untuk motor 3 fasa, hubungan antar variabel ini diplot dalam suatu grafik membentuk kurva beban dan kurva operasi.

D. Belitan Stator Motor Induksi.

Soeleman (1984) menjelaskan bahwa untuk motor induksi 3 fasa, maka pada umumnya digunakan belitan gelung lapis dobel atau belitan spiral (konsentrik). Cara belitan dua lapis dengan dua sisi kumparan dimasukkan dalam satu alur, sedangkan untuk belitan lapisan tunggal dengan satu sisi kumparan dimasukkan dalam satu alur. Kedua jenis kumparan motor ini memiliki karakteristik yang berbeda.

III. METODOLOGI

Oleh karena pengujian ini merupakan pengujian laboratorium yang dilaksanakan pada Laboratorium Mesin-mesin Listrik Teknik Elektro Universitas Tadulako, sehingga metode yang digunakan adalah metode ekperimental, melalui tahapan-tahapan sebagai berikut.

1. Mengumpulkan alat dan bahan yang akan digunakan pada pengujian.
2. Menempatkan peralatan pada meja pengujian (meja percobaan)
3. Karena motor yang digunakan adalah motor induksi 3 (tiga) fasa, sehingga motor dihubungkan dengan power suplay pada tegangan 220/380 Volt.

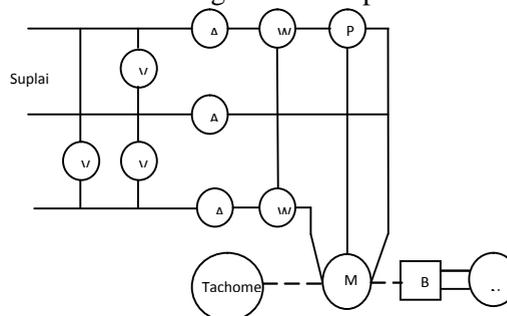
4. Memasang (mengkopel) motor dengan beban (dinamometer prony/brake)
5. Menghubungkan semua peralatan (alat ukur) sesuai fungsinya
6. Setelah selesai dipasang, penulis melakukan penelusuran kembali dari beberapa hubungan alat ukur dan peralatan lain yang telah siap untuk diuji.

Pengujian dilakukan dengan cara:

1. Power suplay sebagai input peralatan distel pada tegangan 220/380 volt, dibaca melalui voltmeter.
2. Semua instrumen ukur pada posisi standby atau dalam kondisi on.
3. Menghidupkan power suplay dengan tegangan yang distel sebelumnya sebesar 220 volt.
4. Mencatat tampilan dari beberapa alat ukur, karena alat ukur kecepatan putar (tachometer) diukur langsung melalui poros (rotor) motor setiap keadaan (nilai torsi). Tachometer dipasang untuk mengetahui laju perubahan kecepatan putaran rotor.
5. Selanjutnya menaikkan nilai torsi dari 0,15 N.M yang sebelumnya nilai torsi terbaca adalah 0,10 N.M sampai pada keadaan lockrotor dan mencatat semua tampilan alat ukur setiap torsi yang distel atau ditentukan.
6. Setelah selesai power suplay dimatikan (di off-kan) dan dilanjutkan dengan pengujian motor untuk jenis belitan yang lain dengan cara pengujian yang sama.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian karakteristik motor dimaksudkan untuk mengetahui kinerja motor dalam berbagai kondisi operasi.



Gambar 3. Rangkaian percobaan karakteristik motor

Untuk besar torsi yang sama yang dalam hal ini mencakup: Karakteristik torsi- arus, karakteristik arus-kecepatan dan karakteristik torsi-kecepatan.

Diagram rangkaian di atas terdiri dari alat dan bahan yaitu :

1. Motor Induksi Rotor Sangkar
2. Alat ukur tegangan (Voltmeter)
3. Alat ukur arus (Amperemeter)
4. Alat ukur daya (Wattmeter)
5. Alat ukur faktor daya (Cos u meter)
6. Alat ukur kecepatan putaran (Tachnometer)
7. Alat ukur torsi (Newton meter)

8. Regulator power suplay
9. Beban (Dinamometer prony/brake)
10. Kabel penghubung

A. Hasil Pengujian Kareakteristik Motor

Data tabel hasil pengujian di bawah ini; Arus (I), daya input (Pin), Faktor Daya dan kecepatan putaran (n) untuk besar torsi yang sama yaitu dari 0,2, 1, 2, 4, 6, dan 7 (N-m), diambil dari hasil pengamatan dan pengukuran pada alat ukur. Sedangkan daya output (Pout) dan efisiensi (η) didapatkan melalui perhitungan.

Tabel 1. Data hasil pengujian motor belitan gelung

A. BELITAN GELUNG											
No.	V AC	I AC (Ampere)			I Rata2 (Ampere)	P In (Watt)	Cos	M (N-m)	N (Rpm)	P Out (Watt)	η %
	(Volt)	R	S	T							
1	380	5,3	5,9	5,2	5,46	104	0,05	0,2	1496	46,99	31,33
2	380	5,3	6,0	5,2	5,50	418	0,20	1	1492	156,21	37,37
3	380	5,5	6,1	5,4	5,66	646	0,30	2	1485	310,59	48,08
4	380	6,2	6,9	6,3	6,46	1228	0,50	4	1472	616,47	50,20
5	380	7,2	8,2	7,5	7,63	1740	0,60	6	1458	915,91	52,64
6	380	7,6	8,6	7,9	8,03	1984	0,65	7	1450	1062,7	53,56

Tabel 2. Data hasil pengujian motor belitan spiral

B. BELITAN SPIRAL											
No.	V AC	I AC (Ampere)			I Rata2 (A)	P In (Watt)	Cos	M (N-m)	N (Rpm)	P Out (Watt)	η %
	(Volt)	R	S	T							
1	380	5,9	6,5	5,6	6	129,9	0,06	0,2	1496	31,33	24,11
2	380	6,0	6,6	5,7	6,1	391,9	0,17	1	1493	154,32	39,38
3	380	6,2	6,7	5,7	6,2	706,8	0,30	2	1488	311,59	44,08
4	380	6,8	7,3	6,3	6,8	1292	0,50	4	1478	618,99	47,91
5	380	7,9	8,3	7,3	7,83	1845	0,62	6	1466	920,94	49,92
6	380	8,4	8,7	7,8	8,3	2132	0,65	7	1462	1071,5	50,26

B. Pembahasan Hasil Pengujian

1. Untuk motor induksi belitan spiral

Oleh karena arus fasa motor tidak sama besar, dalam hal ini belitannya tidak seimbang, maka diambil nilai arus rata-rata seperti disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3. Data Pengujian Belitan Spiral Dengan Nilai Arus Rata-rata

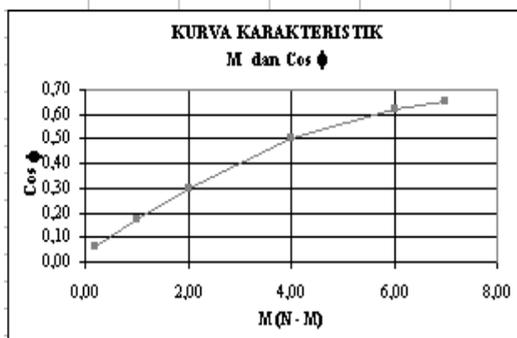
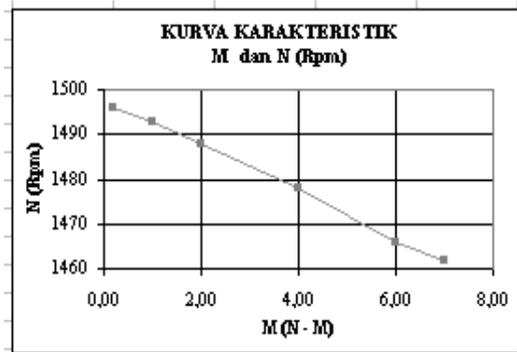
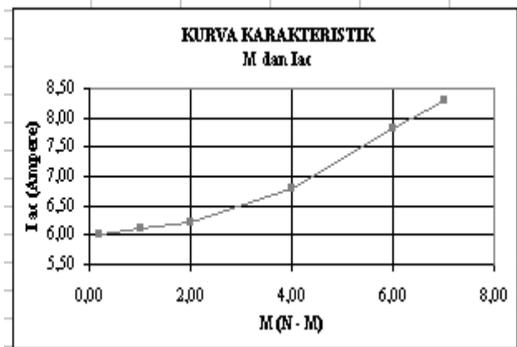
BELITAN SPIRAL								
No.	V AC (Volt)	I Rata2 (Ampere)	P In (Watt)	Cos φ	M N-m	N (Rpm)	P Out (Watt)	η %
1	380	6	129,96	0,06	0,2	1496	31,33	24,11
2	380	6.1	391,91	0,17	1	1493	154,32	39,38
3	380	6.2	706,80	0,30	2	1488	311,59	44,08
4	380	6.8	1292	0,50	4	1478	618,99	47,91
5	380	7.83	1845	0,62	6	1466	920,94	49,92
6	380	8.3	2132	0,65	7	1462	1071,49	50,26

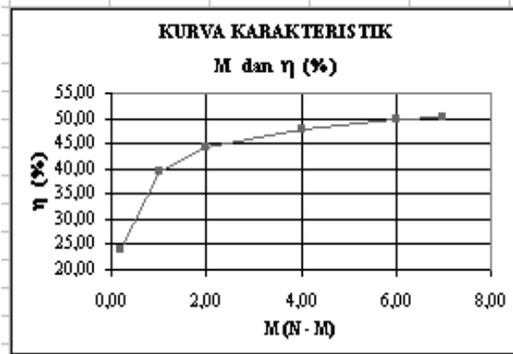
- Torsi motor dan beban 0,20 N-m; arus yang mengalir (arus yang ditarik motor) 6 ampere, daya input 129,96 watt, daya output 31,33 watt, efisiensi 24,11 %, Cos φ 0,06 dan motor berputar dengan kecepatan 1496 Rpm.
- Torsi dinaikkan 1 N-m; motor menarik arus sebesar 6,1 ampere, daya input 391,91 watt, daya output 154,32 watt, efisiensi 39,38 %, faktor kerja 0,17 Lagging dan kecepatan motor mulai menurun yaitu 1493 Rpm.
- Torsi dinaikkan 2 N-m; arus yang ditarik motor naik yaitu 6,2 ampere, daya input 706,80 watt, daya output 311,59 watt, efisiensi 44,08 %, faktor daya naik 0,30 lagging dengan kecepatan putaran motor menurun yaitu 1488 Rpm.
- Torsi dinaikkan 4 N-m; arus yang ditarik motor 6,8 ampere, daya input 1292 watt, daya output 618,99 watt, efisiensi 47,91 %, faktor daya 0,50 Lagging dan kecepatan semakin turun 1478 Rpm.
- Torsi dinaikkan 6 N-m; arus yang ditarik yaitu 7,83, daya input yang besar 1845 watt, daya output semakin besar mengikuti besarnya input daya 920,94 watt, efisiensi 49,92 %, Cos φ motor

mulai bagus yaitu 0,62 tegangan Lagging terhadap arus dengan kecepatan menurun 1466 Rpm.

- Torsi dinaikkan 7 N-m; arus yang ditarik 8,3 ampere, daya input 2132 watt, daya yang keluar memutar beban yaitu 1071,49 watt, efisiensi 50,26 %, faktor daya 0,65 lagging dan kecepatan motor 1462 rpm.

Kurva karakteristik yang menggambarkan relasi setiap variabel motor untuk belitan konsentris disajikan pada diagram berikut.





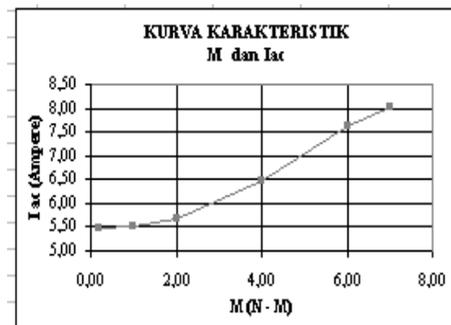
2. Untuk motor induksi belitan gelung.

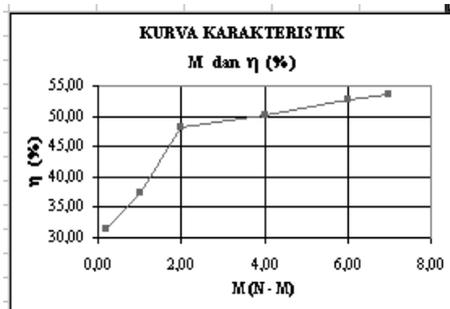
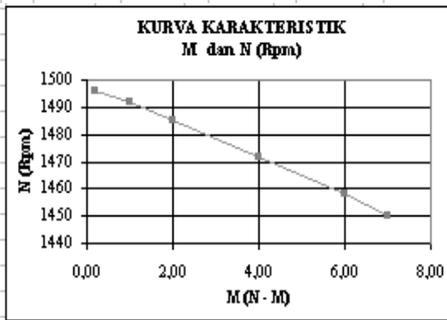
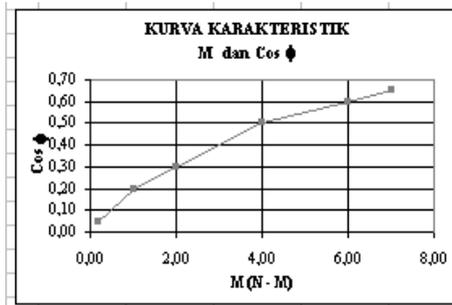
Tabel data motor untuk nilai arus fasa rata-rata disajikan pada tabel beriku:

Tabel 3. Data pengujian belitan spiral dengan nilai arus rata-rata

BELITAN GELUNG								
No.	V AC (Volt)	I Rata2 (Ampere)	P In (Watt)	Cos	M (N-m)	N (Rpm)	P Out (Watt)	η %
1	380	5,46	104	0,05	0,2	1496	46,99	31,33
2	380	5,50	418	0,20	1	1492	156,21	37,37
3	380	5,66	646	0,30	2	1485	310,59	48,08
4	380	6,46	1228	0,50	4	1472	616,47	50,20
5	380	7,63	1740	0,60	6	1458	915,91	52,64
6	380	8,03	1984	0,65	7	1450	1062,71	53,56

- Torsi sebesar 0,20 N-m; arus yang ditarik motor 5,46 ampere, daya input 104 watt, daya output 46,99 watt, efisiensi 31,33 %, faktor daya 0,05 tegangan tertinggal terhadap arus dengan kecepatan 1496 Rpm.
- Torsi dinaikkan 1 N-m; arus yang ditarik motor naik 5,50 ampere, daya input 418 watt, daya output 156,21 watt, efisiensi 37,37 %, faktor daya 0,20 lagging dan kecepatan motor mulai menurun yaitu 1492 Rpm.
- Torsi dinaikkan 2 N-m; arus yang ditarik sebesar 5,66 ampere, daya masukan 646 watt, daya keluaran 310,59 watt, efisiensi 40,08 %, faktor daya 0,30 lagging dengan kecepatan 1485 Rpm.
- Torsi dinaikkan 4 N-m; arus yang ditarik motor 6,46 ampere, daya input 1228 watt, daya output 616,47 watt, efisiensi 50,20 %, faktor daya 0,50 tegangan Lagging terhadap arus dengan kecepatan turun 1472 Rpm.
- Torsi dinaikkan 6 N-m; arus yang ditarik motor 7,63 ampere, daya input sebesar 1740 watt, daya output 915,91 watt, efisiensi 52,64 %, faktor daya 0,60 Lagging dengan kecepatan 1458 Rpm.
- Torsi dinaikkan 7 N-m; arus mengalir 8,03 ampere (hampir mendekati batas arus nominal motor), daya input motor naik 1984 watt, daya yang output naik mengikuti input daya 1062,71 watt, efisiensi 53,56 %, faktor daya 0,65 Lagging dengan kecepatan 1450 Rpm. Kurva karakteristik motor untuk belitan gelung disajikan pada diagram berikut.





V. KESIMPULAN

1. Dari hasil perbandingan karakteristik kedua jenis belitan motor induksi yang sudah diuji pada tegangan sumber 3 fasa konstan 380 Volt AC, diperoleh bahwa motor dengan belitan gelung memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan motor belitan konsentris, dalam hal besar arus, faktor daya, torsi maupun perubahan kecepatannya.
2. Efisiensi dan faktor daya kedua motor, baik motor dengan belitan gelung maupun motor belitan konsentris semakin baik apabila motor dibebani pada kapasitas nominalnya.

3. Kecepatan motor akan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya besar torsi yang dibangkitkan, sedangkan besar arus yang dicatu berbanding lurus dengan besar torsi yang dihasilkan.
4. Belitan kedua motor tidak seimbang, sehingga arus yang dicatu setiap fasa berbeda turut mempengaruhi kemampuan motor membangkitkan torsi dan daya keluaran motor tersebut.
 Dalam percobaan ini, daya motor terkunci (locked rotor torque), arus rotor terkunci (locked rotor current) maupun torsi maksimum tidak dapat diketahui, oleh karena kemampuan pengereman dan batas ukur torsi meter tidak seimbang dengan kapasitas motor.

DAFTAR PUSTAKA

- Bird, J.O. (1995). *Electrical Principles and Technology for Engineering*. Newnes, Butterworth-Heinemann Ltd, England.
- Chapman J. Stephen (1991). *Electrical Machinery Fundamental*. 2th. Ed. McGraw-Hill Inc. Singapore.
- Deutsche Gesellschaft for Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, (1988). *Electrical Power Engineering Proficiency*. Federal Republic of Germany.
- Draper A. (1971). *Electrical Machines*. Longman Group Limited, London.
- Feedback Instrument Limited “Feedback Power Frame Laboratory Note”. Crowborough, United Kingdom (UK).
- Giovanni Ricciareli (1996). *Rotaring Electrical Machines, Teaching Systems for Technical Training De Lorenzo*. Italy.
- Hubert I. Charles (1995). *Electrical Machines, Theory, Operation, Applications, Adjustment and Control*.

- Mc.Millan Publishing Company Inc,
New York U.S.A.
- Hubert I. Charles (1995). Preventive
Maintenance of Electrical Equipment..
Mc.Graw-Hill Book Company Inc,
New York U.S.A
- McPherson. G, Lamore D. Robert (1990). An
Introduction to Electrical Machines
and Transformers. John Wiley & Sons,
Singapore.
- Resenberg. R. (1970). Electrical Motor
Repair, A Practical Book on The
Winding, Repair and Troubleshooting
of A.C and D.C Motor and
Controllers, Holt, Rinehart and
Winston, Inc. New York, U.S.A.
- Schneider J. Hans (1996). Electrical
Machines Teaching Models. Leybold
Didactic GmbH. Federal Republic of
Germany.
- Soelaiman, Magarisawa. M (1984). Mesin
Tak Serempak dalam Praktek, PT.
Pradnya Paramita, Jakarta.
- Veinott G. Cyril & Martin E. Joseph (1987).
Fractional and Sub fractional
Horsepower Electric Motors.
McGraw-Hill International Editions,
Singapore.
- Wildi, Theodore (1981). Electrical Machines
and Power System. Prentice-Hall
International, Inc. USA.