

Studi Analisa Pengaruh Desain Kumputan 9-Fasa Simetris Dengan Sistem Desain-3 Lapis dan Kutub Berurutan Terhadap Torsi dan Kecepatan Motor Induksi 3-Fasa

Rasyid N Sidiq¹ Erhaneli² Zuriman Anthony³ Andi Syofian⁴ Sitti Amalia⁵

Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat, Indonesia^{1,2,3,4,5}

Email: 2020310019.rasyid@itp.ac.id¹

Abstrak

Penelitian ini untuk mengkaji pengaruh desain kumparan 9-fasa simetris dengan menggunakan sistem desain 3 lapis kumparan pada motor induksi 3-fasa terhadap torsi dan kecepatan motor, dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan kinerja motor konvensional 3 fasa dengan motor desain kumparan 9-Fasa. Untuk Mengetahui dan menganalisa pengaruh desain kumparan 9 fasa simetris terhadap torsi dan kecepatan motor induksi 3 fasa dengan menggunakan sistem desain 3 lapis kutub dibuat secara berurutan. Menentukan kumparan yang ditempatkan dan dirancang dalam motor kumparan 9 fasa simetris dengan 3 lapis, serta mengatur kutub dalam urutan tertentu. Perancangan ini penting karena mempengaruhi kumparan pada medan magnet dan arus yang dihasilkan. Motor diuji di laboratorium dengan mengukur torsi, kecepatan, dan efisiensi di berbagai kondisi operasi. Uji eksperimental dilakukan untuk membandingkan hasil simulasi dengan kinerja motor aktual. Data pengujian mencakup pengukuran torsi dan kecepatan dari hasil penelitian ini didapatkan hasil data torsi dan kecepatan yang tidak sama untuk percobaan kedua motor.

Kata Kunci: Motor 3 Fasa, Motor Kumparan 9 Fasa, Torsi, Kecepatan, 3 Lapis, Berurutan



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

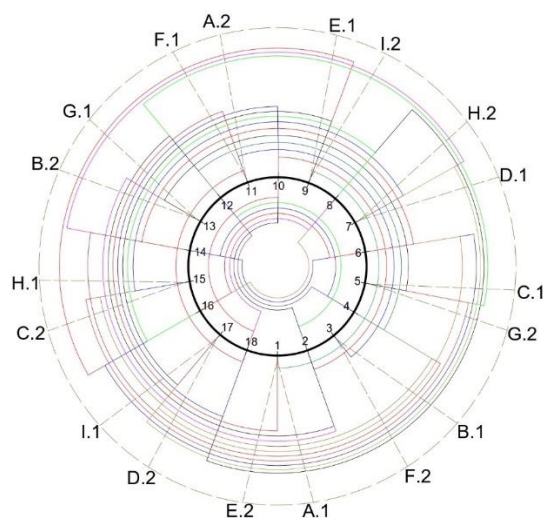
PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi memiliki struktur yang sederhana dan kokoh sehingga banyak digunakan pada peralatan industri dan peralatan rumah tangga [1]. Motor induksi 3 fasa banyak digunakan dalam industri karena diproduksi dengan daya yang tinggi. Motor induksi tiga fasa mempunyai 3 belitan identik yang berjarak 120 derajat. Motor induksi listrik satu fasa umumnya diproduksi dengan daya rendah, sehingga motor induksi satu fasa digunakan untuk keperluan rumah tangga [2]. Motor induksi satu fasa mempunyai dua buah kumparan, yaitu kumparan bantu dan kumparan utama, dan secara desain kumparan ini dipisahkan sebesar 90 derajat listrik [3]. Hal ini memungkinkan motor induksi dapat beroperasi pada rapat arus yang sama pada kondisi beban yang berbeda [4]. secara umum motor induksi mempunyai kelemahan seperti efisiensi yang lebih rendah dan arus start awal yang lebih tinggi dibandingkan motor sinkron dan pengurangan getaran dan kebisingan dengan lebih banyak fasa, getaran dan kebisingan [3]. Untuk meningkatkan torsi dan kecepatan motor, telah dilakukan penelitian agar motor induksi 3 fasa ini bekerja dengan torsi dan kecepatan motor yang lebih baik. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menambahkan magnet permanen pada motor agar motor induksi tersebut dapat beroperasi dengan torsi dan kecepatan yang lebih baik, mendekati karakteristik motor sinkron [5]. Atau memodifikasi motor induksi 3 fasa pada kumparan untuk meningkatkan daya dan respon motor [6]. Untuk meningkatkan torsi dan kecepatan motor induksi, maka perlu dilakukan penelitian dan pengembangan motor induksi. Penambahan magnet permanen justru meningkatkan performa motor [7]. Pengurangan getaran dan kebisingan dengan lebih banyak fasa, getaran dan kebisingan bisa

dikurangi karena distribusi torsi yang lebih merata. Redundansi yang lebih baik jika salah satu fasa gagal, motor masih dapat beroperasi dengan fasa yang tersisa, meskipun dengan performa yang berkurang [8]. Penelitian ini untuk mengkaji pengaruh desain kumparan 9-fasa simetris dengan menggunakan sistem desain 3 lapis kumparan pada motor induksi 3-fasa terhadap torsi dan kecepatan motor. Sistem 3 lapis dalam desain kumparan motor bertujuan untuk meningkatkan interaksi antara arus listrik dan medan magnet, yang dapat menghasilkan torsi yang lebih besar pada motor induksi. Sementara itu, konfigurasi kutub berurutan bertujuan untuk mengurangi fluktuasi arus dan harmonisa, yang sering kali menjadi penyebab penurunan efisiensi motor. Dengan perancangan kumparan 9 fasa yang simetris dan sistem distribusi arus yang lebih baik, diharapkan performa motor induksi 3 fasa dapat ditingkatkan, terutama pada aplikasi yang memerlukan torsi tinggi dan kecepatan yang optimal. Penelitian ini penting karena menawarkan solusi untuk meningkatkan efisiensi dan performa motor induksi di berbagai aplikasi industri, khususnya dalam konteks pengurangan kerugian daya, peningkatan daya tahan motor, dan optimalisasi pengoperasian pada berbagai kondisi beban. Oleh karena itu, studi tentang pengaruh desain kumparan 9 fasa simetris dengan sistem 3 lapis dan kutub berurutan terhadap torsi dan kecepatan motor induksi 3 fasa menjadi sangat relevan untuk pengembangan teknologi motor listrik yang lebih efisien dan andal. Penelitian ini tentunya penting dilakukan agar diketahui bagaimana pengaruh desain kumparan 9-fasa ini terhadap torsi dan kecepatan motor yang didesain berbasis desain 3-fasa simetris. Karena motor ini menggunakan sumber 3-fasa maka diharapkan akan tercipta motor induksi 3-fasa baru dengan torsi dan kecepatan yang baik tanpa memerlukan biaya tambahan yang mahal untuk mengoperasikan motor. Dengan penelitian ini juga diharapkan dapat memperluas pengetahuan mengenai pengaruh pengembangan desain kumparan motor induksi 3-fasa dengan desain kumparan 9-fasa simetris terhadap torsi dan kecepatan motor.

METODE PENELITIAN

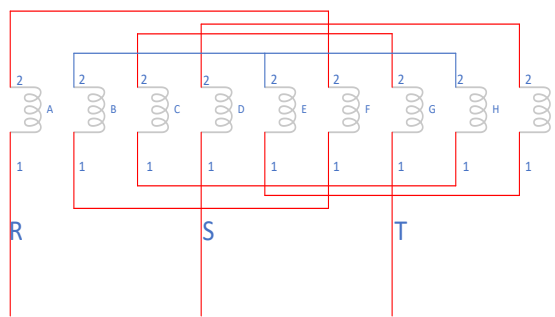
Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium yang memfokuskan untuk menganalisa pengaruh kinerja motor induksi 3-fasa konvensional yang didesain menjadi motor kumparan 9-fasa simetris 3 lapis berurutan yang memfokuskan pada torsi dan kecepatan pada motor induksi 3-fasa. Data hasil penelitian diperoleh dengan menguji langsung motor induksi 3-fasa dengan bervariasi beban pada motor. Data yang diperlukan adalah arus, tegangan, faktor daya, kecepatan dan daya masukan yang kemudian dimasukkan ke dalam tabel untuk mendapatkan hasil torsi dan kecepatan motor. Dengan alat ukur Tacho Meter Rpm (Revolutions Per Minute) meter, Multi Meter (V,A), Watt Meter (W). Pengujian tanpa beban komponen yang terlibat hanya Sumber Tenaga, Alat Ukur dan Motor Induksi 3-Fasa Konvensional/Motor Induksi 3-Fasa yang didesain kumparan 9-fasa, Sedangkan Pengujian berbeban meliputi Sumber Tegangan, Alat Ukur, Motor Induksi 3-Fasa Konvensional/Motor Induksi 3-Fasa yang didesain menjadi kumparan 9-Fasa, Dengan beban (Lampu 350 watt, lampu 200 watt, lampu 150 Watt, lampu 100 Watt, dan lampu 0 Watt). Pada motor induksi 3-fasa yang Di desain kumparan yang ada dalam motor 3 fasa menjadi kumparan 9 fasa, motor yang dipakai tetap motor 3-fasa cuman kumparannya saja di ganti. Motor Kumparan 9-Fasa atau biasanya digolongkan kedalam Motor Induksi Multifasa (fasa yang lebih dari satu). Maksud dari Kutub berurutan disini susunan kutub utara dan selatan di tempatkan secara berurutan seperti (A,B,C,D,E,F,G,H,I). Sesuai dengan urutan lilitan fasa yang menciptakan medan magnet yang berputar dengan arah dan kecepatan teratur terutama dalam hal efisiensi, torsi, kecepatan, dan pengoperasian yang lebih halus. Total lilitan yang pada masing-masing slot sebanyak 108 lilitan kawat, Dibagi 3 lapis menjadi 36 lilitan per lapisan, dan slot pada motor berjumlah 18 slot. dengan ketentuan jarak 9 slot, dengan ukuran kawat 0,60 Mm dan berat kawat 1,2 Kg.



Gambar 1. Desain Kumputan 9 Fasa Pada Motor Induksi 3 Fasa

Keterangan:

A1 (1,9 dan 2,10), A2(11,18) Penghubung A1 dan A2 (10 ke 18).
 B1 (3,11 dan 4,12), B2 (13 ,2) penghubung B1 dan B2 (2 ke 12).
 C1 (5,13 dan 6,14), C2 (15,4) penghubung C1 dan C2 (4 ke 14).
 D1 (7,15 dan 8,16), D2 (17,6) penghubung D1 dan D2 (16 ke 6).
 E1 (9,17 dan 10,18), E2 (1,8) penghubung E1 dan E2 (18 ke 8).
 F1 (11,1 dan 12,2), F2 (3,10) penghubung F1 dan F2 (2 ke 10).
 G1 (13,3 dan 14,4), G2 (5, 12) penghubung G1 dan G2 (4 ke 12).
 H1 (15,5 dan 16,6) H2 (7,14) penghubung H1 dan H2 (6 ke 14).
 I1 (17,7 dan 18,8), I2 (9,16) penghubung I1 dan I2 (8 ke 16).



Gambar 2. Terminal Rangkaian Kumputan 9 Fasa Pada Motor Induksi 3 Fasa

Keterangan:

A1: Sebagai sumber masukan untuk Fasa R dari sumber tegangan
 D1: Sebagai sumber masukan untuk Fasa S dari sumber tegangan
 G1: Sebagai sumber masukan untuk Fasa T dari sumber tegangan
 A2 dan F2: Dihubungkan atau di couplel
 F1 dan B1: Dihubungkan atau di couplel
 D2 dan I2: Dihubungkan atau di couplel
 I1 dan E1: Dihubungkan atau di couplel
 G2 dan C2: Dihubungkan atau di couplel
 C1 dan H1: Dihubungkan atau di couplel
 B2, E2, dan H2: Dihubungkan Netral

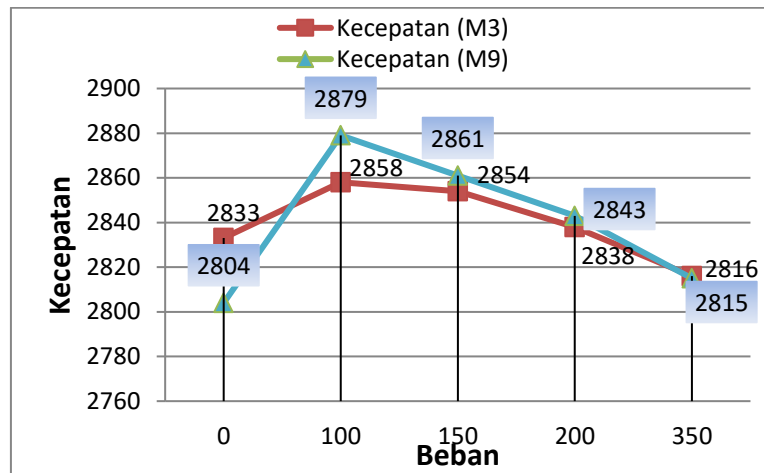
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perhitungan nilai pada pengujian motor induksi 3-fasa konvensional dan motor induksi 3-fasa konvensional desain kumparan 9-fasa simetris 3 lapis dan kutub berurutan, maka dapat ditampilkan data dan grafik sebagai berikut :

Tabel 1. Data pengukuran Beban, Kecepatan dan Torsi pada motor induksi 3 fasa dan motor desain kumparan 9 fasa 3 lapis simetris berurutan

Beban	Kecepatan (M3)	Torsi (M3)	Kecepatan (M9)	Torsi (M9)
0	2833	1,72	2804	1,84
100	2858	2,06	2879	1,76
150	2854	2,14	2861	1,83
200	2838	2,39	2843	2,03
350	2816	2,74	2815	2,22

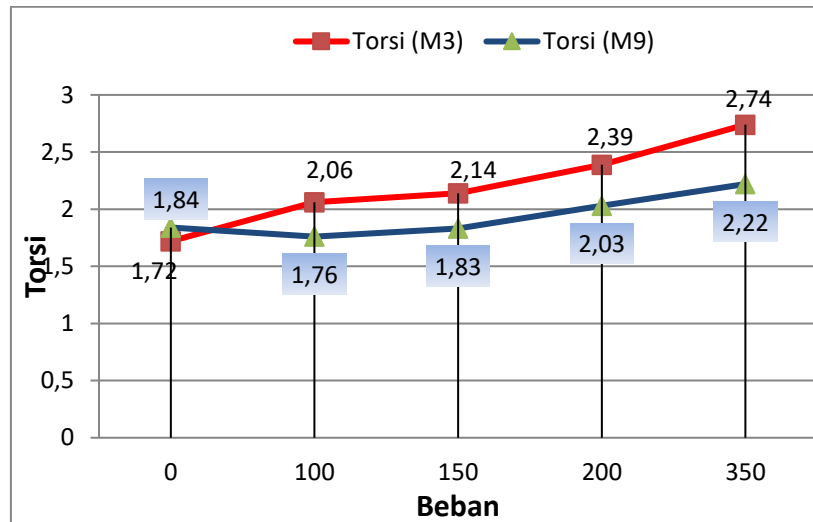
Maka dapat dibuatkan grafik perbandingan antara beban motor dan torsi dengan kecepatan motor yang dapat dilihat perbandingannya pada gambar berikut :



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kecepatan Terhadap Beban Motor 3 Fasa Dan Kumparan 9 Fasa

Terdapat Grafik di atas menunjukkan perbandingan antara Beban motor dalam Watt (W) dengan Kecepatan motor dalam Rotasi per Menit (RPM), Pada Desain Motor Kumparan 9 Fasa (M9) dengan (Garis Biru) Terdapat angka (2804), (2879), (2861), (2843), (2815). Di mana Kecepatan motor kumparan 9 fasa (M9) mengalami perubahan signifikan dengan peningkatan beban. Pada beban 100 W, kecepatan mencapai puncak di 2879 RPM, tetapi setelah itu terjadi penurunan drastis pada kecepatan hingga mencapai 2804 RPM pada beban motor 0 W. Setelah beban bertambah menjadi 150 W ke atas, kecepatan terus menurun secara bertahap hingga 2815 RPM pada beban 350 W. Sedangkan pada Motor induksi 3 fasa konvensional (M3) dengan (Garis Oren) Terdapat angka (2833), (2858), (2854), (2838), (2816). Di mana Kecepatan motor induksi 3 fasa (M3) lebih stabil dibandingkan dengan motor kumparan 9 fasa (M9). Pada rentang beban 0 W hingga 350 W kecepatan motor berada di antara 2833 RPM dan 2816 RPM, Pada Motor induksi 3 fasa (M3) tidak menunjukkan penurunan kecepatan yang drastis seperti motor kumparan 9 fasa (M9) saat beban bertambah, melainkan memiliki penurunan kecepatan yang lebih stabil dan terkontrol. Jadi dapat disimpulkan Perbandingan Kinerja Antara Motor Kumparan 9 Fasa (M9) Dengan Motor Induksi 3 Fasa (M3). Pada kecepatan motor kumparan 9 fasa (M9) menunjukkan fluktuasi besar dalam kecepatan terutama saat beban berubah dan cenderung lebih rendah dan lebih sensitif terhadap perubahan beban, yang terlihat dari

penurunan kecepatan yang drastis. sementara motor induksi 3 fasa (M3) mempertahankan kecepatan yang lebih konsisten meskipun beban bertambah dan memiliki kinerja yang lebih konsisten dalam mempertahankan kecepatan motor Pada beban tinggi (di atas 100 W).



Gambar 4. Grafik Perbandingan Torsi Terhadap Beban Motor 3 Fasa Dan Kumparan 9 Fasa

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara beban motor dalam Watt (W) pada sumbu horizontal dan torsi mekanik dalam newton meter (N-m) pada sumbu vertikal untuk dua jenis motor yang berbeda, Data motor 3-fasa desain kumparan 9 fasa 3 lapis simetris dengan garis berwarna (Biru) memperlihatkan perbandingan antara torsi terhadap beban, Terdapat angka (1,84), (1,76), (1,83), (2,03), (2,22). Dan Data motor 3-fasa konvensional yang (Garis Oren) memperlihatkan perbandingan antara torsi terhadap beban, Terdapat angka (1,72), (2,06), (2,14), (2,39), (2,74). Grafik perbandingan torsi pada beban motor dapat disimpulkan, Kenaikan Torsi Mekanik Baik pada motor kumparan 9 fasa (M9) maupun motor induksi 3 fasa (M3), torsi mekanik meningkat seiring dengan meningkatnya beban motor yang menunjukkan hubungan positif antara beban yang diberikan pada motor dan torsi yang dihasilkan. Perbedaan antara motor kumparan 9 fasa (M9) dan motor induksi 3 fasa (M3) Pada beberapa titik, seperti di beban motor sekitar 100 W motor kumparan 9 fasa (M9) menghasilkan torsi yang lebih rendah dibandingkan motor induksi 3 fasa (M3). Kedua motor memiliki performa yang serupa dengan sedikit perbedaan dalam besaran torsi yang dihasilkan pada beban yang sama, di mana motor kumparan 9 fasa (M9) sedikit lebih unggul dalam beberapa beban dibandingkan motor induksi 3 fasa (M3).

Pembahasan

Berdasarkan hasil data pengukuran dan hasil perhitungan didapatkan analisa sebagai berikut: Pada penelitian motor induksi 3-fasa konvensional dan motor induksi 3-fasa yang didesain kumparan 9-fasa sistem 3 lapis simetris dengan kutub dibuat secara berurutan dengan mengoperasikan motor dalam keadaan tanpa beban, motor dioperasikan kecepatan pada beban motor, dan arus kumparan pada kecepatan motor dan dioperasikan berbeban generator yang diberi beban lampu pijar dengan jumlah lampu yang divariasikan dengan bermacam Watt dapat dilihat dari hasil data pengukuran serta hasil perhitungan pada Tabel 4.3 didapatkan analisa Dari hasil penelitian yang di analisa dari pengaruh Desain Kumparan 9-Fasa Simetris dengan sitem 3 lapis menggunakan Motor Induksi 3-Fasa Terhadap Torsi Dan Kecepatan motor menunjukan bahwa perbandingan (Torsi Pada Beban Motor), Dapat dilihat pada Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 Di mana Kenaikan Torsi Mekanik baik pada motor kumparan 9

fasa (M9) maupun motor induksi 3 fasa (M3), torsi mekanik meningkat seiring dengan meningkatnya beban motor yang menunjukkan hubungan positif antara beban yang diberikan pada motor dan torsi yang dihasilkan. Pada motor kumparan 9 fasa (M9) menghasilkan torsi yang lebih rendah dibandingkan motor induksi 3 fasa (M3), perbedaan ini semakin kecil dan torsi dari kedua motor hampir sama. Secara keseluruhan, kedua motor memiliki performa yang serupa dengan sedikit perbedaan dalam besaran torsi yang dihasilkan pada beban yang sama, di mana motor kumparan 9 fasa (M9) sedikit lebih unggul dalam beberapa beban dibandingkan motor induksi 3 fasa (M3). Dari hasil perbandingan antara (Kecepatan Pada Beban Motor) maka dapat di analisa dari pengaruh Motor Induksi 3-Fasa yang di Desain menjadi Kumparan 9-Fasa Simetris dengan sitem 3 lapis dengan kutub berurutan. Dapat dilihat pada Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 Di mana pada motor kumparan 9 fasa (M9) menunjukkan fluktuasi besar dalam kecepatan terutama saat beban berubah, sementara motor induksi 3 fasa (M3) mempertahankan kecepatan yang lebih konsisten meskipun beban bertambah. kecepatan pada motor kumparan 9 fasa (M9) cenderung lebih rendah dibandingkan dengan motor induksi 3 fasa (M3), yang menunjukkan performa motor induksi 3 fasa (M3) yang lebih stabil di bawah beban besar. Secara keseluruhan, grafik di tersebut menunjukkan bahwa motor induksi 3 fasa (M3) memiliki kinerja yang lebih konsisten dalam mempertahankan kecepatan motor, Sedangkan motor kumparan 9 fasa (M9) lebih sensitif terhadap perubahan beban, yang terlihat dari penurunan kecepatan yang drastis.

KESIMPULAN

Pada penelitian tentang studi pengaruh motor induksi 3 fasa yang di menjadi kumparan 9 fasa terhadap torsi dan kecepatan motor induksi 3 fasa dengan sistem desain 3 lapis simetris dengan kutub yang di buat secara berurutan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan pada Motor kumparan 9-fasa (M9) menghasilkan torsi yang lebih rendah dibandingkan dengan motor induksi 3-fasa (M3). Namun, perbedaannya semakin kecil seiring bertambahnya beban. Kedua motor menunjukkan peningkatan torsi yang sebanding dengan beban yang diberikan, tetapi motor yang didesain menjadi kumparan 9-fasa sedikit lebih unggul dalam torsi beberapa kondisi beban. Sedangkan Motor induksi 3-fasa (M3) mempertahankan kecepatan yang lebih konsisten meskipun terjadi perubahan beban, sementara motor kumparan 9-fasa (M9) mengalami fluktuasi yang lebih besar dan penurunan kecepatan yang signifikan saat beban meningkat. Ini menunjukkan bahwa motor induksi 3-fasa lebih stabil di bawah beban berat. Jadi, motor induksi 3-fasa (M3) menunjukkan performa yang lebih stabil dan efisien dalam hal kecepatan dibandingkan dengan motor kumparan 9-fasa (M9) simetris 3 lapis dan kutub berurutan yang memiliki torsi yang stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Anthony, Z. (2016). Analyzing Characteristics of the Sheda's Method for Operating the 3-phase induction Motor on Single Phase Supply (Case studies: output power and efficiency of the motor). *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 33(4), 175–179.
- Anthony, Z. (2017). „Pengembangan Rangkaian Kendali untuk Mengoperasikan Motor Induksi 3-Fasa“, *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 6(1), pp. 81–86. Available at: <https://doi.org/10.21063/jte.2017.3133610>.
- Anthony, Z. and Erhaneli, E. (2017) „Disain Baru Bentuk Lilitan Kumparan Motor Induksi 1-fasa Berbasis Bentuk Lilitan Motor Induksi 3-fasa“, (January), pp. 245–249. Available at: <https://doi.org/10.21063/pimimd4.2017.245-249>.

- Anthony, Z. et al. (2014) „Pengoperasian Motor Induksi 3-Fasa Hubungan Delta Pada Sistem Tenaga 1-Fasa Yang Ditinjau Dari Efisiensi dan Kemampuan Motor“, (June 2014),pp. 29–32.
- Anthony, Z., Abral, H. and Nazir, R. (2018) „A discussion of magnetoelectric composite design by bonding the ferromagnetic material graded layers in induction motor“, MATEC Web of Conferences, 215, pp. 0–3. Available at: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201821501024>.
- Demir, Y. and Aydin, M. (2016) „A Novel Dual Three-Phase Permanent Magnet Synchronous Motor with Asymmetric Stator Winding“, IEEE Transactions on Magnetics, 52(7), pp. 1–4. Available at: <https://doi.org/10.1109/TMAG.2016.2524027>.
- Narayan (2011) ‘Mathematical Modeling and Comprehensive Analysis of Induction Assisted Permanent’, pp. 147–152.
- Paredes (2020) ‘Improving the performance of a 1 MW induction machine by optimally shifting from a 3-phase to a 6-phase machine design by rearranging the coil connections’, 0046(c). Available at: <https://doi.org/10.1109/TIE.2020.2969099>.