

Studi Analisa Pengaruh Kumputan Desain 9 Fasa Simetris Terhadap Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa Dengan Desain 3 Lapis dan Desain Kutup Dibuat Secara Berurutan

Jimmy Al Kito Lufti¹ Zuriman Anthony² Zulkarnaini³ Andi Syofian⁴ Yusreni Warmi⁵
Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat,
Indonesia^{1,2,3,4,5}

Email: 2020310053.jimmy@itp.ac.id¹

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh desain kumparan 9 fasa terhadap efisiensi motor berdasarkan desain kumparan 3 fasa simetris. Karena motor ini menggunakan daya tiga fasa, maka diharapkan akan tercipta motor induksi tiga fasa baru yang memiliki kinerja lebih baik tanpa mengeluarkan biaya tambahan yang mahal untuk mengoperasikan motor tersebut. Penelitian dimulai dengan mendata motor induksi yang digunakan. Motor induksi M1 dan M2 dilakukan pengujian atau uji coba untuk diambil data awal berupa arus, tegangan, faktor daya, efisiensi, torsi dan kecepatan. Kemudian lilitan motor diubah dengan desain 9-fasa sistem tiga lapis simetris kemudian menghubungkan kumparan seolah-olah bekerja dengan sistem 3-fasa. Analisa hasil perbandingan M1 dan M2 yaitu efisiensi dan kecepatan. Kecepatan motor induksi 3-fasa Konvensional lebih cepat dibandingkan motor induksi 3-fasa 9-fasa simetris terhadap efisiensi motor induksi 3-fasa desain 9-fasa dikarenakan efisiensi lebih besar dari motor induksi Konvensional. Hal ini dikarenakan motor induksi 3-fasa desain -fasa simetris terhadap efisiensi motor induksi 3-fasa dengan sistem 3 lapis kumparan 3 fasa.

Kata Kunci: Efisiensi, Kecepatan, Konvensional, Kumparan, Motor Induksi



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

PENDAHULUAN

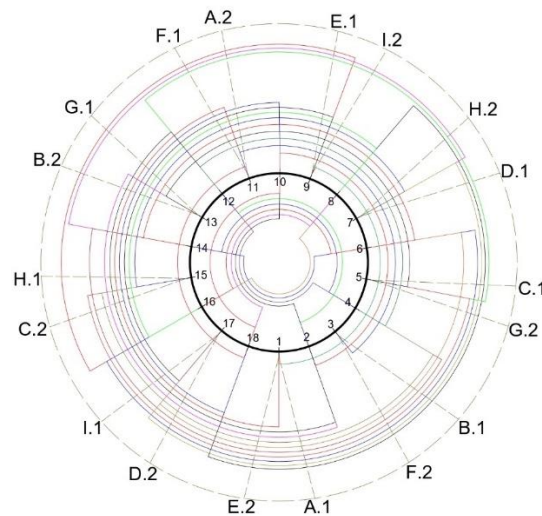
Motor induksi merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi memiliki struktur yang sederhana dan kokoh sehingga banyak digunakan pada peralatan industri dan peralatan rumah tangga (Zuriman, 2018). Motor induksi 3 fasa banyak digunakan dalam industri karena 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. (Zuriman, 2016). Motor induksi satu fasa mempunyai dua buah kumparan, yaitu kumparan bantu dan kumparan utama, dan secara desain kumparan ini dipisahkan sebesar 90 derajat listrik (Zuriman dan Erhaneli, 2017). Hal ini memungkinkan motor induksi dapat beroperasi pada rapat arus yang sama pada kondisi beban yang berbeda (Zuriman Anthony, 2015). 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 (Zuriman, 2017). Motor sinkron mempunyai performa yang baik, efisiensi yang tinggi, dan faktor daya yang baik, dengan faktor daya mendekati 1 (Demir dan Aydin, 2016).

Selain motor induksi 3 fasa memiliki banyak kelebihan, motor ini juga memiliki kekurangan, seperti efisiensi rendah, factor daya yang rendah, kinerja motor induksi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan motor listrik yang lain seperti motor sinkron. Motor Induksi ini mempunyai efisiensi yang lebih rendah dari motor sinkron sehingga

mengkonsumsi energi yang lebih boros. Sangat dibutuhkan motor induksi 3 fasa dengan efisiensi yang lebih tinggi dan torsi yang lebih besar. Namun, perlu diingat biaya perbaikan bahan yang terkait dengan meningkatkan kinerja motor. Untuk meningkatkan efisiensi 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 (Demir dan Aydin, 2016). Atau memodifikasi motor induksi 3 fasa pada kumparan untuk meningkatkan daya dan respon motor (Paredes, 2020). Untuk efisiensi motor induksi, maka perlu dilakukan penelitian dan pengembangan motor induksi. Penambahan magnet permanen justru meningkatkan performa motor (Narayan, 2011). Namun penambahan magnet permanen membutuhkan biaya yang mahal karena harga magnet tahan panas sangat tinggi (Dianguo, 2015). Oleh karena itu diperlukan motor induksi baru yang menawarkan performa lebih baik terutama dalam hal pengoperasian. Untuk meningkatkan kinerja motor induksi tiga fasa, beberapa upaya telah dilakukan untuk memperluas desain simetris 9-fasa hingga efisiensi kumparan motor induksi tiga fasa. Ini termasuk desain kumparan sembilan fase desain kumparan sembilan fase. Menggunakan kumparan untuk menggerakkan motor memerlukan beberapa penelitian baru. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja motor induksi tiga fasa sekaligus mengurangi biaya pengoperasian.

METODE PENELITIAN

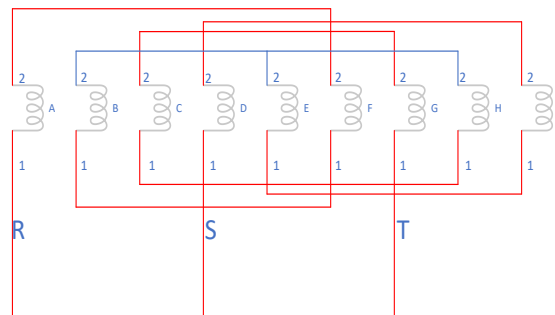
Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium yang memfokuskan untuk menganalisa pengaruh kinerja motor induksi 3-fasa konvensional yang didesain menjadi motor kumparan 9-fasa simetris 3 lapis berurutan yang memfokuskan pada torsi dan kecepatan pada motor induksi 3-fasa. Data hasil penelitian 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 didesain 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 Kumpan 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 Kumpan 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

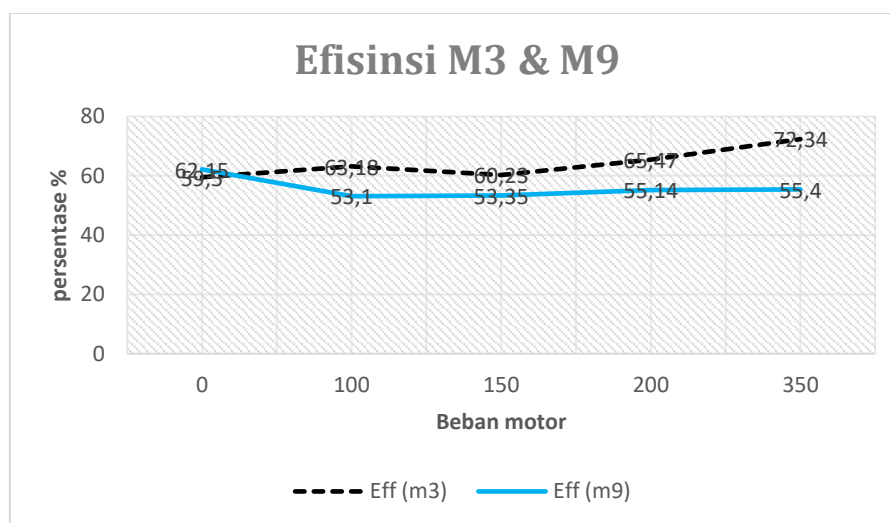
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

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

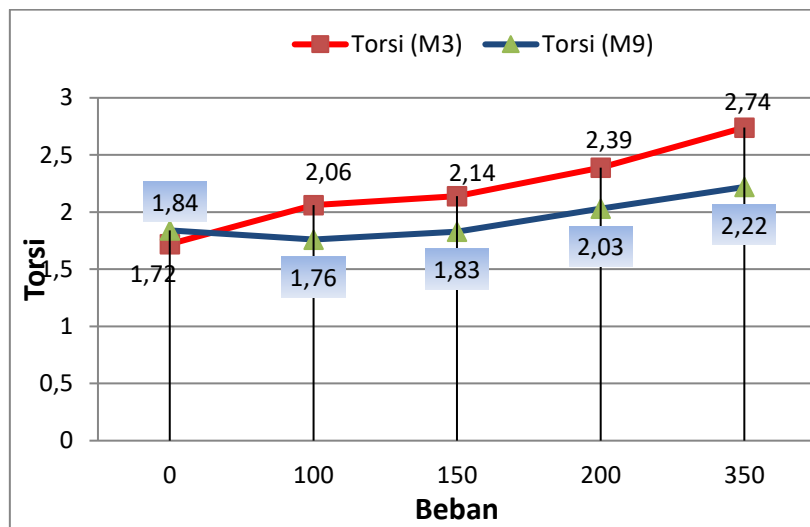
Generator												KET
V	I	Pout	Prot(M+G)	Prot(G)	Pout(M)	Pcu(G)	Pin (M)	Tm (M)	Pcu(M)	Eff (M)	Total (watt)	
0	0	0,00	392,70				392,18	0,00	75,52	0,00		TANPA BEBAN
202	0	0,00	867,24	474,54	539,01	0,00	867,24	1,84	78,98	62,15		BERBEBAN GNR
188	0,3	56,40			531,23	0,29	1000,38	1,76	97,22	53,10	100	
186	0,4	74,40			549,46	0,52	1029,82	1,83	100,91	53,35	150	
181	0,7	126,70			602,83	1,59	1093,18	2,03	112,88	55,14	200	
175	1	175,00			652,79	3,25	1178,32	2,22	125,52	55,40	350	

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



Gambar 3. Grafik Efisiensi Motor

Perbandingan antara motor M3 dan M9 menunjukkan bahwa M3 memiliki efisiensi yang lebih tinggi di seluruh rentang beban, dengan puncak efisiensi mencapai 72,34% pada beban tertentu, sementara efisiensi M9 tetap lebih rendah dan stabil, mencapai maksimum 55,4%. M3 menunjukkan peningkatan efisiensi yang signifikan saat beban meningkat, menjadikannya lebih cocok untuk aplikasi yang memerlukan performa tinggi. Di sisi lain, M9 menunjukkan kestabilan efisiensi di berbagai tingkat beban, meskipun tidak seefisien M3. Oleh karena itu, pemilihan antara kedua motor ini tergantung pada kebutuhan spesifik. M3 lebih unggul dalam efisiensi, sedangkan M9 menawarkan kestabilan yang lebih baik.



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:

1. Pada penelitian motor induksi 3-fasa konvensional dan motor induksi 3-fasa yang didesain 9-fasa simetris terhadap efisiensi motor induksi 3-fasa dengan sistem lapis 3 kumparan dengan mengoperasikan motor dalam keadaan tanpa beban, motor dioperasikan berbeban generator, dan motor dioperasikan berbeban generator yang diberi beban lampu pijar dengan jumlah lampu yang divariasikan dapat dilihat data pengukuran serta hasil perhitungan sebagai berikut:
2. Dari hasil data penelitian pengaruh desain 9-fasa simetris terhadap efisiensi motor induksi 3-fasa dengan sistem 3 lapis kumparan 3 fasa pada motor induksi 3-fasa menunjukan bahwa desain 9-fasa simetris lebih baik, kondisi ini terjadi karena kerapatan pada desain simetris lebih rapat dibandingkan desain motor konvensional terlihat bahwa dengan kerapatan 9-fasa simetris dengan 3-fasa yang meningkat maka terjadi peningkatan gaya tekan sehingga meningkatnya kemampuan motor dikarenakan terjadi peningkatan kerapatan sehingga

meningkatkan efisiensi terhadap beban sehingga meningkatkan efisiensi motor yang di desain 9-fasa simetris.

3. Pada motor induksi 3-fasa konvensional desain 9-fasa simetris memiliki hasil efisiensi yang tidak sama dengan motor induksi 3-fasa konvensional. Hal ini dikarenakan jarak kumparan antara kedua motor berbeda, yang membedakannya yaitu bentuk medan vektor masing-masing motor. Motor induksi 3-fasa konvensional memiliki desain kumparan satu lapisan jarak 120 derajat sedangkan motor induksi 3-fasa desain 9-fasa simetris memiliki bentuk desain kumparan 3 lapis berjarak 20 derajat.
4. Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan bahwa meskipun ada tantangan dalam penerapan desain 9-fasa, manfaat yang ditawarkannya dalam hal efisiensi dan kinerja menjadikannya pilihan yang menarik untuk pengembangan motor induksi di masa depan. Dengan adanya peningkatan efisiensi, pengurangan kerugian daya, dan stabilitas operasional yang lebih baik, desain ini berpotensi memberikan keuntungan signifikan bagi industri yang mengandalkan motor induksi. Disarankan untuk melakukan studi lebih lanjut untuk mengeksplorasi aplikabilitas desain ini dalam berbagai kondisi dan lingkungan operasional.
5. Grafik yang ditunjukkan dapat dilihat bahwa hubungan antara daya output motor terhadap efisiensi berbanding lurus, dikarenakan semakin besar daya output pada motor, maka semakin besar efisiensi yang dihasilkan begitupun sebaliknya. Pada hubungan efisiensi terhadap output berbanding terbalik dari hubungan motor. Dikarenakan semakin besar efisiensi pada motor maka semakin kecil daya output yang dihasilkan pada motor karena ada perubahan

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap pengembangan motor induksi 3- Fasa dengan desain 9-Fasa simetris terhadap efisiensi motor induksi 3-fasa dengan system 3 lapis kumparan 3 fasa sebagai berikut: Desain 9-fasa pada motor induksi 3-fasa dengan sistem 3 lapis dan desain kutup yang dibuat secara berurutan memberikan dampak positif terhadap efisiensi motor. Dengan distribusi arus yang lebih merata, desain ini mengurangi rugi-rugi daya, sehingga meningkatkan efisiensi operasional. Selain itu, arus start yang lebih rendah mengurangi tekanan pada sistem kelistrikan dan memperpanjang umur motor. Peningkatan torsi yang dihasilkan pada berbagai beban juga berkontribusi pada kinerja yang lebih stabil dan efisien. Selain efisiensi, desain 9-fasa meningkatkan stabilitas operasi motor dengan mengurangi fluktuasi kinerja, serta meminimalkan getaran dan kebisingan selama pengoperasian. Meskipun demikian, penting untuk mempertimbangkan bahwa desain ini mungkin memerlukan sumber daya yang sesuai dengan jumlah fase kumparan, yang dapat menambah biaya dan kompleksitas sistem. Secara keseluruhan, desain 9-fasa menawarkan potensi peningkatan kinerja yang signifikan bagi motor induksi 3-fasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-khalik (2020) 'Effect of Winding Configuration on Six- Phase Induction Machine Parameters Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3044025>.
- Abdel-khalik, A.S. *et al.* (2018) 'Application of Standard Three-Phase Stator Frames in Prime Phase Order Multiphase Machine Construction', 0046(c). Available at: <https://doi.org/10.1109/TIE.2018.2840497>.
- Anthony, Z. (2011) „Pengaruh Perubahan Frekuensi Dalam Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3-Fasa Terhadap Efisiensi Dan Arus Kumparan Motor“, *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 1(1), pp. 25–29.

- 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. (2019) *Motor Induksi, Mesin listrik arus bolak-balik*. Edited by Z. Anthony. Padang: 2019.
- 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., & Erhaneli, E. (2020). Kinerja Motor Induksi 1-fasa Disain 4 Kumparan dengan Kapasitansi Kapasitor Jalan Terkendali. *Elkha*, 12(1), 7.
- 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>.
- Anthony, Z., Erhaneli and Ismail, F. (2019) „Single Phase Induction Motor with 4 Windings Design and Current Control in Auxiliary Winding“, 190, pp. 50–53. Available at: <https://doi.org/10.2991/iccelst-st-19.2019.10>.
- Antonov Bachtiar, Zuriman Anthony, Dkk. (2020). Studi Pengaruh Desain 9 Medan Fluks Terhadap Efisiensi Dan Faktor Daya Motor Induksi 3-Fasa. *Suparyanto Dan Rosad* (2015, 5(3), 248–253.