

Analisa Pengaruh Nilai Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Gedung Treasury Tower

Ahmad Zhafran, Aripin Triyanto, Hadi Permana

Univeritas Pamulang, Jalan Surya Kencana No.1, Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

Correspondence Author: dosen01315@unpam.ac.id

Abstract

Latar belakang dalam tugas akhir ini adalah mengenai penggunaan energi listrik dalam sekala besar terkadang menjumpai beberapa macam masalah. Permasalahan tersebut diantaranya seperti adanya penurunan tegangan pada sistem kelistrikan dan rugi-rugi pada jaringan. Banyaknya beban bersifat induktif akan membutuhkan daya reaktif yang sama besarnya. Tujuan tugas akhir ini guna mengetahui pengaruh dari pemasangan atau penggunaan kapasitor bank terhadap faktor daya saat ini, lalu membandingkannya dengan faktor daya standar (0,85) Metodologi dalam penelitian ini menggunakan metode perhitungan segitiga daya, metode tersebut daya reaktif pertama sebelum kompensasi dihitung dengan $\cos \phi_1$ sedangkan daya reaktif terakhir menggunakan $\cos \phi_2$. Hasil dari pelaksanaan penelitian dan perhitungan ini mendapatkan nilai rata-rata faktor daya sebesar 0,98 yang dipengaruhi beban terpasang menghasilkan arus sebesar 601,6 A dan membandingkan dengan nilai faktor daya standar 0,85 dengan penggunaan beban yang sama menghasilkan arus sebesar 692,6 A efisiensi arus yang didapat sebesar 91 A. Lalu kompensasi daya reaktif yang dihasilkan dari perbandingan faktor daya tersebut sebesar 88,5 kVAR dengan nilai kapasitor sebesar 52,8 microFarad.

Keyword: Energi listrik, Rugi jaringan, Faktor daya, kapasitor bank

1. PENDAHULUAN

Penggunaan tenaga listrik dengan kapasitas yang besar pada dasarnya dipergunakan sebagian besar untuk kebutuhan-kebutuhan komersil[1]. Realitanya, penggunaan energi listrik tersebut tidak lah sedikit dan acap kali menjumpai bermacam-macam permasalahan. Permasalahan tersebut diantaranya seperti penurunan tegangan pada sistem kelistrikan dan rugi-rugi jaringan. Daya listrik yang diberikan pembangkit harapannya sama dengan yang akan diterima oleh konsumen. Akan tetapi dalam realitanya besaran daya listrik yang disalurkan pembangkit tidak lah sama dengan besaran yang diterima oleh konsumen[2][3].

Umumnya penggunaan daya listrik dipergunakan untuk melayani beban-beban antara lain transformator, lampu-lampu TL, motor listrik serta peralatan yang didalamnya terdapat gulungan kawat (induktor)[4]. Induktor adalah suatu komponen yang membutuhkan energi listrik untuk melakukan proses magetisai, daya itu disebut juga dengan daya reaktif. Beban bisa disebut dengan beban induktif apabila beban tersebut perlu adanya daya reaktif sedangkan bila beban disebut kapasitif apabila beban tersebut dapat menghasilkan daya reaktif[5]. Makin banyaknya beban yang berkarakteristik induktif berbanding lurus dengan kebutuhan daya reaktif yang besar, akibatnya pembangkit harus memberikan daya yang lebih besar lagi. Apabila keadaan tersebut tidak segera diatasi maka dapat mengakibatkan adanya arus pada jaringan akan bertambah, jatuhnya nilai tegangan pada jaringan serta menghasilkan faktor daya yang rendah disekitaran daerah yang terdekat dengan beban[6].

2. LANDASAN TEORI

Penggunaan teori dalam penelitian didasarkan dengan literatur jurnal peneliti terdahulu untuk mendapatkan data pengukuran dan pengujian pada penelitian.

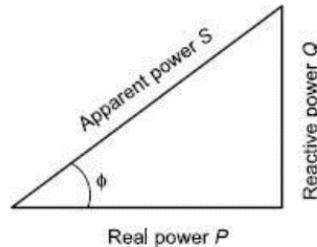
Penerapan Teknik Dasar Instalasi listrik

Instalasi listrik dapat dikatakan sebagai penyaluran tenaga listrik pada suatu bangunan. Memasang instalasi dengan benar memerlukan teknik perencanaan yang tepat, yang bertujuan untuk keamanan dan kelayakan

terhadap pengguna energi listrik. Perencanaan kelistrikan pada bangunan harapannya, sistem instalasi dapat bekerja sesuai yang direncanakan akan keseluruhan beban penggunaannya terhadap bangunan. Sehingga dalam perancangannya kelistrikan suatu instalasi listrik harus memenuhi kriteria seperti keamanan, keandalan, ketersediaan, ketercapaian, keindahan, dan ekonomi[7].

Daya Listrik

Daya didefinisikan juga dengan energi per satuan waktu. Daya juga dapat didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik pada rangkaian listrik. Satuan daya listrik menurut Standar Internasional (SI) adalah watt. Daya yang terdapat disistem tegangan bolak-balik (AC) ada tiga jenis yaitu: daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Apabila suatu rangkaian dengan hambatan dialiri dengan arus listrik akan menghasilkan kerja. Selanjutnya piranti akan mengkonversikannya ke berbagai bentuk seperti : panas (contoh: setrika), cahaya (contoh: lampu), energi gerak (contoh: motor listrik), dan suara (contoh: loudspeaker)[8].



Gambar 1. Segitiga Daya[8]

Jenis Daya Listrik

1. Daya aktif

Daya aktif merupakan rata-rata daya yang nyata antara ditransmisikan atau dikonsumsi beban Energi panas, energi kinetik, energi cahaya merupakan contoh-contoh dari daya aktif tersebut. Satuan dari daya aktif adalah watt (W). Menurut persamaan daya aktif adalah:

$$P = V \times I \times \cos\phi \text{ (1 phasa)}$$

$$P = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos\phi \text{ (3 phasa)}$$

Dimana:

P	= Daya aktif (Watt)
V	= Tegangan (Volt)
I	= Arus (Ampere)
$\cos\phi$	= Faktor daya
V_L	= Tegangan Jaringan (Volt)
I_L	= Arus jaringan (Ampere)

2. Daya reaktif

Daya reaktif merupakan total daya yang dibutuhkan dalam proses pembentukan medan magnet. Dari proses tersebut akan terbentuk suatu fluks medan magnet. Transformator, lampu pijar, inverter merupakan contoh-contoh yang menimbulkan daya reaktif. Daya reaktif bisa dikatakan juga sebagai hasil perkalian tegangan dan arus. Satuan dari daya reaktif adalah VAR (Volt Ampere Reaktif). Menurut berikut persamaan dari daya reaktif:

$$Q = V \times I \times \sin\phi \text{ (1 phasa)}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin\phi \text{ (3 phasa)}$$

Dimana :

Q	= Daya reaktif (VAR)
V	= Tegangan (Volt)
I	= Arus (Ampere)
V_L	= Tegangan Jaringan (Volt)
I_L	= Arus jaringan (Ampere)

3. Daya semu

Daya semu adalah daya yang dihasilkan dari perkalian tegangan dan arus listrik. atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan dari daya semu adalah VA (Volt Ampere). Berikut merupakan persamaan daya semu adalah :

$$S = V \times I$$

Dimana :

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Beban Listrik

Beban listrik merupakan kebutuhan akan energi atau daya listrik agar dapat dioperasikan atau dipergunakan. Adapula beban suatu rangkaian listrik menggunakan energi searah (DC). Akibat hal tersebut sifat beban akan menjadi resistif murni dikarenakan frekuensi sumber listriknya DC adalah nol. Pada arus listrik bolak-balik (AC), beban dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu beban resistif, beban induktif dan beban kapasitif.

1. Beban resistif

Merupakan suatu alat yang membutuhkan listrik dan didalam komponennya terdapat unsur-unsur resistansi (ohm) serta bekerja menggunakan prinsip dasar kerja resistansi (hambatan). Beban ini hanya menyerap daya aktif (P) dan sama sekali tidak menyerap daya reaktif (Q). Contoh dari beban resistif seperti heater, setrika dan solder listrik.

2. Beban induktif

Merupakan suatu beban yang mengandung kumparan-kumparan yang dililitkan pada inti besi. Dan beroperasi menggunakan prinsip kerja induksi. Baban ini dapat menimbulkan pergeseran fasa pada arus, sehingga sifat dari beban ini adalah lagging. Hal ini diakibatkan oleh energi yang tersimpan yaitu medan magnetis. Beban ini menyerap daya aktif (P) dan daya reaktif (Q). Contoh dari beban induktif adalah motor listrik dan transformator

3. Beban kapasitif

Merupakan beban yang memiliki kemampuan kapasitansi. Kapasitansi yaitu suatu kemampuan menyerap dan menyimpan energi listrik dalam waktu sesaat. Pada jenis beban ini menyerap daya aktif (P) dan mengeluarkan daya reaktif (Q). Contoh dari beban kapasitif adalah kapasitor.

Faktor Daya

Faktor daya merupakan perbandingan antara daya aktif dengan daya semu. Sudut fasa merupakan perbedaan antara tegangan lalu cosinus sudut fasanya dinamakan faktor daya ($\cos \varphi$). Nilai dari pada faktor daya tersebut antara 0 – 1 dan juga bisa di nyatakan kedalam persen, dikatakan bagus apabila nilai tersebut mendekati 1. Maka, dapat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Dimana :

$\cos \varphi$ = Faktor daya

P = Daya aktif (kW)

S = Daya nyata (kW)

Faktor daya mempunyai nilai range antara 0 – 1 yang juga dinyatakan dengan persen. Faktor daya dapat dikatakan bagus apabila nilainya mendekati 1.

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P}$$

Dimana :

$\tan \varphi$ = Bentuk persen dari faktor daya

P = Daya aktif (kW)

Q = Daya reaktif (kVAR)

Dikarenakan daya aktif pada umumnya bersifat konstan (kVA dan kVAR) dan menyesuaikan dengan faktor daya [8]. Maka, dapat ditulis persamaan sebagai berikut:

$$Q = P \cdot \tan \varphi$$

Dimana :

$\tan \varphi$ = Bentuk persen dari faktor daya

P = Daya aktif (kW)

Q = Daya reaktif (kVAR)

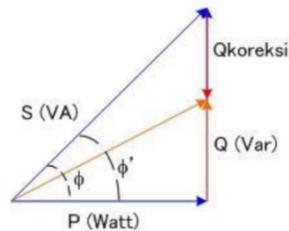
Perbaikan faktor daya dilakukan untuk menyuntik arus listrik saat fase mendahului ke suatu rangkaian supaya menetralkan arus yang tertinggal akan fasenya. diantaranya cara yang harus dilakukan adalah dengan memasang rangkaian kapasitor.

Faktor daya pada motor induksi sangatlah rendah mengakibatkan peningkatan KVA pada jenis beban kecil dari pada keluarannya. Begitupun kebalikannya beban kecil yang terdapat dimotor tersebut mengakibatkan melonjaknya biaya kVA. Bila faktor daya sudah diperbaiki dengan kapasitor yang dihubungkan pada setiap motor besar akan berkurangnya permintaan KVA pada instalasi. Hal lainnya yang terjadi adalah faktor daya memiliki efek sekunder pada proses penurunan arus yang didistribusikan oleh motor kapasitor dibandingkan motor saja.

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif pada pf awal} &= P \cdot \tan\phi_1 \\ \text{Daya reaktif pada pf diperbaiki} &= P \cdot \tan\phi_2 \end{aligned}$$

Sehingga rating kapasitor yang diperlukan untuk memperbaiki suatu faktor daya adalah :

$$Q = P (\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$$



Gambar 2. Prinsip Perbaikan Faktor Daya

Kapasitor

Kapasitor atau kondensator merupakan suatu alat yang dapat menyimpan energi listrik didalam medan listrik dan pada umumnya memiliki perbedaan fasa. Kapasitor mengumpulkan ketidak seimbangan internal dari suatu muatan listrik. Satuan dari kapasitor itu sendiri adalah Farad (F). Kapasitor atau kondensator diidentikkan mempunyai dua kaki dan dua kutup, yaitu kutup positif (+) dan kutup negatif (-) serta didalamnya terdapat cairan elektrolit dan umumnya berbentuk tabung. Ada pula bentuk lain dari kapasitor yaitu bulat pipih berwarna coklat, merah, hijau seperti tablet. Kapasitor tersebut biasanya memiliki nilai kapasitansinya lebih rendah dari pada kapasitor yang berbentuk tabung.

Kapasitor Bank

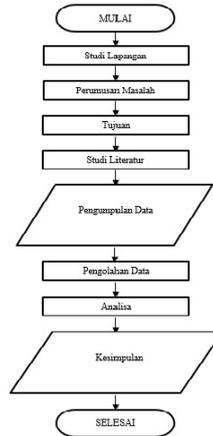
Bank kapasitor (*capacitor banks*) merupakan sekumpulan beberapa kapasitor yang dihubungkan secara paralel untuk mendapatkan kapasitif yang sudah ditentukan. Atau peralatan yang dipergunakan guna memperbaiki kualitas energi listrik diantaranya memperbaiki faktor daya ($\cos\phi$) dan mutu tegangan pada sisi beban [8]. Dan juga kapasitor bank dapat dipergunakan untuk pengaplikasian lainnya yaitu sebagai filter harmonisa, proteksi terhadap petir, untuk pengeteran transformator, *generator implus* dan *voltage divider kapasitor*.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan dapat disimak pada alur penelitian berikut ini:

Flowchart Penelitian

Untuk mempermudah dalam perencanaan dan pelaksanaan penelitian dilakukan tahapan penelitian agar mudah dalam evaluasi pekerjaan yang dilakukan.



Gambar 4. Flowchart penelitian

4. HASIL DAN ANALISA

Nilai Data Pengamatan Display Meter Pada Panel Kapasitor Bank Kapasitor Bank Zona 1

Berikut ini merupakan tabel hasil rata-rata pengamatannya diantara lain:

Tabel 1. Hasil rata-rata pengamatan pada kapasitor bank zona 1

Hari	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Aktif (kW)	Daya Semu (kVA)	Daya Reaktif (kVAR)
Senin	387,7	783,1	300,1	303,1	57,6
Selasa	387,6	779,3	298,8	301,8	57,3
Rabu	389	656,8	244,9	255,1	48,5
Kamis	388,7	822	315,7	318,9	60,6
Jumat	387,5	769,8	291,8	297,8	56,6
Sabtu	387,9	313,8	117,9	121,6	23,1
Minggu	387,4	207,5	78	80,4	15,3
Rata-Rata	388	618,9	235,3	239,8	45,6

Pada Tabel 1. merupakan hasil rata-rata pengamatan selama penelitian, dapat diketahui bahwa hasil rata-rata tegangan selama pengatan adalah 388,0 V pada arus sebesar 618,9 A, daya aktifnya sebesar 235,3 kW dan pada daya semunya sebesar 239,8 kVA.

Menghitung Faktor Daya, Arus dan Kompensasi Daya Reaktif

1. Kapasitor bank zona 1

Dimana data yang dipergunakan merupakan nilai hasil rata – rata selama satu minggu pengamatan diantaranya sebagai berikut :

- Daya aktif (P) = 235,3 kW = 235.300 W
- Daya semu (S) = 239,8 kVA = 239.800 VA
- Tegangan (V) = 388,0 V
- Arus (I) = 618,9 A

a. Menghitung nilai Cos φ dan nilai φ (faktor daya)

$$\begin{aligned}
 \text{Cos } \varphi &= \frac{P}{S} \\
 &= \frac{235.300}{239.800} \\
 &= 0,98 \\
 \varphi &= \text{Cos}^{-1} 0,98 \\
 &= 11,47
 \end{aligned}$$

b. Menghitung nilai I₁ dan nilai φ₁ dengan asumsi nilai faktor daya standar (Cos φ₁ = 0,85)

$$\begin{aligned}
 \text{Cos } \varphi_1 &= 0,85 \\
 \varphi_1 &= \text{Cos}^{-1} 0,85
 \end{aligned}$$

$$= 31,78$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{S}$$

atau

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{P}{\cos \varphi_1} \\ &= \frac{235.300}{0,85} \\ &= 276.823 \text{ W} = 276,8 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{S_1}{V} \\ &= \frac{276.823}{388,0} \\ &= 713,4 \text{ A} \end{aligned}$$

c. Menghitung kompensasi daya reaktif (Qc)

$$\begin{aligned} Q_c &= P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \\ &= 235.300 (\tan 31,78 - \tan 11,47) \\ &= 235.300 (0,61 - 0,20) \\ &= 235.300 \times 0,41 \\ &= 96.473 \text{ VAR} = 96,4 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Tabel 2. Hasil perhitungan faktor daya, arus dan kompensasi daya reaktif

Kapasitor Bank	Faktor Daya		Kompensasi Daya Reaktif (kVAR)	Arus	
	Cos ϕ_1	Cos ϕ_2		(I1) Cos ϕ_1	(I2) Cos ϕ_2
Zona 1	0,85	0,98	96,4	713,4	618,9
Zona 2	0,85	0,98	111,4	824,4	716,1
Zona 3	0,85	0,97	92,4	778,4	676,5
Zona 4	0,85	0,97	53,8	454	394,9
Rata - Rata	0,85	0,98	88,5	692,6	601,6

Berdasarkan pada Tabel 2 dapat dilihat dari hasil perhitungan nilai $\cos \phi^1$ dengan rata – rata 0,85 dan nilai $\cos \phi^2$ dengan rata – rata 0,98, menghasilkan nilai rata – rata kompensasi daya reaktifnya sebesar 88,5 kVAR. Sedangkan dengan meningkatkan faktor daya dengan nilai 0,98 menghasilkan penurunan pada arus (I^2) sebesar 601,6 A bila dibandingkan dengan faktor daya standar (0,85) menghasilkan arus (I^1) sebesar 692,6 A. Sesuai dengan pernyataan diatas bahwa makin besar nilai faktor dayanya, maka akan menghasilkan arus yang semakin rendah dalam suatu sitem distribusi. Sehingga pada hal tersebut mempengaruhi peralatan listrik seperti konsumsi daya listrik dan ukuran kabel serta menghindari dari beban denda daya reaktif yang ditentukan oleh PLN.

Tabel 3. Hasil perbandingan daya

Kapasitor Bank	Faktor Daya		Daya Aktif (kW)	Daya Semu (kVA)		Daya Reaktif (kVAR)		
	Cos ϕ_1	Cos ϕ_2		S1	S2	Q1	Q2	Qc
Zona 1	0,85	0,98	235,3	276,8	239,8	142,0	45,6	96,4
Zona 2	0,85	0,98	271,9	319,9	277,3	164,1	52,7	111,4
Zona 3	0,85	0,97	256,8	302,1	262,2	157,9	65,5	92,4
Zona 4	0,85	0,97	149,7	176,1	153,1	92,1	38,3	53,8
Rata - Rata	0,85	0,98	228,4	268,7	233,1	139,0	50,5	88,5

Pada Tabel 3. merupakan hasil perbandingan dimana pada daya semu dengan simbol S1 merupakan daya semu menggunakan faktor daya $\cos \phi^1$ dan S2 merupakan daya semu menggunakan faktor daya $\cos \phi^2$ dan pada daya reaktif dengan simbol Q1 merupakan daya reaktif perbandingan, Q2 merupakan daya reaktif aktual dan Qc merupakan hasil dari kompensasi daya reaktifnya. Dapat juga dilihat dibawah ini gambar perbandingan segitiga dayanya.

Perhitungan Kapasitor

Mengacu pada proses perhitungan sebelumnya mendapatkan nilai rata-rata kompensasi daya reaktif (Qc) dari seluruh kapasitor bank yang terdapat pada gedung Treasury Tower adalah sebesar 88,5 kVAR. Seluruh kapasitor bank menggunakan 1 modul dengan 12 step dengan setiap bank mengoreksi atau mengkompensasi 25 kVAR. Adapun dapat diketahui menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\begin{aligned} I_c &= \frac{kVAR}{V} \text{ maka,} \\ \text{Daya reaktif} &= 25 \text{ kVAR} = 25.000 \text{ VAR} \\ \text{Tegangan} &= 388 \text{ V} \\ \text{Frekuensi} &= 50 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Maka arus pada kapasitor (Ic) adalah :

$$\begin{aligned} I_c &= \frac{25000}{388} \\ &= 64,4 \text{ A} \end{aligned}$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan data – data penelitian yang dilakukan pada gedung Treasury Tower selama tujuh hari (7 Februari 2022 sampai 13 Februari 2022), penulis dapat mengambil kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

Dengan nilai rata-rata faktor daya sebesar 0,98 yang dipengaruhi beban terpasang menghasilkan arus sebesar 601,6 A lalu membandingkannya menggunakan nilai standar faktor daya 0,85 dengan beban yang sama menghasilkan arus sebesar 692,6 A. Dapat dilihat bahwa dengan meningkatkan faktor daya maka, arus yang mengalir pada sistem distribusi mengalami penurunan. Sehingga berpengaruh pada konsumsi penggunaan daya listrik yang dibayarkan karena terdapat selisih sebesar 91 A.

Besaran nilai daya reaktif setelah dikompensasi yang diberikan ialah 88,5 kVAR menggunakan perhitungan hasil rata-rata faktor daya sebesar 0,98 serta seluruh kapasitor yang terpasang menggunakan 1 modul dengan 12 step dimana tiap step mengkompensasi sebesar 25 kVAR dengan nilai kapasitor sebesar 52,8 microFarad. Dengan adanya kapasitor bank dalam sistem kelistrikan gedung bertingkat menghasilkan efek baik terhadap faktor dayanya dan melindungi peralatan-peralatan utilitas dari adanya penurunan tegangan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Tulus Pangapoi Sidabutar, “Kajian pengembangan kendaraan listrik di Indonesia: prospek dan hambatannya,” *J. Paradig. Ekon.*, vol. 15, no. 1, pp. 21–38, 2020, doi: 10.22437/paradigma.v15i1.9217.
- [2] A. Triyanto, A. L. Sakti, H. Nugraha, and A. A. Rifai, *Operasi dan stabilitas sistem tenaga*, no. 1. UNPAM PRESS, 2022.
- [3] B. S. Nasional, “Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000),” *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2000, no. PUIL, pp. 1–133, 2000.
- [4] A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, “Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266,” *J. Ampere*, vol. 4, no. 1, p. 187, 2019, doi: 10.31851/ampere.v4i1.2745.
- [5] D. A. Basudewa, “Analisa Penggunaan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory UNESA,” *J. Tek. Elektro*, vol. 09, no. 03, pp. 697–707, 2020.
- [6] A. K. Al Bahar, “Analisa Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Gedung TI BRI Ragunan,” *Ilm. Elektrokrisna*, vol. 6, no. 1, pp. 33–41, 2017.
- [7] S. Lia, “PENYULUHAN K3 LISTRIK BAGI PEKERJA TAHAP IX RSUD SITI FATIMAH SUMATERA SELATAN,” *Abdimas*, vol. 1, no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022, [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- [8] B. G. Melipurbowo, “Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus Acs.712,” *Orbith*, vol. 12, no. 1, pp. 17–23, 2016, [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/orbith/article/view/309>