

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Data Sensor Proximity Induktif dan Kapasitif

Pada penelitian ini dilakukan proses pengambilan data untuk menganalisis kinerja dan kemampuan deteksi sensor proximity induktif LJ12A3-4-Z/BY serta sensor proximity kapasitif LJC18A3-H-Z/BY pada sistem *Vending Machine Pemilah Botol Minuman*. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan memberikan variasi jarak antara sensor dan objek yang dideteksi. Proses pengujian dilakukan dengan mendekatkan objek secara bertahap ke arah sensor pada rentang jarak tertentu sesuai dengan spesifikasi masing-masing sensor.

Sensor proximity induktif LJ12A3-4-Z/BY digunakan untuk mendeteksi objek berbahan logam, sedangkan sensor proximity kapasitif LJC18A3-H-Z/BY digunakan untuk mendeteksi objek non-logam seperti botol plastik. Ketika objek berada dalam area deteksi sensor, perubahan medan elektromagnetik pada sensor induktif atau perubahan kapasitansi pada sensor kapasitif akan menghasilkan sinyal keluaran yang kemudian diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno. Data yang diamati dan dicatat selama proses pengujian meliputi nilai jarak deteksi (cm), tegangan output (V), arus output (mA), serta status deteksi sensor (ON/OFF). Nilai tegangan dan arus diukur pada setiap variasi jarak untuk mengetahui karakteristik keluaran sensor terhadap perubahan posisi objek. Hasil pengukuran kemudian ditampilkan pada sistem monitoring dan dicatat sebagai data penelitian.

Selanjutnya, data yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui hubungan antara jarak terhadap tegangan output, jarak terhadap arus output, dan tegangan terhadap arus output. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi sensitivitas, kestabilan, serta kemampuan sensor dalam mendeteksi objek pada berbagai jarak pengujian. Selain itu, hasil pengujian digunakan untuk menentukan jarak deteksi optimal yang dapat diterapkan pada sistem vending machine sehingga proses pemilahan botol minuman dapat berjalan dengan akurat dan konsisten. Berdasarkan hasil pengujian, sensor

proximity induktif LJ12A3-4-Z/BY dan sensor proximity kapasitif LJC18A3-H-Z/BY diharapkan mampu memberikan respons yang stabil terhadap perubahan jarak objek, sehingga dapat digunakan sebagai komponen utama dalam sistem identifikasi dan pemilahan botol minuman secara otomatis pada vending machine.

Sebelum dilakukan pengujian kinerja sensor, terlebih dahulu dijelaskan spesifikasi teknis dari sensor proximity induktif yang digunakan pada penelitian ini. Sensor yang digunakan adalah tipe LJ12A3-4-Z/BY, yang memiliki karakteristik dan kemampuan sesuai dengan kebutuhan sistem pemilah botol minuman berbasis sensor proximity. Spesifikasi tersebut meliputi jenis keluaran (output), objek yang dapat dideteksi, jarak deteksi, arus keluaran, frekuensi respons, suhu kerja, dimensi, panjang kabel, material penyusun, dan jumlah unit. Spesifikasi lengkap sensor proximity induktif LJ12A3-4-Z/BY.

Tabel 4. 1 Spesifikasi Sensor Proximity Induktif LJ12A3-4-Z/BY

Output Type	:	PNP normally open three-line
Cetection object	:	metal objects
Detection distance	:	4 mm
Output Current	:	300 mA
Response Frequency	:	0.5 KH
Worrking temperature	:	Temperature range -30 -=60, +23, within+ (-) 15% detection distance Temperature range -25 +23, within +(-) 10% detection ddistance
For imensions	:	12 mm screw diameter
Cable length	:	about 190 cm
Material	:	metal and plastic
Quantity	:	1 Pc

Untuk mendukung proses pendeteksian objek secara lebih optimal, sistem pada penelitian ini memanfaatkan sensor proximity kapasitif tipe LJC18A3-H-Z/BY. Sensor ini memiliki kemampuan mendeteksi objek berbahan logam maupun non-logam dengan memanfaatkan perubahan kapasitansi pada medan listrik yang dihasilkan sensor. Penggunaan sensor ini melengkapi fungsi sensor proximity induktif sehingga proses identifikasi jenis botol minuman dapat dilakukan dengan lebih akurat. Spesifikasi teknis sensor proximity kapasitif LJC18A3-H-Z/BY.

Tabel 4. 2 Spesifikasi Sensor Proximity Kapasitif LJC18A3-H-Z/BY

Model	:	LJC18A3-H-Z/BY
Wire Type	:	DC 3 Wire Type (Brown, Black, Blue
Switch Appearance Type	:	Cylinder Type
Theory	:	Capacitance Sensor
Output Type	:	PNP NO (Normal Open)
Diameter of Head	:	18 mm
Detecting Distance	:	1-10mm
Detecting Object	:	Metal or Nonmetal Material
Supply Voltage	:	DC 6-36V
Current Output	:	300mA
Response Frequency	:	100Hz
Size	:	7.5 x 4cm/3" x 1.6 (L Max. Dia)
Cable Length	:	120cm/47"
External Material	:	Plastic. Alloy
Net Weight	:	85g
Color	:	Silver Tone, yellow, gray

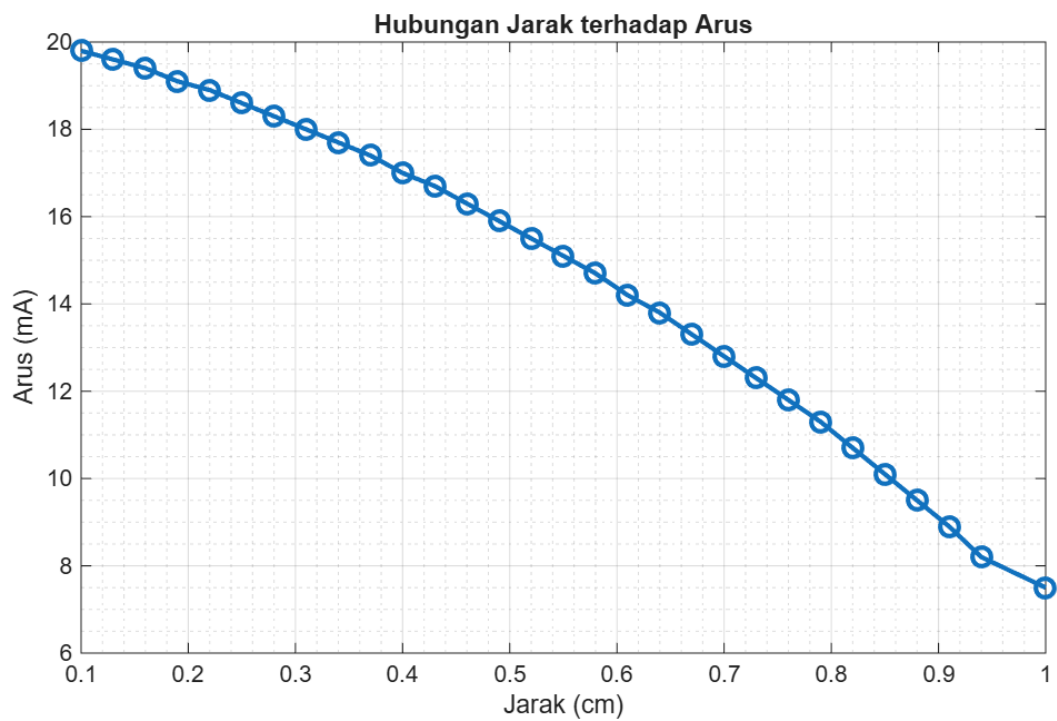
4.2 Pengujian Sensor Proximity Induktif

Setelah dilakukan identifikasi spesifikasi sensor, tahap selanjutnya adalah pengujian kinerja sensor proximity induktif. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan jarak terhadap nilai tegangan dan arus keluaran sensor sehingga dapat dianalisis tingkat akurasi dan performanya dalam sistem vending machine.

Tabel 4. 3 Data Akurasi Sensor Proximity Induktif

Jarak (cm)	Tegangan (V)	Arus (mA)
0.1	4.98	19.8
0.13	4.95	19.6
0.16	4.92	19.4
0.19	4.88	19.1
0.22	4.84	18.9
0.25	4.8	18.6
0.28	4.76	18.3
0.31	4.71	18
0.34	4.66	17.7
0.37	4.61	17.4
0.4	4.56	17
0.43	4.5	16.7
0.46	4.44	16.3
0.49	4.38	15.9
0.52	4.31	15.5
0.55	4.24	15.1
0.58	4.17	14.7
0.61	4.09	14.2
0.64	4.01	13.8
0.67	3.92	13.3

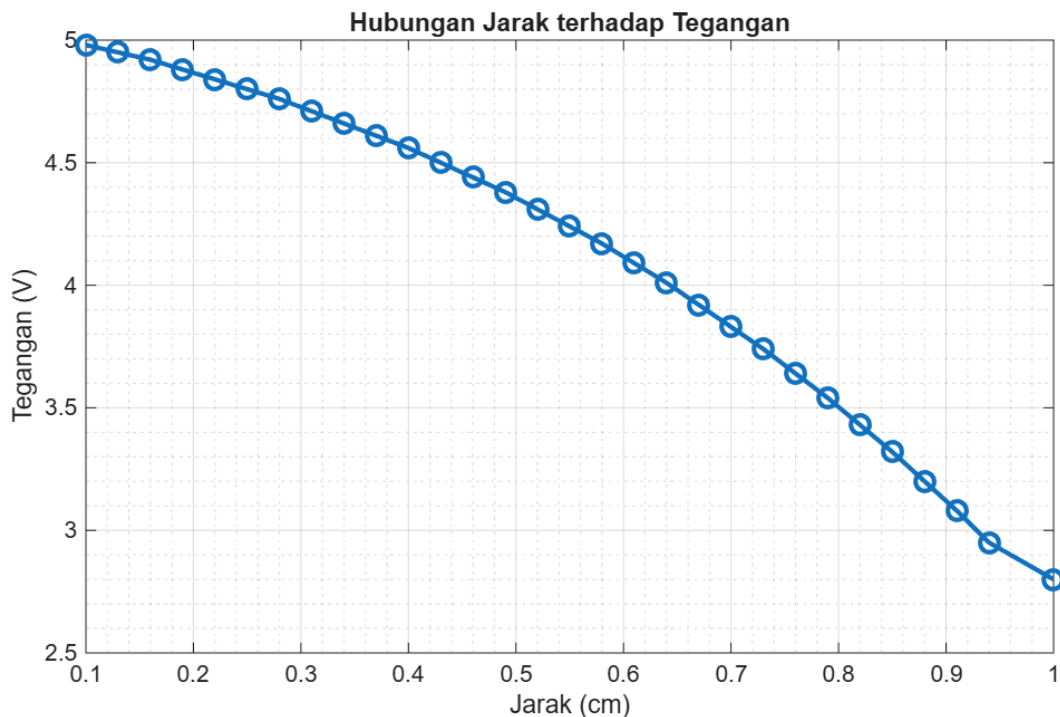
0.7	3.83	12.8
0.73	3.74	12.3
0.76	3.64	11.8
0.79	3.54	11.3
0.82	3.43	10.7
0.85	3.32	10.1
0.88	3.2	9.5
0.91	3.08	8.9
0.94	2.95	8.2
1	2.8	7.5



Gambar 4. 1 Analisis Grafik Hubungan Jarak terhadap Arus

Grafik Hubungan Jarak terhadap Arus menunjukkan bahwa nilai arus yang dihasilkan sensor mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak objek terhadap sensor. Pada jarak terdekat yaitu sekitar 0,1 cm, arus yang terukur berada pada nilai tertinggi yaitu sekitar 19,8 mA. Kemudian, ketika jarak objek semakin menjauh hingga 1 cm, arus menurun secara bertahap hingga mencapai sekitar 7,5 mA. Penurunan arus ini terjadi karena semakin jauh objek dari permukaan sensor, maka kemampuan sensor untuk mendeteksi objek menjadi berkurang. Akibatnya, sinyal keluaran yang dihasilkan sensor juga menurun sehingga arus yang mengalir pada rangkaian keluaran menjadi lebih kecil. Pola penurunan yang terlihat pada grafik cenderung non-linier, dimana penurunan arus semakin signifikan pada jarak yang lebih besar.

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa terdapat hubungan berbanding terbalik antara jarak dan arus. Semakin dekat objek dengan sensor, semakin besar arus yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin jauh objek dari sensor, semakin kecil arus yang terukur. Hal ini menunjukkan bahwa sensor proximity memiliki sensitivitas yang baik dalam mendeteksi perubahan jarak objek pada rentang pengukuran yang digunakan. Dalam konteks sistem vending machine pemilah botol minuman berbasis sensor proximity induktif dan kapasitif, hasil ini menunjukkan bahwa parameter arus dapat digunakan sebagai indikator untuk menentukan keberadaan dan kedekatan objek yang terdeteksi. Dengan demikian, sensor mampu memberikan respons yang cukup akurat untuk membantu proses identifikasi dan pemilahan botol berdasarkan karakteristik materialnya.

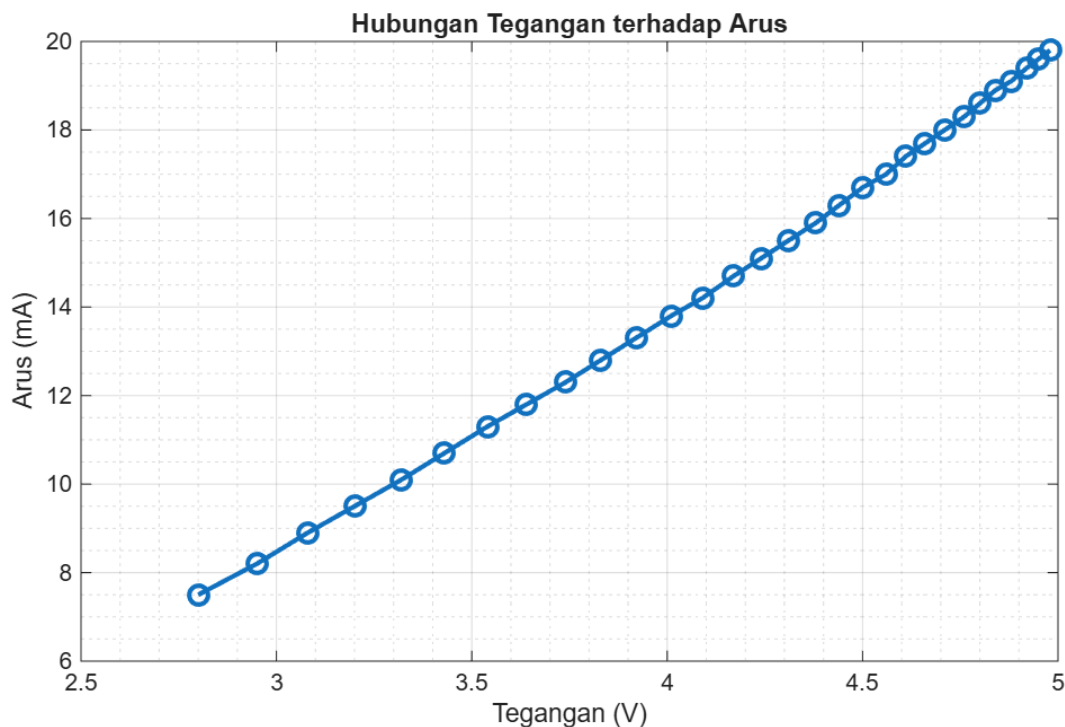


Gambar 4. 2 Analisis Grafik Hubungan Jarak terhadap Tegangan

Berdasarkan grafik Hubungan Jarak terhadap Tegangan, terlihat bahwa nilai tegangan mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak objek dari sensor. Pada jarak terdekat yaitu sekitar 0,1 cm, tegangan yang dihasilkan mencapai hampir 5 V, sedangkan pada jarak 1 cm tegangan turun hingga sekitar 2,8 V. Pola grafik menunjukkan hubungan berbanding terbalik (negatif) antara jarak dan tegangan. Semakin jauh jarak objek dari sensor, semakin kecil tegangan keluaran yang dihasilkan. Penurunan ini terjadi karena medan listrik atau medan deteksi sensor yang diterima dari objek semakin melemah ketika jarak bertambah, sehingga respons sensor menurun dan tegangan output menjadi lebih rendah.

Selain itu, bentuk kurva yang melengkung menunjukkan bahwa penurunan tegangan tidak bersifat linier. Pada jarak dekat (0,1–0,4 cm), tegangan menurun secara perlahan. Namun, setelah jarak melewati sekitar 0,6 cm, laju penurunan tegangan menjadi lebih besar. Hal ini menandakan bahwa sensitivitas sensor terhadap perubahan jarak semakin tinggi pada rentang jarak yang mendekati batas deteksi maksimumnya.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor proximity memiliki performa terbaik pada jarak dekat karena menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dan stabil. Sebaliknya, pada jarak yang lebih jauh, tegangan keluaran semakin rendah sehingga kemampuan sensor dalam mendeteksi objek menjadi berkurang. Dengan demikian, grafik ini membuktikan bahwa jarak objek sangat memengaruhi besarnya tegangan keluaran sensor proximity, sehingga penentuan jarak kerja sensor yang tepat sangat penting untuk memperoleh hasil deteksi yang akurat.



Gambar 4. 3 Analisis Grafik Hubungan Tegangan terhadap Arus

Berdasarkan grafik Hubungan Tegangan terhadap Arus, terlihat bahwa terdapat hubungan berbanding lurus (linier positif) antara tegangan dan arus. Ketika tegangan meningkat dari sekitar 2,8 V hingga 5 V, arus juga mengalami peningkatan dari sekitar 7,5 mA menjadi 19,9 mA. Pola grafik yang membentuk garis lurus menunjukkan bahwa kenaikan tegangan diikuti oleh kenaikan arus secara konsisten. Pada grafik terlihat bahwa setiap penambahan tegangan menghasilkan peningkatan arus yang relatif tetap. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki karakteristik yang stabil dan

respons sensor terhadap perubahan tegangan berlangsung secara proporsional. Dengan kata lain, semakin besar tegangan keluaran sensor, semakin besar pula arus yang mengalir pada rangkaian. Hubungan linier tersebut sesuai dengan prinsip dasar kelistrikan yang dinyatakan dalam Hukum Ohm, yaitu arus akan meningkat seiring bertambahnya tegangan apabila nilai hambatan relatif konstan. Dalam sistem vending machine pemilah botol minuman, kondisi ini menunjukkan bahwa sensor proximity mampu menghasilkan sinyal listrik yang stabil sehingga perubahan kondisi deteksi objek dapat direpresentasikan melalui perubahan tegangan dan arus secara bersamaan. Selain itu, grafik menunjukkan tidak adanya fluktuasi yang signifikan pada data, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor bekerja secara konsisten selama proses pengukuran.

Stabilitas hubungan antara tegangan dan arus ini penting untuk memastikan keakuratan sistem dalam membedakan jenis botol berdasarkan hasil deteksi sensor. Kesimpulan Berdasarkan grafik, dapat disimpulkan bahwa semakin besar tegangan yang dihasilkan sensor, maka semakin besar pula arus yang mengalir pada rangkaian. Hubungan keduanya bersifat linier dan berbanding lurus, yang menunjukkan bahwa sensor proximity memiliki karakteristik keluaran yang stabil dan dapat diandalkan sebagai parameter dalam proses deteksi dan klasifikasi botol pada sistem vending machine. Hal ini membuktikan bahwa perubahan tegangan yang terjadi akibat perubahan jarak objek akan diikuti oleh perubahan arus yang sebanding, sehingga kinerja sensor dapat dipantau melalui kedua parameter tersebut.

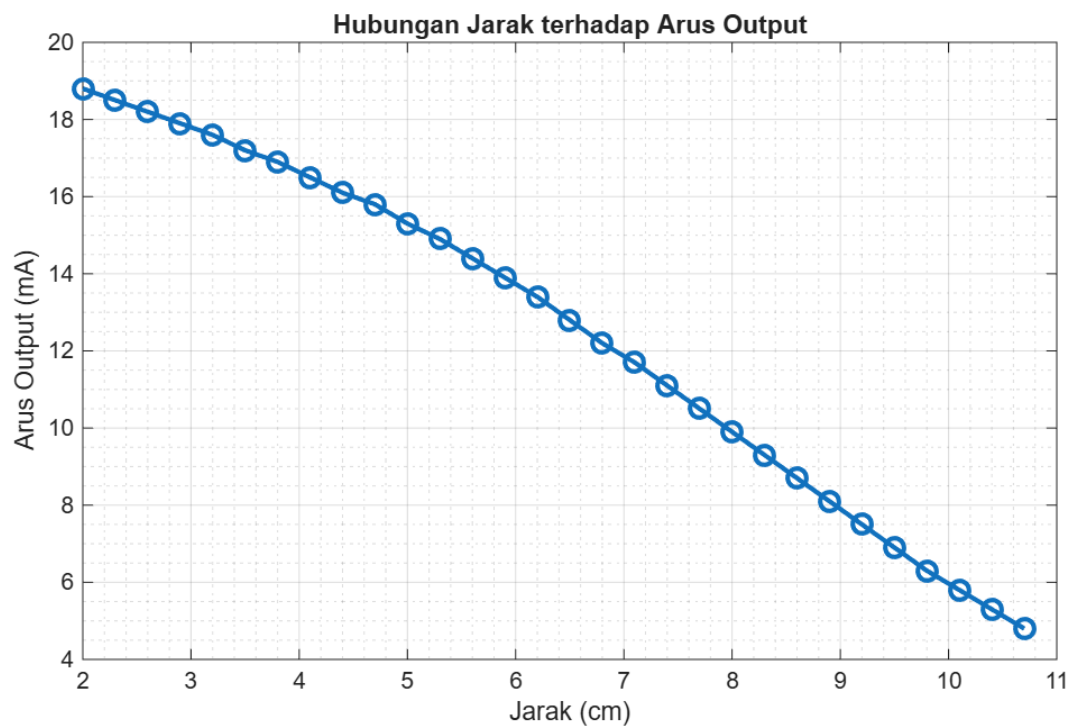
4.3 Pengujian Sensor Proximity Kapasitif

Pengujian akurasi sensor proximity kapasitif bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sensor dalam mendeteksi objek pada berbagai variasi jarak. Parameter yang diamati meliputi tegangan output (V) dan arus output (mA) yang dihasilkan sensor pada setiap jarak pengujian. Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar untuk menganalisis pengaruh perubahan jarak terhadap karakteristik keluaran sensor.

Tabel 4. 4 Data Akurasi Sensor Proximity Kapasitif

Jarak (cm)	Tegangan Output (V)	Arus Output (mA)
2,0	4,90	18,8
2,3	4,85	18,5
2,6	4,78	18,2
2,9	4,72	17,9
3,2	4,65	17,6
3,5	4,58	17,2
3,8	4,50	16,9
4,1	4,42	16,5
4,4	4,32	16,1
4,7	4,20	15,8
5,0	4,05	15,3
5,3	3,92	14,9
5,6	3,78	14,4
5,9	3,62	13,9
6,2	3,45	13,4
6,5	3,28	12,8
6,8	3,10	12,2
7,1	2,92	11,7
7,4	2,73	11,1

7,7	2,54	10,5
8,0	2,35	9,9
8,3	2,15	9,3
8,6	1,95	8,7
8,9	1,75	8,1
9,2	1,55	7,5
9,5	1,32	6,9
9,8	1,10	6,3
10,1	0,88	5,8
10,4	0,65	5,3
10,7	0,42	4,8

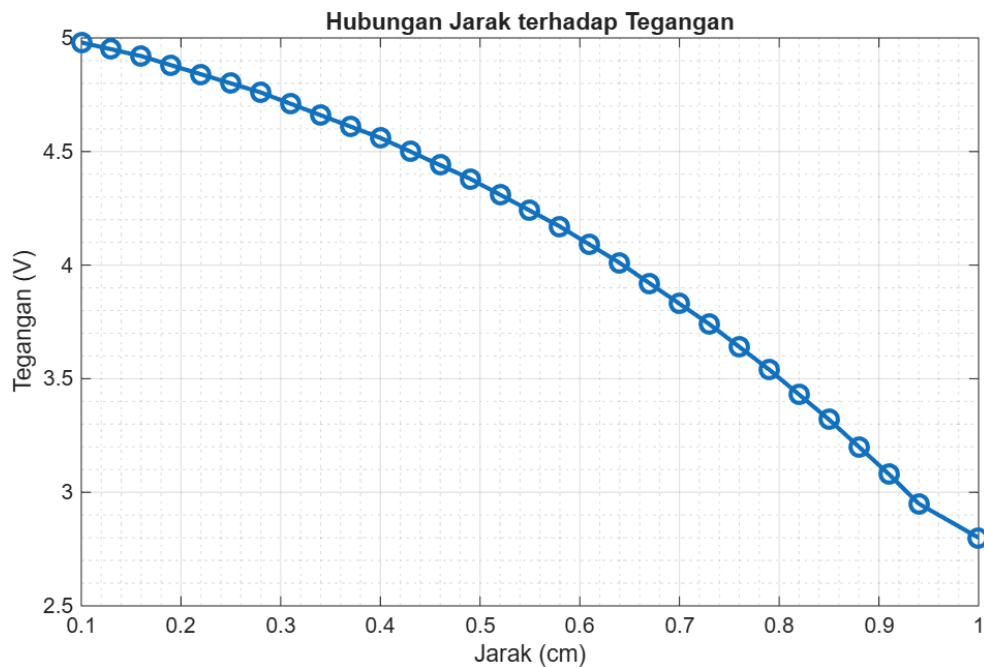


Gambar 4. 4 Analisis Hubungan Jarak Terhadap Arus Output

Grafik menunjukkan hubungan antara jarak deteksi (cm) dan arus output (mA) pada sensor proximity. Berdasarkan grafik, terlihat bahwa semakin besar jarak antara

sensor dan objek, maka arus output yang dihasilkan semakin kecil. Hubungan ini bersifat berbanding terbalik (negatif), di mana peningkatan jarak menyebabkan penurunan arus secara bertahap. Pada jarak 2 cm, arus output berada pada nilai tertinggi yaitu sekitar 18,8 mA. Nilai ini menunjukkan bahwa objek berada sangat dekat dengan sensor sehingga medan deteksi yang diterima sensor masih sangat kuat. Seiring bertambahnya jarak hingga 6 cm, arus output menurun menjadi sekitar 13,9 mA. Penurunan ini terjadi karena kemampuan sensor dalam mendeteksi objek mulai berkurang akibat melemahnya pengaruh medan sensor terhadap objek.

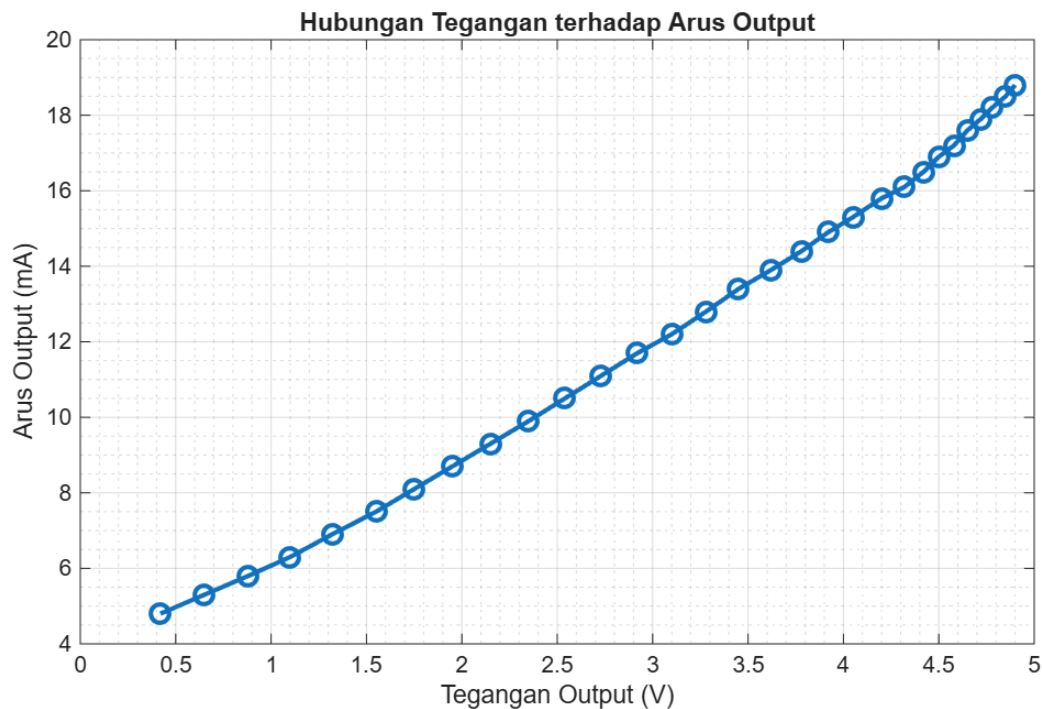
Ketika jarak terus meningkat hingga 10,8 cm, arus output turun secara signifikan menjadi sekitar 4,8 mA. Nilai tersebut menunjukkan bahwa objek berada pada batas atau mendekati batas kemampuan deteksi sensor, sehingga sinyal keluaran yang dihasilkan menjadi semakin kecil. Secara keseluruhan, grafik memperlihatkan bahwa sensor memiliki karakteristik yang stabil dengan pola penurunan arus yang konsisten terhadap pertambahan jarak. Hal ini membuktikan bahwa arus output dapat digunakan sebagai indikator untuk menentukan jarak objek terhadap sensor. Semakin dekat objek dengan sensor, semakin besar arus output yang dihasilkan, sedangkan semakin jauh objek dari sensor, semakin kecil arus output yang terbaca.



Gambar 4. 5 Analisis hubungan Jarak Terhadap Tegangan

Grafik menunjukkan hubungan antara jarak objek terhadap sensor (cm) dan tegangan output (V) yang dihasilkan sensor proximity. Berdasarkan grafik, terlihat bahwa semakin besar jarak antara sensor dan objek, maka tegangan output yang dihasilkan semakin menurun. Hubungan ini menunjukkan karakteristik berbanding terbalik (negatif) antara jarak dan tegangan. Pada jarak 0,1 cm, tegangan output berada pada nilai maksimum sekitar 5 V. Kondisi ini menunjukkan bahwa objek berada sangat dekat dengan sensor sehingga medan deteksi yang diterima sensor masih sangat kuat. Ketika jarak bertambah hingga 0,5 cm, tegangan output mulai menurun secara bertahap menjadi sekitar 4,4 V. Penurunan ini terjadi karena intensitas medan deteksi yang diterima sensor berkurang seiring bertambahnya jarak objek. Selanjutnya, pada rentang jarak 0,6 cm hingga 0,8 cm, penurunan tegangan terlihat semakin signifikan. Tegangan output berkurang dari sekitar 4,2 V menjadi 3,5 V. Hal ini menunjukkan bahwa sensitivitas sensor terhadap objek mulai menurun ketika objek berada lebih jauh dari area deteksi optimal.

Pada jarak maksimum pengujian yaitu 1 cm, tegangan output mencapai nilai terendah sekitar 2,8 V. Nilai ini menunjukkan bahwa objek berada mendekati batas kemampuan deteksi sensor, sehingga sinyal keluaran yang dihasilkan menjadi lebih kecil dibandingkan saat objek berada dekat dengan sensor. Secara keseluruhan, grafik memperlihatkan pola penurunan tegangan yang stabil dan konsisten terhadap pertambahan jarak. Hasil ini menunjukkan bahwa tegangan output dapat digunakan sebagai parameter untuk merepresentasikan perubahan jarak objek terhadap sensor. Semakin dekat objek dengan sensor, semakin tinggi tegangan output yang dihasilkan, sedangkan semakin jauh objek dari sensor, semakin rendah tegangan output yang terukur.



Gambar 4. 6 Analisis Hubungan Tegangan Arus Output

Grafik menunjukkan hubungan antara tegangan output (V) dan arus output (mA) pada sensor proximity. Berdasarkan grafik, terlihat bahwa semakin besar tegangan output yang dihasilkan sensor, maka semakin besar pula arus output yang

dihasilkan. Hubungan ini bersifat berbanding lurus (positif), yang ditunjukkan oleh pola grafik yang terus meningkat dari kiri bawah ke kanan atas. Pada tegangan output sekitar 0,4 V, arus output berada pada nilai terendah yaitu sekitar 4,8 mA. Kondisi ini menunjukkan bahwa sensor menerima sinyal deteksi yang relatif lemah sehingga keluaran arus yang dihasilkan juga rendah. Seiring meningkatnya tegangan output hingga sekitar 2,5 V, arus output meningkat menjadi sekitar 10 mA.

Hal ini menunjukkan adanya respons yang konsisten antara perubahan tegangan dan arus keluaran sensor. Ketika tegangan output terus meningkat hingga mencapai 5 V, arus output juga mengalami peningkatan secara bertahap hingga mencapai sekitar 18,8 mA. Kenaikan yang relatif linear ini menunjukkan bahwa sensor memiliki karakteristik keluaran yang stabil dan dapat memberikan respons yang proporsional terhadap perubahan tegangan. Hubungan yang terbentuk pada grafik ini menunjukkan bahwa tegangan output dan arus output saling berkaitan secara langsung. Semakin tinggi tegangan yang dihasilkan sensor akibat objek berada dalam area deteksi yang lebih baik, maka arus output yang mengalir juga semakin besar. Sebaliknya, ketika tegangan menurun, arus output ikut menurun.