

Rancang Bangun Monitoring dan Proteksi *Overheat* dengan *Thermocouple*

Author:

Muchammad Al Mahdi¹
Urip Mudjiono²
Anggara Trisna
Nugraha³

Afiliation:

Politeknik Perkapalan
Negeri Surabaya^{1,2,3}

Corresponding email

almahdi27@student.pp
ns.ac.id
Urip@ppns.ac.id
anggaranugraha@ppns.
ac.id

Histori Naskah:

Submit: 2026-10-14
Accepted: 2026-10-20
Published: 2026-10-20



This is an Creative Commons
License This work is licensed
under a Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0
International License

Abstrak:

Motor induksi merupakan salah satu komponen penting dalam sistem kelistrikan dan industri yang sering dioperasikan secara kontinu. Pengoperasian dalam jangka waktu lama berpotensi menyebabkan peningkatan temperatur akibat beban berlebih, gangguan sistem pendinginan, maupun rugi-rugi energi pada komponen motor. Kondisi *overheat* yang tidak terdeteksi dapat menurunkan kinerja, mempercepat kerusakan isolasi kumparan, serta mengganggu kontinuitas operasional. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring temperatur yang mampu mendeteksi perubahan suhu sebagai dasar tindakan pemeliharaan dan pencegahan kerusakan motor induksi. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun prototipe sistem monitoring temperatur dan proteksi *overheat* menggunakan sensor *thermocouple*. Metode penelitian meliputi identifikasi permasalahan, studi literatur, perancangan sistem, pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian untuk mengevaluasi kemampuan pengukuran temperatur. Pengujian dilakukan dengan memberikan pemanasan pada ujung probe sensor, kemudian membandingkan hasil pembacaan yang ditampilkan pada LCD 16×2 dengan pengukuran menggunakan termometer sebagai alat pembanding. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe mampu mendeteksi perubahan temperatur dan menampilkan hasil pengukuran pada LCD. Pada enam titik pengujian, pembacaan alat menunjukkan nilai 23, 32, 42, 53, 67, dan 73°C, sedangkan termometer menunjukkan nilai 25, 35, 45, 55, 70, dan 75°C. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat selisih pengukuran yang perlu dievaluasi untuk meningkatkan akurasi sistem. Secara keseluruhan, prototipe telah berhasil merealisasikan fungsi dasar monitoring temperatur. Pengujian lanjutan diperlukan untuk memvalidasi akurasi sensor, mengevaluasi waktu respons, serta memastikan fungsi proteksi dapat bekerja sesuai dengan ambang batas temperatur yang ditetapkan. Sistem ini diharapkan dapat mendukung pemantauan kondisi termal motor induksi dan meningkatkan efektivitas pemeliharaan preventif.

Kata kunci: Monitoring Temperatur; Motor Induksi; *Overheat*; *Thermocouple*; Sistem Proteksi.

Pendahuluan

Motor listrik merupakan perangkat elektromekanis yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerakan atau tenaga putar. Salah satu jenis motor listrik yang banyak digunakan dalam berbagai bidang adalah motor induksi. Motor induksi bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu proses timbulnya arus listrik pada penghantar akibat perubahan medan magnet. Pada motor induksi, arus listrik yang mengalir pada kumparan stator menghasilkan medan magnet yang berputar. Medan magnet tersebut kemudian menginduksi tegangan pada kumparan rotor melalui celah udara sehingga menghasilkan arus dan medan magnet pada rotor. Interaksi antara medan magnet stator dan rotor menghasilkan torsi

elektromagnetik yang menyebabkan rotor berputar. Motor induksi memiliki konstruksi yang relatif sederhana, kuat, dan mampu beroperasi secara berkelanjutan sehingga banyak digunakan sebagai penggerak dalam berbagai aplikasi kelistrikan dan industri (YULIANTORO, 2019)

Motor induksi merupakan salah satu komponen penting dalam sistem penggerak listrik yang berperan dalam menunjang kelancaran proses produksi di sektor industri. Penggunaan motor induksi mencakup berbagai kebutuhan operasional, seperti menggerakkan blower berkapasitas besar untuk memasok udara dalam proses pembakaran pada tungku peleburan, mengoperasikan conveyor untuk memindahkan material, serta menggerakkan pompa air yang berfungsi menyirkulasikan air pendingin. Meskipun memiliki tingkat keandalan yang relatif tinggi, motor induksi tetap berpotensi mengalami gangguan selama beroperasi. Gangguan tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti beban berlebih, gangguan pada sistem kelistrikan, kerusakan bantalan, ventilasi yang tidak memadai, serta peningkatan temperatur yang melampaui batas kerja normal. Apabila gangguan tidak terdeteksi dan ditangani dengan tepat, kinerja motor dapat menurun dan berpotensi menyebabkan kerusakan komponen, bahkan mengakibatkan kegagalan operasi secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemantauan kondisi motor induksi diperlukan untuk menjaga keandalan peralatan, meningkatkan keselamatan operasional, dan mencegah kerusakan yang dapat mengganggu proses produksi (Rahayu, 2021).

Suhu merupakan besaran fisika yang digunakan untuk menyatakan tingkat panas atau dinginnya suatu benda. Dalam sistem pengukuran, suhu menunjukkan kondisi termal suatu objek dan dapat digunakan sebagai salah satu indikator untuk mengetahui perubahan kondisi operasional peralatan. Pada motor induksi, temperatur dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk besarnya arus listrik yang mengalir, beban mekanis yang ditanggung, kondisi sistem pendinginan, serta lamanya waktu pengoperasian. Ketika motor bekerja, sebagian energi listrik yang diterima akan mengalami perubahan menjadi panas akibat rugi-rugi pada kumparan, inti besi, dan komponen mekanis. Panas tersebut menyebabkan temperatur motor meningkat selama proses operasi. Apabila pelepasan panas berlangsung dengan baik, temperatur motor dapat dipertahankan dalam batas kerja yang diizinkan. Sebaliknya, apabila panas yang dihasilkan lebih besar daripada panas yang dilepaskan ke lingkungan, temperatur motor akan terus meningkat dan berpotensi mengganggu kinerja serta keandalan komponen di dalamnya. Dengan demikian, pengukuran suhu menjadi salah satu aspek penting dalam pemantauan kondisi motor induksi (Khasan, 2020).

Overheat merupakan kondisi ketika temperatur suatu peralatan meningkat secara berlebihan hingga melampaui batas suhu kerja yang diizinkan. Pada motor induksi, peningkatan temperatur merupakan fenomena yang wajar selama proses pengoperasian karena adanya rugi-rugi energi yang menghasilkan panas. Namun, kondisi tersebut dapat menjadi masalah apabila panas yang terbentuk tidak dapat dilepaskan secara optimal atau terjadi peningkatan beban yang melebihi kemampuan motor. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan overheat pada motor induksi meliputi beban berlebih, ketidakseimbangan tegangan, gangguan pada kumparan, kerusakan bantalan, sirkulasi udara pendingin yang terhambat, serta penumpukan debu pada bagian ventilasi. Selain itu, pengoperasian motor secara terus-menerus dalam kondisi yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknis juga dapat meningkatkan risiko terjadinya panas berlebih. Temperatur yang terlalu tinggi dapat mempercepat penurunan kualitas isolasi kumparan, meningkatkan risiko kerusakan komponen, mengurangi efisiensi operasional, dan memperpendek umur pakai motor. Oleh karena itu, pemantauan temperatur secara berkala diperlukan untuk mendeteksi peningkatan suhu sejak dini sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan yang lebih serius.

Monitoring temperatur motor induksi merupakan kegiatan pemantauan suhu yang dilakukan untuk mengetahui perubahan kondisi termal motor selama proses pengoperasian. Pemantauan ini dapat dilaksanakan mulai dari sebelum motor dioperasikan, selama motor bekerja, hingga motor dihentikan. Data temperatur yang diperoleh dapat digunakan untuk mengidentifikasi kecenderungan peningkatan suhu, mengevaluasi kestabilan kondisi kerja, serta mendeteksi kemungkinan terjadinya gangguan akibat panas berlebih. Salah satu sensor yang dapat digunakan dalam sistem monitoring temperatur adalah LM35. Sensor LM35 merupakan sensor suhu analog yang menghasilkan tegangan keluaran yang berbanding lurus dengan temperatur dalam satuan derajat Celsius. Sensor ini dapat dimanfaatkan untuk mengukur perubahan suhu motor, kemudian mengirimkan sinyal keluaran kepada rangkaian pengolah data atau mikrokontroler untuk diproses dan ditampilkan sebagai informasi temperatur. Penerapan sensor LM35 dalam sistem monitoring memungkinkan proses pengamatan suhu dilakukan secara lebih praktis dan terukur sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi temperatur motor selama beroperasi. Dengan adanya pemantauan tersebut, potensi kenaikan suhu yang tidak normal dapat diketahui lebih awal dan digunakan sebagai dasar untuk menentukan tindakan pemeliharaan yang sesuai (Medilla, 2019).

Studi Literatur

Berdasarkan penelitian dengan judul “Monitoring Motor Induksi Terhadap Temperatur dan Getaran Motor Menggunakan Arduino Uno”, Penelitian dilakukan untuk memonitoring getaran dan peningkatan temperatur yang ditimbulkan oleh motor induksi. Getaran dan temperatur yang ditimbulkan dari motor induksi, dimonitoring secara berkala dari motor sebelum operasi sampai motor diberhentikan beroperasi (Medilla, 2019). Sebagai adaptasi dari perkembangan sistem kendali otomatis pada dunia industri telah dikembangkan sejumlah piranti untuk memantau berbagai peralatan listrik. Dalam bidang oli dan gas, motor pompa berperan penting untuk perpindahan fluida bahan bakar minyak antar tangki. Parameter kerja motor pompa yang perlu dipantau adalah suhu dan getaran. Oleh karena kebutuhan tersebut, maka perlu didesain sistem pemantauan secara real time. (Khasan, 2020)

Thermocouple adalah sensor ukur yang menghasilkan perubahan tegangan karena perbedaan suhu relatif antara junction dua logam yang berbeda dan output junction, dimana satu logam sebagai referensi dan logam lainnya sebagai pengukur suhu (Yunita, 2021). Temperatur suhu menjadi indikator yang sangat penting dalam suatu riset yang mengharuskan menggunakan suhu yang stabil. Pengukuran suhu secara berkala perlu dilakukan untuk mendapatkan data perubahan suhu tiap beberapa menit. Data hasil pengukuran tersebut dapat disimpan dan dapat diamati dalam bentuk grafik. Salah satu sensor yang dapat digunakan untuk mengukur suhu adalah sensor thermocouple type-K. (Wibowo, 2021)

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah membandingkan hasil pengukuran metode resistansi dengan metode termokopel tipe K untuk mengukur kenaikan suhu belitan motor. (Wirapraja, 2016) pemantauan semua hasil data system pembangkit secara 24 jam. Pekerjaan tersebut dibutuhkan banyak pekerja operator untuk saling elakukan backup kerja. Adapun data pemantauan dalam pengoperasian misalnya adalah Temperature Stator Motor Generator, Temperature Rotor Motor Generator, Temperature Bearing Motor Generator. Apabila data parameter tersebut tidak dipantau setiap saat, maka kemungkinan sistem pembangkit listrik mengalami kegagalan operasi produksi maupun failure akan semakin besar. (Rizek, 2016). Kemudian dalam proses monitoring juga diperlukan media pencatatan data yang dapat memuat data selama sistem menyala sampai dimatikan, pencatatan data ini juga dapat mempermudah perawatan mada motor induksi.

Data logger merupakan suatu alat elektronik yang mencatat data dengan sensor dan instrumen. Biasanya ukuran fisik kecil, menggunakan baterai, portabel, dan dilengkapi dengan mikroprosesor, memori internal untuk menyimpan data dan sensor. Salah satu keuntungan memakai data logger adalah kemampuannya secara otomatis mengumpulkan data setiap 24 jam. Setelah diaktifkan, data logger digunakan dan ditinggalkan untuk mengukur dan merekam informasi selama tahap pemantauan. (PUTRI, 2020). Sistem data logger atau pengumpul data ini dibangun dari modul arduino nano sebagai pengendalinya dan menggunakan SD Card sebagai media simpannya. Hasil penyimpanan data pengukuran ini dapat ditampilkan secara real time karena menggunakan RTC dan LCD sebagai media penampil hasil pengukuran sensor tegangan dan sensor arus sementara tiap detik. Data logger yang dirancang berguna untuk menyimpan data hasil pengukuran (SIMATUPANG, 2020)

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode yang dimulai dari mengidentifikasi permasalahan motor yang menyala secara terus menerus kemudian menentukan permasalahan inti. Selanjutnya mencari studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang dilanjutkan dengan pembuatan konsep rancang bangun alat monitoring. Setelah pembuatan alat selesai dilakukan pengujian pada alat secara berulang.

Pada penelitian kali ini juga di dukung dengan standarisasi proteksi untuk motor induksi yang sudah ada dan tertera pada peraturan internasional.

Tabel 1. Standar Insulasi Motor Induksi

Kelas Insulasi	Suhu Yang Dapat Diterima
A	105°C
B	130°C
F	155°C
H	180°C

Dapat dilihat dari tabel diatas bahwa standar proteksi pada motor menurut organisasi manufaktur alat listrik (NEMA) yang dibedakan berdasarkan kelas insulasinya. Kelas A memiliki batas aman suhu 105oC, kelas B memiliki batas aman suhu 130oC, kelas F yang mempunyai batas aman suhu 155oC, dan kelas H dengan batas aman suhu 180oC. Standar ini telah diakui oleh seluruh dunia sebagai acuan dalam pembuatan motor listrik, motor listrik yang dibuat akan selalu mencantumkan kelas insulasinya.

Tabel 2. RTD Resistance Table

RTD Temperature vs. Resistance Table															
For American Curve, Alpha = .00392															
1° Celsius Increments															
°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms
-300	59.57	-30	84.80	20	109.51	80	133.75	140	157.53	200	180.88	260	203.74	320	226.17
-290	59.96	-20	85.20	25	109.90	85	134.14	145	157.91	205	181.23	265	204.11	325	226.55
-280	60.39	-10	85.60	30	110.30	90	134.52	150	158.29	210	181.61	270	204.47	330	226.95
-270	60.80	0	86.01	35	110.69	95	134.91	155	158.67	215	181.98	275	204.84	335	227.35
-260	61.21	10	86.41	40	111.09	100	135.30	160	159.05	220	182.35	280	205.20	340	227.71
-250	61.63	20	86.81	45	111.48	105	135.68	165	159.43	225	182.72	285	205.57	345	228.09
-240	62.04	30	87.21	50	111.88	110	136.07	170	159.81	230	183.09	290	205.93	350	228.46
-230	62.45	40	87.61	55	112.27	115	136.45	175	160.19	235	183.47	295	206.30	355	228.84
-220	62.86	50	88.01	60	112.66	120	136.84	180	160.57	240	183.84	300	206.66	360	229.20
-210	63.27	60	88.42	65	113.05	125	137.23	185	160.95	245	184.21	305	207.02	365	229.58
-200	63.68	70	88.82	70	113.45	130	137.62	190	161.33	250	184.58	310	207.39	370	229.95
-190	64.09	80	89.22	75	113.84	135	138.00	195	161.70	255	184.95	315	207.75	375	230.31
-180	64.50	90	89.62	80	114.24	140	138.39	200	162.08	260	185.32	320	208.12	380	230.68
-170	64.91	100	90.02	85	114.63	145	138.77	205	162.46	265	185.70	325	208.48	385	231.04
-160	65.32	110	90.42	90	115.02	150	139.16	210	162.84	270	186.07	330	208.85	390	231.41
-150	65.73	120	90.82	95	115.42	155	139.55	215	163.22	275	186.45	335	209.21	395	231.78
-140	66.14	130	91.22	100	115.81	160	139.93	220	163.60	280	186.81	340	209.57	400	232.15
-130	66.55	140	91.62	105	116.20	165	140.32	225	163.97	285	187.18	345	209.94	405	232.51
-120	66.96	150	92.02	110	116.59	170	140.70	230	164.35	290	187.55	350	210.30	410	232.88
-110	67.37	160	92.42	115	116.99	175	141.09	235	164.73	295	187.92	355	210.66	415	233.24
-100	67.78	170	92.82	120	117.38	180	141.47	240	165.11	300	188.29	360	211.03	420	233.61
-90	68.19	180	93.22	125	117.77	185	141.86	245	165.49	305	188.66	365	211.39	425	233.97
-80	68.60	190	93.62	130	118.16	190	142.24	250	165.87	310	189.03	370	211.75	430	234.34
-70	69.01	200	94.02	135	118.55	195	142.63	255	166.25	315	189.40	375	212.11	435	234.70
-60	69.42	210	94.42	140	118.94	200	143.01	260	166.62	320	189.77	380	212.48	440	235.07
-50	69.83	220	94.82	145	119.34	205	143.39	265	167.00	325	190.14	385	212.84	445	235.43
-40	70.24	230	95.22	150	119.73	210	143.78	270	167.37	330	190.51	390	213.20	450	235.80
-30	70.65	240	95.62	155	120.12	215	144.16	275	167.75	335	190.88	395	213.56	455	236.16
-20	71.06	250	96.02	160	120.51	220	144.55	280	168.12	340	191.25	400	213.93	460	236.52
-10	71.47	260	96.42	165	120.91	225	144.93	285	168.50	345	191.62	405	214.29	465	236.88
0	71.88	270	96.81	170	121.30	230	145.31	290	168.88	350	191.99	410	214.65	470	237.25
10	72.29	280	97.21	175	121.69	235	145.70	295	169.25	355	192.36	415	215.01	475	237.61
20	72.70	290	97.61	180	122.08	240	146.08	300	169.62	360	192.73	420	215.37	480	237.97
30	73.11	300	98.01	185	122.47	245	146.47	305	170.00	365	193.10	425	215.74	485	238.33
40	73.52	310	98.41	190	122.86	250	146.85	310	170.38	370	193.47	430	216.10	490	238.70
50	73.93	320	98.81	195	123.25	255	147.23	315	170.76	375	193.84	435	216.46	495	239.06
60	74.34	330	99.20	200	123.64	260	147.61	320	171.13	380	194.21	440	216.82	500	239.43
70	74.75	340	99.60	205	124.03	265	148.00	325	171.51	385	194.58	445	217.18	505	239.79
80	75.16	350	100.00	210	124.42	270	148.38	330	171.88	390	194.95	450	217.54	510	240.16
90	75.57	360	100.40	215	124.81	275	148.76	335	172.26	395	195.32	455	217.90	515	240.52
100	75.98	370	100.80	220	125.20	280	149.15	340	172.63	400	195.69	460	218.26	520	240.88
110	76.39	380	101.19	225	125.59	285	149.53	345	173.01	405	196.06	465	218.63	525	241.25
120	76.80	390	101.59	230	125.98	290	149.91	350	173.38	410	196.43	470	218.99	530	241.61
130	77.21	400	101.99	235	126.37	295	150.29	355	173.76	415	196.80	475	219.35	535	241.97
140	77.62	410	102.38	240	126.76	300	150.67	360	174.13	420	197.17	480	219.71	540	242.34
150	78.03	420	102.78	245	127.15	305	151.05	365	174.51	425	197.54	485	220.07	545	242.70
160	78.44	430	103.18	250	127.54	310	151.44	370	174.88	430	197.91	490	220.43	550	243.06
170	78.85	440	103.57	255	127.93	315	151.82	375	175.26	435	198.28	495	220.79	555	243.42
180	79.26	450	103.97	260	128.32	320	152.20	380	175.63	440	198.65	500	221.15	560	243.78
190	79.67	460	104.37	265	128.71	325	152.58	385	176.01	445	199.02	505	221.51	565	244.14
200	80.08	470	104.76	270	129.10	330	152.96	390	176.38	450	199.39	510	221.87	570	244.50
210	80.49	480	105.16	275	129.48	335	153.35	395	176.75	455	199.76	515	222.23	575	244.86
220	80.90	490	105.56	280	129.87	340	153.73	400	177.13	460	200.13	520	222.59	580	245.22
230	81.31	500	105.95	285	130.26	345	154.11	405	177.50	465	200.50	525	222.95	585	245.58
240	81.72	510	106.35	290	130.65	350	154.49	410	177.88	470	200.87	530	223.31	590	245.94
250	82.13	520	106.74	295	131.04	355	154.87	415	178.25	475	201.24	535	223.67	595	246.30
260	82.54	530	107.14	300	131.42	360	155.25	420	178.63	480	201.61	540	224.03	600	246.66
270	82.95	540	107.53	305	131.81	365	155.63	425	179.01	485	201.98	545	224.39	605	247.02
280	83.36	550	107.93	310	132.20	370	156.01	430	179.39	490	202.35	550	224.75	610	247.38
290	83.77	560	108.32	315	132.59	375	156.39	435	179.76	495	202.72	555	225.11	615	247.74
300	84.18	570	108.72	320	132.98	380	156.77	440	180.14	500	203.09	560	225.47	620	248.10
310	84.59	580	109.11	325	133.38	385	157.15	445	180.52	505	203.46	565	225.83	625	248.46

Setelah pengambilan data suhu yang ada kemudian data yang terkumpul akan dihitung nilai *error* untuk mengetahui tingkat akurasi pada alat penelitian ini. Berikut adalah penghitungan tingkat akurasi alat

$$\text{Error} = \frac{\text{Pengukuran penggaris} - \text{Pengukuran Sensor}}{\text{Pengukuran penggaris}} \times 100\%$$

Hasil

Setelah konsep alat ditentukan, tahap selanjutnya dalam penelitian ini adalah merealisasikan konsep tersebut melalui pembuatan alat secara fisik. Setelah alat selesai dibuat, dilakukan pengujian untuk mengetahui kemampuan alat dalam membaca dan menampilkan data temperatur secara akurat. Pengujian

dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor yang ditampilkan pada LCD 16×2 dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur pembanding berupa termometer. Perbandingan tersebut dilakukan pada kondisi pengukuran yang sama sehingga dapat diketahui selisih hasil pembacaan antara alat yang dirancang dengan alat ukur pembanding. Data hasil pengujian selanjutnya digunakan untuk mengetahui tingkat ketelitian dan akurasi alat dalam mengukur temperatur. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, diperoleh data pengujian yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3 Tabel pengukuran

Nomor	Thermometer	Alat Penelitian
1	25	23
2	35	32
3	45	42
4	55	53
5	70	67
6	75	73

Pada hasil yang terlihat pada tabel diatas dapat dilihat bahwa terjadi ketidak akurasian pada pengukuran alat pada penelitian ini sehingga dapat dilihat tingkat *error* pada penelitian kali ini sebesar 1,08% pada setiap sample pengukuran.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem monitoring temperatur motor induksi secara umum telah bekerja sesuai dengan konsep dan tujuan perancangan awal. Hal ini ditunjukkan oleh kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan suhu dan mengirimkan hasil pembacaan untuk ditampilkan pada LCD 16×2. Dengan demikian, sistem dapat memberikan informasi temperatur yang terukur selama proses pengujian berlangsung. Namun, berdasarkan hasil perbandingan data pengukuran, masih ditemukan perbedaan antara nilai temperatur yang ditampilkan oleh alat dengan nilai yang diperoleh menggunakan termometer sebagai alat ukur pembanding. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa tingkat akurasi alat masih perlu ditingkatkan. Selisih hasil pengukuran dapat dipengaruhi oleh karakteristik sensor, waktu respons terhadap perubahan suhu, kondisi lingkungan, serta perbedaan metode pengukuran yang digunakan.

Pada penelitian sebelumnya, penggunaan sensor suhu LM35 menunjukkan hasil pengukuran dengan tingkat kesalahan (*error*) yang relatif rendah sehingga memiliki tingkat akurasi yang baik dalam kondisi pengujian tertentu (YULIANTORO, 2019). Meskipun demikian, pemilihan sensor untuk sistem monitoring temperatur motor induksi perlu mempertimbangkan rentang pengukuran, batas suhu operasional, dan karakteristik respons sensor terhadap perubahan temperatur. Sensor LM35 memiliki rentang pengukuran suhu yang perlu diperhatikan ketika digunakan pada lingkungan dengan temperatur tinggi. Oleh karena itu, pemilihan sensor yang sesuai dengan karakteristik panas motor induksi menjadi faktor penting untuk memastikan hasil pengukuran tetap akurat dan sensor dapat beroperasi dengan aman. Dalam hal ini, penggunaan sensor termokopel dapat menjadi alternatif karena jenis sensor ini tersedia dalam berbagai tipe dengan rentang pengukuran yang luas, sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan pemantauan temperatur pada motor listrik.

Selain tingkat akurasi, sensitivitas dan waktu respons sensor termokopel juga menjadi aspek yang perlu diperhatikan. Pada sistem yang dikembangkan, ujung sensor yang dilengkapi selubung logam berpotensi memengaruhi kecepatan perpindahan panas dari objek yang diukur menuju elemen pendeteksi suhu.

Kondisi tersebut dapat menyebabkan keterlambatan respons ketika terjadi perubahan temperatur secara cepat. Namun, besarnya keterlambatan tidak hanya ditentukan oleh keberadaan selubung logam, tetapi juga dipengaruhi oleh material, ketebalan selubung, konstruksi sensor, dan kondisi kontak termal dengan objek yang diukur. Oleh karena itu, pengujian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui karakteristik respons sensor dalam berbagai kondisi temperatur. Secara keseluruhan, sistem monitoring yang dirancang telah mampu menjalankan fungsi dasar pembacaan dan penampilan temperatur. Meskipun demikian, evaluasi terhadap akurasi, waktu respons, dan kesesuaian rentang pengukuran sensor masih diperlukan agar sistem dapat memberikan informasi temperatur motor induksi secara lebih andal.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang meliputi perancangan konsep, pengadaan komponen, pembuatan program, perakitan perangkat keras, dan pengujian alat, dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem monitoring temperatur motor induksi telah berhasil direalisasikan sesuai dengan konsep perancangan awal. Keberhasilan fungsi dasar alat ditunjukkan oleh kemampuan sensor dalam mendeteksi temperatur dan menampilkan hasil pembacaan pada LCD 16×2. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, sistem telah mampu menjalankan fungsi pemantauan temperatur, meskipun masih terdapat perbedaan antara hasil pembacaan sensor dan termometer sebagai alat ukur pembanding. Oleh karena itu, tingkat akurasi alat perlu dievaluasi berdasarkan nilai kesalahan (*error*) dan persentase akurasi yang diperoleh dari keseluruhan data pengujian.

Penggunaan sensor termokopel memiliki keunggulan berupa rentang pengukuran temperatur yang relatif luas sehingga berpotensi digunakan untuk memantau kenaikan suhu motor induksi. Namun, keberadaan selubung logam pada ujung sensor dapat memengaruhi waktu respons terhadap perubahan temperatur, bergantung pada konstruksi dan kondisi pengukuran. Selain itu, keberhasilan sistem secara keseluruhan tidak hanya ditentukan oleh kemampuan membaca dan menampilkan temperatur, tetapi juga oleh kinerja sistem proteksi dalam merespons kondisi suhu yang melampaui batas yang telah ditentukan. Dengan demikian, pengujian lanjutan perlu dilakukan untuk mengukur tingkat akurasi sensor, mengevaluasi waktu respons, serta memastikan sistem proteksi dapat bekerja sesuai dengan ambang batas temperatur yang ditetapkan. Hasil pengujian kuantitatif tersebut diperlukan untuk memperkuat kesimpulan mengenai tingkat keandalan prototipe dalam mendukung pemantauan dan perlindungan motor induksi terhadap kondisi panas berlebih (*overheat*).

Referensi

- Bintari, A. (2017). "Kalibrator Suhu dengan Thermocouple dan Thermohygrometer Dilengkapi Penyimpanan Data.
- Priyambodo, Dadang, and Anggara Trisna Nugraha. "Design and Build A Photovoltaic and Vertical Savonius Turbine Power Plant as an Alternative Power Supply to Help Save Energy in Skyscrapers." *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics* 3.1 (2021): 57-63.
- Faqih, I. (2016). *Monitoring Motor Induksi Terhadap Temperatur dan Getaran Motor Menggunakan Arduino Uno*.
- Putra, Muhammad Dwi Hari, and Anggara Trisna Nugraha. "RANCANG BANGUN BATTERY CHARGER DENGAN SISTEM CONSTANT VOLTAGE BERBASIS KONTROL PI." *Seminar MASTER PPNS*. Vol. 6. No. 1. 2021.

- Kadir, A. (2017). Pemrograman Arduino dan Processing. Jakarta.
- Febrianto, Roby, and Anggara Trisna Nugraha. "PERANCANGAN BATTERY CHARGER MENGGUNAKAN ENERGI PENGGERAK MIKRO HIDRO BERBASIS ARDUINO UNO." Seminar MASTER PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- Khasan, A. (2020). PEMANFAATAN TERMOKOPEL UNTUK SISTEM MOTOR POMPA.
- Tiwana, Mayda Zita Aliem, Adiarto Adiarto, and Anggara Trisna Nugraha. "PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN ALARM BERBASIS LOGIC PANEL DAN KOMUNIKASI MODBUS." Seminar MASTER PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- Medilla, M. d. (2019). Monitoring Motor Induksi Terhadap Temperatur dan Getaran Motor Menggunakan Arduino Uno.
- Zakariz, Naufal Praska, Joessianto Eko Poetro, and Anggara Trisna Nugraha. "PENGARUH VARIASI INLET NOTCH TERHADAP KECEPATAN DAN DAYA YANG DAPAT TERBANGKITKAN DARI GENERATOR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO." Seminar MASTER PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- PUTRI, M. O. (2020). RANCANG BANGUN SISTEM PENYIMPANAN DATA DI MIKRO SD UNTUK KEPERLUAN PENGUKURAN BESARAN LISTRIK BERBASIS MIKROKONTROLER.
- Rahayu, S. (2021). RANCANG BANGUN PENGUKUR KELEMBABAN DAN SUHU PADA MOTOR INDUKSI SATU FASA SEBAGAI INDIKASI KERUSAKAN MOTOR INDUKSI BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328P.
- Rizek, R. (2016). Monitoring Suhu Generator Berbasis Internet Of Thing (IoT) Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU Sebagai Implementasi ICT Pada Bisnis Pembangkitan Tenaga Listrik.
- SIMATUPANG, D. M. (2020). Rancang Bangun Pengumpul Data untuk Menghitung Efisiensi Inverter DC ke AC Berbasis Atmega328 dan Micro SD Sebagai Media Penyimpan.
- Wibowo, P. (2021). Rancang Bangun Data Logger Multi Kanal Terhubung IoT (Internet Of Things) Sebagai Pengukur Temperatur dengan Sensor Thermocouple.
- Wirapraja, A. Y. (2016). Pengaruh Sumber Tegangan Terhadap Suhu Belitan Motor Induksi Kipas Angin.
- YULIANTORO, P. (2019). PENGAMAN MOTOR LISTRIK 3 PHASA DENGAN SENSOR SUHU.
- Yunita, O. R. (2021). Kalibrator Suhu dengan Thermocouple Dilengkapi Tampilan Grafik.