

Lampiran 1

Tabel 4.1 Data hasil pengujian sampel fluida pendingin

JENIS FLUIDA	T udara (°C)	Massa (kg)	ΔT (°C)	t (s)	V (Volt)	I (A)	Q (Watt)	Cp (kJ/kg°C)	ρ (kg/m ³)
KONDENSAT	26	0,9953	3	91	220	0,007501	150,23	4.121	995,3
	26	0,9953	3	91	220	0,007494	150,02	4.115	995,3
	26	0,9953	3	93	220	0,007246	148,25	4.156	995,3
PDAM	27	0,9967	3	82	220	0,008288	149,52	3.693	997,7
	27	0,9967	3	83	220	0,008217	150,04	3.751	997,7
	27	0,9967	3	85	220	0,008013	149,84	3.836	997,7
COOLANT	27	0,8961	3	100	220	0,006707	147,56	4.487	896,1
	27	0,8961	3	102	220	0,006698	150,31	4.662	896,1
	27	0,8961	3	101	220	0,006567	145,92	4.482	896,1

Lampiran 2

Tabel 4.2 Data hasil pengujian dan pengolahan data pada instalasi *heat exchanger* dengan fluida pendingin air kondensat

No	Jenis Fluida Pendingin	Temperatur Air Panas (°C)			Temperatur Fluida Pendingin (°C)			$\Delta T_h - \Delta T_c$ (°C)	ρ (kg/m ³)	m' (kg/s)	Cp (kJ/kg g°C)	q (kW)	Δz (cm)	ΔP (Nm)	ΔT maks (°C)	Ch (kJ/s°C)	q maks (kW)	ϵ (%)
		Th _{in} (°C)	Th _{ou} (°C)	ΔT_h (°C)	Tc _{ou} (°C)	Tc _{in} (°C)	ΔT_c (°C)											
1	Kondensat	50.5	48.3	2.2	34.2	32.5	1.7	0.5	989.5	0.2474	4.181	0.5171	2.9	281.489	18	1.03422	1.8616	27.778
2		50.2	47.8	2.4	34.2	32.3	1.9	0.5	988	0.2470	4.181	0.5164	2.8	271.395	17.9	1.03275	1.8486	27.933
3		50.3	47.9	2.4	34.3	32.3	2	0.4	988.5	0.2471	4.181	0.4133	2.9	281.221	18	1.03324	1.8598	22.222
1		55.7	53.2	2.5	36.5	34.6	1.9	0.6	974.1	0.2435	4.183	0.6112	2.7	258.004	21.1	1.01864	2.1493	28.436
2		55.4	53	2.4	37.1	35.3	1.8	0.6	974	0.2435	4.183	0.6111	2.7	257.983	20.1	1.01856	2.0473	29.851
3		55.5	53	2.5	37.3	35.3	2	0.5	974	0.2435	4.183	0.5093	2.6	248.435	20.2	1.01859	2.0575	24.752
1		60.4	57.9	2.5	38.2	36.4	1.8	0.7	973.6	0.2434	4.185	0.7131	2.5	238.785	24	1.01867	2.4448	29.167
2		60.1	57.5	2.6	38.4	36.5	1.9	0.7	973.6	0.2434	4.185	0.7131	2.6	248.332	23.6	1.01865	2.404	29.661
3		60.2	57.6	2.6	39.2	37.6	1.6	1	973.6	0.2434	4.185	1.0187	2.4	229.231	22.6	1.01866	2.3022	44.248
1		65.5	62.7	2.8	39.3	37.5	1.8	1	973.6	0.2434	4.188	1.0193	2.4	229.214	28	1.01931	2.8541	35.714
2		65.7	62.8	2.9	40.3	38.5	1.8	1.1	973.6	0.2434	4.188	1.1212	2.5	238.765	27.2	1.01932	2.7725	40.441
3		65.8	63	2.8	40.3	38.4	1.9	0.9	973.6	0.2434	4.188	0.9174	2.4	229.215	27.4	1.01932	2.7929	32.847
1		69.6	66.4	3.2	42	40.2	1.8	1.4	973.6	0.2434	4.191	1.4281	2.3	219.676	29.4	1.02010	2.9991	47.619
2		69.5	66.2	3.3	42	40.1	1.9	1.4	973.6	0.2434	4.191	1.4281	2.4	229.227	29.4	1.02010	2.9991	47.619
3		69.6	66.3	3.3	42.1	40.1	2	1.3	973.6	0.2434	4.191	1.3261	2.3	219.676	29.5	1.02010	3.0093	44.068

Lampiran 3

Tabel 4.3 Data hasil pengujian dan pengolahan data pada instalasi *heat exchanger* dengan fluida pendingin air PDAM

No	Jenis Fluida Pendingin	Temperatur Air Panas (°C)			Temperatur Fluida Pendingin (°C)			$\Delta T_h - \Delta T_c$ (°C)	ρ (kg/m ³)	\dot{m} (kg/s)	Cp (kJ/kg°C)	q (kW)	Δz (cm)	ΔP (Nm)	ΔT_{maks} (°C)	Ch (kJ/s°C)	q maks (kW)	ϵ (%)
		Th _{in} (°C)	Th _{out} (°C)	ΔT_h (°C)	Tc _{out} (°C)	Tc _{in} (°C)	ΔT_c (°C)											
1	PDAM	50,5	48,3	2,2	28,3	26,2	2,1	0,1	989,5	0,2474	4,181	0,1034	3,5	339,728	24,3	1,03422	2,513	4,115
2		50,7	48,3	2,2	28,3	26,3	2	0,2	990,4	0,2476	4,181	0,2070	3,3	320,62	24,4	1,03521	2,526	8,197
3		50,8	48,3	2,5	28,4	27,1	1,3	0,2	990,9	0,2477	4,181	0,2071	3,3	320,772	23,7	1,03570	2,455	8,439
1		55,8	53,2	2,4	34,7	32,6	2,1	0,3	974,1	0,2435	4,183	0,3056	3,2	305,79	23,2	1,01867	2,363	12,931
2		55,9	53,2	2,3	34,5	32,7	1,8	0,5	974,1	0,2435	4,183	0,5093	3,1	296,242	23,2	1,01870	2,363	21,552
3		55,9	53,1	2,6	34,6	32,5	2,1	0,5	974,1	0,2435	4,183	0,5093	3,3	315,355	23,4	1,01870	2,384	21,368
1		60,3	56,4	2,4	38,2	36,1	2,1	0,3	973,6	0,2434	4,185	0,3056	3,2	305,643	24,2	1,01866	2,465	12,397
2		60,5	57,8	2,5	39,2	37,3	1,9	0,6	973,6	0,2434	4,185	0,6112	2,9	276,992	23,2	1,01868	2,363	25,862
3		60,7	57,3	2,5	41,6	39,5	2,1	0,4	973,7	0,2434	4,185	0,4075	3	286,547	21,2	1,01869	2,160	18,868
1		65,7	61,6	2,9	44,2	41,8	2,4	0,5	973,6	0,2434	4,188	0,5097	3,1	296,069	23,9	1,01932	2,436	20,921
2		65,5	61,7	2,9	44,3	42,2	2,1	0,8	973,6	0,2434	4,188	0,8155	2,7	257,866	23,3	1,01931	2,375	34,335
3		65,5	61,5	2,7	45,4	43,3	2,1	0,6	973,6	0,2434	4,188	0,6116	2,8	267,416	22,2	1,01931	2,263	27,027
1		69,3	66,4	2,9	50,1	48,1	2	0,9	973,6	0,2434	4,191	0,9181	2,9	276,981	21,2	1,02010	2,163	42,453
2		69,4	66,7	3	51,7	49,5	2,2	0,8	973,6	0,2434	4,191	0,8161	2,5	238,777	19,9	1,02010	2,030	40,201
3		69,5	66,9	2,6	51,5	49,5	2	0,6	973,6	0,2434	4,191	0,6121	2,7	257,88	20	1,02010	2,040	30,000

Lampiran 4

Tabel 4.4 Data hasil pengujian dan pengolahan data pada instalasi heat exchanger dengan fluida pendingin coolant radiator

No	Jenis Fluida Pendingin	Temperatur Air Panas (°C)			Temperatur Fluida Pendingin (°C)			ΔT_{h-Tc} (°C)	ρ (kg/m ³)	\dot{m} (kg/s)	Cp (kJ/kg°C)	q (kW)	Δz (cm)	ΔP (Nm)	ΔT_{maks} (°C)	Ch (kJ/s°C)	q maks (kW)	ϵ (%)
		Th _{in} (°C)	Th _{out} (°C)	ΔT_h (°C)	Tc _{out} (°C)	Tc _{in} (°C)	ΔT_c (°C)											
1	Coolant Radiator	50,8	48,3	2,5	33,3	31,5	1,8	0,7	990,9	0,2477	4,181	0,7250	2,2	213,848	19,3	1,03570	1,999	36,269
2		50,7	48,4	2,3	33,3	31,6	1,7	0,6	990,4	0,2476	4,181	0,6211	2	194,315	19,1	1,03521	1,977	31,414
3		50,3	47,8	2,5	33,4	31,7	1,7	0,8	988,5	0,2471	4,181	0,8266	2,1	203,643	18,6	1,03324	1,922	43,011
1		55,5	53	2,5	34,4	32,7	1,7	0,8	974	0,2435	4,183	0,8149	2	191,104	22,8	1,01859	2,322	35,088
2		55,7	53	2,7	35,4	33,8	1,6	1,1	974,1	0,2435	4,183	1,1205	1,9	181,558	21,9	1,01864	2,231	50,228
3		55,6	52,9	2,7	35,4	33,8	1,6	1,1	974,1	0,2435	4,183	1,1205	2,2	210,22	21,8	1,01861	2,221	50,459
1		60,5	57,8	2,7	36,5	35,1	1,4	1,3	973,6	0,2434	4,185	1,3243	2	191,029	25,4	1,01868	2,587	51,181
2		60,6	57,8	2,8	36,4	35,2	1,2	1,6	973,6	0,2434	4,185	1,6299	1,8	171,927	25,4	1,01868	2,587	62,992
3		60,6	57,9	2,7	36,5	35,1	1,4	1,3	973,6	0,2434	4,185	1,3243	1,9	181,478	25,5	1,01868	2,598	50,980
1		65,2	62,1	3,1	38,8	37,5	1,3	1,8	973,6	0,2434	4,188	1,8348	1,8	171,91	27,7	1,01931	2,823	64,982
2		65	61,8	3,2	38,5	37,2	1,3	1,9	973,6	0,2434	4,188	1,9368	1,7	162,37	27,8	1,01938	2,834	68,345
3		65	61,8	3,2	39,6	38,5	1,1	2,1	973,6	0,2434	4,188	2,1407	1,9	181,472	26,5	1,01938	2,701	79,245
1		69,8	66,6	3,2	39,2	38,4	0,8	2,4	973,6	0,2434	4,191	2,4482	1,6	152,818	31,4	1,02010	3,203	76,433
2		69,6	66	3,6	39,3	38,4	0,9	2,7	973,6	0,2434	4,191	2,7543	1,6	152,818	31,2	1,02010	3,183	86,538
3		69,6	66,2	3,4	40,5	39,6	0,9	2,5	973,6	0,2434	4,191	2,5503	1,5	143,267	30	1,02010	3,060	83,333

Lampiran 5

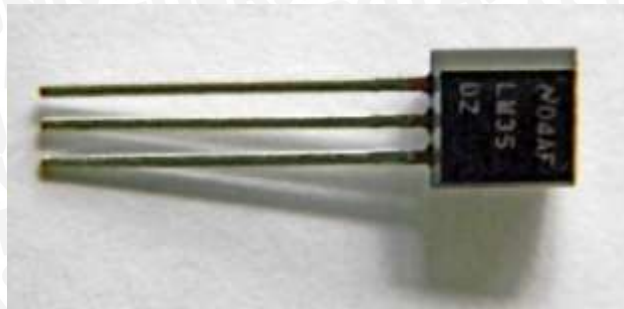
Tabel *properties of selected solid and liquid***TABLE A-19** Properties of Selected Solids and Liquids: c_p , ρ , and κ

Substance	Specific Heat, c_p (kJ/kg · K)	Density, ρ (kg/m ³)	Thermal Conductivity, κ (W/m · K)
Selected Solids, 300K			
Aluminium	0.903	2700	237
Coal, anthracite	1.260	1350	0.26
Copper	0.385	8930	401
Granite	0.775	2630	2.79
Iron	0.447	7870	80.2
Lead	0.129	11300	35.3
Sand	0.800	1520	0.27
Silver	0.235	10500	429
Soil	1.840	2050	0.52
Steel (AISI 302)	0.480	8060	15.1
Tin	0.227	7310	66.6
Building Materials, 300K			
Brick, common	0.835	1920	0.72
Concrete (stone mix)	0.880	2300	1.4
Glass, plate	0.750	2500	1.4
Hardboard, siding	1.170	640	0.094
Limestone	0.810	2320	2.15
Plywood	1.220	545	0.12
Softwoods (fir, pine)	1.380	510	0.12
Insulating Materials, 300K			
Blanket (glass fiber)	—	16	0.046
Cork	1.800	120	0.039
Duct liner (glass fiber, coated)	0.835	32	0.038
Polystyrene (extruded)	1.210	55	0.027
Vermiculite fill (flakes)	0.835	80	0.068
Saturated Liquids			
Ammonia, 300K	4.818	599.8	0.465
Mercury, 300K	0.139	13529	8.540
Refrigerant 22, 300K	1.267	1183.1	0.085
Refrigerant 134a, 300K	1.434	1199.7	0.081
Unused Engine Oil, 300K	1.909	884.1	0.145
Water, 275K	4.211	999.9	0.574
300K	4.179	996.5	0.613
325K	4.182	987.1	0.645
350K	4.195	973.5	0.668
375K	4.220	956.8	0.681
400K	4.256	937.4	0.688

Source: Drawn from several sources, these data are only representative. Values can vary depending on temperature, purity, moisture content, and other factors.

Lampiran 6

- Sensor Temperatur LM35



Spesifikasi Sensor

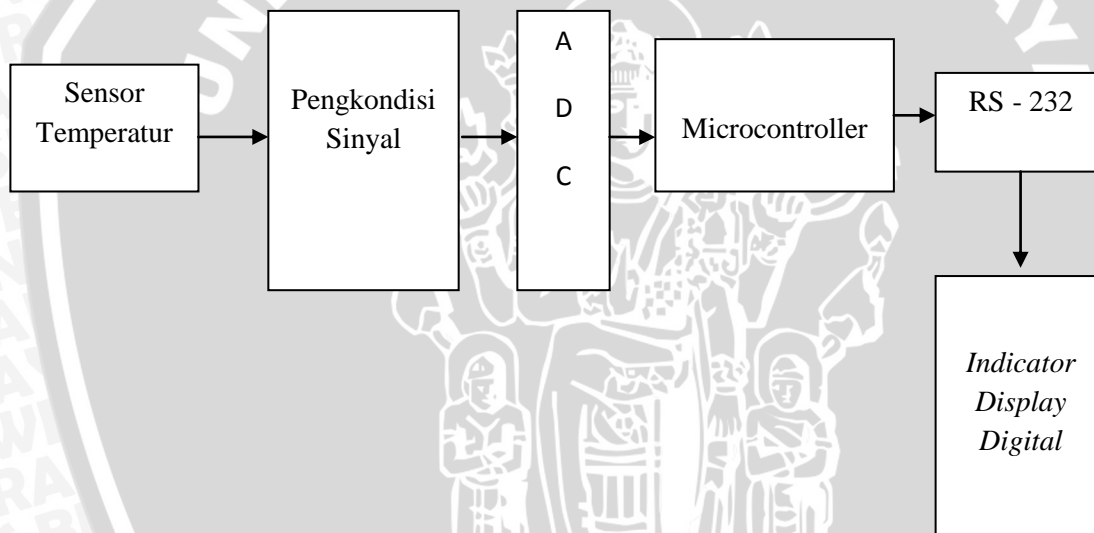
Calibrated Directly	In °Celcius
Linear Scale Factor	+10mV / 1°C
Accuracy	0.5 °C
Range	-55 °C - 150 °C
Operated Supply Voltage	4 - 30V
Current Drain	60µA
Output Voltage	1 - 6V

Sensor LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor ini tidak memerlukan kalibrasi karena ketelitian yang sangat tinggi. Dengan tegangan keluaran yang telah terskala linear dengan suhu terukur yakni 10mV / 1°C yang artinya sensor ini akan melakukan pembacaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1°C dan akan mengeluarkan tegangan sebesar 10mV.

Karakteristik sensor LM 35

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mVolt/°C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam *celcius*.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5°C pada suhu 25 °C Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai +150 °C.
3. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
4. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 µA.
5. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari 0,1 °C pada udara diam.
6. Memiliki keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
7. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}$ °C.

- Data Akuisisi



Pada awalnya sensor temperatur akan mengeluarkan tegangan yang berubah – ubah menuju pengkondisi sinyal. Pada pengkondisi sinyal inilah masing – masing tegangan yang dikeluarkan oleh sensor diolah sehingga tegangan yang dihasilkan sesuai dengan tegangan yang sesuai dengan *input microcontroller*. Pengkondisi sinyal disini berupa penguat (*Amplifier*). Contoh, jika kita menginginkan penguat 3 kali lipat dari tegangan outputnya maka yang harus kita lakukan adalah memasang resistor input sebesar 1000 Ohm dan resistor output 500 Ohm maka didapatkan :

$$(R_{in}/R_{out}) + 1$$

$$(1000 / 500) + 1 = 3, \text{ jadi penguat yang dihasilkan adalah 3 kali lipat tegangan input}$$

Besaran tegangan yang sesuai tadi akan dimasukkan ke dalam Keluaran dari rangkaian pengkondisi tegangan kemudian dimasukkan ke rangkaian ADC yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan analog menjadi data digital. Tujuan pengkonversian ini adalah agar data dapat diolah oleh *microcontroller* dan ditampilkan pada *indicator display digital*. Hubungan *microcontroller* dengan *indicator display digital* memiliki perbedaan level tegangan. Pada *microcontroller* umumnya bekerja pada level tegangan TTL antara 0V – 5V. TTL (*Transistor Transistor Logic*) adalah level tegangan yang dihasilkan dari susunan beberapa transistor dimana TTL memiliki 2 level tegangan, yaitu 0 dan 1. Level TTL dibawah 0,8V dianggap level 0 sedangkan level TTL diatas 2V dianggap level 1. Untuk mengatasi ini maka digunakan RS232 *Converter* yang mempunyai rentang tegangan antara -15V hingga +15V. RS232 juga memiliki 2 level tegangan yaitu (+3V hingga +15V) dianggap level 0 dan (-3V hingga -15V) dianggap level 1. RS232 ini akan mengkonversikan level 1 TTL menjadi level 1 RS232 (-3V hingga -15V) dan level 0 TTL menjadi level 0 RS232 (+3 hingga +15V). Begitu pula sebaliknya, level 0 RS232 akan dikonversi menjadi level 0 TTL yaitu 0V dan level 1 RS232 dikonversi menjadi level 1 TTL yaitu 5V. sehingga pada akhirnya nanti data dari *microcontroller* dapat memasuki *indicator display digital*.

