

DAFTAR PUSTAKA

- Asni, N., & Meilin, A. (2015). *Teknologi Penanganan Pascapanen dan Pengolahan Hasil Kopi Liberika Tungkal Komposit*. Jambi: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi.
- Badan Pusat Statistik, I. (2017). *Statistik Kopi Indonesia 2017*.
- Badan Standardisasi Nasional. *SNI 01-2907-2008 Biji kopi*. , Pub. L. No. SNI 01-2907-2008 (2008).
- Clarke, R., & Macrae, R. (1989). *Coffee Volume 2: Technology*. Essex: Elsevier Science Publisher.
- Cox, E. (1994). *The Fuzzy Systems Handbook A Practitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems*. New York: Academic Press.
- Ferry, Y., Supriadi, H., & Ibrahim, M. S. D. (2015). *Teknologi Budi Daya Tanaman Kopi Aplikasi pada Perkebunan Rakyat*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian.
- Fezari, M., Rasras, R., & Emary, I. M. M. E. (2015). Ambulatory Health Monitoring System Using Wireless Sensors Node. *Procedia Computer Science*, 65(Iccmit), 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.082>
- Fikry, M., Yusof, Y. A., Al-Awaadh, A. M., Rahman, R. A., Chin, N. L., Mousa, E., & Chang, L. S. (2019). *Effect of the Roasting Conditions on the Physicochemical, Quality and Sensory Attributes of Coffee-Like Powder and Brew from Defatted Palm Date Seeds*. (May). <https://doi.org/10.3390/foods8020061>
- Ismoyo, D., & Harianto. (2009). *Rancang Bangun Sistem Otomasi Rumah Menggunakan Bluetooth dan SMS Pada Mobile Device*.
- Juni, E. T., Siwindarto, P., & Maulana, E. (2014). *Penyangrai Biji Kopi Otomatis Untuk Rumah Tinggal*. 2, 1–6.
- Kusumadewi, S., & Hartati, S. (2010). *Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf* (2nd ed.). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mulato, S, Widyotomo, S., & Suharyanto, E. (2006). *Teknologi Proses dan*

Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kopi. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Kementerian Pertanian.

Mulato, Sri. (2002). Perancangan dan Pengujian Mesin Sangrai Biji Kopi Tipe Silinder. *Pelita Perkebunan*, 18(July 2001), 31–45.

Naba, A. (2009). *Tutorial Cepat dan Mudah Fuzzy Logic Dengan Matlab*. Malang.

Ogata, K. (1995). *Teknik Kontrol Automatik(Sistem Pengaturan)* (7 ed.). Jakarta: Erlangga.

Pramudita, A., Anwari, S., & Sadewo, N. (2013). Perancangan dan Implementasi Pengendalian Model Rudder Kapal dengan Menggunakan Metode Logika Fuzzy Berbasis. *Reka Elkomika*, 1(3), 210–222.

Prastowo, B., Karmawati, E., Rubijo, Siswanto, Indrawanto, C., & Munarso, S. J. (2012). Kopi, Budidaya dan Penanganan Lepas Panen. *PT. Penebar Swadaya*.

Purnamayanti, N. P. A., Gunadnya, I. B. P., & Arda, G. (2017). Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian terhadap Karakteristik Fisik dan Mutu Sensori Kopi Arabika (*Coffea arabica* L). *BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian) Universitas Udayana*, 5(September), 39–48.

Putra, S. A., Hanifah, U., & Karim, M. A. (2019). *Theoretical study of fluidization and heat transfer on fluidized bed coffee roaster* *Theoretical Study of Fluidization and Heat Transfer on Fluidized Bed Coffee Roaster*. 030112(April), 1–7.

Rao, S. (2014). *The Coffee Roaster's Companion*. Independent Publisher.

Ridwansyah. (2003). *Pengolahan Kopi*. Medan: Fa.

Safitri, A. F., & Amin, J. M. (2015). *Pengaruh suhu dan waktu sangrai terhadap hasil bubuk bramseko pada alat penyangrai biji-bijian fluidisasi*. 43–49.

Siswojo, B. (2017). *Elektronika Kontrol*. Malang: UB Press.

Sivetz, M., & Desrosier, N. (1979). *Coffee Technology*. Connecticut.

Suhaeb, S., Yasser, A. D., Jaya, H., Ridwansyah, Sabran, & Risal, A. (2017). *Buku Ajar Mikrokontroler dan Interface*. Makassar: Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.

Sulistyorini, H., Abineno, A. P., & Asmoro, H. P. (2018). *Buku saku*

penanganan pascapanen kopi secara baik dan benar. Jakarta: Direktorat Pengolahan dan Pemasaran Hasil Perkebunan Kementerian Pertanian.

Sutarsi, Rhosida, E., & Taruna, I. (2016). *Penentuan Tingkat Sangrai Kopi Berdasarkan Sifat Fisik Kimia Menggunakan Mesin Penyangrai Tipe Rotari.* (2016), 306–312.

Sutarsi, & Taruna, I. (2014). *Rancang Bangun Mesin Penyangrai Kopi Tipe Rotari.* Jember: Universitas Jember.

Tanggasari, D. (2014). *Sifat Teknik dan Karakteristik Pengeringan Biji Jagung (Zea mays L.) pada Alat Pengering Fluidized Beds.* 2014.

Tri Suci, Y. (2019). *Panen dan Pasca Panen Kopi.* Jambi.

Wati, D. A. R. (2011). *Sistem Kendali Cerdas.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

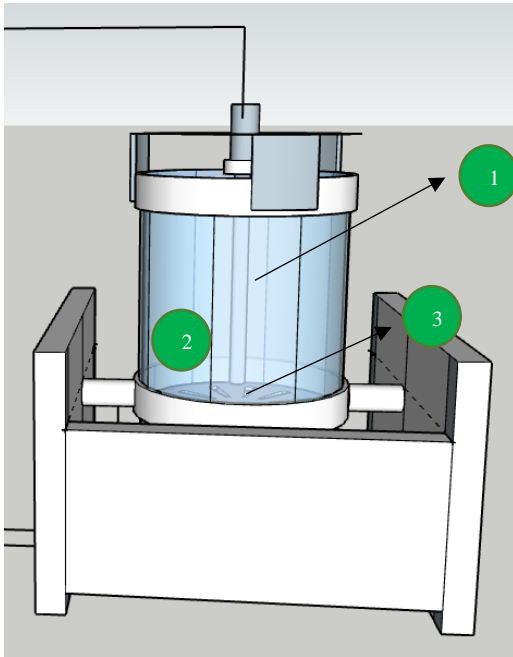
Widodo, W. E., Atmaji, G., Yohanes, H., & Astuti. (2015). Kinerja Alsin Sangrai Kopi Tipe Fluidisasi dan Uji Kualitas Kopi Sangrai. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 16(2), 117–126.

Wintgens, J. N. (2004). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production.* Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Yudaningtyas, E. (2017). *Belajar Sistem Kontrol : Soal dan Pembahasan.* Malang: UB Press.

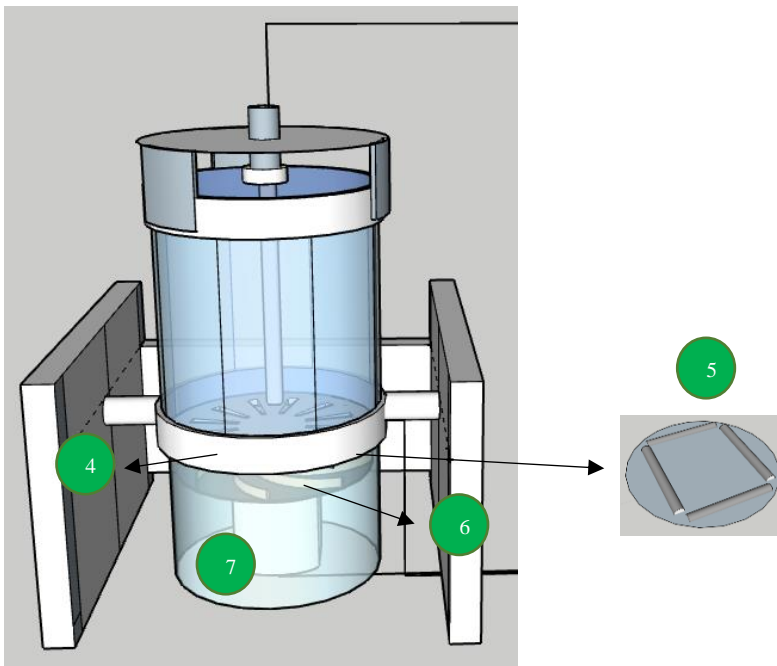
LAMPIRAN

1. Alat penyangrai kopi tipe fluidisasi



Keterangan :

1. Sensor suhu
2. Ruang penyangrai
3. Alas ruang penyangrai
4. Ruang pemanas
5. Heater
6. *Axial fan*
7. Motor DC



2. Spesifikasi alat

No	Kategori	Keterangan
1	Daya Heater (Watt)	1.200
2	Dimensi Ruang Penyangrai	- Diameter : 6,5 cm - Tinggi : 7,5 cm
3	Bahan	Alumunium, akrilik, kayu
4	Axial fan	- Diameter 6 cm - Kec udara di ruang sangrai : 3,56 m/det (tanpa bahan). 2,90 m/det (dengan bahan sebanyak 40 gr)
5	Motor penggerak	Motor DC 14V

3. Suhu uji gain

No	Waktu (detik)	Suhu Udara Penyangrai (°C)
1	0	32,50
2	5	33,50
3	10	37,75
4	15	47,50
5	20	61,25
6	25	83,75
7	30	107,50
8	35	130,25
9	40	148,25
10	45	166,50
11	50	174,75
12	55	184,00
13	60	191,75
14	65	197,00
15	70	202,25
16	75	207,00
17	80	210,50
18	85	214,25
19	90	217,00
20	95	219,00
21	100	222,00
22	105	224,25
23	110	226,00
24	115	227,50
25	120	229,75

4. Respon dinamik tanpa bahan

Setting point = 190°C

NO	Waktu (detik)	Suhu Udara Penyangrai (°C)
1	0	32,25
2	5	32,75
3	10	38,50
4	15	52,25
5	20	68,50
6	25	87,50
7	30	117,75
8	35	126,75
9	40	141,00
10	45	153,00
11	50	161,00
12	55	166,25
13	60	173,00
14	65	177,50
15	70	180,75
16	75	183,25
17	80	186,00
18	85	189,25
19	90	190,00
20	95	192,00
21	100	191,75
22	105	191,50
23	110	191,00
24	115	190,75
25	120	191,25
26	125	192,25

Setting point = 200°C

NO	Waktu (detik)	Suhu Udara Penyangrai (°C)
1	0	32,25
2	5	32,50
3	10	37,00
4	15	48,25
5	20	66,00
6	25	87,50
7	30	109,75
8	35	128,75
9	40	146,25
10	45	159,50
11	50	169,50
12	55	178,00
13	60	185,00
14	65	189,25
15	70	193,75
16	75	196,75
17	80	199,50
18	85	202,50
19	90	203,75
20	95	204,75
21	100	205,25
22	105	205,25
23	110	205,75
24	115	205,25
25	120	205,00

Setting point = 210°C

NO	Waktu (detik)	Suhu Udara Penyangrai (°C)
1	0	33,00
2	5	33,25
3	10	39,00
4	15	50,75
5	20	66,50
6	25	91,00
7	30	109,75
8	35	128,00
9	40	143,75
10	45	155,50
11	50	164,50
12	55	172,00
13	60	177,50
14	65	182,00
15	70	185,00
16	75	190,75
17	80	191,50
18	85	194,50
19	90	196,00
20	95	196,50
21	100	198,25
22	105	199,00
23	110	199,75
24	115	201,75
25	120	201,50
26	125	202,25
27	130	203,25
28	135	204,25
29	140	205,00
30	145	205,25
31	150	205,50
32	155	206,00
33	160	206,75
34	165	207,50
35	170	207,75
36	175	207,75
37	180	208,50
38	185	210,00

39	190	209,50
40	195	210,25
41	200	209,50
42	205	210,00
43	210	210,00
44	215	209,50
45	220	209,25
46	225	209,75
47	230	210,25
48	235	210,00
49	240	210,00

5. Suhu Penyangraian

Setting point = 190°C

NO	Waktu (detik)	Suhu Udara Penyangrai (°C)
1	0	34,00
2	5	34,25
3	10	39,26
4	15	46,75
5	20	55,25
6	25	76,50
7	30	93,75
8	35	107,75
9	40	122,25
10	45	135,00
11	50	144,75
12	55	150,75
13	60	158,00
14	65	162,00
15	70	166,75
16	75	172,25
17	80	174,00
18	85	176,75
19	90	180,50
20	95	183,50
21	100	182,50
22	105	186,25
23	110	184,75
24	115	186,50
25	120	189,00
26	125	189,50
27	130	190,75
28	135	189,75
29	140	190,50
30	145	190,25
31	150	192,00
32	155	191,00
33	160	192,50
34	165	190,75
35	170	191,75
36	175	192,00

37	180	192,75
38	185	191,00
39	190	191,75
40	195	191,50
41	200	192,00
42	205	192,00
43	210	193,00
44	215	193,25
45	220	193,25
46	225	191,50
47	230	191,25
48	235	192,50
49	240	191,50
50	245	192,25
51	250	191,75
52	255	191,75
53	260	192,75
54	265	192,25
55	270	192,00
56	275	191,50
57	280	192,50
58	285	192,25
59	290	193,00
60	295	191,75
61	300	191,00

Setting point = 200°C

NO	Waktu (detik)	Suhu Udara Penyangrai (°C)
1	0	30,25
2	5	33,25
3	10	35,50
4	15	43,00
5	20	57,00
6	25	76,75
7	30	92,75
8	35	111,50
9	40	125,75
10	45	140,00
11	50	150,00
12	55	157,50
13	60	164,25
14	65	170,00
15	70	176,00
16	75	180,00
17	80	183,00
18	85	187,00
19	90	190,25
20	95	192,25
21	100	194,25
22	105	195,00
23	110	197,25
24	115	200,00
25	120	199,50
26	125	200,50
27	130	201,75
28	135	201,50
29	140	200,75
30	145	201,25
31	150	201,25
32	155	201,25
33	160	202,50
34	165	201,75
35	170	201,50
36	175	202,25
37	180	203,25
38	185	202,00

39	190	202,75
40	195	203,25
41	200	204,00
42	205	202,25
43	210	203,00
44	215	203,00
45	220	203,50
46	225	204,25
47	230	203,75
48	235	202,00
49	240	203,50
50	245	202,75
51	250	204,25
52	255	203,25
53	260	204,00
54	265	203,75
55	270	204,75
56	275	205,25
57	280	205,50
58	285	206,25
59	290	205,50
60	295	206,25
61	300	205,75

Setting point = 210°C

NO	Waktu (detik)	Suhu Udara Penyangrai (°C)
1	0	34,25
2	5	33,50
3	10	36,75
4	15	44,00
5	20	57,25
6	25	77,00
7	30	94,75
8	35	111,25
9	40	125,00
10	45	137,25
11	50	147,00
12	55	156,75
13	60	162,00
14	65	167,00
15	70	172,00
16	75	177,00
17	80	179,75
18	85	183,75
19	90	186,25
20	95	187,50
21	100	189,75
22	105	192,25
23	110	192,75
24	115	193,75
25	120	196,50
26	125	198,00
27	130	198,75
28	135	200,00
29	140	199,50
30	145	201,00
31	150	200,75
32	155	200,75
33	160	202,00
34	165	202,50
35	170	202,75
36	175	203,75
37	180	203,00
38	185	205,00

39	190	203,75
40	195	205,25
41	200	205,00
42	205	204,75
43	210	205,25
44	215	205,50
45	220	206,25
46	225	206,75
47	230	207,25
48	235	208,25
49	240	208,00
50	245	208,75
51	250	207,25
52	255	207,75
53	260	209,00
54	265	208,75
55	270	209,50
56	275	209,00
57	280	208,75
58	285	209,50
59	290	210,00
60	295	210,00
61	300	210,00

6. Kadar air kopi sangrai

NO	SP	m1	m2	m3	KA	KA rata-rata	Ket	
		(gr)						
1	a	190°C	0,670	5,806	5,543	5,121	5,351	penyangraian 60 detik
			0,623	5,336	5,073	5,580		
			0,648	5,324	5,218	2,267	2,349	penyangraian 120 detik
			0,674	5,034	4,928	2,431		
			0,646	4,310	4,256	1,474	1,455	penyangraian 180 detik
			0,725	5,949	5,874	1,436		
			0,652	4,413	4,362	1,369	1,285	penyangraian 240 detik
			0,672	4,960	4,909	1,201		
			0,657	4,516	4,467	1,270	1,257	penyangraian 300 detik
			0,702	4,639	4,590	1,245		
2	a	200°C	0,670	5,001	4,813	4,341	4,134	penyangraian 60 detik
			0,643	5,429	5,241	3,928		
			0,678	5,119	5,033	1,937	1,826	penyangraian 120 detik
			0,647	5,658	5,572	1,716		
			0,688	5,676	5,610	1,323	1,362	penyangraian 180 detik
			0,694	5,408	5,342	1,400		
			0,691	5,331	5,281	1,078	1,101	penyangraian 240 detik
			0,673	5,117	5,067	1,125		
			0,669	6,000	5,938	1,163	1,041	penyangraian 300 detik
			0,622	5,850	5,802	0,918		
3	a	210°C	0,717	5,682	5,480	4,068	3,951	penyangraian 60 detik
			0,675	5,944	5,742	3,834		
			0,726	5,212	5,129	1,850	1,906	penyangraian 120 detik
			0,658	4,887	4,804	1,963		
			0,594	5,541	5,498	0,869	0,903	penyangraian 180 detik
			0,614	5,209	5,166	0,936		
			0,625	4,881	4,855	0,611	0,640	penyangraian

							240 detik
		0,669	4,556	4,530	0,669		
	e	0,598	5,460	5,443	0,350	0,362	penyangraian 300 detik
		0,652	5,202	5,185	0,374		

7. Pengukuran nilai *L kopi sangrai

No	Suhu Penyangraian (°C)	Kelompok	*L					*L Rata-rata	massa (gr)	Ket
			1	2	3	4	5			
1	190	I	57,05	57,12	57,09	56,95	57,88	57,22	2,43	warna : coklat muda - kekuningan
		I	57,32	58,29	56,77	57,89	57,14	57,48		
		I	58,18	57,54	56,91	57,45	57,65	57,55		
								57,42		
2	190	II	49,87	49,77	48,56	48,91	50,31	49,48	4,81	warna : coklat muda - <i>half city</i>
		II	48,41	49,13	49,58	49,28	49,81	49,24		
		II	50,02	49,97	49,72	48,78	49,03	49,50		
								49,41		
3	190	III	46,69	47,26	47,41	46,32	46,12	46,76	28,78	warna : coklat muda - <i>cinnamon</i>
		III	47,13	46,97	46,53	46,99	47,02	46,93		
		III	45,96	46,03	46,68	46,32	46,82	46,36		
								46,68		
4	200	IV	42,14	41,75	41,58	41,77	41,63	41,77	1,37	warna : coklat muda - <i>city</i>
		IV	41,24	42,61	42,09	41,84	41,71	41,90		
		IV	41,38	41,95	42,57	41,24	41,48	41,72		
								41,80		
5	200	V	37,73	38,28	39,03	38,71	38,19	38,39	6,86	warna : coklat muda - <i>full city</i>
		V	38,68	38,21	38,44	38,29	37,79	38,28		
		V	39,12	38,73	38,28	37,99	38,03	38,43		
								38,37		
6	200	VI	37,46	37,21	37,61	38,22	37,18	37,54	27,63	warna : coklat muda - <i>full city+</i>
		VI	36,93	37,17	38,03	37,14	36,85	37,22		
		VI	38,09	37,37	37,14	37,39	37,42	37,48		
								37,41		
7	210	VII	28,56	28,13	27,87	28,91	28,12	28,32	18,78	warna : coklat tua - <i>Vienna</i>
		VII	27,97	28,39	27,97	27,84	27,91	28,02		
		VII	27,93	27,61	27,47	28,98	28,75	28,15		
								28,16		
8	210	VIII	25,22	25,91	25,39	25,21	25,47	25,44	15,95	warna : coklat tua - <i>Italian</i>
		VIII	25,68	26,13	25,81	25,35	25,75	25,74		
		VIII	24,77	25,48	25,69	25,58	26,26	25,56		
								25,58		
								34,73		

8. Perhitungan Kecepatan Fluidisasi Minimum

Diketahui :

$$g \text{ (percepatan gravitasi)} = 9,8 \text{ m/det}^2$$

$$dp \text{ (diameter kopi beras)} = 5,5 \times 10^{-3} \text{ m (pengukuran)}$$

$$\rho_g \text{ (massa jenis udara)} = 1,1774 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_p \text{ (massa jenis kopi beras)} = 1.248 \text{ kg/m}^3 \text{ (pengukuran)}$$

$$\mu \text{ (viskositas udara)} = 1,8462 \text{ kg/m.det}$$

Nilai ρ_g dan μ diperoleh dari Tabel 5 (Sifat –sifat udara pada tekanan atmosfer)

Perhitungan : 0,000000166375

- Bilangan Archimedes

$$Ar = \frac{g (dp)^3 (\rho_p - \rho_g)}{\mu^2}$$

$$Ar = \frac{9,8 \cdot 0,000000166375 \cdot 1,1774 \cdot 1246,823}{0,00000000340845444}$$

$$Ar = 7022396,517$$

- Kecepatan minimum fluidisasi :

$$U_{mf} = \frac{\mu \{((28,7)^2 + (0,0651 \cdot Ar))^{0,5} - 28,7\}}{dp \cdot \rho_g}$$
$$= \frac{0,011964178}{0,0064757}$$

$$= 1,847549803 \text{ m/det}$$

Kecepatan udara di ruang sangrai (dengan menggunakan bahan kopi beras sebanyak 40 gram) hasil pengukuran adalah 2,90 m/det.

Kecepatan fluidisasi minimum hasil perhitungan adalah sebesar 1,847549803 m/det.

Karena kecepatan terukur > kecepatan teoritis, maka alat penyangrai sudah mampu menyangrai dengan prinsip fluidisasi yaitu mampu mengangkat bahan (kopi beras) dalam proses penyangraianya.

9. Perhitungan kecepatan massa udara :

Diketahui :

ρ_g = Massa jenis udara (1,1774 kg/m³)

v = kecepatan udara fluidisasi minimum (1,847549803 m/det)

A = luas alas ruang penyangrai (0,0032 m²)

Perhitungan :

$$\dot{m} = Q \cdot \rho_g$$

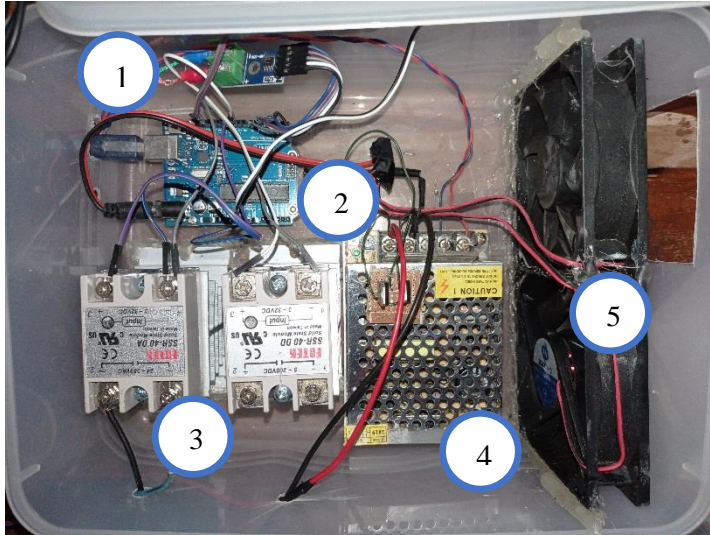
$$= v \cdot A \cdot \rho_g$$

$$= 1,847549803 \cdot 0,0032 \cdot 1,1774$$

$$= 0,006960976 \text{ kg/det}$$

10. Dokumentasi penelitian

a. Hardware sistem kendali



Keterangan :

1. *Driver* sensor suhu
Max 6675
2. Mikrokontroler Arduino
Uno
3. *Solid state relay*
4. *Power supply* 12V
5. Kipas pendingin

b. Alat penyangrai



c. Pembuatan sistem kontrol



d. Pengukuran kadar air awal beras



e. Proses penyangraian kopi



f. Pengukuran kecepatan udara di ruang penyangrai



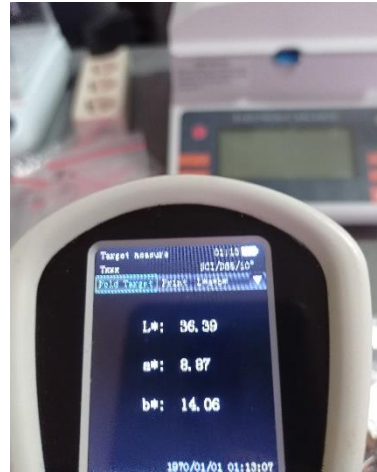
g. Penimbangan kopi beras dan kopi sangrai



h. Pengukuran kadar air kopi sangrai



i. Pengukuran warna kopi sangrai



j. Kopi hasil penyangraian alat penyangrai tipe fluidisasi



Setting point = 190°C

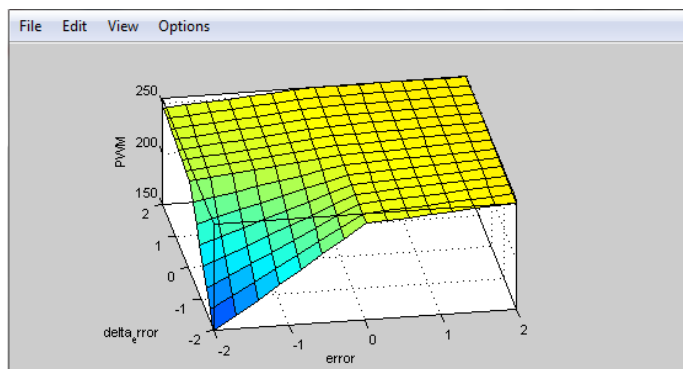


Setting point = 200°C



Setting point = 210°C

k. Surface sistem kendali



I. Rule view

