

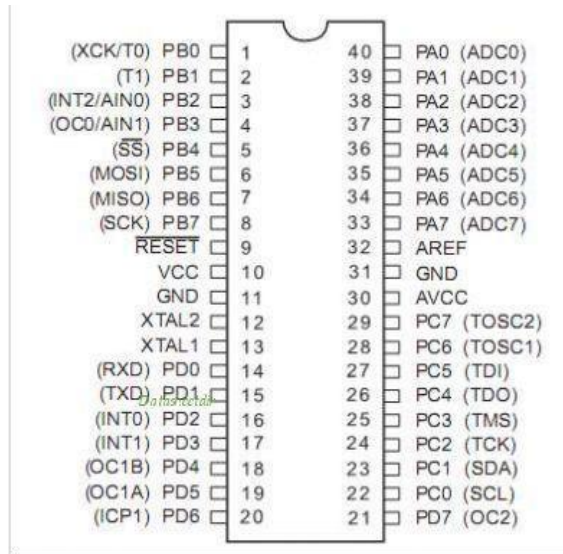
DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad M dan Ida B. 2013. *Gas Dryer Design For Vermicelli Using Microcontroller Atmega 8535*. Muhammadiyah Technology College of Kebumen; Kebumen.
- Ambar T.U, Ramadani S, dan Iswanto. 2011. *Implementasi Mikrokontroler Sebagai Pengukur Suhu*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta; Yogyakarta. Jurnal Vol 4 No 2, hal 154.
- Andi A.J.A. 2018. *Penerapan Sistem Expert Untuk Mengendalikan Proses Deep Frying (Penggorengan Dalam) Nugget Ayam Menggunakan Lpg*. Universitas Hasaniuddin; Makassar. Skripsi.
- Aris T. 2012. *Buku Ajar Sistem Kontrol Analog*. Universitas Diponegoro; Semarang.
- Baihaqi, Rita H, dan Yusya' A. 2016. *Pengaruh Fasilitator Fermentasi dan Suhu Pengeringan Terhadap Kualitas Biji Kakao*. Universitas Syiah Kuala; Banda Aceh. Jurnal Floratek, No 11, hal 134.
- BN 908. 2012. *Pedoman Penanganan Pascapanen Kakao*. www.djpp.depkumham.go.id. Hal 9 dan 12-18.
- Bayu S.S. 2018. *Perancangan Sistem Kontrol Fuzzy-Expert Pada Alat Pengering Pangan Bertenaga Hibrid Surya Dan LPG*. Universitas Hasanuddin; Makassar. Tesis.
- Harianto dan Ismoyo D. 2009. *Rancang Bangun sistem Kontrol pakar Otomasi Pada Mobile Device*. Stikom; Surabaya.
- Iwan S. 2009. *Buku Ajar Sensor Dan Transduser*. Universitas Diponegoro: Ponegoro.
- Karmawati E, Mahmud Z, Syakir M, Munarso S.J, Ardana I.K, dan Rubiyo. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kakao*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan; Bogor.
- Kasmira. 2018. *Rancang Bangun Sistem Kendali Kecepatan Putar Motor Dc Menggunakan Pid Controller Pada Mesin Pengaduk*. Universitas Hasanuddin; Makassar. Jurnal AgriTechno, Vol 11, No 1.
- Mahdalena S. 2017. *Perancangan System Pakar Dalam Mengidentifikasi Tanaman Beracun Menggunakan Metode DEmpster Shaper*. STMIK Pelita Nusantara; Medan.
- Melia A. 2017. *Karakteristik Mutu Biji Kakao (Theobroma cacao L) dengan Perlakuan Waktu Fermentasi Berdasar SNI 2323-2008*. Balai Besar Industri Perkebunan; Makassar. Jurnal Hasil Industri Perkebunan Vol 12, No 1, hal 35.
- Negnevitsky M. 2005. *Artificial Intelligence A Guide to Intelligent Systems*. Second Edition. Addison-Wesley. www.pearsoned.co.uk.
- Ogata K. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan) Jilid 1*. Erlangga; Jakarta.
- Retno U.H dan Sinung R. 2012. *Teknologi Pengolahan Biji Kakao Menuju Sni Biji Kakao 01-2323-2008*. Katalog Dalam Terbitan (KDT); Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2008. *SNI Biji Kakao*. SNI 01-2323-2008.
- pomo G. 1988. *Taksonomi Tumbuhan Spermathopyta*. Universitas Gaja da; Yogyakarta.
- lan Suryadi F. 2012. *Karakteristik Pengeringan Biji Kakao Berdasarkan iasi Kecepatan Aliran Udara Pada Solar Dryer*. Universitas Andalas; ang. Jurnal Vol 7-18.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Konfigurasi Pin ATmega32



Fungsi umum dari susunan pin *microcontroller* ATmega32 adalah sebagai berikut:

1. VCC merupakan catu daya positif.
2. GND sebagai pin ground catu daya negatif.
3. Port A (PA0..PA7) merupakan pin *input* atau *output* dua arah dan dapat diprogram sebagai pin dari ADC.
4. Port B (PB0..PB7) merupakan pin *input* atau *output* dua arah dan fungsinya sebagai, *timer* atau *counter*, komparator analog, dan SPI.
5. Port C (PC0..PC7) merupakan pin *input* atau *output* dua arah dan fungsinya sebagai, TWI, komparator analog, dan *timer osilator*.
6. Port D (PD0..PD7) merupakan pin *input* atau *output* dua arah dan fungsinya sebagai, komparator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial.
7. ssReset merupakan pin yang digunakan untuk me-*reset microcontroller*.
8. XTAL 1 dan XTAL 2 sebagai pin *clock eksternal*. Pada *microcontroller* membutuhkan sumber (*clock*) agar dapat mengeksekusi instruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya, maka semakin cepat *microcontroller* tersebut.

CC sebagai pin tegangan untuk ADC.

EF sebagai pin tegangan referensi.



Lampiran 2. Sifat Fisik Udara Kering dan Sifat Bahan Bakar

Tabel 2-1. Sifat-Sifat Fisik Udara Kering Pada Tekanan Atmosfir

No.	S u h u		Density (ρ) (kg/m^3)	Panas Spesifik C_p ($\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$)
	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{K}$		
2	30	303,15	1,127	1,013
3	40	313,15	1,092	1,014
4	50	323,15	1,057	1,016
5	60	333,15	1,025	1,017
6	70	343,15	0,996	1,018
7	80	353,15	0.968	1,019

Sumber: Paul dan Dennis, 2009.

Tabel 2-2. Sifat-sifat Bahan Bakar Gas

Zat	Kerapatan (kg/liter)	Nilai Pembakaran atas (kJ/Kkg)	Nilai Pembakara bawah (kJ/kg)
Hidrogen	0,0000838	142.097	120.067
Karbon monoksida	0,001167	10.11	10.11
Metana	0,000670	55.529	49.994
Etana	0,001267	51.290	47.489
Propana	0,001887	50.399	46.370
n-butana	0,002495	49.589	45.768

Sumber: Culp, 1979.



Lampiran 3. Nilai Panas Laten Penguapan Air dan Penggunaan bahan Bakar Gas LPG.

Tabel 3-1. Nilai Panas Laten Penguapan Air (kJ/kg)

Temperature (°C)	Panas Laten Penguapan Air (kJ/kg)
35	2418,6
40	2406,8
45	2394,8
50	2382,8
55	2370,7
60	2358,5
65	2346,2
70	2333,8
75	2321,4
80	2308,8
85	2296,0
90	2283,2
95	2270,2
100	2257,0

Sumber: Santosa, 2017.

Tabel 3-2. Penggunaan Bahan Bakar Gas LPG

Parameter	Suhu 50 °C (15 jam)	Suhu 60 °C (12 jam)
Berat awal (kg)	10,31	11,512
Berat akhir (kg)	8,13	9,36
Berat yang digunakan (kg)	2,18	2,15

Hasil Pengukuran 2019.



Lampiran 4. Data Hasil Pengeringan Suhu 50 °C

Tabel hasil perhitungan pada suhu 50 °C

Waktu (menit)	T Pengeringan (°C)	Berat Bahan (kg)	KA, bb (%)	LP (H ₂ O/kg/kg padatan/jam)
0	33	0.071	48,159	0.24
30	47	0.069	46,793	0.23
60	51	0.066	44,486	0.22
90	51	0.064	42,336	0.21
120	51	0.061	38,876	0.19
150	51	0.058	35,858	0.18
180	50	0.054	32,065	0.16
210	51	0.050	25,587	0.13
240	51	0.049	24,094	0.12
270	51	0.048	23,022	0.11
300	51	0.047	21,929	0.11
330	51	0.047	20,815	0.10
360	50	0.046	19,122	0.10
390	50	0.044	15,472	0.08
420	51	0.043	14,524	0.07
450	51	0.043	13,779	0.07
480	50	0.042	13,171	0.07
510	50	0.042	12,651	0.06
540	50	0.042	12,103	0.06
570	50	0.042	11,696	0.06
600	50	0.042	11,243	0.06
630	50	0.041	10,900	0.05
660	51	0.041	9,179	0.05
690	51	0.040	8,736	0.04
720	51	0.040	8,456	0.04
750	51	0.040	8,236	0.04
780	51	0.040	8,060	0.04
810	50	0.040	7,869	0.04
840	50	0.040	7,760	0.04
870	50	0.040	7,683	0.04
900	50	0.040	7,583	0.04



Lampiran 5. Data Hasil Pengeringan Suhu 60 °C

Tabel hasil perhitungan pada suhu 60 °C

Waktu (menit)	T Pengeringan (°C)	Berat Bahan (°C)	KA, bb (%)	LP (H ₂ O/kg/kg padatan/jam)
0	29	0.094	57,805	0.24
30	60	0.093	57,378	0.23
60	60	0.092	56,899	0.22
90	58	0.090	55,622	0.21
120	58	0.087	54,541	0.19
150	58	0.084	52,871	0.17
180	58	0.081	50,688	0.16
210	59	0.077	47,968	0.12
240	59	0.070	43,360	0.11
270	59	0.066	39,918	0.11
300	58	0.063	36,516	0.10
330	58	0.061	34,922	0.10
360	59	0.053	25,598	0.09
390	59	0.052	23,809	0.07
420	58	0.051	22,299	0.07
450	58	0.050	20,429	0.07
480	58	0.049	19,343	0.06
510	58	0.049	18,322	0.06
540	58	0.048	17,103	0.06
570	58	0.045	12,040	0.06
600	58	0.045	11,019	0.05
630	58	0.044	9,922	0.05
660	59	0.044	9,035	0.05
690	59	0.043	8,145	0.04
720	59	0.043	7,426	0.04



Lampiran 6. Penggunaan Energi

Suhu 50 °C

Diketahui:

Massa awal biji kakao (m_o)	= 12,03 kg (hasil pengukuran)
Massa akhir biji kakao (m_l)	= 5,72 kg (hasil pengukuran)
Massa air yang menguap (m_u)	= 6,31 kg (hasil perhitungan)
Suhu udara masuk tungku (T_i)	= 31,6 °C (hasil pengukuran)
Suhu udara keluar tungku (T_o)	= 51 °C (hasil pengukuran)
Gas yang terpakai (W_g)	= 2,18 kg (hasil pengukuran)
Nilai kalor bakar LPG (k_b)	= 46370 kJ/kg (Lampiran 2)
Panas laten pada suhu 50°C (H_{fg})	= 2382,8 kJ/kg (Lampiran 3)
Kapasitas kalor (C_p)	= 1,016 kJ/kg °C (Lampiran 2)

Penyelesaian:

➤ **Energi penguapan (Q_p)**

$$\begin{aligned}Q_p &= m_u \times H_{fg} \\ &= 6,31 \text{ kg} \times 2382,8 \text{ kJ/kg} \\ &= 15035,468 \text{ kJ}\end{aligned}$$

➤ **Energi untuk menaikkan suhu (Q_m)**

$$\begin{aligned}Q_m &= m_l \times C_p \times \Delta T \\ &= 5,72 \text{ kg} \times 1,016 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{°C} \times 19,4 \text{ °C} \\ &= 112,743488 \text{ kJ}\end{aligned}$$

➤ **Energi bahan bakar (Q_{bb})**

$$\begin{aligned}Q_{bb} &= W_g \times k_b \\ &= 2,18 \text{ kg} \times 46370 \text{ kJ/kg} \\ &= 101086,6 \text{ kJ}\end{aligned}$$



Suhu 60 °C

Diketahui:

Massa awal biji kakao (m_o)	= 12,04 kg (hasil pengukuran)
Massa akhir biji kakao (m_l)	= 5,55 kg (hasil pengukuran)
Massa air yang menguap (m_u)	= 6,49 kg (hasil perhitungan)
Suhu udara masuk tungku (T_i)	= 31,7 °C (hasil pengukuran)
Suhu udara masuk tungku (T_o)	= 59 °C (hasil pengukuran)
Gas yang terpakai (W_g)	= 2,15 kg (hasil pengukuran)
Nilai kalor bakar LPG (k_b)	= 46370 kJ/kg (Lampiran 2)
Panas laten pada suhu 50°C (H_{fg})	= 2358,5 kJ/kg (Lampiran 3)
Kapasitas kalor (C_p)	= 1,017 kJ/kg °C (Lampiran 2)

Penyelesaian:

➤ **Energi penguapan (Q_p)**

$$\begin{aligned}Q_p &= m_u \times H_{fg} \\ &= 6,49 \text{ kg} \times 2358,5 \text{ kJ/kg} \\ &= 15306,665 \text{ J}\end{aligned}$$

➤ **Energi untuk menaikkan suhu (Q_m)**

$$\begin{aligned}Q_m &= m_l \times C_p \times \Delta T \\ &= 5,55 \text{ kg} \times 1,017 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{°C} \times 25 \text{ °C} \\ &= 141,10875 \text{ kJ}\end{aligned}$$

➤ **Energi bahan bakar (Q_{bb})**

$$\begin{aligned}Q_{bb} &= W_g \times k_b \\ &= 2,15 \text{ kg} \times 46370 \text{ kJ/kg} \\ &= 99695,5 \text{ kJ}\end{aligned}$$



Lampiran 7. Efisiensi Pengeringan

Suhu 50 °C

Diketahui:

Massa awal biji kakao (m_o)	= 12,03 kg (hasil pengukuran)
Massa akhir biji kakao (m_1)	= 5,72 kg (hasil pengukuran)
Massa air yang menguap (m_u)	= 6,31 kg (hasil perhitungan)
Suhu udara masuk tungku (T_i)	= 31,6 °C (hasil pengukuran)
Suhu udara masuk tungku (T_o)	= 51 °C (hasil pengukuran)
Gas yang terpakai (W_g)	= 2,18 kg (hasil pengukuran)
Lama pengeringan (t)	= 54000 det (hasil pengukuran)
Kecepatan udara masuk tungku (v)	= 7,011 m/det (hasil pengukuran)
Luas penampang (A)	= 0,0081 m ² (hasil pengukuran)
Nilai kalor bakar LPG (k_b)	= 46370 kJ/kg (Lampiran 2)
Panas laten pada suhu 50°C (H_{fg})	= 2382,8 kJ/kg (Lampiran 3)
Kapasitas kalor (C_p)	= 1,016 kJ/kg °C (Lampiran 2)
Massa jenis udara (ρ)	= 1,057 kg/m ³ (Lampiran 2)

Perhitungan:

❖ Laju energi yang dihasilkan tungku (Q_1)

$$\begin{aligned} Q_1 &= v_1 \times A_1 \times \rho \times C_p (T_i - T_o) \\ &= 7,011 \text{ m/det} \times 0,0081 \text{ m}^2 \times 1,057 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,016 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ } ^\circ\text{C} \times (50^\circ\text{C} - 31,6^\circ\text{C}) \\ &= 1,183138 \text{ kJ/det} \end{aligned}$$

❖ Laju energi yang masuk ke dalam tungku (Q_2)

$$\begin{aligned} Q_2 &= \frac{W_g \times k_b}{t} \\ &= \frac{2,18 \text{ kg} \times 46370 \text{ kJ/kg}}{54000} \\ &= 1,861478 \text{ kJ/det} \end{aligned}$$

❖ Energi yang dibutuhkan untuk pengeringan (Q_3)



$$\begin{aligned}
 Q_3 &= \frac{m_u \times H_{fg}}{t} \\
 &= \frac{6,31 \text{ kg} \times 2382,8 \text{ kJ/kg}}{54000 \text{ det}} \\
 &= 0,278434593 \text{ kJ/det}
 \end{aligned}$$

❖ **Efisiensi pengeringan (η_p)**

$$\begin{aligned}
 \eta_p &= \left(\frac{Q_3}{Q_1} \right) \times 100\% \\
 &= \frac{0,278434593 \text{ kJ/det}}{1,183138 \text{ kJ/det}} \times 100\% \\
 &= 23,53356815\%
 \end{aligned}$$

❖ **Efisiensi tungku (η_T)**

$$\begin{aligned}
 \eta_T &= \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right) \times 100\% \\
 &= \frac{1,183138 \text{ kJ/det}}{1,861478 \text{ kJ/det}} \times 100\% \\
 &= 63,20269271\%
 \end{aligned}$$

Suhu 60 °C

Diketahui:

Massa awal biji kakao (m_o)	= 12,04 kg (hasil pengukuran)
Massa akhir biji kakao (m_l)	= 5,55 kg (hasil pengukuran)
Massa air yang menguap (m_u)	= 6,49 kg (hasil perhitungan)
Suhu udara masuk tungku (T_i)	= 34 °C (hasil pengukuran)
Suhu udara masuk tungku (T_o)	= 59 °C (hasil pengukuran)
Kecepatan udara masuk tungku (v)	= 7,011 m/det (hasil pengukuran)
Luas penampang (A)	= 0,0081 m ² (hasil pengukuran)
Gas yang terpakai (W_g)	= 2,15 kg (hasil pengukuran)
Lama pengeringan (t)	= 43200 det (hasil pengukuran)
Nilai kalor bakar LPG (k_b)	= 46370 kJ/kg (Lampiran 2)
Panas laten pada suhu 50°C (H_{fg})	= 2358,5 kJ/kg (Lampiran 3)
Kapasitas kalor (C_p)	= 1,017 kJ/kg °C (Lampiran 2)
Massa jenis udara (ρ)	= 1,025 kg/m ³ (Lampiran 2)

gan:



❖ **Laju energi yang dihasilkan tungku (Q₁)**

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= v \times A \times \rho \times C_p (T_i - T_o) \\
 &= 7,011 \text{ m}^3/\text{det} \times 0,0081 \text{ m}^2 \times 1,025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,017 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \times (59^\circ\text{C} - 34^\circ\text{C}) \\
 &= 1,479959439 \text{ kJ/det}
 \end{aligned}$$

❖ **Laju energi yang masuk kedalam tungku (Q₂)**

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= \frac{W_g \times k_b}{t} \\
 &= \frac{2,15 \text{ kg} \times 46110 \text{ kJ/kg}}{43200 \text{ det}} \\
 &= 2,307766204 \text{ kJ/det}
 \end{aligned}$$

❖ **Laju energi yang dibutuhkan untuk pengeringan (Q₃)**

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= \frac{m_u \times H_{fg}}{t} \\
 &= \frac{6,49 \text{ kg} \times 2358,5 \text{ kJ/kg}}{43200 \text{ det}} \\
 &= 0,354320949 \text{ kJ/det}
 \end{aligned}$$

❖ **Efisiensi pengeringan (η_p)**

$$\begin{aligned}
 \eta_p &= \left(\frac{Q_3}{Q_1} \right) \times 100\% \\
 &= \frac{0,354320949 \text{ kJ/det}}{1,479959439 \text{ kJ/det}} \times 100\% \\
 &= 23,9412608\%
 \end{aligned}$$

❖ **Efisiensi tungku (η_T)**

$$\begin{aligned}
 \eta_T &= \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right) \times 100\% \\
 &= \frac{1,479959439 \text{ kJ/det}}{2,307766204 \text{ kJ/det}} \times 100\% \\
 &= 64,12952217\%
 \end{aligned}$$



DOKUMENTASI



Proses Pencucian Biji Kakao



Setelah Proses Pencucian Biji



Sebelum Proses Pengeringan



Saat Proses Pengeringan





Setelah Proses Pengeringan



Sampel Penelitian Sebelum Pengeringan



Sampel Setelah Proses Pengeringan

