

BAB II

LANDASAN TEORI

Penelitian ini dibuat dengan adanya teori pendukung agar sistem dapat berjalan sesuai dengan apa yang sudah direncanakan. Pada bab ini akan dibahas tentang teori pasteurisasi susu yang berhubungan dengan penjelasan sistem-sistem yang akan dipakai pada penelitian ini. Adapun teori-teori yang akan digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1.1 Pasteurisasi Susu

Pasteurisasi adalah proses pemanasan setiap partikel ke suhu tertentu yang biasanya dilakukan pada makanan dan minuman, salah satunya yaitu pada susu. Pemanasan ini bertujuan untuk membunuh mikroorganisme penyebab penyakit dan secara substansial mengurangi tingkat organisme pembusuk. Pasteurisasi ini ditemukan oleh ilmuwan Perancis Louis Pasteur pada abad kesembilan belas. Tidak seperti sterilisasi, pasteurisasi tidak dimaksudkan untuk membunuh semua mikroorganisme pada makanan. Tetapi untuk mengurangi jumlah bakteri patogen yang hidup yang dapat menyebabkan penyakit [16].

Ada tiga metode pasteurisasi yang umum digunakan yaitu, LTLT (*Low Temperature Long Time*) proses pemanasan susu yang dipanaskan hingga suhu 63 - 66°C lalu ditahan pada suhu tersebut selama 30 menit. HTST (*High Temperature Short Time*) proses pemanasan susu yang dipanaskan hingga suhu 72°C lalu ditahan pada suhu tersebut selama 15 detik UHT (*Ultra High Temperature*) proses pemanasan susu yang dipanaskan hingga suhu 138 - 150°C lalu ditahan pada suhu tersebut selama 2 detik. Dari metode-metode tersebut pasteurisasi LTLT dan HTST

merupakan metode yang banyak digunakan karena lebih mudah dan tidak membutuhkan peralatan mahal [5].

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 3951:2018, susu pasteurisasi adalah produk susu cair yang diperoleh dari susu sapi segar dengan atau tanpa penambahan bahan pangan lain yang telah dipanaskan dengan metode pasteurisasi *High Temperature Short Time* (HTST) atau metode lainnya. Klasifikasi susu pasteurisasi berdasarkan kadar lemaknya yaitu susu pasteurisasi berlemak (*full cream milk*), susu pasteurisasi rendah lemak (*low fat milk*), dan susu pasteurisasi bebas lemak (*non fat milk*) [6].

BSN BADAN STANDARDISASI NASIONAL

SNI 3951:2018

SUSU PASTEURISASI

Produk susu cair yang diperoleh dari susu sapi segar atau susu rekonstitusi atau susu rekombinasi dengan atau tanpa penambahan bahan pangan lain dan/atau bahan tambahan pangan yang diizinkan, dipanaskan dengan metode High Temperature Short Time (HTST) atau metode holding, atau metode lainnya untuk membunuh mikroba patogen, serta dikemas secara higienis

Kriteria mikrobiologi

No	Jenis cemaran mikroba	n	c	m	M
1	Angka Lempong Total	5	1	10 ⁶ koloni/ml	10 ⁶ koloni/ml
2	Enterobacteriaceae	5	2	<1 APM/ml	5 APM/ml
3	Salmonella	5	0	negatif/25ml	NA

CATATAN
n adalah jumlah sampel yang diambil dari distribusi
c adalah jumlah reaksikan sampel yang boleh melampaui batas mikroba
m adalah batas mikroba
M adalah not applicable

Klasifikasi

1. Susu pasteurisasi berlemak (full cream milk)
2. Susu pasteurisasi rendah lemak (low fat milk)
3. Susu pasteurisasi bebas lemak (non fat milk)

Dirumuskan oleh : Komite Teknis 67-04-S1, Minuman

Akses dokumen SNI Lengkapnya di akses-sni.bsn.go.id
E.dokinfo@bsn.go.id / P.021-3917300

bsn_sni Badan Standardisasi Nasional www.bsn.go.id

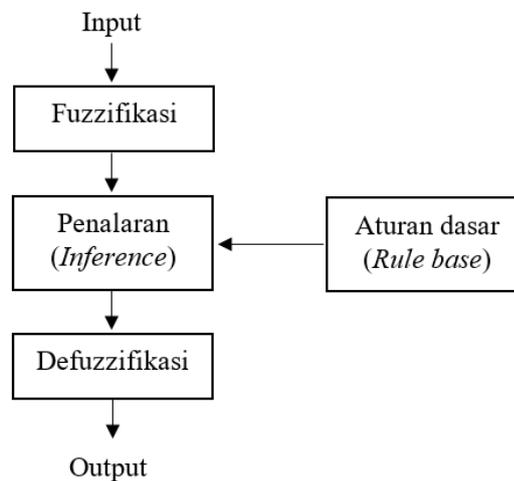
Gambar 2. 1 Standar Nasional Indonesia Tentang Susu Pasteurisasi

1.2 Fuzzy Logic

Pada tahun 1965, Prof. Lotfi Zadeh memperluas karya ilmiah nya tentang teori kemungkinan “*Fuzzy Sets*” menjadi sebuah sistem formal logika matematika, dan memperkenalkan konsep baru untuk menerapkan istilah bahasa alami. Logika baru ini yang kemudian disebut *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* ini ditekankan untuk

pendeskripsian tingkat yang berbeda dari hal-hal yang ada dalam kehidupan nyata, *fuzzy logic* memperluas jangkauan nilai kebenaran untuk semua bilangan *real* ke dalam interval antara 0 dan 1. Tidak seperti logika Boolean yang memiliki dua nilai, *fuzzy logic* menggunakan nilai kontinu antara 0 dan 1 untuk menyatakan bahwa hal-hal dapat sebagian benar dan sebagian salah [10].

Kendali *fuzzy logic* merupakan salah satu sistem kendali cerdas yang menyatakan hukum operasional dari suatu sistem dengan ungkapan bahasa, bukan dengan persamaan matematis [17]. Kemampuan manusia menginspirasi teori kendali *fuzzy logic* untuk bertindak berdasarkan informasi yang diperoleh dari pengalaman mereka [18]. *Fuzzy logic* memetakan input menjadi output dengan aturan-aturan yang dapat ditentukan dari pengalaman. Sistem kendali *fuzzy logic* terdiri dari beberapa tahapan meliputi fuzzifikasi, penalaran *fuzzy* (*fuzzy inference*), dan defuzzifikasi. **Gambar 2.2** menunjukkan tahapan dari *fuzzy logic*.



Gambar 2. 2 Tahapan *Fuzzy Logic*

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses pemetaan nilai input yang merupakan nilai bilangan tegas (*crisp*) menjadi himpunan *fuzzy* menggunakan fungsi

keanggotaan. Fungsi keanggotaan *fuzzy* yang umum digunakan adalah fungsi keanggotaan segitiga (*triangle*) dan fungsi keanggotaan trapesium (*trapezoidal*). Bentuk dari fungsi keanggotaan *triangle* ditentukan oleh tiga parameter (a,b,c) yang dinyatakan pada persamaan (2.1). Sedangkan bentuk dari fungsi keanggotaan *trapezoidal* ditentukan oleh empat parameter (a,b,c,d) yang dinyatakan pada persamaan (2.2).

$$\text{triangle}(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (2.1)$$

$$\text{trapezoidal}(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \quad (2.2)$$

Parameter x merupakan nilai input bilangan tegas (*crisp*) yang akan dirubah menjadi himpunan *fuzzy*. Operator *max* dan *min* merupakan pembandingan dari tiap-tiap parameter.

2. Penalaran (*Inference*)

Penalaran ini merupakan proses pengambilan keputusan pada konsep *fuzzy logic*. Dimana derajat keanggotaan yang dihasilkan dari proses fuzzifikasi digabungkan berdasarkan aturan tertentu. Konsep aturan *fuzzy* menggunakan logika “jika-maka”. Untuk menentukan *rules* digunakan operator “AND” yang diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antara himpunan *fuzzy* yang digunakan dan dinyatakan dalam operator *minimum T-norm* pada persamaan (2.3).

$$T_{\min}(a, b) = \min(a, b) \quad (2.3)$$

Dengan a dan b merupakan himpunan *fuzzy*.

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk mengubah output *fuzzy* kembali menjadi nilai tegas (*crisp*). Pada metode Sugeno defuzzifikasi dilakukan dengan perhitungan *weighted average* pada persamaan (2.4). Hasil dari defuzzifikasi ini merupakan output dari sistem kendali *fuzzy logic*.

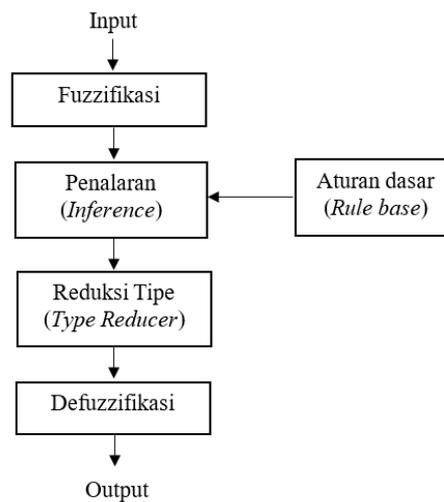
$$out = \frac{w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_n z_n}{w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n} \quad (2.4)$$

Dimana *out* adalah nilai hasil dari perhitungan *weighted average*. w_n adalah nilai output aturan ke- n . dan z_n adalah nilai output (konstanta) ke- n .

1.3 Fuzzy Logic Type-2

Sistem *fuzzy logic* telah secara luas digunakan di berbagai bidang. *Fuzzy logic type-1* digunakan untuk merepresentasikan ketidakpastian, tetapi *fuzzy logic type-1* masih memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan dan memodelkan ketidakpastian dan meminimalisir pengaruhnya. Setelah memperkenalkan *fuzzy logic* pada tahun 1965, sepuluh tahun kemudian yaitu tahun 1975, Prof. Lotfi Zadeh memperkenalkan *type-2 fuzzy set* sebagai himpunan *fuzzy* yang dapat memodelkan ketidakpastian lebih canggih [19].

Dengan menggunakan tambahan dimensi dari fungsi keanggotaannya *fuzzy logic type-2* dapat merepresentasikan ketidakpastian lebih baik dari fungsi keanggotaan *fuzzy logic type-1* dan pengambilan keputusan yang fleksibel [13]. *Fuzzy logic type-2* terdiri dari beberapa tahapan meliputi fuzzifikasi, penalaran *fuzzy* (*fuzzy inference*), reduksi tipe (*type reducer*), dan defuzzifikasi [12]. **Gambar 2.3** menunjukkan tahapan dari *fuzzy logic type-2*.

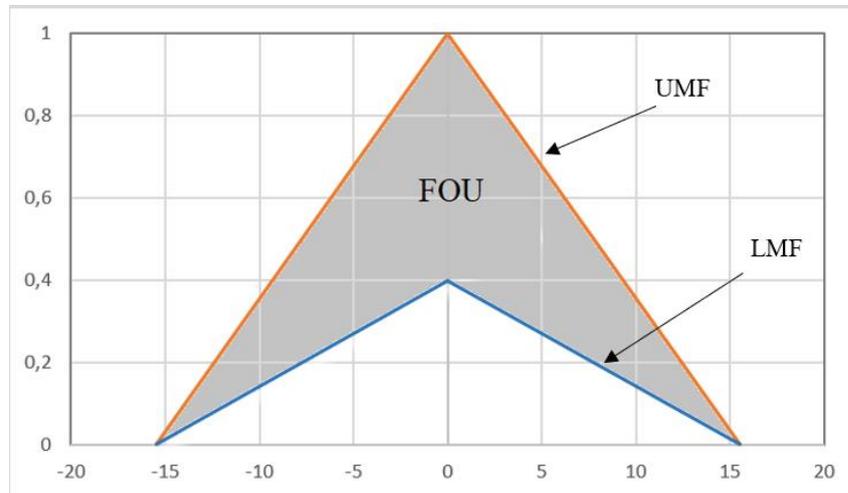


Gambar 2. 3 Tahapan *Fuzzy Logic Type-2*

Perbedaan yang signifikan antara *fuzzy logic type-1* dan *fuzzy logic type-2* adalah bahwa *fuzzy logic type-2* menggunakan himpunan *fuzzy interval type 2*. Sehingga *fuzzy logic type-2* memiliki proses ekstra yaitu reduksi tipe (*type reducer*) [12]. Pada tahap fuzzifikasi nilai input crisp dipetakan menjadi himpunan *fuzzy type-2*. Lalu hasil dari proses fuzzifikasi tersebut dilanjutkan ke dalam proses penalaran (*inference*) sehingga menghasilkan output dari *fuzzy logic type-2*. Kemudian sebagai langkah terakhir, proses reduksi tipe (*type reducer*) akan membawa output himpunan *fuzzy type-2* yang dihasilkan pada proses inferensi menjadi himpunan *fuzzy type-1*. Yang kemudian didefuzzifikasikan untuk mendapatkan hasil output nilai tegas (*crisp*) [20].

Sistem *interval fuzzy logic type-2* didefinisikan oleh wilayah yang dibatasi dengan dua fungsi keanggotaan. Ketidakpastian (*uncertainty*) didefinisikan oleh penyatuan seluruh fungsi keanggotaan yang kemudian disebut dengan *Footprint Of Uncertainty* (FOU) [13]. FOU tersebut disatukan oleh dua fungsi keanggotaan yang disebut *lower membership function* (LMF) dan *upper membership function* (UMF)

[15]. *Upper membership function* dan *lower membership function* tersebut merupakan dua fungsi keanggotaan dari *fuzzy logic type-1* [21].



Gambar 2. 4 Ilustrasi FOU, LMF dan UMF dari *fuzzy logic type-2*

1.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input tersebut berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan. Sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek kepada lingkungan. Secara sederhana mikrokontroler dapat diilustrasikan sebagai otak dari suatu perangkat yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur input/output (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya.

Mikrokontroler Atmega328P disertakan dalam sistem minimum Arduino Uno atau Arduino Nano. Atmega2560 juga merupakan salah satu mikrokontroler dengan spesifikasi di atas Atmega328P. Atmega2560 ini dapat ditemukan dalam

sistem minimum Arduino Mega. Setiap sistem tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Spesifikasi dari Arduino Nano, Arduino Uno dan Arduino Mega akan ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sistem Minimum Arduino

Spesifikasi	Arduino Uno	Arduino Nano	Arduino Mega
Mikrokontroler	Atmega328P	Atmega328P	Atmega2560
Arsitektur	8-bit	8-bit	8-bit
Dimensi	68.6 mm x 53.3 mm	43.18 mm x 18.54 mm	101.52 mm x 53.3 mm
Tegangan input	5V / 7-12 V	5V / 7-12 V	5V / 7-12 V
Kecepatan CPU	16 MHz	16 MHz	16 MHz
I/O Analog	6/0	8/0	16/0
I/O Digital / PWM	14/6	14/6	54/15
EEPROM / SRAM [kB]	1/2	1/2	4/8
Memori Flash	32kB	32kB	256kB
I2C	2	1	2



Gambar 2. 5 Arduino Uno

Dengan memperhatikan kebutuhan penelitian ini, dari kebutuhan pin yang akan digunakan dan kemampuan proses, maka Arduino Uno adalah mikrokontroler yang tepat untuk digunakan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini Arduino Uno

digunakan untuk memproses data sensor suhu, serta mengolah data tersebut menggunakan *fuzzy logic type-1* dan *fuzzy logic type-2*, dan terakhir output dari proses *fuzzy logic* tersebut akan mengendalikan modul *AC Dimmer* yang terhubung dengan kompor listrik.

1.5 Sensor Suhu

Sensor suhu merupakan suatu komponen elektronika yang dapat mendeteksi dan merubah besaran panas menjadi besaran listrik sehingga dapat mendeteksi perubahan suhu pada objek tertentu. Terdapat beberapa jenis sensor suhu dengan karakteristik yang berbeda-beda, diantaranya :

1. Thermostat

Thermostat adalah sensor suhu yang menggunakan prinsip *electro-mechanical* seperti saklar yang terdiri dari dua logam berbeda seperti nikel, tembaga, aluminium, dan lainnya yang ditempel sehingga membentuk strip *Bi-Metallic*. Strip tersebut akan melengkung ketika mendapatkan suhu tertentu sehingga dapat memutuskan atau menyambungkan sirkuit.

2. Thermistor

Thermistor ini terdiri dari dua jenis yaitu *Positive Temperature Coefficient* (PTC) dan *Negative Temperature Coefficient* (NTC). Nilai resistansi dari thermistor PTC akan meningkat ketika suhunya tinggi atau naik. Sebaliknya, nilai resistansi dari thermistor NTC akan menurun ketika suhunya tinggi atau naik. Thermistor ini terbuat dari bahan keramik semikonduktor.

3. *Resistive Temperature Detector* (RTD)

RTD memiliki fungsi yang sama dengan thermistor PTC. Yang membedakan yaitu RTD lebih presisi dan memiliki tingkat akurasi yang lebih

tinggi dibandingkan dengan thermistor PTC. RTD ini umumnya terbuat dari bahan platinum.

4. Termokopel

Termokopel merupakan sensor *thermo-electric* yang terdiri dari dua persimpangan (*junction*) logam yang berbeda. Satu logam termokopel dijaga pada suhu yang konstan yang berfungsi sebagai *junction* referensi dan logam satunya dikenakan suhu panas yang akan dideteksi. Dengan adanya perbedaan dari dua persimpangan tersebut, menghasilkan tegangan listrik tertentu yang nilainya sebanding dengan suhu sumber panas.

2.5.1 Sensor Suhu DS18B20

DS18B20 adalah salah satu sensor suhu jenis thermistor dengan hasil pembacaan berupa nilai digital yang menyediakan pengukuran suhu Celcius dengan resolusi 9-bit hingga 12-bit yang dapat dikonfigurasi sesuai dengan peningkatan masing-masing 0.5 °C, 0.25 °C, 0.125 °C dan 0.0625°C.

Sensor suhu DS18B20 ini merupakan sensor dengan kemampuan tahan air (*waterproof*) cocok digunakan untuk mengukur suhu pada tempat yang basah. Sensor suhu ini dapat mengukur suhu dari -55°C sampai 125°C dengan tingkat akurasi ± 1 °C pada rentang pengukuran -30°C sampai 100°C. DS18B20 menggunakan protokol eksklusif 1-Wire bus dari Maxim yang mengimplementasikan komunikasi bus dengan menggunakan satu sinyal kontrol. Tiap sensor DS18B20 memiliki kode serial 64-bit yang unik, sehingga beberapa sensor DS18B20 berfungsi pada 1-Wire bus yang sama [22]. Berikut spesifikasi dari sensor DS18B20 yang ditunjukkan pada **Tabel 2.2** dan tampilan fisik dari sensor DS18B20 pada **Gambar 2.5**.

Tabel 2. 2 Spesifikasi DS18B20

Tegangan Input	3 V-5 V	
Rentang Pembacaan Suhu	-55°C sampai 125°C	
Akurasi Pembacaan	Rentang -10 °C - 85 °C	±0.5 °C
	Rentang -30 °C - 100 °C	±1 °C
	Rentang -55 °C - 125 °C	±2 °C
Waktu Konversi Suhu	Resolusi 9-bit	93.75 ms
	Resolusi 10-bit	197.5 ms
	Resolusi 11-bit	375 ms
	Resolusi 12-bit	750 ms

**Gambar 2. 6** Sensor DS18B20

Penggunaan sensor pada suatu sistem kendali menentukan nilai aktual pada saat sistem berjalan dan juga sebagai umpan balik dari sistem. Pada penelitian ini dibutuhkan sensor yang dapat mengukur besaran suhu di dalam air. Dengan spesifikasi dari sensor DS18B20 di atas, pemilihan komponen sensor DS18B20 ini dirasa cukup untuk memenuhi pembacaan suhu pada penelitian ini karena pembacaan suhu dilakukan di dalam air dan pengukuran suhu dilakukan pada rentang 20°C sampai 80°C yang akan menghasilkan akurasi pembacaan suhu ±0.5°C.

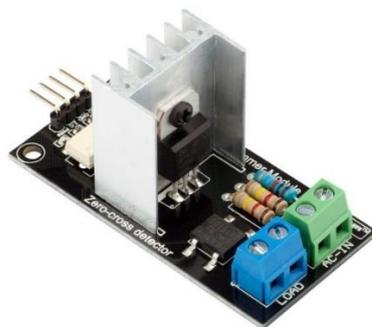
1.6 Modul AC *Light Dimmer*

Modul AC *Light Dimmer* ini adalah modul buatan RobotDyn, komponen utama dalam modul ini adalah *Triode for Alternating Current* disingkat TRIAC BTA16 yang cocok untuk mengontrol tegangan AC, TRIAC BTA16 ini juga direkomendasikan untuk operasi kontrol fasa pada *light dimmers* dan sebagai pengontrol kecepatan motor [23]. Modul ini memfasilitasi TRIAC BTA16 tersebut sehingga bisa dikendalikan oleh mikrokontroler seperti Arduino, Raspberry Pi dan sebagainya. Dengan fitur *zero crossing detector* di modul ini, membuat mikrokontroler mengetahui waktu yang tepat untuk mengirim sinyal PWM. Spesifikasi dari modul AC *light dimmer* ditunjukkan oleh **Tabel 2.3**.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Modul AC *Light Dimmer*

Manufaktur	RobotDyn
Tipe TRIAC	TRIAC BTA16
Arus AC Maksimal	Kontinyu max 2A, 5A
Tegangan AC	110/220 V
Frekuensi AC	50/60 Hz
Tegangan Pin Input	3.3-5 VDC

RobotDyn



Gambar 2. 7 Modul AC *Dimmer*

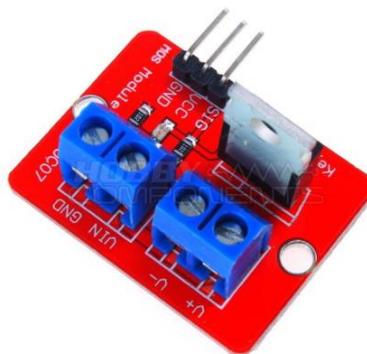
Pada kebanyakan kasus modul ini biasanya digunakan untuk menyalakan atau mematikan lampu juga untuk mengatur kecerahan cahaya yang dipancarkan oleh lampu, tetapi penggunaannya tidak terbatas disitu saja. Pada penelitian ini modul AC *dimmer* akan digunakan untuk mengatur panas dari elemen pemanas listrik yang ada pada kompor listrik.

2.7 Modul Driver MOSFET IRF520

Modul Driver ini adalah modul yang memudahkan penggunaan MOSFET IRF520 yang berfungsi untuk mengendalikan beban DC yang berat dengan rentang 0-24 V dari satu pin digital pada Arduino yang nilai outputnya berkisar 0-5 V. Jika dibandingkan dengan transistor lain, MOSFET bekerja lebih cepat, lebih efisien dalam menangani impedansi dan memiliki resistansi lebih rendah. Tujuan utama dari modul ini adalah menggerakkan motor DC untuk aplikasi robotika, tetapi modul ini dapat digunakan untuk mengontrol sebagian besar beban DC arus tinggi [24]. Pada penelitian ini modul MOSFET ini akan digunakan untuk mengendalikan motor DC yang berfungsi sebagai pengaduk susu pada proses pasteurisasi susu. Berikut spesifikasi dari modul driver MOSFET ini.

Tabel 2. 4 Spesifikasi Modul Driver MOSFET

Nomer Model	HCMODU0083
Berat	10 g
Ukuran	33.5 x 25.5 mm
Beban Maximal (<i>drain</i>) arus	< 5A
Tegangan Input	3.3-5 VDC
Tegangan Output	0-24 VDC



Gambar 2. 8 Modul Driver MOSFET

2.8 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Liquid Crystal Display (LCD) adalah layar panel datar atau perangkat optik termodulasi secara elektronik yang menggunakan sifat modulasi cahaya dari kristal cair yang dikombinasikan dengan polarisator. LCD tidak memancarkan cahaya secara langsung, melainkan menggunakan lampu latar (*backlight*) atau reflektor untuk menghasilkan gambar berwarna maupun monokrom. LCD ini berfungsi untuk menampilkan data dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik [25].



Gambar 2. 9 *Liquid Crystal Display*

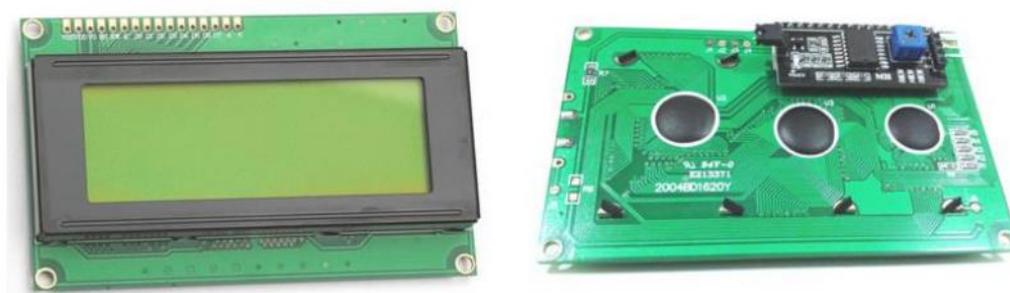
2.8.1 LCD dengan Modul I2C

Inter-Integrated Circuit atau I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran *Serial Clock (SCL)* dan *Serial Data (SDA)* yang membawa informasi data antara modul I2C dengan mikrokontroler.

Liquid Crystal Display (LCD) dengan modul antarmuka I2C ini berukuran 20 karakter 4 baris dengan kontrol penyesuaian kecerahan yang sudah terpasang. Dengan modul I2C, penggunaan LCD pada mikrokontroler khususnya Arduino dapat menyederhanakan koneksi rangkaian, sehingga penggunaan pin Arduino untuk LCD ini menjadi empat pin saja [26]. Spesifikasi dari LCD dengan modul I2C ditunjukkan pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2. 5 Spesifikasi LCD dengan Modul I2C

Tipe Tampilan	Putih dengan <i>backlight</i> biru
Alamat I2C	0x3F atau 0x27
Tegangan Input	5 V
<i>Interface</i>	I2C ke data LCD 4 bit
Penyesuaian Kecerahan	Potensiometer yang sudah terpasang tetap
Kontrol <i>Backlight</i>	Menggunakan <i>firmware</i> atau kabel <i>jumper</i>
Kompatibel dengan berbagai macam Mikrokontroler yang memiliki protokol komunikasi I2C.	



Gambar 2. 10 LCD dengan Modul I2C