

## RANCANG BANGUN MESIN PEMBUAT MINUMAN PROBIOTIK DARI LIMBAH SUSU

Wahyu Teguh Laksono<sup>1</sup>, Bambang Hadi Kunaryo<sup>2</sup>

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang<sup>1,2</sup>  
Gedung Pusat Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang*

E-mail : t39.reksotinoyo@gmail.com<sup>1</sup>, bhadikunaryo@upgris.ac.id<sup>2</sup>

### Abstrak

*Dalam pengolahan susu, seringkali menyisakan sisa atau limbah yang tidak digunakan jika bahan yang diolah dalam volume besar. Whey yaitu limbah cair dari hasil pengolahan susu, jika diolah lagi bisa menghasilkan bahan yang bermanfaat, seperti bahan pakan ternak, whey protein powder, atau sebagai bahan fermentasi. Untuk mengolah Whey, membutuhkan mesin yang bisa mengontrol suhu, dan mengontrol pH. Dalam penelitian ini membahas perancangan mesin yang bisa mengolah Whey menjadi minuman probiotik, dengan menggunakan instrument PLC, Heater, Termokopel PT100, pH meter, Inverter, pompa, motor dan agitator pengaduk. Dari hasil pembuatan alat, dapat mengontrol suhu di rentang 37 – 42 °C, mengontrol pH di rentang 4,5 – 5,0. Hasil Uji menunjukkan bahwa mesin mampu menjaga suhu dan pH sesuai batas rentang atau toleransi yang ditetapkan dalam waktu 6-12 jam.*

**Kata Kunci:** Limbah Susu, PLC, Heater, pH Meter, Minuman Probiotik

### I. PENDAHULUAN

Seiring dengan banyaknya pabrik dan industri, sisa pengolahan atau limbah menjadi penting untuk diolah lagi sebelum dibuang atau digunakan untuk kebutuhan yang lain. Sebagai contoh di Pabrik pembuatan keju menghasilkan sisa pengolahan yang disebut *Whey* [1]. *Whey* yang dihasilkan dari 1 kg keju adalah sekitar 8-9 liter yang diproduksi dari 10 liter susu sapi segar [2]. *Whey* bisa diolah menjadi beberapa produk, salah satunya adalah menjadi minuman probiotik yang berguna untuk kesehatan pencernaan manusia [3]. Pengolahan dari *Whey* menjadi minuman probiotik membutuhkan beberapa proses, di antaranya adalah pasteurisasi dan fermentasi. Kedua proses tersebut bisa dilakukan menggunakan cara tradisional, tetapi kurang efisien dan bisa memakan waktu yang lebih lama jika *Whey* yang diolah dalam volume besar [4]. Dengan menggunakan mesin ini, maka pengolahan *Whey* bisa lebih optimal dan efisien karena melibatkan beberapa sensor dan instrumen yaitu PLC (*Program Logic Controller*), HMI (*Human Machine Interface*), Heater, Termokopel PT100, pH meter, level switch low & high, Inverter, pompa, motor dan agitator pengaduk [5].

PLC dan HMI saling terintegrasi untuk bisa memonitor sensor suhu (*Termokopel*), sensor pH (*pH meter*), level switch low & high. Dan mengontrol instrumen pemanas (*Heater*), pengontrol frekuensi motor untuk merubah rpm (*Inverter*), dan pompa untuk sirkulasi dan transfer hasil jadi ke tangki penyimpanan sebelum dikemas [2,4,5]. Di bawah ini merupakan alur proses dari limbah susu menjadi minuman probiotik :



Rancang bangun ini bertujuan untuk mengembangkan mesin yang mampu untuk membuat minuman probiotik dan olahan fermentasi lainnya dengan bahan baku limbah susu atau *whey*. Yang diharapkan bisa lebih dikembangkan lagi dikemudian hari untuk hasil yang lebih optimal dan lebih efisien.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. PLC (*Program Logic Controller*)

PLC adalah instrumen elektronik yang digunakan untuk mengontrol dan memrogram instrumen elektromekanis berdasarkan logika matematika dan sering digunakan pada otomasi industri. PLC terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu CPU (*Central Processing Unit*), Modul input, modul *output*. Untuk menyalakan PLC dibutuhkan *power supply* dengan tegangan 24 VDC. Untuk Modul Input dihubungkan ke sensor yaitu Termokopel, pH Meter, dan level *switch low & high*. Dan Modul *Ouput* dihubungkan ke *Relay* yang kemudian mengarah ke Magnetik Kontaktor, *Heater, Inverter, Fan*. Pada mesin ini, PLC berperan sangat vital, karena jika pemrogramannya tidak tepat akan berdampak ke instrumen lain dan pembacaan atau *monitoring* menjadi kurang akurat, terutama ke pembacaan sensor suhu dan sensor Ph pada Gambar 1.



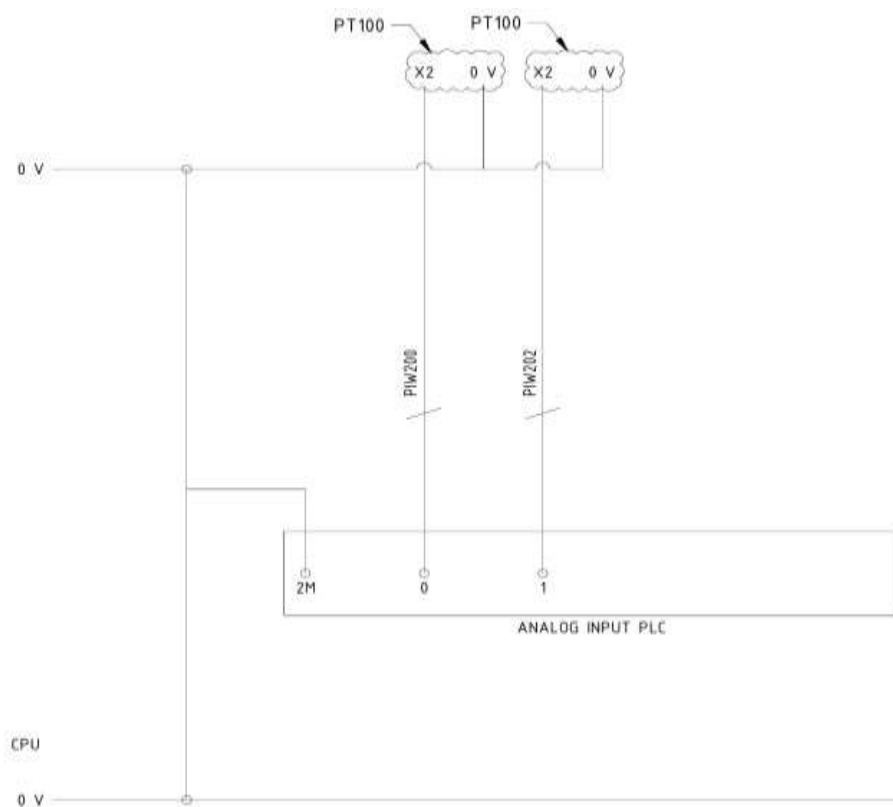
Gambar 43. PLC (Kiri : Digital *Input & Output*, Kanan : Analog *Input & Output*)

## 2. Termokopel PT100



Gambar 2. Termokopel PT100.

Termokopel PT100 adalah instrumen elektronik berupa sensor untuk pembacaan suhu. Termokopel PT100 dihubungkan ke PIW200 untuk membaca sinyal analog dari sensor suhu sebelum masuk ke Analog *Input* PLC untuk bisa diolah dan ditampilkan ke HMI. PLC mengolah data suhu dari Termokopel PT100 untuk kemudian diintegrasikan ke *Heater* pada Gambar 2 dan 3.

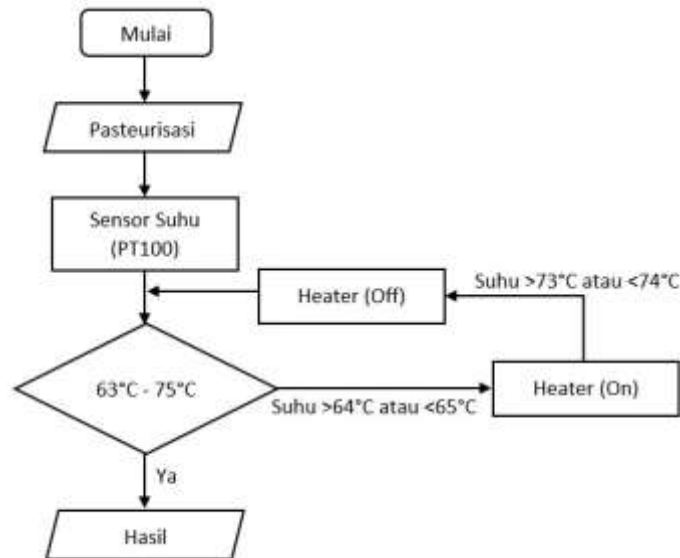


Gambar 3. *Wiring* Diagram Termokopel PT100

## 3. Belt Heater

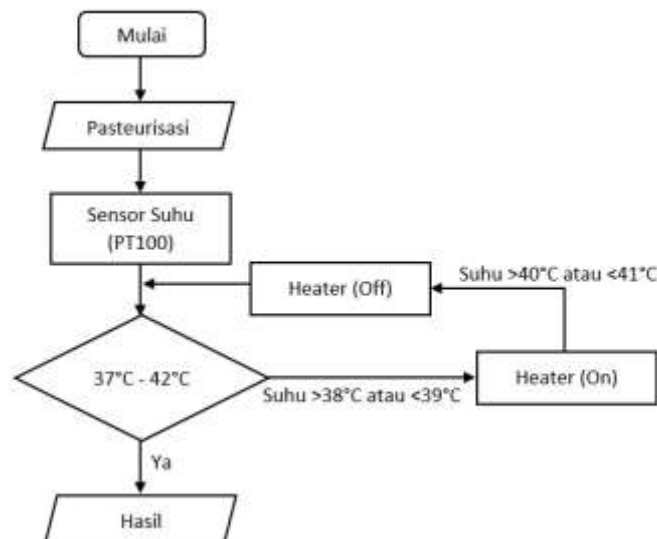
*Belt Heater* adalah elemen pemanas fleksibel yang dibuat untuk dililitkan atau dipasang mengelilingi permukaan silinder seperti drum, pipa, atau tangki kecil untuk pemanasan di bagian luar secara merata. *Belt heater* dipilih agar tidak mengkontaminasi *whey* yang berada di dalam tangki, meski tidak bersentuhan langsung dengan isi dalam tangki tetapi pemanasan yang dihasilkan

lebih merata karena memanfaatkan prinsip konduksi yang memanaskan bagian dinding tangki pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alur Proses Pasteurisasi pada *Heater*.

Untuk menghasilkan minuman probiotik dibutuhkan proses pasteurisasi dimana *Whey* dipanaskan pada suhu sekitar 63°C - 75°C selama 30 menit. Termokopel PT100 digunakan untuk *monitoring* suhu secara realtime ketika proses pasteurisasi, sehingga untuk mengontrol *Heater* bisa lebih cepat dan suhu bisa lebih terjaga (tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah). *Heater* diprogram oleh PLC agar hidup ketika berada pada suhu 64°C - 65°C, tetapi sebelum menyentuh suhu 73°C - 74°C maka *Heater* dimatikan agar suhu tidak naik pada Gambar 4.



Gambar 5. Diagram Alur Proses Fermentasi pada *Heater*.

Begitupun untuk proses fermentasi dimana *Whey* dijaga pada suhu 37°C - 42°C selama 24-36 jam, sehingga *monitoring* suhu harus lebih teliti dan akurat karena hanya memiliki rentang suhu yang kecil dengan durasi yang lama. Heater diprogram oleh PLC agar hidup ketika berada pada suhu 38°C - 39°C, tetapi sebelum menyentuh suhu 40°C - 41°C maka Heater dimatikan agar suhu tidak naik. adalah perangkat elektronik yang sebagai jembatan interaksi antara manusia atau operator dengan mesin atau sistem otomatis, di mesin ini HMI juga berfungsi sebagai penampil data dari sensor suhu, pH meter, rpm dari motor, dan posisi cairan pada Gambar 5.

#### 4. pH meter

pH meter adalah instrumen elektronik berupa sensor untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaan suatu larutan atau cairan dalam nilai pH. Alat ini bekerja dengan mengukur konsentrasi ion hidrogen dalam cairan dan merupakan metode pengukuran yang lebih akurat dibanding kertas lakmus. pH meter yang digunakan ini menggunakan digital dan terhubung ke Digital Input PLC, sebelum ditampilkan ke HMI seperti Gambar 6.



Gambar 6. pH meter (Kiri : tampak depan, Kanan : tampak belakang).

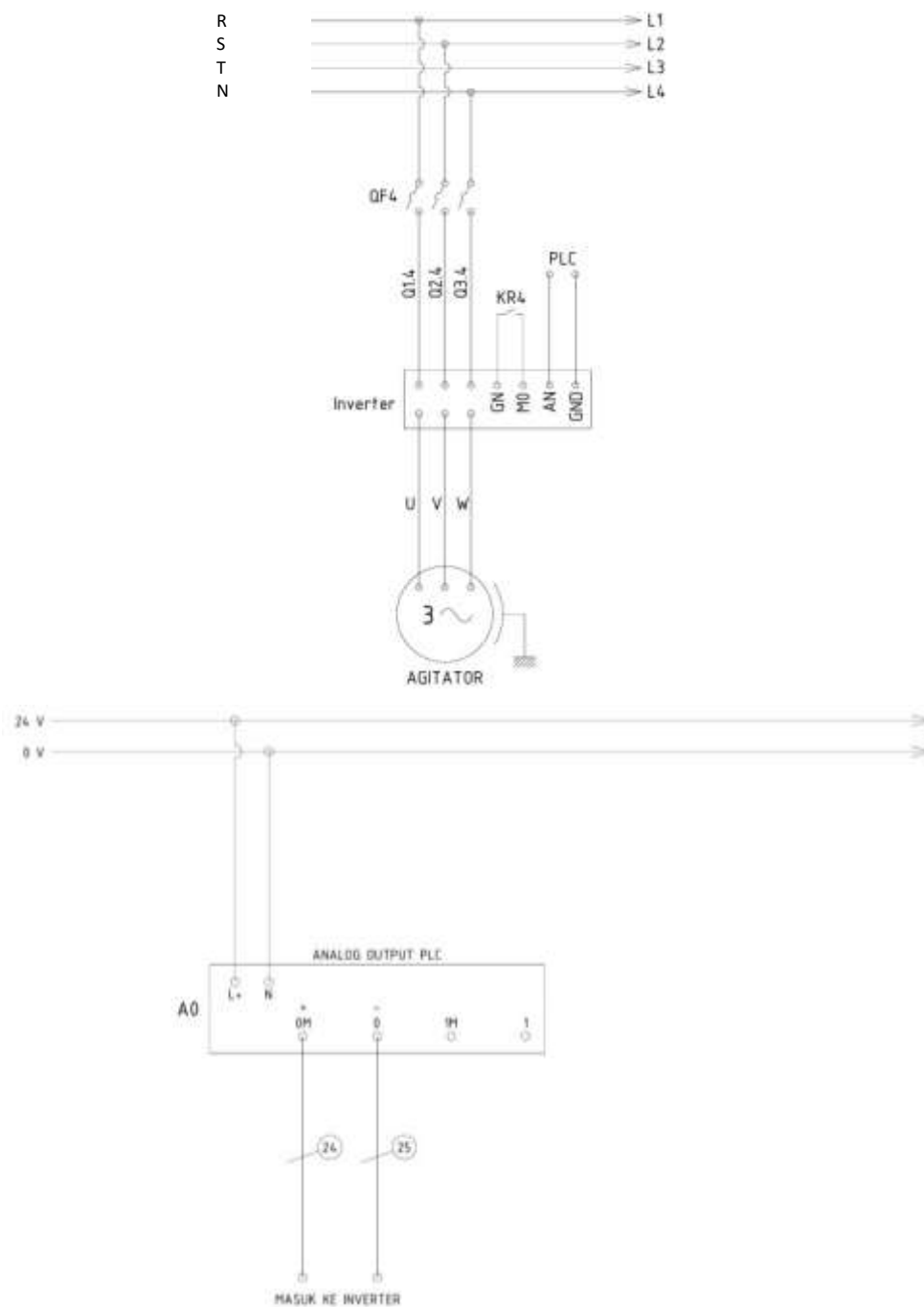
Diperlukan nilai pH akhir untuk minuman probiotik sebesar 4,0 – 4,5; sehingga untuk menjaga pH agar stabil diperlukan monitoring menggunakan pH meter dan terintegrasi ke PLC dan HMI. Nilai dari pH juga dipengaruhi oleh suhu, jadi ketika pH mulai mendekati 4,0 maka suhu akan diturunkan dengan cara mematikan Heater, sedangkan jika pH mulai mendekati 4,5 maka Heater akan dihidupkan lagi untuk menaikkan suhu.

#### 5. Inverter



Gambar 7. Inverter.

*Inverter* adalah instrumen elektronik yang berfungsi utama untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC). Dalam mesin ini, Inverter digunakan untuk mengatur kecepatan motor, dimana motor tersebut digunakan untuk memutar agitator pengaduk di dalam tangki. Dengan menyesuaikan frekuensi pada tegangan listrik AC, maka menghasilkan kontrol putaran atau rpm pada motor yang lebih presisi seperti Gambar 7.



Gambar 8. *Wiring Diagram di Inverter dan Analog Output PLC.*

Penggunaan *Inverter* diperlukan ketika mulai pengadukan *whey* pada saat pasteurisasi dan fermentasi. Di awal pengadukan tidak langsung menggunakan rpm tinggi agar *whey* tidak bergelembung, kemudian baru rpm dinaikkan perlahan-lahan agar *whey* yang dipanaskan lebih merata di nilai suhu dan pHnya. *Inverter* terhubung ke Kontak *Relay* (KR4) untuk mengontrol *switch on* atau *off*, *Thermal Overload Relay*, dan PLC untuk mengatur besar frekuensi sebagai pengatur kecepatan motor. Tujuan *whey* diaduk adalah untuk menghindari penggumpalan atau tidak meratanya suhu dan pH dari *whey* yang dilakukan pasteurisasi dan fermentasi seperti Gambar 8.

## 6. HMI (*Human Machine Interface*)



Gambar 9. HMI (*Human Machine Interface*).

HMI adalah perangkat elektronik yang sebagai jembatan interaksi antara manusia atau operator dengan mesin atau sistem otomatis, di mesin ini HMI juga berfungsi sebagai penampil data dari sensor suhu, pH meter, rpm dari motor, dan posisi cairan pada level *switch low & high* seperti Gambar 9. HMI yang digunakan dalam mesin ini menggunakan panel layar sentuh (*Touchscreen*) agar memudahkan operator memberi input seperti merubah kecepatan motor, menyalakan motor, menyalakan pompa untuk sirkulasi ke dalam tangki, dan menyalakan pompa untuk ditransfer ke tangki penampungan (sebelum dikemas).

## 7. Pompa



Gambar 10. Pompa.

Pompa (Gambar 10) adalah alat mekanik untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lain dengan cara meningkatkan tekanan atau energi kinetiknya, di mesin ini terdapat 2 pompa yang memiliki 2 fungsi berbeda, pompa pertama digunakan untuk sirkulasi masuk kembali ke dalam tangki sehingga suhu dan pH bisa lebih merata, sedangkan pompa kedua digunakan untuk memindahkan whey yang sudah diolah ke dalam tangki penyimpanan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian pada masing-masing instrumen elektronik yang berperan dalam pembuatan minuman probiotik, maka didapatkan hasil yang bisa dijadikan evaluasi dan diskusi untuk penerapan maupun penggunaan alat ini agar bisa lebih optimal dan efisien seperti Gambar 11.



Gambar 11. Mesin Pembuat Minuman Probiotik.

Berikut ini rincian hasil dari masing-masing instrumen elektronik yang digunakan selama pengujian :

#### 1. PLC (*Program Logic Controller*)

Berdasarkan pengujian, PLC mampu mengontrol 3 variabel data yang terhubung ke sensor, yaitu mengontrol kecepatan putaran motor yang digunakan untuk mengaduk *whey*, membatasi suhu pada *whey* yang ditentukan ketika proses pasteurisasi dan fermentasi, dan membatasi rentang pH yang diperbolehkan pada saat proses fermentasi. PLC juga mampu digunakan sebagai pengontrol pompa ketika digunakan untuk sirkulasi ke dalam tangki, maupun kontrol pompa transfer yang digunakan untuk memindahkan *whey* yang sudah diolah ke tangki penyimpanan sebelum dikemas.

#### 2. Termokopel PT100

Setelah dilakukan pengujian selama 24-36 jam pada saat proses fermentasi, sensor tetap bekerja dengan baik dan sangat cocok jika digunakan untuk monitoring suhu secara real time ( $37^{\circ}\text{C}$  -  $42^{\circ}\text{C}$ ) meski hanya memiliki rentang batas suhu yang sangat sedikit. Peran termokopel PT100 juga tetap optimal ketika proses pasteurisasi selama 30 menit di suhu yang lebih tinggi dibanding proses fermentasi ( $63^{\circ}\text{C}$  -  $75^{\circ}\text{C}$ ) karena termokopel PT100 masih menjangkau di rentang suhu tersebut. Pembacaan yang harus terhubung ke HMI juga membuat operator alat ini lebih nyaman saat melihat data suhu, karena berupa digital dengan ketelitian  $0,1^{\circ}\text{C}$ .



### 3. *Belt Heater*

Dengan memanfaatkan termokopel PT100 yang terhubung ke PLC, *Belt Heater* bekerja dengan optimal karena dikontrol oleh *Solid State Relay* yang terhubung ke *Digital Output* PLC. Meski mengalami berkali-kali dalam kondisi *on* dan *off* pada saat menstabilkan suhu whey pada proses pasteurisasi maupun fermentasi, tetapi durabilitas dan ketahanan *Belt Heater* masih tetap bagus dan terjaga ketika proses pasteurisasi yang sebentar maupun pada proses fermentasi yang berjam-jam.

### 4. pH meter

Pemilihan pH meter digital yang terhubung ke *Digital Input* PLC membuat *monitoring* lebih nyaman dan bisa membantu operator ketika memantau pH dalam proses fermentasi secara real time. Memungkinkan operator agar tidak selalu mengambil sampel ketika proses fermentasi berlangsung, dan ini sejalan dengan efisien *monitoring* yang diharapkan, karena jika tidak memakai pH meter maka whey harus dipantau setiap 30 menit atau 1 jam sekali pada saat proses fermentasi.

### 5. *Inverter*

*Inverter* yang terintegrasi ke PLC membuat operator bisa memonitoring kecepatan putaran motor pengaduk whey, karena input bisa diberikan secara langsung melalui layar HMI sehingga tidak perlu mengontrol frekuensi yang masuk menggunakan potensiometer. Operator juga bisa mengecek berapa kecepatan putaran motor pengaduk ketika lupa berapa nilainya, karena rpm sudah tertampil di HMI. Bahkan selain operator juga bisa melihat nilai dari rpm motor pengaduk secara real time.

### 6. HMI (*Human Machine Interface*)

Karena HMI saling terintegrasi dengan PLC dan beberapa sensor yang sudah disebutkan di atas, maka pemilihan jenis dan tipe HMI sangat berpengaruh untuk operator alat ini. Jenis *Touchscreen* atau Layar Sentuh sangat tepat digunakan untuk kebutuhan industri karena lebih mudah dalam pengaturan input dan output untuk ditampilkan, tipe layar sentuh juga memungkinkan untuk dirubah layout tampilan dari HMI sesuai keinginan operator, meskipun harus disetel ulang melalui aplikasi atau *software*. HMI juga bekerja dengan andal dan tidak perlu takut jika tangan operator dalam kondisi kotor, karena layar sentuh tidak memungkinkan kotoran menyelip kedalam, berbeda jika menggunakan tipe tombol.

### 7. Pompa

Pompa sirkulasi lebih sering digunakan, karena bertujuan untuk pemeratakan suhu dan pH ketika dilakukan proses pasteurisasi dan fermentasi. Pompa dinyalakan pada saat motor pengaduk berputar, karena jika hanya mengandalkan motor pengaduk maka suhu dan pH masih belum merata pada bagian whey di permukaan dan dekat permukaan. Dengan mengoptimalkan pompa sirkulasi yang bekerja bersamaan dengan motor pengaduk, maka nilai dari suhu dan pH bisa lebih terjaga dan merata di keseluruhan whey yang diolah. Operator juga bisa mengatur kapan pompa dinyalakan dan dimatikan. Sensor level switch low & high juga terintegrasi dengan pompa, sehingga tidak akan terjadi

kesalahan ketika whey melebihi kapasitas volume ataupun dibawah jumlah volume, karena pompa transfer dan pompa sirkulasi akan otomatis mati jika tidak ada whey yang diolah. Sehingga operator tidak perlu ragu dengan pompa yang akan terus menyala jika tidak ada cairan atau whey yang diolah.

#### IV. KESIMPULAN

Rancang bangun mesin pembuat minuman probiotik dari limbah susu sudah berhasil dilakukan dan diuji. Alat ini memungkinkan untuk mengolah limbah susu dengan skala volume 1000 L, sehingga cukup bisa diperbanyak jika digunakan untuk kebutuhan industri atau UMKM. Pengoperasian alat yang tidak rumit juga menjadi nilai lebih, dan juga karena penggunaan PLC dan HMI maka memungkinkan untuk perubahan program untuk kebutuhan atau spesifikasi produk lain. Alat ini masih bisa dikembangkan lebih lanjut karena masih ada ruang untuk eksplorasi dan otomasi di beberapa proses.

#### VI. REFERENSI

- [1] T. Shi, K. Nishiyama, K. Nakamata, NP. Aryanti, D. Mikumo, Y. Oda, Y. Yamamoto, T. Mukai, IN. Sujaya, T. Urashima and K. Fukuda. 2012. Isolation of potential probiotic *Lactobacillus rhamnosus* strains from traditional fermented mare milk produces in Sumbawa island of Indonesia. *Biosci Biotechnol Biochem* 76: 1897-903. DOI: 10.1271/bbb.120385
- [2] Pratama. Endra Yudha, Jamsari, Yuherman, Melia. Sri, Purwati. Endang. 2023. KUALITAS WHEY FERMENTASI DENGAN BAKTERI *Pediococcus acidilactici* PLB TERHADAP LAMA WAKTU FERMENTASI. Seminar Teknologi Pertanian Indonesia.
- [3] Nursiwi. Asri, Utami. Rohula, Andriani. Martina, Sari. Ayu Purnama. 2015. FERMENTASI WHEY LIMBAH KEJU UNTUK PRODUKSI KEFIRAN OLEH KEFIR GRAINS. p-ISSN 1979-0309. e-ISSN 2614-7920. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*.
- [4] Koo, I. 2020. Pasteurization Processes and Myths About Pasteurized Milk. *Verywell Health*.
- [5] Setiawati. Lila, Rizqiati. Heni, Susanti. Siti. 2019. Analisis Rendemen, Kadar Alkohol, Nilai pH dan Total BAL pada Kefir Whey Susu Kambing dengan Lama Fermentasi yang Berbeda. *Jurnal Teknologi Pangan* 3. eISSN 2597-9892.