

Otomatisasi Mesin Pengaduk Untuk Pembuatan Sabun Cair Berkapasitas 300 Liter/Jam Berbasis Arduino Mega -Esp32 Untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi Home Industri

Muhammad Razi¹, Ali Janifar¹, Khairul Mizan^{3*}

^{1,3} *Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B. Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA*

Razi.pnl@pnl.ac.id

^{1*}razi.pnl@pnl.ac.id (penulis korespondensi)

Abstrak— Proses produksi sabun cair yang dilakukan oleh home industri ini masih menggunakan metode manual, dimana bahan baku yang telah dicampurkan dalam sebuah bejana diaduk secara merata menggunakan tenaga manusia dan memerlukan waktu antara 110-120 menit untuk satu siklus produksi dengan volume 90 liter (manual). Penggunaan tenaga manusia pada proses pengadukan bahan baku untuk pembuatan sabun cair dapat mengurangi kualitas dari produk yang dihasilkan, dimana produk yang dihasilkan rentan terkontaminasi dengan keringat pekerja dan debu. Dampak lain dari proses pengadukan bahan baku secara manual dapat menurunkan produktifitas, penggunaan tenaga manusia dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan kelelahan dan beresiko terjadinya kecatatan (diseroder muskelotot) pada anggota tubuh pekerja. Otomatisasi pada mesin pengaduk bahan baku untuk pembuatan sabun cair telah memainkan peranan penting dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas pada industri kecil dan menengah. Otomatisasi pada mesin ini dilakukan dengan merancang sistem kendali berbasis *mikrokontroler Arduino R4 WiFi* sebagai pusat pengendali. Mesin pengaduk ini dilengkapi oleh dua buah motor listrik arus bolak-balik (AC) dengan fungsi yang berbeda. Motor pertama berperan sebagai *motor driver* yang digunakan untuk menggerakkan motor spindel secara vertikal, yaitu melakukan gerakan naik dan turun sesuai kebutuhan proses pengadukan. Sementara itu, motor kedua berperan sebagai *motor spindel* yang berfungsi sebagai pengaduk utama dengan kecepatan putar yang dapat diatur sesuai karakteristik bahan yang diolah. Untuk membatasi ruang gerak dari motor driver, dipasang dua buah limit switch yang masing-masing ditempatkan pada posisi batas atas dan batas bawah. Keberadaan limit switch ini berfungsi sebagai pengaman mekanis sekaligus sensor posisi, sehingga motor driver dapat berhenti secara otomatis ketika mencapai titik akhir lintasan yang telah ditentukan. Dengan demikian, sistem mampu mencegah terjadinya kelebihan gerak (*overtravel*) yang dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen mekanik. Pengendalian kecepatan motor spindel dilakukan menggunakan rangkaian dimmer yang terintegrasi dengan sistem kontrol Arduino. Dimmer tersebut memungkinkan pengaturan kecepatan putar pengaduk secara fleksibel, sehingga tingkat homogenitas campuran sabun cair dapat disesuaikan dengan kebutuhan proses. Dalam rancangan ini, Arduino R4 WiFi bertugas membaca sinyal dari limit switch, mengolah logika kendali berdasarkan algoritma yang ditanamkan dalam perangkat lunak, kemudian mengaktifkan aktuator berupa *relay solid-state* (SSR) atau triac untuk mengendalikan suplai daya listrik ke motor AC. Penelitian ini menghasilkan sebuah mesin pengaduk untuk pembuatan sabun cair yang dapat bekerja secara otomatis berdasarkan perintah yang diberikan, dapat dioperasikan secara continue tanpa dipengaruhi oleh factor kelelahan, dapat bekerja dengan siklus produksi yang continue sesuai dengan perintah pemograman yang diberikan. Hasil uji performa mesin pada produksi sabun cair membutuhkan waktu 20 menit untuk mengaduk 100 liter sabun cair sampai mencapai tingkat homogenitas yang standar, hasil ini meningkat 600 % lebih tinggi jika dibandingkan pengadukan secara manual dan 300 % lebih tinggi dibandingkan pengadukan menggunakan mesin pengaduk portable. Selain lebih unggul dari kapasitas produksi mesin pengaduk ini juga menghasilkan produk sabun cair yang lebih berkualitas karena tingkat homogen campuran yang lebih merata dan stabil dan tidak terkontaminasi dengan keringat operator.

Kata Kunci: Home industry ; Mesin pengaduk, ; Otomatisasi, ; Arduino R4 Wifi ; mikro controller.

Abstract— This document provides formatting instructions for authors preparing papers for publication in the Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe. The authors must follow the instructions given in the document for the papers to be published. You can use this document as both an instruction set and as a template into which you can type your own text.

Abstract should be no longer than 250 words. It provides a brief summary of the content of the paper and point out the main objective, the methods employed, the results obtained and major conclusions.

Keywords— Include 5 – 6 keywords or phrases, keywords are separated by a comma.

I. PENDAHULUAN

meningkatkan perekonomian. Home industri merupakan rumah usaha produk barang atau juga perusahaan kecil, dikatakan sebagai perusahaan kecil karena jenis kegiatan ekonomi ini dipusatkan di rumah[3]. Kegiatan produksi sabun cair, baik itu sabun cuci piring, sabun mandi, atau sabun pembersih lantai merupakan salah satu home industri yang mempunyai prospek yang cerah untuk terus berkembang, mengingat permintaan konsumen terhadap produk ini dari waktu ke waktu semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan meningkatnya pendidikan warga Indonesia, Untuk provinsi Aceh home industry (UMKM) yang bergerak dibidang produksi sabun cair

masih sangat terbatas, dari 18 kabupaten dan 5 kota madya/kotif [4], dengan jumlah penduduk sekitar 5,3 juta jiwa [5] hanya terdapat 3 – 5 home industri yang memproduksi dan memasarkan sabun cair[6], jumlah tersebut tentu sangat kecil dibandingkan jumlah konsumsi sabun cair yang selama ini dibutuhkan masyarakat Aceh. Kebutuhan sabun cair selama ini sebagian besar di pasok oleh produsen industri skala nasional yang berbasis diluar provinsi Aceh, jika ditinjau dari sisi keterserapan tenaga kerja tentu hal tersebut dapat merugikan pemerintah dan penduduk Aceh.

Proses produksi sabun cair yang selama ini dilakukan oleh home industri yang ada di Aceh masih menggunakan metode manual, dimana bahan bahan dasar untuk pembuatan sabun cair cuci piring terdiri dari potasium, hidrosida, gliserin,

pewarna, bahan pengawet dan minyak esensial dimasukkan kedalam drum plastik ukuran 50 liter yang berisi air sudah dididihkan kemudian diaduk selama 30 - 45 menit sampai semua bahan baku tercampur dengan merata. Gambar 1.a Menunjukkan proses pengadukan bahan baku untuk pembuatan sabun cair metode manual, sedangkan gambar 1.b menunjukkan proses pengisian sabun cair kedalam botol kemasan



Gambar 1. a. Proses pengadukan bahan baku pada pembuatan sabun cair. b. Proses pengisian sabun cair kedalam botol

Pelaku UMKM di Indonesia memiliki peran yang tidak kalah penting. Salah satu sektor produksi yang cukup marak di kalangan UMKM adalah pembuatan sabun cuci piring cair. Proses produksi ini banyak dilakukan secara mandiri, bahkan di skala rumah tangga, karena permintaan pasar yang tinggi dan bahan baku yang mudah didapat. Menurut Nasution et al. [7], kegiatan produksi sabun cair di kalangan masyarakat memberikan ruang bagi kreativitas, efisiensi biaya, serta kontrol terhadap bahan kimia yang digunakan, sehingga dapat menghasilkan produk yang aman dan ramah lingkungan. Sabun cuci piring cair dipilih karena penggunaannya yang rutin dalam kehidupan sehari-hari, terutama oleh rumah tangga. Berbeda dengan sabun batangan atau sabun colek, sabun cair memiliki sejumlah keunggulan seperti: mudah larut dalam air, lebih higienis karena disimpan dalam wadah tertutup, serta memiliki aroma yang menyegarkan dan formulasi yang lembut di tangan [8], Pergeseran perilaku konsumen dari penggunaan sabun colek tradisional menuju sabun cair menandai adanya peluang pasar yang potensial dan berkelanjutan dalam sektor ini.

Karakteristik utama dari Industri 4.0 mencakup:

1. **Otomatisasi Produksi** – Penggunaan perangkat otomatis dan *robotic system* untuk menggantikan proses manual, mengurangi keterlibatan manusia dalam aktivitas berulang.
2. **Pertukaran Data dan Konektivitas** – Pemanfaatan jaringan internet dan komunikasi berbasis *cloud* untuk memungkinkan pertukaran informasi antara mesin, perangkat, dan sistem kendali secara cepat dan aman.
3. **Integrasi Sistem Siber-Fisik** – Menggabungkan teknologi seperti *Internet of Things (IoT)*, *cloud computing*, dan *big data analytics* dalam satu

kesatuan sistem untuk menciptakan proses produksi yang adaptif dan saling terhubung [9].

Beberapa teknologi utama yang menjadi tulang punggung Industri 4.0 antara lain:

1. *Internet of Things (IoT)* – Teknologi yang memungkinkan perangkat fisik seperti sensor, aktuator, dan mikrokontroler untuk saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet.
2. *Artificial Intelligence (AI)* – Penggunaan algoritma pembelajaran mesin dan sistem cerdas untuk menganalisis data, memprediksi tren, dan mengotomatisasi pengambilan keputusan dalam proses industri.
3. *Human-Machine Interface (HMI)* – Antarmuka interaktif antara manusia dan mesin yang dirancang untuk meningkatkan kemudahan dan efisiensi dalam pengoperasian sistem otomatis.
4. *Sistem Robotik dan Otomatisasi* – Aplikasi mesin otomatis dan *robot* dalam berbagai proses produksi untuk meningkatkan akurasi, kecepatan, dan keamanan kerja.
5. *Sensor dan Teknologi Pengukuran* – Perangkat yang berfungsi untuk mengumpulkan data secara presisi dari berbagai titik dalam proses produksi, mendukung sistem *monitoring* dan kendali berbasis data [7].

Revolusi Industri 4.0 merupakan sebuah fase evolusi industri global yang ditandai oleh integrasi teknologi digital, *artificial intelligence*, *cloud computing*, serta sistem *cyber-physical* dalam seluruh aspek kehidupan, khususnya pada sektor manufaktur dan produksi. Konsep ini menandai pergeseran paradigma dari proses kerja konvensional menuju sistem yang lebih cerdas, efisien, dan terhubung secara digital [10]. Dalam kerangka ini, Industri 4.0 mendorong otomatisasi penuh, pertukaran data lintas sistem, dan penciptaan lingkungan produksi berbasis *smart factory*, di mana mesin, manusia, dan sistem digital saling terintegrasi dan mampu berkomunikasi secara *real-time* untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan [11].

Sementara itu, di tengah tren transformasi digital tersebut, pelaku UMKM di Indonesia memiliki peran yang tidak kalah penting. Salah satu sektor produksi yang cukup marak di kalangan UMKM adalah pembuatan sabun cuci piring cair. Proses produksi ini banyak dilakukan secara mandiri, bahkan di skala rumah tangga, karena permintaan pasar yang tinggi dan bahan baku yang mudah didapat. Menurut Nasution et al. [9], kegiatan produksi sabun cair di kalangan masyarakat memberikan ruang bagi kreativitas, efisiensi biaya, serta kontrol terhadap bahan kimia yang digunakan, sehingga dapat menghasilkan produk yang aman dan ramah lingkungan.

Sabun cuci piring cair dipilih karena penggunaannya yang rutin dalam kehidupan sehari-hari, terutama oleh rumah tangga. Berbeda dengan sabun batangan atau sabun colek, sabun cair memiliki sejumlah keunggulan seperti: mudah larut dalam air, lebih higienis karena disimpan dalam wadah tertutup, serta memiliki aroma yang menyegarkan dan

formulasi yang lembut di tangan [10], Pergeseran perilaku konsumen dari penggunaan sabun colek tradisional menuju sabun cair menandai adanya peluang pasar yang potensial dan berkelanjutan dalam sektor ini.

Namun, meskipun peluang pasar cukup besar, proses produksi sabun cair oleh UMKM masih didominasi oleh metode manual. Hal ini mencakup pencampuran bahan, pengadukan, dan pelarutan zat aktif yang seluruhnya dilakukan dengan tenaga manusia tanpa bantuan mesin atau sistem otomatis. Metode seperti ini tidak hanya menyita waktu dan tenaga, tetapi juga menimbulkan ketidakkonsistenan mutu produk serta risiko gangguan *ergonomi* pada pelaku produksi. Di sinilah peran teknologi *mikrokontroler* dan *IoT* menjadi relevan untuk diterapkan secara praktis dan ekonomis.

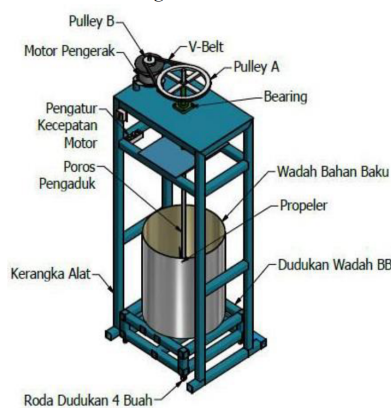
H. Andre *et al.* [11], menyatakan bahwa pengadukan bahan dasar sabun cair yang terdiri dari beberapa bahan kimia secara manual membutuhkan waktu yang cukup lama dan memerlukan banyak tenaga kerja. Hal ini menyebabkan ketidakstabilan kualitas produk, proporsi bahan yang kurang tepat, memerlukan waktu produksi yang lebih lama serta biaya produksi yang lebih tinggi. A. Z. Mustofa, dkk [12] meyakini bahwa metode manual ini juga meningkatkan paparan pekerja terhadap uap kimia berbahaya, yang dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi pekerja dan lingkungan sekitar. Ogedengbe, Ti[13] menyatakan metode konvensional (metode lokal) dalam pembuatan sabun mandi menunjukkan bahwa metode ini menghabiskan waktu, energi yang lebih banyak, namun memiliki output dan efisiensi yang rendah dan berbahaya bagi kesehatan. A. S. Adekunle, dkk [14] menyatakan bahwa kebosanan dan kelelahan yang terkait dengan produksi sabun cair lokal telah berkurang secara substansial sesuai dengan tanggapan dari para pengguna mesin yang dikembangkan. Desain rinci dari komponen-komponen mesin dilakukan dengan fabrikasinya. Mesin yang dikembangkan yang digerakkan oleh motor listrik berkecepatan 1 Hp (0,746 kW) terdiri dari mixer utama, dua pre mixer, rangka mesin, penggerak V-belt dan sistem penggerak roda gigi. Semua bahan yang digunakan dalam pembuatan mesin berasal dari produksi lokal.

Sabun merupakan salah satu jenis surfaktan anionik yang digunakan bersama air untuk keperluan mencuci dan membersihkan. Senyawa ini terbentuk dari garam natrium atau kalium yang berasal dari asam lemak, dan diperoleh melalui reaksi antara minyak atau lemak dengan larutan basa kuat dalam proses yang dikenal sebagai saponifikasi. Sabun termasuk dalam kelompok deterjen, yaitu zat yang berfungsi meningkatkan efektivitas proses pembersihan[15]. Sabun hadir dalam tiga bentuk, yaitu padat (batangan), bubuk, dan cair. Sabun cair merupakan produk pembersih yang berbentuk larutan. Hingga kini, proses pembuatan sabun cair umumnya masih dilakukan secara manual, yaitu dengan mencampur dan/atau mengaduk bahan-bahan kimia secara bersamaan. Proses ini serupa baik di industri rumahan maupun di pabrik, terlepas dari penggunaan metode manual atau mesin khusus[16]. Kegiatan pencampuran yang bersifat repetitif dan memerlukan tingkat akurasi tinggi, apabila masih mengandalkan intervensi manusia, berpotensi

menimbulkan kesalahan operasional yang dapat berdampak negatif terhadap konsistensi produk dan menghambat skalabilitas proses produksi[15, 16], metode pengadukan sabun cair dengan cara manual meskipun cukup berhasil, teknik ini kurang akurat dan konsisten dibandingkan dengan teknik otomatisasi.[17]

Dalam proses produksinya, pembuatan sabun cair yang dilakukan oleh banyak home industri masih dilakukan secara manual atau tradisional (pengadukan manual) sehingga hasil produksinya belum bisa kental dan kapasitas produksinya yang terbatas, sehingga perlu dibuatkan alat bantu pengaduk yang dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produksinya. Selain itu pekerjaan yang dilakukan secara manual dan tidak sesuai dengan ergonomi akan menimbulkan bahaya terhadap tubuh pekerja, jika proses itu dilakukan terus menerus dan dalam waktu yang lama, seperti pergelangan tangan dan lutut keram, badan terasa pegal, dan bokong/tulang ekor sakit [18].

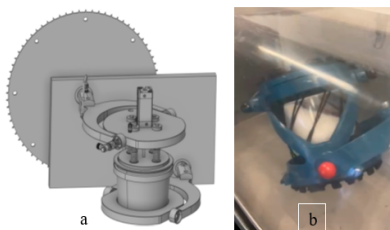
Penelitian yang berhubungan dengan mesin pengaduk semi-otomatis dan full otomatis telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu baik pada level nasional maupun level internasional, beberapa penelitian yang berkaitan dengan hal tersebut antara lain; Mesin pengaduk sabun cair [19], lama waktu pengadukan dihitung dari saat persiapan bahan sampai sabun cair dihasilkan. Mesin ini menunjukkan bahwa kapasitas rata-rata alat pengaduk untuk pembuatan sabun cair adalah 397,1L/jam. Kapasitas tertinggi terdapat pada ulangan ke-3 yaitu sebesar 580L/jam, sedangkan kapasitas terendah terdapat pada ulangan 1 yaitu sebesar 264,4L/jam. Dari data tersebut dapat dilihat ada perbedaan kapasitas yang dihasilkan walaupun bahan-bahan yang dipergunakan sama jumlahnya. Perbedaan ini dapat terjadi dikarenakan perbedaan waktu pengadukan. Tampilan mesin pengaduk pada penelitian ini di tunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Mesin pengaduk bahan pembuat sabun cair menggunakan motor listrik dan pulley sebagai penggerak pengaduk [19]

Sebuah mesin yang dikembangkan untuk memproduksi deterjen yang disesuaikan dengan preferensi konsumen, berdasarkan data dari platform digital yang terhubung langsung ke mesin tersebut. Proses produksi deterjen dilakukan melalui pencampuran berbagai komponen formulasi dalam sebuah mixer 3D. Evaluasi kinerja

pencampuran sangat krusial untuk memastikan kualitas produk akhir. Dalam penelitian ini, proses pencampuran deterjen bubuk dimodelkan menggunakan metode elemen hingga. Setelah model ini divalidasi melalui pengujian eksperimental, ia digunakan untuk mengevaluasi kinerja pencampuran dengan memperhatikan batas fraksi massa yang diizinkan untuk setiap komponen serta kecepatan mixer sebesar 45 rpm. Data yang dihasilkan dari simulasi ini kemudian dimanfaatkan dalam algoritma pembelajaran mesin untuk membangun model prediksi indeks pencampuran. Sebanyak 25 kombinasi formulasi yang berbeda disimulasikan, dan diperoleh nilai indeks pencampuran antara 0,98 hingga 0,99 dalam waktu 60 detik, menandakan bahwa semua campuran mencapai pencampuran sempurna. Selain itu, model ini juga divalidasi menggunakan hasil dari simulasi Model DEM, yang menunjukkan bahwa model mampu memprediksi indeks pencampuran sejak awal dengan tingkat akurasi yang tinggi[20]. Model mesin pengaduk pada penelitian ini di tampilkan pada gambar 3

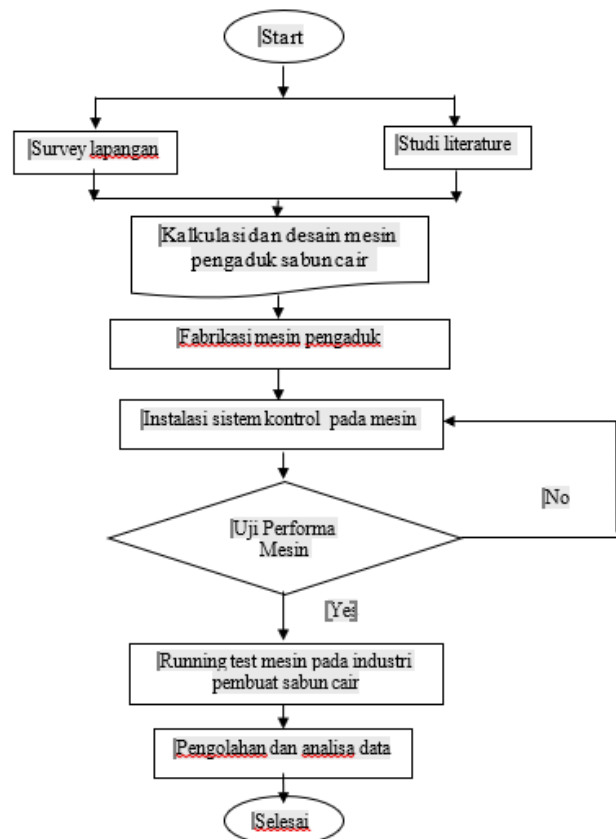


Gambar 3a. Desain mesin pengaduk deterjen b. Hasil fabrikasi mesin mixing[20]

II. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Penelitian

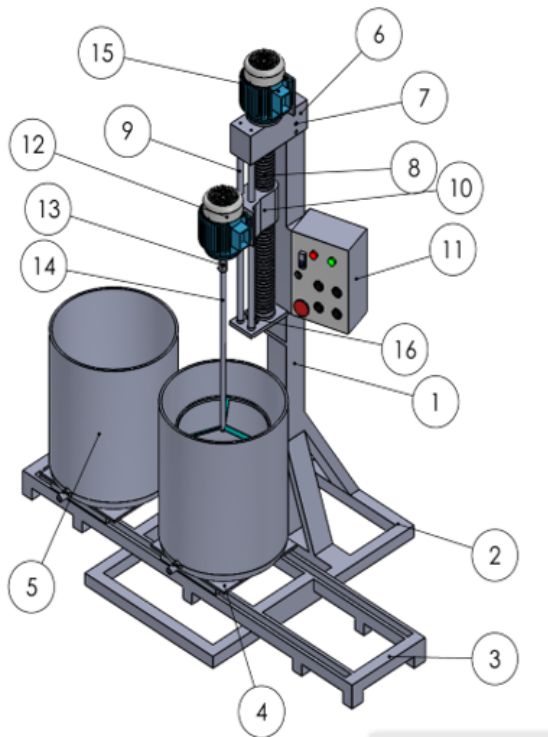
Diagram alir proses pelaksanaan penelitian ditunjukkan pada gambar 4



Gambar 4. Diagram alir dan metode penelitian

3.2. Desain Gambar

Desain mesin pengaduk sabun cair otomatis dengan komponen komponen utama dan komponen pendukung ditunjukkan pada gambar 5, mesin pengaduk bahan untuk produksi sabun cair ini dioperasikan menggunakan mikontroler Arduino R4 Wifi yang diprogram untuk mengatur putaran motor spindel dan mengatur gerak naik dan turunnya motor driver untuk mengarahkan motor spindel yang berfungsi sebagai pengaduk bahan dasar pada proses pembuatan sabun cair.



Gambar 5. Desain dan komponen komponen mesin pengaduk bahan sabun cair

Keterangan Gambar;

1. kerangka utama penyokong komponen
2. Kerangka penumpu mesin
3. Rel geser bejana pengaduk
4. Dudukan bejana pengaduk
5. Bejana pengaduk
6. Head mesin
7. Bolt
8. Poros berulir untuk menaikkan dan menurunkan spindel
9. Poros pengarah
10. Dudukan motor spindel
11. Panel bok tempat mikro kontroller
12. Motor spindel
13. Coupling
14. Poros pengaduk
15. Motor driver
16. Limit switch

3.3 Diagram Alir perancangan dan pembuatan sistem kontrol Arduino Uno pada Mesin .

Diagram alir perencanaan dan perakitan sistem control menggunakan Aruino Uno pada mesin pengaduk bahan dasar pada proses pembuatan sabun cair ditampilkan pada gambar 6

Gambar 6. Diagram alir desain dan instalasi sistem kontrol pada mesin

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Produk yang di Hasilkan

Produk Yng dihasilkan dari penelitian ini berupa satu unit mesin pengaduk bahan baku untuk pembuatan sabun cair



Gambar 7. Mesin pengaduk sabun cair model otomatis

Respon sistem	Cepat, stabil
---------------	---------------

Otomatisasi mesin pengaduk untuk pembuatan sabun cair dilakukan dengan menambahkan mikrokontroler berupa Arduino R4 Wifi, menggunakan 2 buah limit switch, dimmer dan 2 motor AC. Motor AC berfungsi sebagai spindel (pengaduk) dan motor driver yang mengarahkan motor spindel bergerak turun sampai batas bawah untuk selanjutnya motor spindel akan berputar untuk melakukan proses pengadukan. Arduino R4 Wifi berperan penting untuk mengendalikan gerak motor driver dan kecepatan motor spindel pada saat proses pengadukan sabun cair.

Setelah tahap perancangan dan implementasi sistem otomasi pada mesin pengaduk sabun cair selesai dilakukan, proses dilanjutkan dengan serangkaian pengujian guna mengevaluasi unjuk kerja mesin baik secara fungsional maupun dari aspek efisiensi dan keamanan. Uji coba dilakukan dalam mode otomatis dan manual untuk melihat stabilitas kerja sistem, efektivitas autentikasi pengguna, serta performa sistem monitoring berbasis IoT.

4.2 Implementasi Perangkat Keras

Sistem dirakit dalam sebuah panel kontrol utama yang terdiri atas:

1. **Arduino R4 WiFi** sebagai pusat logika sistem
2. **Modul NFC RC522** terintegrasi pada pintu panel sebagai autentikasi awal
3. **Relay 4 channel** untuk pengendalian dua motor AC
4. **Limit switch** di titik batas atas dan bawah untuk mengatur pergerakan impeller
5. **OLED display** untuk menampilkan status sistem secara real-time
6. **Tombol push-button** sebagai kendali manual dan emergency stop

Panel dirancang dengan kabel pelindung, sistem MCB (mini circuit breaker), dan indikator LED untuk memaksimalkan keamanan serta kemudahan troubleshooting.

4.3 Hasil Uji Fungsi Otomatisasi

Uji coba mode otomatis dilakukan dengan memindai kartu NFC terlebih dahulu. Jika UID valid, sistem mengaktifkan:

1. **Motor vertikal (CW)** untuk menurunkan impeller hingga limit bawah aktif
2. Setelah mencapai batas bawah, **motor pengaduk** bekerja selama waktu yang ditentukan (misal: 30 detik)
3. Setelah itu, **motor vertikal (CCW)** aktif untuk menaikkan impeller hingga batas atas

Hasil menunjukkan sistem bekerja stabil dan urutan logika berjalan sesuai pemrograman tanpa adanya delay atau konflik arah motor (berkat fitur locking).

Uji Fungsi	Status
NFC autentikasi	Berhasil
Limit switch atas/bawah	Berfungsi baik
Rotasi motor impeller	Normal
Motor pengaduk (durasi)	Sesuai setting

4.4 Uji Mode Manual dan Keamanan

Pada mode manual, operator dapat menyalakan masing-masing motor melalui tombol push button. Sistem tetap mematuhi batasan limit switch, sehingga motor berhenti otomatis saat batas tercapai. Fungsi ini penting jika sistem otomatis gagal dan perlu dioperasikan secara manual. Fitur **emergency stop** memutuskan semua aliran logika dan daya secara instan, menjamin keamanan operator.

4.5 Evaluasi Dashboard IoT

Konektivitas Arduino R4 WiFi ke Arduino IoT Cloud diuji untuk memantau variabel-variabel utama sistem secara real-time. Dashboard menampilkan:

1. **Status dan tombol mesin (ON/OFF)**
2. **Waktu kerja motor pengaduk**
3. **Notifikasi proses selesai atau kesalahan**
4. **UID pengguna terakhir**

Data dapat diakses dari browser atau smartphone, dan membantu dalam pengawasan jarak jauh—meskipun sistem kendali dari cloud belum diaktifkan untuk alasan keamanan.

4.6 Analisis Perbandingan Manual vs Otomatis

Dibandingkan metode manual, sistem otomatis menghasilkan pengurangan waktu kerja sebesar ±35%, peningkatan homogenitas produk (dilihat dari warna dan kekentalan), serta mengurangi beban fisik operator hingga 70%.

Aspek	Manual	Otomatis NFC+IoT
Durasi pengadukan	110–130 menit	15-20 menit
Konsistensi produk	Tidak stabil	Stabil & homogen
Ergonomi kerja	Tidak optimal	Nyaman (hands-free)
Risiko kesalahan	Tinggi	Rendah (terkontrol)
Pengawasan jarak jauh	Tidak tersedia	Tersedia (dashboard)

4.7 Diskusi Teknis

Beberapa catatan penting dari hasil pengujian:

1. **Limit switch** memiliki peran krusial dalam menjaga mekanisme impeller agar tidak melebihi batas fisik, mencegah kerusakan motor.

2. Penggunaan `millis()` terbukti efektif untuk menciptakan kontrol waktu non-blocking, sehingga sistem tetap responsif terhadap input lain seperti tombol manual atau sinyal NFC saat proses berjalan.
3. **NFC sebagai autentikasi akses** menambah dimensi keamanan, sekaligus membuat sistem lebih profesional dalam pengelolaan pengguna.
4. **OLED display** memberikan kejelasan status, cocok untuk operator non-teknis.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sistem otomasi mesin pengaduk sabun cair berbasis mikrokontroler **Arduino R4 WiFi** yang dilengkapi dengan autentikasi akses berbasis NFC, logika kendali non-blocking menggunakan fungsi `millis()`, serta sistem monitoring **real-time** melalui **Arduino IoT Cloud**. Sistem ini merupakan bentuk nyata penerapan teknologi Industri 4.0 yang dapat diadaptasi secara sederhana oleh pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM).

Berdasarkan hasil pengujian, sistem menunjukkan kinerja yang stabil dan efisien pada mode otomatis maupun manual. Proses pengadukan menjadi lebih cepat, hasil lebih konsisten, serta risiko terjadinya muskelotal disederer pada pada operator berkurang secara signifikan. Fitur autentikasi NFC berhasil meningkatkan aspek keamanan dan pembatasan akses, sedangkan IoT monitoring memberikan nilai tambah dalam pengawasan sistem dari jarak jauh.

Secara keseluruhan, sistem ini memberikan solusi otomasi **biaya rendah, modular, dan fleksibel**, yang sesuai untuk kebutuhan UMKM menuju transformasi digital berbasis **Industri 4.0**, serta membuka peluang pengembangan lebih lanjut ke arah **Industri 5.0**, di mana sistem produksi berfokus pada kolaborasi antara manusia dan teknologi

REFERENSI

- [1] I. Mulyani, A. Koni, and W. Kurniawan, "Analisis Home Industry Terhadap Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat," *J. Ekon. Syariah Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 63–76, 2024, doi: 10.57171/jesi.v3i1.117.
- [2] A. Fadlan, S. G. Pane, and I. H. Rangkyu, "Can Home Industry Support Employment Provision in Kota Pari Village?," *Best J. Adm. Manag.*, vol. 2, no. 4, pp. 190–196, 2024, doi: 10.56403/bejam.v2i4.187.
- [3] E. Journal, M. Furqon, M. Subkhan, N. M. Fauzi, N. Rohim, and N. Nursari, "327994-Pengaruh-Home-Industry-Terhadap-Peningka-2351E339," vol. 1, pp. 55–64, 2019.
"https://id.wikipedia.org/wiki/Daftar_kabupaten_dan_kota_di_Aceh."
- [5] <https://aceh.bps.go.id/id/publication/2023>,
"https://aceh.bps.go.id/id/arc."
- [6] I. Mikro and D. A. N. Kecil, "Industri mikro dan kecil provinsi aceh 2017," 2017.
- [7] H. Andre *et al.*, "Pengembangan Alat Pengaduk dengan Sistem Pembuangan Uap untuk Usaha Pembersih Lantai di Kota Padang," vol. 2, pp. 49–53, 2024.
- [8] A. Z. Mustofa, P. Vitasari, and T. Priyasmanu, "Pada Pengatur Kecepatan," vol. 4, no. 2, pp. 261–269, 2021.
- [9] R. Adolph, "Design and fabrication of locally made automated sop mixer," vol. 15, no. January 2024, pp. 1–23, 2016.
- [10] E. A. Aiwize and J. I. Achebo, "Liquid Soap Production With Blends of Rubber Seed Oil (Rso) and Palm Kernel Oil (Pko) With Locally Sourced Caustic Potash (Koh)," *Niger. J. Technol.*, vol. 31, no. 1, pp. 63–67, 2012.
- [11] T. I. Ogedengbe, "Development and performance evaluation of a liquid soap production machine for local soap industry in Nigeria," *J. Appl. Sci. Environ. Manag.*, vol. 23, no. 6, p. 1119, 2019, doi: 10.4314/jasem.v23i6.19.
- [12] H. FESSLER, "Design of Machine Elements," *Eng. Des.*, no. November, pp. 203–207, 1966, doi: 10.1016/b978-0-08-011192-6.50016-5.
- [13] D. D. Olodu, "Research Article Design and Construction of an Automated and Manual New-Fangled Fruit Juice Extractor," no. November 2021, 2022, doi: 10.47933/ijeir.
- [14] R. Ahya, R. Prasetyo, M. P. Sari, and M. S. Lestari, "RANCANG BANGUN MESIN PENGADUK SABUN CUCI CAIR UNTUK MENGOPTIMALKAN WAKTU PRODUKSI PADA INDUSTRI RUMAH TANGGA mesin pengaduk yang dibuat juga optimalisasi waktu standar berdasarkan kapasitas mesin tersebut , pada industri rumah tangga . Hal ini dapat menja," *J. Inkofar*, vol. 5, no. 1, pp. 50–59, 2021.
- [15] M. Zuber and A. Alfansuri, "Rancang Bangun Alat Pengaduk Sabun Cair Bahan Baku Minyak Serai Wangi," *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 3, no. 02, pp. 33–38, 2020, doi: 10.33795/jetm.v3i02.60.
- [16] F. J. Cañamero, A. R. Doraisingam, and M. Álvarez-Leal, "Mixing Performance Prediction of Detergent Mixing Process Based on the Discrete Element Method and Machine Learning," *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 10, 2023, doi: 10.3390/app13106094.
- [17] R. Fajrul and S. Suhardiman, "Rancang Bangun Mesin Pengaduk Sabun Sunlike Di Usaha Istana Sultan Kreatif Desa Meskom," *Tanjak J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 5, no. 1, 2024, doi: 10.35314/tanjak.v5i1.3759.
- [18] R. Fauzi, H. N. Nasution, F. Hastini, A. Zainy, and Y. R. Lumban Tobing, "Peggunaan Media Adobe Flash Terhadap Hasil Belajar Siswa Smkn 1 Tantom Angkola," *J. Educ. Dev.*, vol. 11, no. 1, pp. 437–442, 2022, doi: 10.37081/ed.v11i1.2687.
- [19] Setiyo Adi Nugroho, Daniel Rudjiono, and Febrian Rahmadhika, "Perancangan Identitas Perusahaan Dalam Bentukstationery Desain Di Rumah Kreasi Grafika," *Pixel J. Ilm. Komput. Graf.*, vol. 14, no. 1,

- pp. 48–57, 2021, doi: 10.51903/pixel.v14i1.456.
- [20] puguh, “Menjalankan motor listrik 3 fasa putar kanan kiri (forward reverse) ,” pp. 1–5, 2019, [Online]. Available: <https://puguhoke20.blogspot.com/2019/10/menjalankan-motor-listrik-3-fasa-putar.html?m=1>
- [21] W. S. Ramadhan, “<https://www.kelistrikanku.com/2016/01/sistem-kontrol-motor-dua-putaran.html>”.