

Perancangan *Human Machine Interface* (Hmi) Berdasarkan International Society Of Automation (Isa) 101 Klausul *Human Factor Engineering* Dan *Ergonomic* Pada Proses *Bottle Filling* Di Pt Xyz Menggunakan Metode *Waterfall*

1st Muhammad Fahmi Syakur
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
fahmisyakur@student.telkomuniversity
.ac.id

2nd Haris Rachmat
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
harisrachmat@telkomuniversity.ac.id

3rd Teddy Sjafrizal
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
teddysjafrizal@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Proses *bottle filling* merupakan salah satu tahap penting dalam industri makanan dan minuman, termasuk di PT XYZ yang merupakan produsen susu pasteurisasi dalam kemasan. Ketepatan dan efisiensi dalam proses ini sangat memengaruhi kualitas dan produktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran sistematis mengenai proses perancangan *human machine interface* (HMI) yang berfokus pada klausul *human factors engineering* (HFE) dan ergonomi ISA-101, guna meningkatkan efektivitas interaksi antara operator dan sistem. Studi dilakukan menggunakan metode *waterfall* yang mencakup tahapan analisis kebutuhan, perancangan tampilan antarmuka, pembuatan *script*, integrasi *database*, dan pengujian melalui skenario proses. Objek penelitian berupa stasiun kerja *bottle filling* dijadikan studi kasus untuk merancang sistem kontrol dan monitor berupa HMI. Hasil rancangan dievaluasi berdasarkan keberhasilan skenario pengujian serta kesesuaiannya dengan prinsip HFE, seperti kemudahan navigasi, keterbacaan visual, pengurangan beban kognitif, dan peningkatan *situational awareness*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HMI yang dirancang telah memenuhi aspek fungsional dan ergonomis, serta dapat dijadikan referensi dalam perancangan sistem antarmuka yang berpusat pada aspek manusia di lingkungan industri serupa.

Kata kunci — *human machine interface*, ISA-101, *human factors engineering*, *bottle filling*, ergonomi, metode *waterfall*

I. PENDAHULUAN

Dalam industri makanan dan minuman, proses *bottle filling* merupakan salah satu tahapan produksi yang banyak digunakan dan sangat bergantung pada efisiensi sistem kontrol. Salah satu perusahaan yang menjalankan proses ini adalah PT XYZ, produsen susu dalam kemasan botol. Proses *bottle filling* merupakan proses pengisian cairan ke dalam beberapa botol kosong yang dilakukan secara simultan dan kontinu [1]. *Bottle filling* di PT XYZ menggambarkan tantangan yang umum dijumpai di industri sejenis. Oleh

karena itu perancangan sistem kontrol dan monitor berupa *human machine interface* (HMI) yang baik dan akurat pada proses ini penting untuk dilakukan.

Perancangan HMI berlandaskan prinsip *human factors engineering* (HFE) dan ergonomi yang mengacu pada standar ISA-101 dapat meningkatkan efektivitas operator dengan mengurangi beban kognitif, meningkatkan kesadaran situasional, dan meminimalkan kesalahan [2]. Oleh karena itu, perancangan HMI yang berbasis standar ISA-101 dan prinsip HFE menjadi penting. ISA-101 memberikan panduan desain HMI yang intuitif, efisien, dan aman [3].

Penelitian ini memilih metode *waterfall* karena pendekatan sekuensialnya sesuai untuk proyek dengan kebutuhan yang telah terdefinisi dengan jelas [4]. Dengan tahapan analisis, desain, implementasi, pengujian, dan evaluasi, metode ini memberikan struktur dokumentasi yang baik, dan mendukung validasi prinsip ergonomi secara menyeluruh.

II. KAJIAN TEORI

A. Human Machine Interface (HMI)

Human machine interface (HMI) adalah tempat operator dapat memanipulasi atau mengontrol sistem. HMI berupa tampilan informasi visual yang terhubung dengan *database* [5].

B. International Society of Automation (ISA) 101

Standar ISA-101 mengatur desain dan pengembangan HMI dalam sistem kontrol industri. Fokus utamanya adalah efektivitas, efisiensi, dan keamanan antarmuka [6]. Klausul 5 dari standar ini menekankan pada prinsip HFE dan ergonomi dalam perancangan HMI.

C. Human Factor Engineering (HFE) dan Ergonomi dalam ISA-101

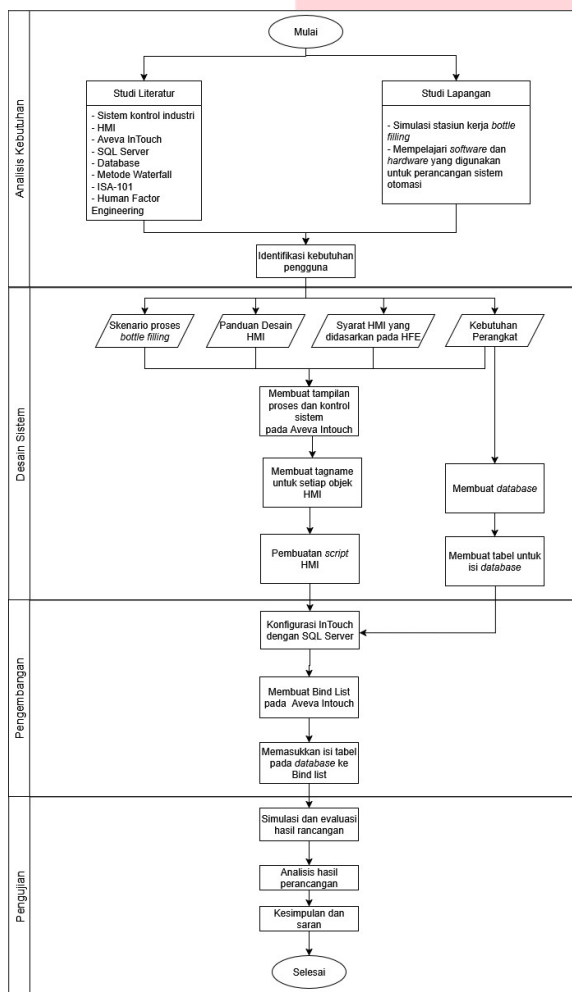
Dalam standar ISA-101, HFE menekankan desain sistem yang mempertimbangkan keterbatasan kognitif dan fisik manusia [6]. Dalam konteks HMI, penerapan HFE mencakup tata letak intuitif, penggunaan warna fungsional, dan alarm yang mudah dikenali.

D. Metode Waterfall

Metode waterfall melibatkan tahapan berurutan mulai dari analisis kebutuhan hingga pemeliharaan sistem [7]. Model ini cocok untuk pengembangan sistem berbasis HMI yang memerlukan dokumentasi dan validasi ketat.

III. METODE

Berikut merupakan metodologi penyelesaian masalah menggunakan metode *waterfall*.



GAMBAR 1

(SISTEMATIKA PERANCANGAN HMI S)

1. Analisis Kebutuhan

Tahap pertama adalah identifikasi kebutuhan pengguna yang mencakup empat aspek utama, yaitu skenario proses *bottle filling*, panduan desain HMI, persyaratan HMI sesuai dengan HFE, serta kebutuhan perangkat keras dan lunak.

2. Perancangan Sistem

Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, yang dibagi ke dalam tiga komponen utama, yaitu skenario proses, tampilan HMI, dan *database*. Skenario proses dituangkan dalam bentuk diagram alur, sementara tampilan HMI dirancang menggunakan Aveva InTouch disertai dengan pemrograman *script* untuk fungsi kontrol dan monitoring. Pada komponen database, dibuat tabel untuk menyimpan data proses.

3. Pengembangan

Tahap pengembangan dilakukan dengan mengintegrasikan Aveva InTouch dan SQL Server melalui konfigurasi dan pembuatan *bind list*, sehingga data dari sistem kontrol dapat ditampilkan pada antarmuka HMI.

4. Pengujian

Setelah sistem dikembangkan, dilakukan pengujian beberapa skenario untuk menguji fungsionalitas rancangan sehingga sesuai dengan kebutuhan pengguna. Selain itu juga dilakukan analisis kesesuaian hasil rancangan HMI dengan standar yang digunakan. Hasil simulasi kemudian dianalisis untuk mengetahui kelebihan dan potensi pengembangan. Ditutup dengan penyusunan kesimpulan dan saran yang menilai keberhasilan sistem serta memberikan arahan untuk peningkatan di masa depan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari proses perancangan ini menghasilkan sistem kontrol dan monitor berupa HMI yang terhubung dengan *database*. HMI dirancang menggunakan struktur navigasi yang terdiri dari 4 *window* utama yang ditunjukkan pada gambar IV.1.



GAMBAR 2
(STRUKTUR NAVIGASI HMI)

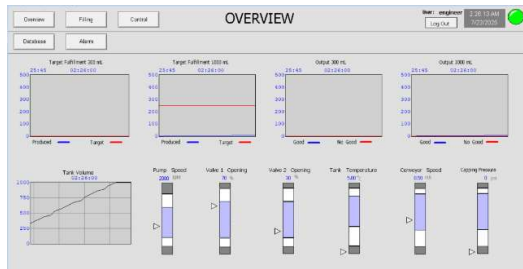
Pada perancangan sistem ini juga memperhatikan standar ISA-101 sebagai acuan dalam membuat tampilan HMI. Standar ini mengatur bagaimana penggunaan warna dan elemen, tata letak, dan struktur navigasi pada HMI. Hasil tampilan HMI untuk setiap *window* ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

1. Window login

The screenshot shows a window titled "LOGIN". It contains two input fields: "Username" and "Password". Below these fields is a "Confirm" button.

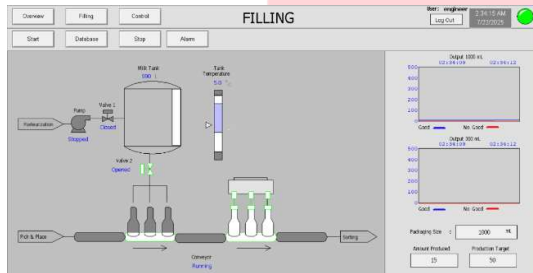
GAMBAR 3
(WINDOW LOGIN)

2. Window overview



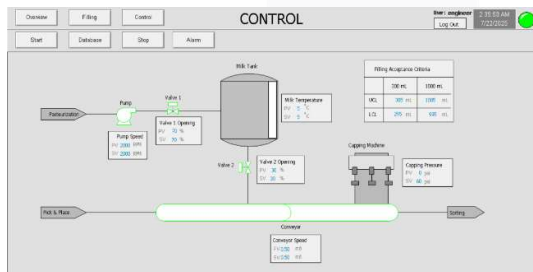
GAMBAR 4
(WINDOW OVERVIEW)

3. Window bottle filling



GAMBAR 5
(WINDOW BOTTLE FILLING)

4. Window control



GAMBAR 6
(WINDOW CONTROL)

Untuk memastikan bahwa sistem HMI yang telah dirancang berjalan sesuai dengan tujuan dan spesifikasi yang telah ditentukan, maka dilakukan serangkaian skenario pengujian guna memverifikasi setiap fitur utama pada sistem. Berikut adalah hasil dari pengujian melalui beberapa skenario.

1. Keamanan dan access level

TABEL 1
(SKENARIO KEAMANAN DAN ACCES LEVEL)

No	Skenario Uji	Tujuan Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Uji
1	Login operator	Mengisi username dan password operator	Sistem menampilkan halaman overview, operator tidak dapat mengakses window control	Berhasil

2	Login engineer	Mengisi username dan password engineer	Sistem menampilkan halaman overview, engineer dapat mengakses semua control	Berhasil
---	----------------	--	---	----------

Proses ini memastikan bahwa hanya pengguna yang berwenang yang dapat mengakses dan mengontrol sistem. Keberhasilan skenario ini menunjukkan bahwa sistem keamanan dasar telah berfungsi dengan baik.

2. Pengisian dan Pemakaian Isi Tangki Otomatis

TABEL 2
(SKENARIO PENGISIAN DAN PEMAKAIAN ISI TANGKI OTOMATIS)

No	Skenario Uji	Tujuan Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Uji
1	Pengisian tangki otomatis	Mengecek logika valve1 dan pompa saat start	Tangki terisi sampai 1000 L, valve1 OFF	Berhasil
2	Pemakaian isi tangki	Mengecek logika valve2 dan volume isi tangki	valve2 ON, isi tangki berkurang sesuai dengan lama pengisian	Berhasil

Keberhasilan skenario ini menandakan bahwa logika kontrol pada tahap pengisian bekerja secara otomatis sesuai dengan batas kendali yang telah ditentukan dan membuktikan bahwa sistem mampu menjalankan proses secara tanpa campur tangan operator.

3. Proses pengecekan volume isi botol dan proses capping

TABEL 3
(SKENARIO PENGECEKAN VOLUME DAN PROSES CAPPING ISI TANGKI OTOMATIS)

No	Skenario Uji	Tujuan Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Uji
1	Pengecekan volume isi botol	Mengecek logika kriteria penerimaan produk	$LCL < Volume < UCL$ dianggap sebagai produk baik, di luar itu <i>di-reject</i> dan tidak diteruskan ke proses <i>capping</i>	Berhasil
2	Proses capping	Mengecek logika mesin capping	Tutup terpasang pada botol setelah dilakukan <i>capping</i> pada mesin <i>capping</i>	Berhasil

Skenario ini menegaskan bahwa sistem mampu melakukan pengecekan pada kondisi abnormal sehingga mendukung keandalan proses produksi.

4. Verifikasi batas kendali dan alarm

TABEL 4
(SKENARIO VERIFIKASI BATAS KENDALI DAN ALAM)

No	Skenario Uji	Tujuan Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Uji
1	<i>Medium priority alarm</i>	Menguji logika alarm <i>medium priority</i>	Muncul alarm <i>medium priority</i> saat jumlah produk <i>no good</i> > 4	Berhasil
2	<i>High priority alarm</i> dan penghentian proses	Menguji logika alarm <i>high priority</i>	Muncul alarm <i>high priority</i> saat jumlah produk <i>no good</i> > 9 dan sistem terhenti	Berhasil

Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan yang memadai untuk mencegah kesalahan yang dapat mengganggu jalannya proses produksi.

5. Integrasi HMI dan database

TABEL 5
(INTEGRASI HMI DAN DATABASE)

No	Skenario Uji	Tujuan Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Uji
1	Penyimpanan database	Memastikan data proses tercatat ke dalam database	Data jumlah botol yang diterima dan di-reject tercatat <i>real-time</i> dan historis	Berhasil

Keberhasilan skenario ini membuktikan bahwa sistem telah mampu menghubungkan data *real-time* ke basis data historis, yang sangat berguna dalam proses evaluasi performa dan pengambilan keputusan.

Perancangan HMI dalam sistem *bottle filling* tidak hanya difokuskan pada pencapaian fungsionalitas sistem, tetapi juga mempertimbangkan kenyamanan, keamanan, serta efektivitas interaksi antara manusia dan mesin. Oleh karena itu, setelah sistem dinyatakan berhasil secara teknis melalui pengujian skenario, dilakukan analisis lanjutan terhadap kesesuaian desain HMI dengan prinsip HFE dan ergonomi, guna menilai sejauh mana sistem mendukung kebutuhan dan keterbatasan pengguna dalam konteks operasional nyata. Berikut ini adalah analisis kesesuaian rancangan HMI terhadap prinsip-prinsip HFE, yang dikelompokkan ke dalam tiga aspek utama.

1. Analisis visual desain

Untuk memastikan informasi pada HMI dapat dengan cepat dan akurat dipahami oleh operator, aspek visual seperti tata letak, warna, simbol, dan keterbacaan menjadi sangat penting.

TABEL 6
(ANALISIS VISUAL DESAIN)

No	Aspek yang Dianalisis	Prinsip HFE dan Ergonomi	Implementasi pada HMI
1	Tampilan visual	Mudah dibaca dan dilihat	Font cukup besar, warna kontras dengan warna latar, penggunaan simbol status yang mudah dikenali
2	Penggunaan warna	Warna sebagai informasi dan status	Kuning untuk <i>medium priority alarm</i> , merah untuk <i>high priority alarm</i> , dan biru untuk <i>live data</i> sehingga kontras dengan warna latar
3	Tata letak (<i>layout</i>)	Alur kerja sesuai proses	Tampilan navigasi dan kontrol utama (<i>Start/Stop</i>) berada di bagian atas, urutan proses dari kiri ke kanan (<i>filling</i> → <i>capping</i>),
4	Konsistensi	Elemen seragam di seluruh tampilan	Desain tombol dan simbol seragam di semua halaman HMI

2. Analisis interaksi pengguna

Selain tampilan, HMI juga harus memfasilitasi interaksi yang mudah dan cepat antara operator dan sistem. Aspek interaksi berfokus pada bagaimana pengguna mengakses fungsi, menavigasi tampilan, dan melakukan kontrol terhadap proses produksi.

TABEL 7
(ANALISIS INTERAKSI PENGGUNA)

No	Aspek yang Dianalisis	Prinsip HFE dan Ergonomi	Implementasi pada HMI
1	Tampilan visual	Mudah dibaca dan dilihat	Font cukup besar, warna kontras dengan warna latar, penggunaan simbol status yang mudah dikenali
2	Penggunaan warna	Warna sebagai informasi dan status	Kuning untuk <i>medium priority alarm</i> , merah untuk <i>high priority alarm</i> , dan biru untuk <i>live data</i> sehingga kontras dengan warna latar
3	Tata letak (<i>layout</i>)	Alur kerja sesuai proses	Tampilan navigasi dan kontrol utama (<i>Start/Stop</i>) berada di bagian atas, urutan proses dari kiri ke kanan (<i>filling</i> → <i>capping</i>),
4	Konsistensi	Elemen seragam di seluruh tampilan	Desain tombol dan simbol seragam di semua halaman HMI

3. Analisis kognitif

Aspek kognitif berkaitan dengan beban mental yang dialami operator dalam memahami dan merespons informasi yang ditampilkan. Antarmuka yang dirancang berdasarkan prinsip HFE harus mampu mengurangi beban kognitif, meningkatkan *situational awareness*, serta memberikan peringatan atau alarm yang jelas dan mudah ditindaklanjuti.

TABEL 8
(ANALISIS KOGNITIF)

No	Aspek yang Dianalisis	Prinsip HFE dan Ergonomi	Implementasi pada HMI
1	Tampilan visual	Mudah dibaca dan dilihat	Font cukup besar, warna kontras dengan warna latar, penggunaan simbol status yang mudah dikenali
2	Penggunaan warna	Warna sebagai informasi dan status	Kuning untuk <i>medium priority alarm</i> , merah untuk <i>high priority alarm</i> , dan biru untuk <i>live data</i> sehingga kontras dengan warna latar
3	Tata letak (<i>layout</i>)	Alur kerja sesuai proses	Tampilan navigasi dan kontrol utama (<i>Start/Stop</i>) berada di bagian atas, urutan proses dari kiri ke kanan (<i>filling</i> → <i>capping</i>).
4	Konsistensi	Elemen seragam di seluruh tampilan	Desain tombol dan simbol seragam di semua halaman HMI

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa HMI yang dirancang berdasarkan prinsip HFE dan standar ISA-101 tidak hanya meningkatkan keterbacaan dan kemudahan kontrol, tetapi juga memperkuat situational awareness dan mengurangi beban kognitif operator.

Dengan demikian, keberhasilan dalam merancang HMI yang sesuai standar dapat memastikan bahwa sistem tidak hanya bekerja secara teknis, tetapi juga secara manusiawi memperhitungkan kebutuhan, kemampuan, dan keterbatasan pengguna.

V. KESIMPULAN

Tugas akhir ini menggambarkan proses perancangan HMI berbasis prinsip Human Factors Engineering (HFE) dan ergonomi pada proses bottle filling di PT XYZ, sebagai referensi dalam pengembangan sistem kontrol dan monitor yang efektif serta ramah pengguna. Menggunakan pendekatan metode *waterfall*, perancangan dilakukan secara sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan, desain, hingga pengujian sistem. Hasil menunjukkan bahwa HMI yang

dirancang mampu menjalankan fungsi kontrol dan monitoring secara otomatis dan real-time, dengan memperhatikan kenyamanan visual, kemudahan interaksi, serta pengurangan beban kognitif. Analisis kesesuaian dengan prinsip HFE juga menunjukkan peningkatan situational awareness dan pengurangan risiko kesalahan, sehingga HMI yang dihasilkan tidak hanya fungsional, tetapi juga sesuai dengan kebutuhan dan keterbatasan manusia, serta dapat dijadikan acuan di industri serupa.

A. REFERENCES

- [1] K. Chakraborty, I. Roy, dan P. De, "Controlling Process of a Bottling Plant using PLC and SCADA," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI)*, vol. 3, no. 1, hlm. 39–44, 2015.
- [2] J. Errington dkk., "Establishing Human Performance Improvements and Economic Benefit for a Human-Centered Operator Interface: an Industrial Evaluation," 2005.
- [3] F. J. Folgado, D. Calderón, I. González, dan A. J. Calderón, "Review of Industry 4.0 from the Perspective of Automation and Supervision Systems: Definitions, Architectures and Recent Trends," 1 Februari 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/electronics13040782.
- [4] D. Murugaiyan, "International Journal of Information Technology and Business Management Waterfall Vs V-Model Vs Agile: A Comparative Study on SDLC," vol. 2, no. 1, 2012, [Daring]. Tersedia pada: www.jitbm.com
- [5] Tyso. Macaulay dan B. L. . Singer, *Cybersecurity for Industrial Control Systems*. 2016.
- [6] International Society of Automation, "ANSI/ISA-101.01-2015, Human Machine Interfaces for Process Automation Systems," 2015.
- [7] O. K. Eason, "Information Systems Development Methodologies Transitions: An Information Systems Development Methodologies Transitions: An Analysis of Waterfall to Agile Methodology Analysis of Waterfall to Agile Methodology," 2016. [Daring]. Tersedia pada: <https://scholars.unh.edu/honors/286>