BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Industri farmasi menuntut standar kualitas yang sangat tinggi, khususnya dalam proses pengemasan produk steril seperti suntik (*syringe*). Salah satu metode pengemasan yang umum digunakan adalah blister packing, di mana produk dimasukkan ke dalam poket plastik sebelum disegel secara otomatis. Namun, kesalahan dalam proses ini seperti poket kosong (tidak terisi) dapat terjadi, yang berpotensi membahayakan keselamatan pasien dan merugikan perusahaan secara ekonomi.

Menurut Liu et al. (2024), metode DSN-BR berbasis inspeksi online pada kemasan blister aluminium-plastik farmasi mampu menghasilkan citra bermutu tinggi dan mengurangi efek pantulan dan variasi pencahayaan, sehingga meningkatkan akurasi deteksi cacat seperti poket kosong

Menurut Shu dan Tang (2013), sistem inspeksi visual otomatis untuk kemasan blister aluminium-plastik dirancang untuk mengidentifikasi cacat seperti tablet hilang, fragmen, serta posisi atau orientasi tidak tepat. Metode ini menggunakan ekstraksi fitur berdasarkan nilai histogram warna, serta teknik koreksi kemiringan citra agar objek dalam blister dapat terdeteksi dengan lebih akurat. Dalam implementasinya, sistem ini mampu mengurangi jumlah deteksi palsu dan bekerja secara real-time pada lini produksi farmasi, sehingga meningkatkan efisiensi dan konsistensi inspeksi produk.

Teknologi inspeksi visual modern juga semakin berkembang melalui integrasi dengan metode deep learning. Menurut Gobee et al. (2023), pada *konferensi International Conference on Biomedical Engineering and Technology*, mereka mengembangkan sistem inspeksi blister farmasi berbasis CNN menggunakan YOLOv5. Model ini mampu mendeteksi blister kosong secara otomatis, meskipun memerlukan dataset besar dan waktu pelatihan panjang. Karena itu, beberapa industri masih lebih memilih pendekatan vision sensor konvensional yang lebih cepat dan hemat data.

Lebih lanjut, Menurut Harris (2023) dalam artikel yang diterbitkan pada *Pharmaceutical Technology* (Vol. 47, No. 3), penggunaan sistem inspeksi berbasis

kamera industri dalam inspeksi syringe pra-isi mampu mendeteksi cacat seperti retakan, kontaminasi, dan missing components dengan sensitivitas tinggi. Selain itu, integrasi dengan kontrol otomatis memungkinkan pemisahan produk cacat secara *real-time* dari lini produksi.

Berdasarkan pemaparan tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem kamera industri dan kontrol mesin untuk mendeteksi poket kosong dalam proses blister packing produk suntik merupakan solusi penting dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi proses produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem tersebut, serta mengevaluasi efektivitasnya dalam lingkungan industri yang sebenarnya.

1.2 Fokus Penelitian

Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan implementasi sistem inspeksi otomatis berbasis kamera industri yang terintegrasi dengan PLC untuk mendeteksi ketidaksesuaian pada poket blister produk suntik sebelum proses sealing berlangsung. Sistem ini dirancang untuk menghentikan konveyor secara otomatis jika terdeteksi kondisi tidak sesuai seperti poket kosong, jarum hilang (*missing needle*), atau gasket/plunger hilang.

Kamera diposisikan sebelum proses sealing, dan dikendalikan oleh sinyal dari PLC. Jika hasil inspeksi menunjukkan kondisi NG (*Not Good*), sistem akan menghentikan konveyor dan mengaktifkan alarm untuk meminta tindakan dari inspektor. Setelah perbaikan dilakukan, sistem akan memastikan ulang kondisi poket sebelum melanjutkan proses. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya meningkatkan kualitas produk akhir, tetapi juga mengurangi keterlibatan operator dalam proses inspeksi secara langsung, sekaligus mencegah cacat masuk ke tahap sealing.

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan sesuai dengan waktu serta sumber daya yang tersedia, maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada beberapa hal berikut:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada proses inspeksi poket blister yang berisi produk suntik *(syringe*), khususnya pada tahapan sebelum proses sealing berlangsung.

2. Jenis cacat yang diperiksa hanya terbatas pada tiga kondisi, yaitu:
   a. Poket kosong (tidak ada suntik di dalam blister)
   b. Tidak adanya jarum suntik (*missing needle*)
   c. Tidak adanya plunger/gasket (*missing gasket*)
3. Kamera inspeksi yang digunakan hanya satu unit kamera industri, yang dipasang secara statis dan tidak bergerak, dengan posisi tepat di atas konveyor sebelum area sealing.
4. Sistem kontrol yang dibangun hanya mencakup pemberian perintah untuk menghentikan konveyor dan mengaktifkan alarm apabila ditemukan poket dengan kondisi tidak sesuai (NG).
5. Proses pengambilan dan perbaikan poket yang terdeteksi cacat masih dilakukan secara manual oleh operator (inspektor). Sistem belum mencakup pemisahan otomatis atau pengeluaran poket NG dari jalur produksi.
6. Pengolahan citra yang digunakan hanya difokuskan untuk deteksi keberadaan komponen utama dalam blister, tanpa melakukan analisis detail terhadap bentuk, ukuran, atau cacat mikro.
7. Pengujian sistem dilakukan pada bagian terbatas dari lini produksi, sehingga belum mencakup implementasi penuh dalam skala industri secara keseluruhan.

1.4 Perumusan Masalah

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab bagaimana merancang dan membangun sistem inspeksi visual berbasis kamera industri yang mampu mendeteksi secara otomatis poket blister yang tidak terisi, jarum yang hilang, atau gasket/plunger yang tidak lengkap pada produk suntik sebelum memasuki proses *sealing*; bagaimana mengintegrasikan output inspeksi tersebut dengan logika kendali PLC sehingga konveyor dapat berhenti dan alarm menyala ketika ditemukan kondisi tidak sesuai; serta seberapa besar kontribusi sistem ini dalam meningkatkan kualitas hasil blister packing dan mengurangi ketergantungan pada inspeksi manual oleh operator.

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini diarahkan untuk mengembangkan sistem pengolahan citra menggunakan satu unit kamera industri yang diposisikan sebelum area sealing guna mendeteksi poket blister dengan kondisi NG (*Not Good*), mengintegrasikan sinyal hasil inspeksi dengan kontrol mesin berbasis PLC sehingga terjadi penghentian otomatis konveyor dan aktivasi alarm saat terdeteksi cacat, serta mengukur efektivitas sistem tersebut dalam menurunkan angka produk cacat yang lolos ke tahap *sealing* sekaligus mengurangi waktu dan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk inspeksi manual.

1.6 Manfaat Penelitian

Melalui implementasi sistem ini, diharapkan terjadi peningkatan konsistensi dan akurasi dalam deteksi cacat blister, sejalan dengan penelitian oleh Ma et al. (2024), penerapan jaringan deteksi objek berbasis deep learning pada inspeksi cacat produk industri tidak hanya memperbaiki akurasi pendeteksian, tetapi juga meningkatkan kecepatan dan keandalan sistem. Hal ini mendukung efisiensi produksi real-time dan memberikan fondasi teknis kuat untuk penelitian yang mengintegrasikan sensor kamera visual dan kontrol sistem PLC