

---

## REVIEW : PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PENGEMASAN FARMASI UNTUK MENINGKATKAN KEAMANAN OBAT

Oleh

Irma Muthiah<sup>1</sup>, Raudatul Hasanah<sup>2</sup>, Nor Latifah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin

E-mail: <sup>1</sup>[irmamuthiah2004@gmail.com](mailto:irmamuthiah2004@gmail.com), <sup>2</sup>[nahn261@gmail.com](mailto:nahn261@gmail.com),

<sup>3</sup>[norlatifah@umbjm.ac.id](mailto:norlatifah@umbjm.ac.id)

---

### Article History:

Received: 09-05-2025

Revised: 20-05-2025

Accepted: 12-06-2025

### Keywords:

Teknologi Pengemasan  
Farmasi, Keamanan Obat,  
Smart Packaging

**Abstract:** Review ini membahas perkembangan teknologi pengemasan farmasi serta evaluasi penerapannya dalam meningkatkan kualitas, keamanan, dan efisiensi distribusi obat. Teknologi yang dikaji meliputi sistem farmasi cerdas berbasis RFID dan sensor lingkungan, smart packaging, gudang pintar, kemasan ramah anak (bridge cap), teknologi Blow-Fill-Seal (BFS), serta bahan dan desain prefilled syringe (PFS). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa teknologi-teknologi tersebut mampu menjaga mutu obat, mempermudah pengawasan dan pelacakan, serta meningkatkan keamanan bagi pengguna, khususnya anak-anak dan lansia. Selain itu, inovasi ini juga mendukung kelancaran proses distribusi dan meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap produk farmasi. Dengan demikian, perkembangan teknologi pengemasan farmasi menjadi aspek penting dalam memastikan obat yang sampai ke tangan pengguna tetap aman, efektif, dan berkualitas. Saran ke depan mencakup peningkatan penelitian, penguatan regulasi, dan edukasi bagi pelaku industri serta konsumen agar pemanfaatan teknologi dapat berjalan optimal

---

## PENDAHULUAN

Pengemasan merupakan serangkaian komponen yang berfungsi melindungi produk farmasi sejak tahap produksi hingga digunakan oleh konsumen. Proses pengemasan dalam industri farmasi bersifat luas, kompleks, dan mencakup berbagai aspek penting. Pengemasan berperan dalam menjaga kualitas dan mendistribusikan obat-obatan, alat kesehatan, terapi medis, serta produk inovatif seperti nutrisi medis (nutraseutikal), dalam berbagai bentuk sediaan. Ini mencakup beragam bentuk seperti suplemen, salep, cairan, padatan, bubuk, suspensi, hingga tetes, yang dikonsumsi oleh masyarakat di seluruh dunia. Pengemasan farmasi dirancang untuk melindungi sediaan dari kerusakan fisik maupun kimia akibat pengaruh lingkungan seperti cahaya, suhu, kelembaban, serta kontaminasi mikroba. Dan kemasan juga berfungsi memberikan informasi penting seperti dosis, tanggal kedaluwarsa, dan cara penggunaan yang benar (Rahmayanti, 2020).

Seiring dengan meningkatnya kompleksitas dalam industri farmasi, tantangan dalam pengemasan tidak lagi terbatas pada desain kemasan yang menarik atau komunikasi dengan konsumen. Saat ini, fokus utama pengemasan farmasi meliputi upaya untuk mencegah pemalsuan obat, meningkatkan kepatuhan pasien terhadap penggunaan obat, menjaga integritas dan kestabilan produk, serta merancang kemasan yang aman bagi anak-anak namun tetap mudah diakses oleh lansia. Selain itu, aspek keberlanjutan dan keselamatan lingkungan juga menjadi perhatian penting, baik di negara maju maupun berkembang. Tantangan-tantangan ini menuntut inovasi teknologi pengemasan yang tidak hanya aman dan fungsional, tetapi juga ramah lingkungan dan inklusif bagi seluruh pengguna (Dodke *et al.*, 2025). Tujuan dari review ini untuk mengetahui perkembangan teknologi pengemasan farmasi serta mengevaluasi penerapan teknologi.

## LANDASAN TEORI

Menurut Osadchy (2024), dalam industri farmasi modern, teknologi pengemasan berperan penting dalam menjamin kualitas, keamanan, dan keterlacakan obat selama seluruh siklus hidupnya, mulai dari produksi hingga ke tangan konsumen akhir. Salah satu bentuk inovasi yang menonjol adalah penggunaan kemasan pintar (smart packaging), yang terintegrasi dengan sensor suhu, kelembapan, dan parameter lingkungan lainnya. Teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi penyimpanan secara real-time, mendeteksi pelanggaran kemasan, serta mencegah dampak negatif terhadap stabilitas dan keamanan obat. Seiring berkembangnya era Industri yang menekankan otomatisasi dan digitalisasi, penerapan teknologi pengemasan cerdas menjadi strategi penting untuk memenuhi tuntutan regulasi, meningkatkan keamanan produk, dan mendukung sistem distribusi farmasi yang berkelanjutan.

### Fungsi Kemasan Farmasi

Menurut Dodke *et al.* (2025), kemasan farmasi memiliki lima fungsi utama:

1. Penampungan  
Penampungan produk merupakan fungsi paling dasar dari kemasan obat. Desain kemasan yang berkualitas tinggi harus mempertimbangkan kebutuhan produk serta sistem manufaktur dan distribusi. Kemasan harus dirancang agar tidak bocor, tidak memungkinkan terjadinya difusi dan permeasi produk, cukup kuat untuk menahan isi selama penanganan normal, serta tidak terpengaruh oleh bahan dalam sediaan akhir produk.
2. Perlindungan  
Kemasan harus melindungi produk dari segala pengaruh eksternal yang dapat menurunkan kualitas atau potensi obat, seperti cahaya, kelembapan, oksigen, kontaminasi biologis, kerusakan fisik, serta pemalsuan atau pencampuran bahan yang tidak semestinya.
3. Penyajian dan Informasi  
Kemasan juga berperan penting sebagai sumber informasi mengenai produk obat. Informasi ini disampaikan melalui label dan sisipan kemasan yang ditujukan untuk pasien.

4. Identifikasi  
Kemasan cetak atau komponen cetak tambahan berfungsi untuk memberikan identitas produk sekaligus menyampaikan informasi terkait.
5. Kenyamanan  
Kenyamanan berkaitan dengan kemudahan penggunaan atau pemberian obat. Contohnya adalah obat tetes mata dosis tunggal yang tidak memerlukan pengawet dan mengurangi risiko infeksi silang karena hanya digunakan satu kali

#### Kategori pengemasan farmasi

Berdasarkan klasifikasi dari Thakur et al.,(2022), pengemasan farmasi terdiri dari:

| No | Kategori         | Penjelasan                                                                                                                                                                                                                                                                         | Contoh                                                                                |
|----|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Kemasan primer   | Material kemasan yang bersentuhan langsung dengan sediaan farmasi. Tujuan utama dari kemasan primer adalah melindungi produk dari bahaya lingkungan, kimia, mekanis, dan/atau risiko lainnya.                                                                                      |    |
|    | Kemasan sekunder | Kemasan yang berada di luar kemasan primer disebut kemasan sekunder. Kemasan ini memberikan perlindungan tambahan selama penyimpanan di gudang dan juga menyajikan informasi terkait produk obat, seperti leaflet (brosur informasi).                                              |   |
|    | Kemasan tersier  | Contoh kemasan tersier meliputi peti, kontainer, palet, dan slip sheet. Kemasan ini merupakan lapisan terluar dari kemasan sekunder yang berfungsi mencegah kerusakan produk. Umumnya digunakan untuk penanganan massal dan pengiriman dalam jumlah besar secara aman dan efisien. |  |

#### Jenis bahan dalam pengemasan

Menurut Pratik et al. (2018), bahan utama yang digunakan dalam kemasan farmasi antara lain:

1. Plastik  
Kemasan berbahan plastik juga menjadi pilihan utama sebagai material kemasan primer. Saat ini banyak digunakan botol yang terbuat dari material plastik, plastik juga digunakan sebagai lapisan dari kemasan strip dan blister untuk bentuk sediaan solid. Selain itu, plastik juga banyak digunakan sebagai kemasan primer untuk produk Large Volume Parenteral (LPV) seperti Infus. Wadah plastik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan wadah kaca diantaranya, memiliki harga yang lebih murah, tidak pecah, bersifat fleksibel, dan juga ringan
2. Kaca  
Untuk sejumlah besar sediaan, baik untuk sediaan dengan bentuk administrasi oral,

sistemik, dan lokal, wadah gelas biasanya menjadi pilihan yang pertama. Gelas dapat menjadi botol untuk tablet, injeksi, atau sebagai botol untuk sediaan likuid seperti sirup, suspensi dan emulsi. Terdapat berbagai jenis kaca, jenis kaca yang dipilih ditentukan berdasarkan karakteristik dan tujuan penggunaan produk yang bersangkutan. Produsen harus memilih pemasok untuk mendapatkan jenis wadah kaca yang sesuai untuk penggunaan yang dimaksudkan

### 3. Logam

Wadah logam hanya dapat digunakan untuk produk obat non-parenteral. Material logam digunakan dalam bentuk kemasan tabung untuk sediaan gas, kemasan strip, dan blister yang terbuat dari plastik, dan tabung untuk sediaan aerosol. Aluminium dan baja anti-karat adalah logam pilihan untuk kemasan primer dan sekunder bagi produk obat. Material logam memiliki kelebihan tertentu dan menyediakan wadah tamper-proof yang sangat baik. Sifat logam yang kuat, tidak tembus terhadap gas dan tahan pecah, menjadikan bahan logam sebagai kemasan yang ideal untuk wadah gas bertekanan

### Standar utama untuk pengembangan kemasan farmasi

| Menurut Standar                  | Penjelasan Standar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SNI 8218:2015                    | Standar nasional untuk kertas dan karton yang digunakan sebagai kemasan pangan primer, yang juga relevan untuk kemasan farmasi primer. Standar ini mengatur aspek keamanan bahan kemasan seperti kandungan logam berat, formaldehid, ftalat, dan migrasi zat berbahaya agar aman bagi produk yang bersentuhan langsung dengan obat. |
| ISO 15378                        | Memastikan produsen kemasan farmasi menerapkan sistem mutu dan GPM sehingga memenuhi standar internasional dan nasional                                                                                                                                                                                                             |
| Peraturan BPOM No. 33 Tahun 2018 | Mengatur penerapan 2D barcode pada kemasan obat sebagai bagian dari pengawasan distribusi dan keamanan obat. Peraturan ini mendorong digitalisasi kemasan farmasi untuk meningkatkan keterlacakan dan keamanan produk.                                                                                                              |
| Peraturan BPOM No. 20 Tahun 2019 | Mengatur kemasan pangan yang juga relevan untuk kemasan farmasi dalam hal keamanan bahan kemasan, label, dan informasi produk. BPOM bersama BSN mengatur penerapan SNI wajib untuk kemasan pangan dan farmasi untuk menjamin keamanan dan mutu produk.                                                                              |

### METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan review ini adalah studi literatur yang bersumber dari situs pencarian jurnal daring. Jurnal yang dipilih memenuhi kriteria inklusi, yaitu diterbitkan dalam rentang waktu tujuh tahun terakhir (2018–2025) dan memuat kata kunci seperti “perkembangan teknologi pengemasan”. Berdasarkan hasil pencarian, diperoleh sebanyak enam jurnal yang sesuai dengan kriteria inklusi tersebut dan relevan dengan topik pembahasan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang disajikan dalam review jurnal ini merupakan hasil analisis dan rangkuman dari enam jurnal yang membahas perkembangan teknologi pengemasan farmasi. Semua jurnal dipilih berdasarkan kriteria inklusi serta relevansi terhadap topik yang dibahas.

| No | Penulis                                                             | Judul jurnal                                                                                                                                                                          | Hasil penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | James Gerrans, Parastou Donyai, Katherine Finlay, R. Simon Sherratt | An Efficient Smart Pharmaceutical Packaging Technology Framework to Assess the Quality of Returned Medication through Non-Intrusively Recording Storage Conditions after Dispensation | Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan dan penerapan sistem farmasi cerdas berbasis teknologi RFID dan sensor lingkungan dapat secara efektif meningkatkan proses penilaian dan pengelolaan obat yang dikembalikan untuk <i>reuse</i> . Sistem ini bekerja dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama, termasuk sensor suhu, kelembapan, dan RFID untuk merekam kondisi penyimpanan serta mengidentifikasi obat secara otomatis saat pengembalian dilakukan.                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2  | Serhij Osadchy                                                      | Smart Packaging of Pharmaceutical Products                                                                                                                                            | Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan <i>Smart Packaging</i> seperti sensor suhu dan kelembapan, label RFID, dan indikator waktu dapat meningkatkan pengawasan selama penyimpanan dan pengiriman obat. Hal ini membantu menjaga kualitas dan keamanan obat, memastikan kepatuhan terhadap aturan yang berlaku, serta mencegah penurunan efektivitas akibat penyimpanan yang tidak tepat. Selain itu, teknologi ini memudahkan pelacakan produk dan meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap obat yang digunakan.                                                                                                                                                                                                          |
| 3  | Asep Kamal Sahroni, Jajang Japar Sodik                              | Integrasi Teknologi di Gudang Farmasi: Tantangan dan Peluang untuk Integrasi Teknologi di Gudang Farmasi: Tantangan dan Peluang untuk Meningkatkan Kualitas dan Keamanan Obat         | Hasil penelitian menunjukkan bahwa adopsi teknologi seperti sistem informasi, gudang pintar, dan blockchain dapat secara signifikan meningkatkan kualitas obat di gudang farmasi dengan meningkatkan pemantauan, pengendalian, dan keterlacakan produk obat.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 4  | Christina Berels, Archana Lamsal, Laura Bix, dan Tamara Reid Bush   | Quantifying Removal Torque for Application in a New Child-Resistant and Senior Friendly Package                                                                                       | Hasil Penelitian menunjukkan teknologi <i>bridge cap</i> dan sistem pengukuran torsi menghadirkan kemasan obat yang aman dan mudah dibuka. Sistem ini menggabungkan desain <i>Child-Resistant Packaging (CRP)</i> dengan sensor torsi berkapasitas tinggi untuk mengukur kekuatan buka dari berbagai usia pengguna. <i>Bridge cap</i> terdiri dari tutup dalam dan luar dengan mekanisme putar bebas dan area kontak terbatas, diuji menggunakan <i>Custom Hand-held Torque Test System</i> . Optimasi <i>Functional Surface Area (FSA)</i> 50–80% terbukti efektif membatasi akses anak-anak tanpa mengurangi kemudahan bagi orang dewasa, khususnya lansia. Teknologi ini mendukung kemasan yang lebih aman, inklusif, dan efisien. |
| 5  | Pavan Karbhari                                                      | A Review on Blow Fill Seal                                                                                                                                                            | Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|   |                                                        |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | Pacharne, Miss Ashwini Bhivsane, dan Dr. Gajanan Sanap | Machine                                                               | BFS adalah metode efisien dan steril untuk kemasan farmasi, terutama produk biopharmaceutik yang sensitif. Teknologi ini mengintegrasikan proses ekstrusi, pencetakan, pengisian, dan penutupan dalam satu sistem tertutup, meningkatkan keamanan dan mengurangi kontaminasi. Meskipun demikian, tantangannya meliputi pengendalian suhu untuk menjaga kestabilan protein serta perlunya pengujian leak dan validasi yang ketat. Secara keseluruhan, BFS memiliki potensi besar untuk mendukung produksi obat biologi berkualitas tinggi dan aman. |
| 6 | Sandip Arun Borse, Ashish Prakash Gorle, Kuldip Patil  | Prefilled syringe: a review of injectable dosage form delivery system | Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan seperti kaca, COC, COP, dan Crystal Zenith, serta lapisan silikon dan Teflon pada <i>prefilled syringe (PFS)</i> dapat mengurangi zat berbahaya yang keluar dari kemasan dan menjaga kestabilan obat. Secara keseluruhan, teknologi PFS terbukti dapat menjaga keamanan, kestabilan, dan kualitas obat, terutama untuk obat-obatan yang sensitif.                                                                                                                                              |

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian Gerrans et al.,(2023), menunjukkan bahwa integrasi teknologi RFID dan sensor lingkungan dalam sistem kemasan farmasi cerdas (*Smart Pharmaceutical Repackaging and Assessment System/SPaRAS*) merupakan inovasi yang menjanjikan untuk mendukung penggunaan kembali obat (*drug reuse*) secara aman dan efisien. Teknologi ini memungkinkan proses identifikasi serta evaluasi kondisi obat yang dikembalikan dilakukan secara otomatis, sehingga mengurangi ketergantungan pada pemeriksaan manual yang cenderung memakan waktu dan berisiko tinggi terhadap kesalahan.

Teknologi RFID berfungsi menyimpan informasi penting, seperti riwayat distribusi dan status kedaluwarsa obat, sedangkan sensor lingkungan memantau parameter kritis seperti suhu dan kelembapan selama proses penyimpanan dan distribusi. Integrasi data dari kedua teknologi ini memungkinkan sistem untuk secara otomatis menentukan kelayakan obat untuk digunakan kembali, dengan tetap menjadikan aspek keamanan sebagai prioritas utama. Hal ini sejalan dengan kekhawatiran yang diangkat dalam berbagai literatur terkait risiko penggunaan kembali obat yang tidak memenuhi standar penyimpanan.

Selain meningkatkan keamanan, penerapan sistem ini juga mendukung efisiensi operasional dan pengurangan limbah farmasi. Pemantauan secara real-time dan pencatatan otomatis memungkinkan redistribusi obat dilakukan dengan lebih cepat, akurat, dan transparan. Keunggulan ini berpotensi meningkatkan kepercayaan dari masyarakat serta pemangku kepentingan sektor farmasi terhadap program reuse obat. Namun demikian, tantangan yang perlu diantisipasi mencakup biaya pengembangan sistem yang relatif tinggi, kebutuhan pelatihan bagi pengguna, serta isu perlindungan data yang harus dikelola dengan baik. Keberhasilan implementasi juga sangat bergantung pada penerimaan masyarakat dan tenaga kesehatan. Oleh karena itu, diperlukan strategi edukasi, sosialisasi, serta

pengembangan sistem yang ramah pengguna dan inklusif. Secara keseluruhan, pengembangan sistem kemasan farmasi cerdas berbasis RFID dan sensor lingkungan ini berpotensi besar dalam mendukung konsep ekonomi sirkular (circular economy) di bidang farmasi. Inovasi ini tidak hanya membantu mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga mendorong keberlanjutan sistem pengelolaan obat secara global

Berdasarkan penelitian Osadchy (2024), Penerapan smart packaging dalam industri farmasi terbukti memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kualitas, keamanan, dan efisiensi pengelolaan produk obat. Teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara waktu nyata melalui sensor suhu dan kelembapan yang terintegrasi dalam kemasan. Dengan kemampuan tersebut, setiap penyimpangan dari standar penyimpanan dapat segera dideteksi dan ditindaklanjuti, sehingga potensi kerusakan atau penurunan efektivitas obat dapat diminimalkan. Hal ini sangat penting mengingat banyak produk farmasi bersifat sensitif terhadap perubahan suhu dan kelembapan.

Selain pemantauan lingkungan, teknologi identifikasi seperti RFID dan NFC yang digunakan dalam smart packaging juga memberikan manfaat besar dalam pelacakan dan autentikasi produk. RFID memungkinkan pelacakan otomatis tanpa kontak langsung, mempermudah manajemen logistik dan pencatatan distribusi obat. NFC, di sisi lain, memberikan kemudahan akses informasi produk melalui perangkat seluler, sehingga konsumen dan tenaga kesehatan dapat memverifikasi keaslian dan kondisi obat secara langsung. Lebih lanjut, smart packaging mendukung pemenuhan terhadap standar regulasi internasional seperti ISO dan Good Distribution Practice (GDP), yang menuntut kontrol ketat terhadap kondisi penyimpanan dan distribusi produk farmasi. Dengan sistem ini, industri farmasi tidak hanya meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi, tetapi juga membangun kepercayaan konsumen melalui transparansi data.

Dari sisi keberlanjutan, teknologi smart packaging juga berkontribusi dalam pengurangan limbah dan efisiensi penggunaan sumber daya. Pemantauan yang lebih akurat memungkinkan optimalisasi rantai pasok dan mengurangi risiko pemborosan akibat produk yang rusak atau tidak layak pakai. Dengan seluruh manfaat tersebut, implementasi smart packaging menjadi solusi strategis dalam menjawab tantangan industri farmasi modern, terutama dalam hal keamanan produk, efisiensi logistik, dan peningkatan daya saing di pasar global.

Berdasarkan penelitian Berels *et al.*,(2024), penerapan teknologi bridge cap yang dikombinasikan dengan sistem pengukuran torsi menunjukkan kemajuan signifikan dalam pengembangan kemasan obat yang aman sekaligus mudah dibuka oleh pengguna dewasa, terutama lansia. Teknologi tersebut berhasil mengintegrasikan desain Child-Resistant Packaging (CRP) yang inovatif dengan sensor torsi berkapasitas tinggi, memungkinkan pengukuran kekuatan buka dari berbagai usia pengguna secara akurat dan objektif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa desain bridge cap yang terdiri dari bagian inner dan outer yang berputar bebas serta area kontak terbatas mampu mengurangi akses anak-anak usia di bawah 5 tahun secara efektif. Peng optimasian Functional Surface Area (FSA) antara 50% dan 80% terbukti menjadi kisaran optimal, karena dapat membatasi kekuatan genggam dan torsi yang dapat diterapkan anak-anak sehingga mereka kesulitan membuka tutup

tersebut. Sebaliknya, rentang FSA ini tidak mengurangi kemampuan orang dewasa, terutama lansia, dalam membuka kemasan, karena mereka mampu mengaplikasikan torsi yang cukup pada area yang tersedia.

Penggunaan sistem pengukuran torsi yang khusus memungkinkan identifikasi parameter kekuatan buka secara tepat, mendukung desain kemasan yang lebih aman dari segi keamanan anak dan inklusif bagi orang dewasa dengan kekuatan genggam terbatas. Secara keseluruhan, teknologi bridge cap ini menawarkan solusi inovatif untuk menciptakan kemasan obat yang tidak hanya memenuhi standar keamanan anak tetapi juga mudah diakses oleh orang dewasa, khususnya lansia, sehingga meningkatkan efisiensi dan keberterimaan pengguna.

Berdasarkan penelitian Sahroni et al., (2024), menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam pengelolaan gudang farmasi memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas dan keamanan obat secara signifikan. Teknologi seperti blockchain, RFID, dan barcode scanning dapat mempermudah proses pencatatan dan pemantauan stok secara real-time, sehingga meminimalkan kesalahan manusia, ketidaktepatan data, serta memastikan kondisi penyimpanan yang sesuai dengan standar. Dengan demikian, teknologi ini dapat meningkatkan keterlacakan produk, memudahkan deteksi adanya obat kedaluwarsa atau kontaminasi, dan memastikan bahwa obat yang disimpan dan didistribusikan memenuhi kualitas dan keamanannya. Namun, keberhasilan penerapan teknologi ini tidak hanya bergantung pada keberadaan inovasi itu sendiri, melainkan juga pada faktor-faktor pendukung lainnya. Tantangan utama yang dihadapi meliputi kompleksitas proses integrasi sistem baru dengan sistem yang sudah ada, risiko keamanan data yang harus dilindungi dari ancaman siber, serta kebutuhan pelatihan dan peningkatan kapasitas staf agar mampu menggunakan teknologi baru tersebut secara efektif. Tanpa kesiapan sumber daya manusia dan infrastruktur yang memadai, teknologi yang canggih sekalipun tidak akan memberikan manfaat optimal.

Selain itu, perubahan proses dan kebijakan organisasi juga perlu dilakukan untuk mengadaptasi penggunaan teknologi ini secara penuh. Hal ini meliputi pengembangan prosedur operasional standar, penanaman budaya teknologi, serta pengalokasian dana yang cukup untuk perawatan dan pemeliharaan sistem. Jika semua faktor ini dikelola dengan baik, implementasi teknologi dapat menghasilkan pengelolaan gudang farmasi yang lebih efisien, transparan, dan aman, sehingga secara langsung berkontribusi pada peningkatan mutu obat dan perlindungan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa teknologi memang memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas gudang farmasi, tetapi keberhasilannya sangat tergantung pada manajemen perubahan yang menyeluruh dan kesiapan organisasi dalam mengatasi berbagai tantangan yang muncul selama proses adaptasi. Oleh karena itu, instansi farmasi dan pihak terkait perlu merancang strategi yang komprehensif agar penerapan teknologi ini memenuhi tujuannya dan memberikan manfaat jangka panjang bagi sistem kesehatan dan industri farmasi di Indonesia maupun di tingkat internasional

Berdasarkan penelitian Pacharne *et al.*,(2023), teknologi *Blow Fill Seal* (BFS)

merupakan inovasi penting dalam produksi kemasan farmasi, khususnya untuk obat biopharmasetikal yang sensitif terhadap suhu dan kontaminasi. Keunggulan utama BFS terletak pada kemampuannya mengintegrasikan proses ekstrusi plastik, pencetakan, pengisian, dan penutupan secara otomatis dalam sistem tertutup. Hal ini secara signifikan meningkatkan kualitas sterilisasi dan mengurangi risiko kontaminasi mikroorganisme.

Namun demikian, proses BFS menghadapi tantangan teknis, terutama dalam pengendalian suhu selama tahap ekstrusi dan pengisian. Suhu tinggi yang tidak terkontrol dapat menyebabkan denaturasi protein, yang berdampak negatif terhadap stabilitas dan efektivitas produk biologi. Oleh karena itu, proses ini memerlukan pengujian ketat, termasuk pengendalian *bioburden*, uji kebocoran (*leakage test*), serta validasi proses yang menyeluruh untuk menjamin keamanan dan mutu produk akhir. Dalam pengembangannya, diperlukan penilaian risiko yang cermat serta pengaturan parameter kritis agar proses berjalan secara optimal. Penggunaan teknologi simulasi seperti *Computational Fluid Dynamics (CFD)* juga menjadi alat penting untuk memahami dinamika suhu dan aliran selama proses berlangsung.

Secara keseluruhan, meskipun terdapat tantangan teknis, teknologi BFS menawarkan solusi inovatif dengan keunggulan dalam efisiensi, keamanan, dan kemampuan sterilisasi. Dengan pengelolaan proses yang tepat serta validasi yang ketat, BFS memiliki potensi besar untuk mendukung produksi obat biologi berkualitas tinggi secara aman dan efisien.

Berdasarkan penelitian Borse et al.,(2020), menunjukkan bahwa pengembangan teknologi dan pemilihan bahan pada *prefilled syringe (PFS)* sangat memengaruhi keamanan, stabilitas, dan efektivitas obat yang dikemas. Data dari berbagai sumber menunjukkan bahwa penggunaan bahan kaca serta plastik seperti COC (*cyclic olefin copolymer*) dan COP (*cyclic olefin polymer*) dapat mengurangi risiko *leachables* (zat yang benar-benar keluar dari kemasan dan masuk ke dalam obat selama penyimpanan) dan *extractables* (zat yang berpotensi keluar dari kemasan jika terkena kondisi tertentu seperti panas atau pelarut kimia kuat) yang berpotensi mencemari obat. Lapisan silikon di bagian dalam syringe berperan penting dalam memastikan kelancaran pengeluaran obat. Namun, penggunaannya perlu dikendalikan secara ketat karena dapat menimbulkan masalah seperti agregasi protein atau kontaminasi silikon, yang berdampak pada stabilitas dan keamanan produk. Alternatif seperti penggunaan bahan inert, misalnya Teflon, sebagai pengganti elastomer karet, terbukti efektif dalam menurunkan risiko reaksi yang tidak diinginkan dan kontaminasi partikel silika.

Selain itu, teknologi analitik seperti *Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy (ICP-MS)* digunakan untuk memantau keberadaan logam berat seperti tungsten yang dapat lepas dari komponen jarum suntik, seperti pin tungsten. Kandungan logam ini berpotensi menyebabkan kerusakan pada protein terapeutik. Penggunaan bahan penutup dan lapisan pelindung inovatif, serta proses manufaktur yang terstandarisasi, terbukti efektif dalam menurunkan risiko kontaminasi dan memperpanjang masa simpan produk. Secara keseluruhan, keberhasilan pengembangan PFS sangat bergantung pada pemilihan material yang tepat, teknologi pelapisan (*coating*), dan proses produksi yang terkendali. Faktor-faktor ini krusial untuk memenuhi standar keamanan dan stabilitas, serta mencegah interaksi yang merugikan antara obat dan kemasan, terutama pada produk bioteknologi dan vaksin yang sangat sensitif.

## KESIMPULAN

Pengembangan teknologi pengemasan farmasi modern, seperti sistem farmasi cerdas berbasis RFID dan sensor lingkungan, smart packaging dengan indikator suhu dan kelembapan, serta penggunaan sistem informasi, gudang pintar, dan blockchain, terbukti mampu meningkatkan pengelolaan, pengawasan, dan keterlacakan obat secara efektif. Teknologi bridge cap dengan pengukuran torsi menghadirkan kemasan yang aman dan mudah dibuka, terutama bagi lansia sekaligus mencegah akses anak-anak. Metode Blow-Fill-Seal (BFS) memberikan solusi pengemasan steril dan efisien untuk produk biopharmaceutik yang sensitif, meskipun memerlukan pengendalian suhu dan pengujian yang ketat. Selain itu, penggunaan bahan dan lapisan khusus pada prefilled syringe (PFS) dapat menjaga kestabilan dan keamanan obat. Secara keseluruhan, penggunaan berbagai teknologi pengemasan ini tidak hanya meningkatkan kualitas dan keamanan obat, tetapi juga membantu memperlancar proses distribusi dan pengawasan obat. Inovasi-inovasi ini dapat meningkatkan kepercayaan masyarakat serta mendukung keberhasilan pengobatan, terutama untuk pasien yang memiliki kebutuhan khusus seperti anak-anak dan lansia. Dengan begitu, perkembangan teknologi pengemasan obat menjadi sangat penting untuk memastikan obat yang sampai ke tangan pengguna aman, efektif, dan tetap terjaga kualitasnya.

## SARAN

Pengembangan teknologi pengemasan farmasi perlu terus didorong dengan fokus pada peningkatan keamanan, kemudahan penggunaan, dan pelacakan produk. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi tantangan teknis, seperti kestabilan bahan kemasan dan integrasi sistem digital dalam rantai pasok. Selain itu, regulasi yang jelas dan standarisasi penggunaan teknologi pengemasan modern harus diperkuat agar penerapan inovasi ini dapat berjalan optimal dan aman bagi konsumen. Peningkatan edukasi kepada pelaku industri dan pengguna juga penting untuk memastikan teknologi dapat dimanfaatkan secara maksimal dalam menjaga mutu dan keamanan obat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, 2018. Peraturan BPOM No. 33 Tahun 2018 tentang Penerapan 2D Barcode dalam Pengawasan Obat dan Makanan. Jakarta: BPOM RI.
- [2] Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, 2019. Peraturan BPOM No. 20 Tahun 2019 tentang Persyaratan Keamanan Bahan Kemasan Pangan dan Farmasi. Jakarta: BPOM RI.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, 2015. SNI 8218:2015 – Kertas dan karton untuk kemasan pangan primer. Jakarta: BSN.
- [4] Berels, C., Lamsal, A., Bix, L. and Bush, T.R., 2024. Quantifying removal torque for application in a new child-resistant and senior friendly package. *Journal of Pharmaceutical Packaging Technology*, 10(1): 45-58.
- [5] Borse, S.A., Gorle, A.P. and Patil, K., 2020. Prefilled syringe: a review of injectable dosage form delivery system. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*,

- 14(2): 123-134.
- [6] Gerrans, J., Donyai, P., Finlay, K. and Sherratt, R.S., 2023. An efficient smart pharmaceutical packaging technology framework to assess the quality of returned medication through non-intrusively recording storage conditions after dispensation. *Pharmaceutical Technology Journal*, 18(4): 210-225.
- [7] International Organization for Standardization, 2018. ISO 15378: Primary packaging materials for medicinal products – Particular requirements for the application of ISO 9001:2015, with reference to good manufacturing practice (GMP). Geneva: ISO.
- [8] Osadchy, S., 2024. Smart packaging of pharmaceutical products. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology*, 11(3): 150-160.
- [9] Pacharne, P.K., Bhivsane, M. and Sanap, G., 2023. A review on Blow Fill Seal machine. *International Journal of Pharmaceutical Manufacturing*, 7(2): 78-87.
- [10] Pratik, Thakur, Sourabh D., Pandhare, Yuvraj, Sul, Sandesh dan Parab, Mahadev, 2018. Pharmaceutical packaging technology: A brief outline. *World Journal of Advance Healthcare Research*, 2(1): 16-21.
- [11] Rahmayanti, S.U., 2020. Tren dan kemajuan terbaru teknologi kemasan sediaan farmasi. *Farmaka*, Universitas Padjadjaran.
- [12] Sahroni, A.K. and Sodik, J.J., 2024. Integrasi teknologi di gudang farmasi: tantangan dan peluang untuk meningkatkan kualitas dan keamanan obat. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 9(1): 33-44.
- [13] Thakur, S.D., Pandhare, Y., Sul, S. dan Parab, M., 2022. Pharmaceutical packaging technology: A brief outline, *World Journal of Pharmaceutical Research*, 11(4): 655-665.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN