

# Rancangan *Framework* Sistem *Traceability* untuk Menjamin Keamanan Obat Sirup Anak di Indonesia

Adinda Sekar Ludwika<sup>1\*</sup>, Kresna Adi Mahendra<sup>2</sup>, Isyfan Falah<sup>3</sup>, Wahyu Surya Rahman<sup>4</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta<sup>1</sup>

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada<sup>2,3,4</sup>

adinda.sekarludwika@mesin.pnj.ac.id<sup>1</sup>, krisnarocky@gmail.com<sup>2</sup>, isyfanfalah82@gmail.com<sup>3</sup>,  
ws.rahman11@gmail.com<sup>4</sup>

---

## Informasi Artikel

### Riwayat Artikel:

Disubmit Desember 8, 2025  
Diterima Juni 02, 2026  
Diterbitkan Juni 07, 2026

---

### Kata Kunci:

*Traceability*  
Obat Sirup Anak  
*Healthcare*  
*Supply Chain*  
*System Development Life Cycle*  
(*SDLC*)

---

## ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah penduduk terbesar di dunia termasuk pada jumlah balitanya. Besarnya jumlah angka balita ini mengharuskan Indonesia memiliki fasilitas sistem kesehatan yang memadai. Keamanan obat yang dikonsumsi adalah hal terpenting sehingga memerlukan sistem pengawasan yang ketat. Salah satu permasalahan yang terjadi adalah obat sirup anak yang berbahaya. Salah satu cara untuk mengendalikan permasalahan obat sirup adalah dengan melakukan *tracing* obat melalui sistem *traceability* sehingga dapat mempermudah untuk mengetahui persebaran distribusi obat. *Traceability* merupakan metode untuk melakukan *tracing* dengan memanfaatkan teknologi informasi seperti proses produksi, regulasi, dan keseluruhan proses *pharmaceutical supply chain* mulai dari pihak *manufacturer* hingga *retailer*. Perancangan berbasis *System Development Life Cycle (SDLC)* dalam penelitian ini digunakan untuk menyusun sistem yang terdiri dari beberapa langkah seperti investigasi sistem, analisis sistem *traceability*, dan desain sistem. Hasil penelitian berupa rancangan sistem *traceability* berbasis *QR Code* dengan mengkombinasikan antara internal *traceability* dan eksternal *traceability* berbentuk 2 model *QR Code* yang berisi informasi *tracing* yang berbeda. Sistem ini berbasis *real time* untuk memudahkan transparansi *supply chain* dan *tracing* obat sirup anak sebagai langkah mitigasi dari permasalahan obat sirup berbahaya bagi anak.

© This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

---

### \*Penulis Korespondensi:

Adinda Sekar Ludwika  
Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Jakarta  
Depok, Jawa Barat, Indonesia  
Email: adinda.sekarludwika@mesin.pnj.ac.id

---

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah penduduk terbesar di dunia dengan jumlah populasi sebesar 284,44 juta jiwa [1]. Jumlah tersebut menjadikan Indonesia menduduki peringkat keempat sebagai negara dengan populasi paling banyak di dunia. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, sampai pada tahun 2021 terdapat 30,83 juta anak usia dini di Indonesia. Dari jumlah tersebut, 13,56% merupakan bayi (usia < 1 tahun), 57,16% diantaranya

merupakan balita (usia 1-4 tahun), serta 29,28% merupakan anak prasekolah (usia 5-6 tahun). Besarnya jumlah angka balita ini mengharuskan Indonesia memiliki sarana dan prasarana kesehatan yang aman dan memadai. Hal ini dikarenakan pada usia tersebut merupakan usia pertumbuhan yang digolongkan sebagai tahapan perkembangan anak yang rentan terhadap berbagai serangan penyakit [2]. Oleh karena itu, kelompok usia balita memerlukan perhatian khusus dalam perkembangan dan pertumbuhannya khususnya makanan dan obat-obatan yang dikonsumsi.

Keamanan obat-obatan yang dikonsumsi menjadi hal terpenting karena memerlukan pengawasan yang ekstra ketat dalam proses produksinya agar tidak menimbulkan penyakit baru. Obat yang tidak aman mungkin tidak memiliki bahan aktif, atau mungkin mengandung beberapa bahan berbahaya dan beracun jika diberikan kepada manusia. Kegagalan perusahaan farmasi seperti itu menjadikan konsumen membayar produk dengan nilai obat yang buruk atau tidak ada sama sekali yang menciptakan banyak masalah lain [3]. Salah satu masalah yang muncul akibat kurangnya pengawasan obat-obatan yang beredar adalah munculnya penyakit gagal ginjal akut pada anak di Indonesia yang sempat marak terjadi pada tahun 2022.

Statistik mencatat terdapat 204 anak meninggal dunia diakibatkan menderita gagal ginjal akut [4]. BBC melaporkan hal serupa kembali terjadi di India pada Oktober 2025, dengan kasus kematian berjumlah 19 anak [5]. Kasus gagal ginjal akut pada anak diduga diakibatkan oleh konsumsi obat batuk jenis sirup [6]. Permasalahan ini dikarenakan adanya kandungan senyawa berbahaya yang menyebabkan gagal ginjal akut. Beberapa kandungan senyawa tersebut adalah Etilen Glikol (EG), Dietilen Glikol (DEG), dan Etilen Glikol Butil Eter (EGBE). Kandungan senyawa tersebut melebihi ambang batas aman atau *Tolerable Daily Intake* (TDI) untuk cemaran EG dan DEG sebesar 0,5 mg/kg berat badan per hari [7].

Banyaknya jenis dan varian obat batuk sirup dan penurun panas yang dilarang menjadi suatu persoalan karena persebaran dari obat tersebut mencakup seluruh wilayah di Indonesia. Hal tersebut dapat menyebabkan sulitnya proses penarikan obat dari pasaran. Informasi yang tersedia yang dimiliki perusahaan terkait persebaran atau distribusi obat menjadi peranan kunci untuk mempercepat proses *tracing* obat sirup. Dalam perkembangan manajemen *supply chain* saat ini, kemampuan dalam pertukaran informasi, integrasi, dan komunikasi antar pelaku sangat diperlukan untuk menjamin keamanan dan mutu obat. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sistem ketertelusuran berbasis IT dalam *supply chain* farmasi [8].

Salah satu cara untuk melakukan *tracing* obat tersebut adalah dengan membuat sistem pelacakan atau *tracing* yang dapat diakses oleh perusahaan sehingga dapat mempermudah untuk mengetahui persebaran distribusi obat sirup dan mempercepat proses penarikan obat sirup. *Tracing* ini dapat diselesaikan dengan melakukan sistem *traceability*. *Traceability* adalah sebuah sistem yang menyediakan informasi berkaitan dengan riwayat dan perpindahan sebuah barang melalui setiap tahapan proses produksi dan distribusinya. Sistem ini mengharuskan pelaku *supply chain* mengetahui siapa yang memasok *raw material* ke perusahaan dan kepada siapa produk dikirimkan, sehingga masing-masing aktor memiliki akses informasi baik ke arah hulu (*upstream*) maupun ke arah hilir (*downstream*) [9].

*Traceability* dengan analisis proses bisnis dilakukan untuk melakukan pemetaan aktivitas level pelacakan secara lengkap [10]. Selain itu, dengan adanya sistem *traceability* dapat membantu pemerintah dalam mencegah penjualan produk obat dengan kandungan yang berbahaya [11]. Alternatif teknologi sistem informasi mengenai *traceability* yang banyak digunakan adalah *Quick Response Code* (QR Code) [12]. Sistem *tracing* pada dasarnya didasarkan pada tiga faktor, yaitu sistem identifikasi produk, sistem manajemen *supply chain*, dan *database* pusat [13]. *Barcode* 2D telah menjadi pendekatan yang efektif untuk identifikasi produk. Pada sebagian besar aplikasi, label produk yang berisi *Barcode* 2D dicetak oleh *printer barcode* yang terhubung dengan sistem manajemen *supply chain*. *Barcode* 2D berisi informasi produk, termasuk *ID batch* produksi, nama perusahaan, hasil verifikasi, dan dilampirkan pada permukaan produk [14].

Sistem *tracing* dengan sistem QR Code merupakan sistem yang relatif murah (*low cost*) dan dapat merekam data dengan jumlah yang besar, selain itu mudah untuk diadopsi ke dalam perusahaan. Penerapan sistem *tracing* dapat diimplementasikan dengan mudah dan dapat

menjangkau bagi siapapun yang menggunakan *smartphone*. Hal ini karena dan internet akan menjadi fondasi pengembangan sistem *tracing* yang berbiaya rendah (*low cost*) [15]. Penggunaan teknologi *traceability* dalam industri farmasi memberikan kode identitas unik yang ditetapkan untuk setiap obat, sehingga memungkinkan transisi perpindahan proses *supply chain* yang aman. Kode identitas ini diberikan pada tahap awal *supply chain*, dan obat yang diberi *tag* harus mempertahankan identitasnya hingga mencapai tahap akhir konsumsi [3].

Pentingnya *tracing* obat melalui semua tahapan *Pharmaceutical Supply Chain*, dari tahap bahan baku hingga tahap konsumsi oleh pasien bertujuan untuk mencegah terjadinya masalah dalam obat ketika dipasarkan. Pemalsuan obat dapat terjadi pada setiap tahapan *supply chain*. Namun, teknologi *tracing* dapat membuat perusahaan farmasi menjadi *resilience* terhadap *supply chain*. Penelitian lain di bidang ini telah menunjukkan bahwa metode yang dapat dilacak, seperti penggunaan RFID, *Electronic Product Code* (EPC), dan strategi *business-to-business* (B2B) dapat memastikan bahwa item dapat dilacak pada tingkat terkecil atau individu [16]. Hal ini berarti bahwa dengan menggunakan sistem *traceability*, perusahaan mampu mengatasi masalah peredaran obat palsu dan obat berbahaya .

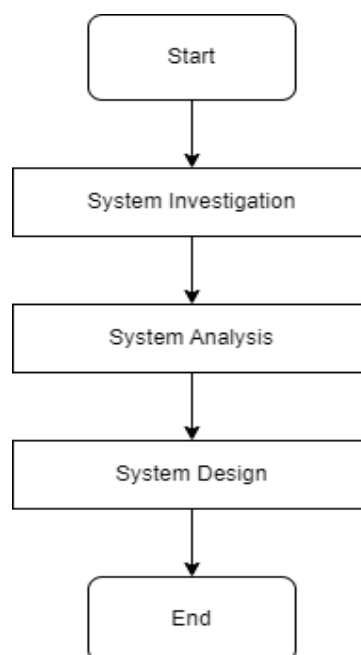
Berdasarkan paparan tersebut, maka dalam penelitian ini diusulkan *framework traceability* berbasis *QR code* untuk menyelesaikan permasalahan persebaran lokasi distribusi obat sirup dan mempercepat proses penarikan obat. Dengan menerapkan *traceability* berbasis *QR Code* maka proses *tracing* obat yang telah terdistribusi diharapkan menjadi lebih efektif dan efisien. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadi kembali jatuhnya korban karena obat sirup anak.

## 2. METODE

Prosedur penelitian *traceability system* pada obat sirup batuk anak adalah dengan memadukan beberapa aspek terkait yaitu *system development life cycle*, alur *supply chain* obat sirup, dan *traceability information*.

### 2.1. System Development Life Cycle

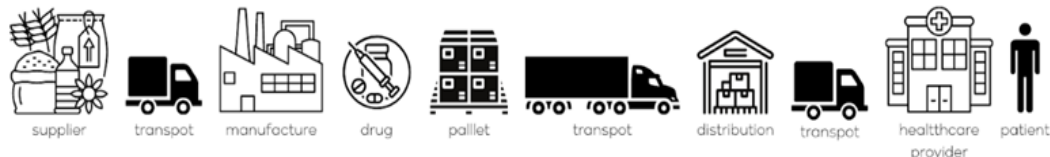
Perancangan dan pengembangan sistem *traceability* dilakukan dengan pendekatan *System Development Life Cycle* (SDLC) yang terdiri dari beberapa langkah yaitu, (1) investigasi sistem dari proses manufaktur dan bisnis obat sirup, (2) analisis sistem *traceability*, dan (3) desain sistem [17].



**Gambar 1.** Metode *Framework* Sistem *Traceability*

## 2.2. Alur Supply Chain

Alur *supply chain* digunakan untuk memetakan proses pembuatan obat mulai dari proses manufaktur, distribusi hingga ke tangan konsumen dilakukan pemetaan sebagai penentu alur untuk melakukan urutan sistem *traceability*. Dalam proses *supply chain* sirup obat batuk dan penurunan panas pada anak, alur yang dimiliki tidak jauh berbeda dengan proses produksi manufaktur pada umumnya. Namun *supply chain* farmasi lebih kompleks daripada jenis *supply chain* lainnya. Hal ini karena adanya perubahan terus menerus dalam kepemilikan obat antara pemasok bahan mentah hingga sampai ke tangan pasien. Adapun alur proses *supply chain* pada pembuatan sirup obat batuk ada pada Gambar 2. berikut.



Gambar 2. Alur Umum Supply Chain Obat Sirup

## 2.3. Traceability Information

Dalam merancang *framework* sistem *traceability* pada produk obat sirup anak, maka diperlukan informasi di setiap pemangku kepentingan mulai dari pihak *manufacturer* hingga *retailer* seperti apotek untuk mengetahui peranan masing-masing *stakeholder* agar sistem *traceability* yang dibuat dapat sesuai dengan tujuannya. Sistem *traceability* berfokus pada aliran informasi yang ada pada lima tingkatan *supply chain* pada *pharmaceutical supply chain* yaitu [18]:

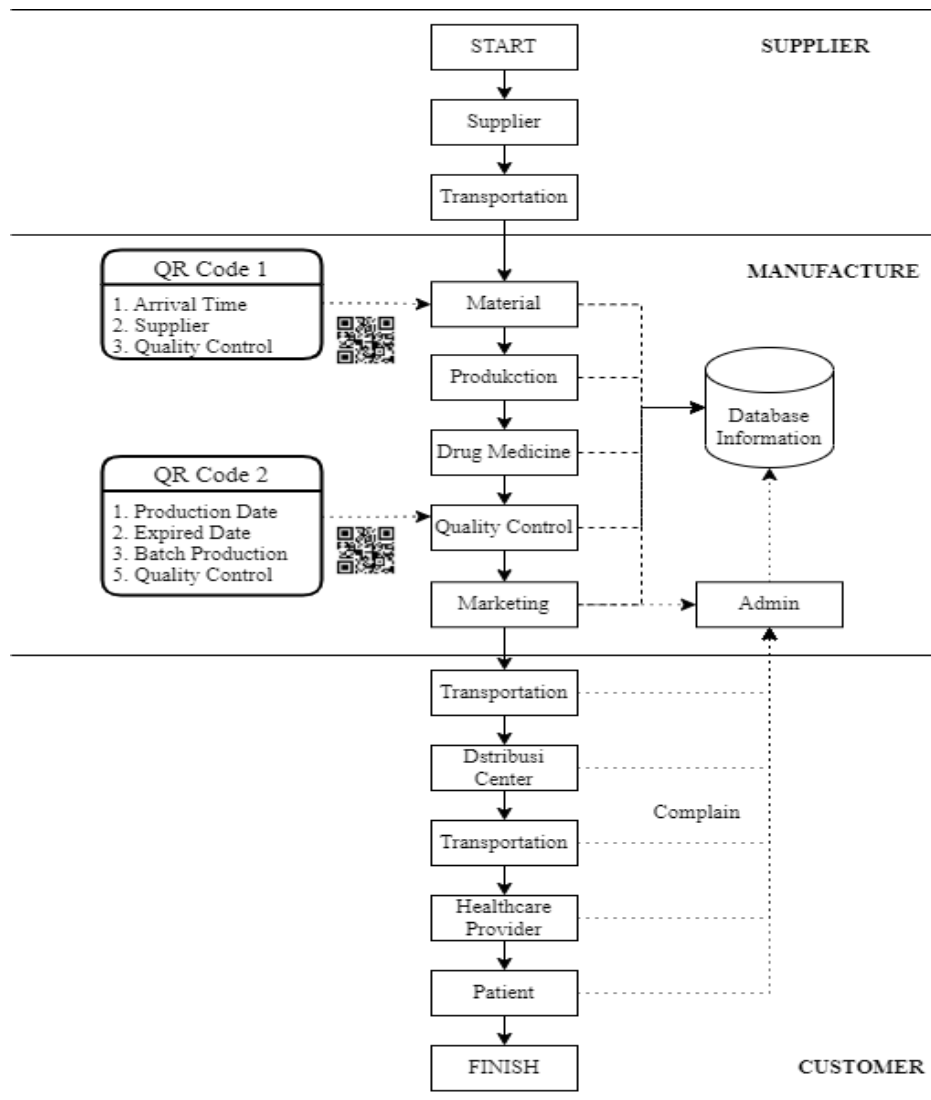
1. Produsen utama, yang bertanggung jawab atas produksi bahan aktif yang dibutuhkan.
2. Manufaktur sekunder, yang bertanggung jawab atas proses produksi lebih lanjut (pusat manufaktur).
3. Pusat distribusi utama.
4. Pusat distribusi lokal (apotek).
5. Zona tujuan/titik permintaan (konsumen).

## 2.4. Use Case Diagram

*Use case diagram* adalah diagram yang digunakan dalam *software engineering* untuk mengilustrasikan sistem. Diagram ini menjelaskan interaksi antara aktor pada sistem secara visual [19]. Aktor dalam interaksi sistem ini dapat berupa *user*, sistem lain, atau *hardware*. Penggunaan *use case diagram* pada rancangan model *traceability* dalam bentuk QR bertujuan untuk mengetahui interaksi pengguna sistem dengan informasi *tracing*.

## 3. HASIL DAN ANALISIS

Sistem *traceability* yang dirancang untuk menyelesaikan permasalahan sistem *tracing* sirup obat dengan berbasis *QR Code* ditampilkan dengan sebuah rancangan *framework* yang menampilkan proses atau alur kinerja dari sistem *tracing*. Bentuk sistem *traceability* yang diusulkan berbentuk dua *QR Code* yang memiliki fungsinya masing-masing. *QR Code* 1 digunakan untuk melakukan *tracing* mengenai bahan baku yang meliputi waktu kedatangan, asal *supplier* dan proses *quality control* bahan baku. Sedangkan *QR Code* 2 berisi mengenai *tracing* saat sirup obat sudah diproduksi. Informasi yang terkandung dalam *QR Code* 2 adalah berisi tanggal produksi, tanggal kadaluarsa, *batch* produksi dan *quality control* dari *finished good*.



**Gambar 3.** Framework Sistem Traceability Obat Sirup

Terdapat dua aspek yang dilibatkan dalam perancangan *framework* sistem *traceability* yang diusulkan, yaitu internal *traceability* dan eksternal *traceability*. Kombinasi kedua konsep sistem *traceability* ini akan mempercepat respon perusahaan apabila ditemukan keluhan dari konsumen terkait dengan obat yang dikonsumsi. Internal *traceability* akan memuat informasi-informasi dari dalam perusahaan sedangkan pada eksternal *traceability* akan memfasilitasi konsumen untuk menyampaikan keluhannya kepada perusahaan sehingga perusahaan dapat merespon dengan lebih cepat.

Dalam sistem *traceability* pada sirup obat batuk dan penurun panas, informasi pada setiap lini *supply chain* dibutuhkan untuk memudahkan proses *tracing* dengan informasi yang sedetail mungkin. Bagian informasi yang terdapat pada bagian ini adalah pelabelan obat yang diresepkan, fitur keamanan pada kemasan dan persyaratan dokumentasi pada berbagai pelaku dalam *supply chain* farmasi. Informasi ini nantinya akan ditampilkan pada *QR Code* untuk melakukan *tracing*. Sistem *traceability* yang dilakukan pada penelitian ini memiliki hasil berupa dua sistem *traceability* (internal dan eksternal) sehingga terdapat 2 *QR Code* yang dihasilkan.

*QR code* 1 digunakan untuk sistem *traceability* dalam lini *supply chain* saat akan dilakukan proses produksi. Proses ini memungkinkan pihak manufaktur untuk melakukan *tracing* mengenai kedatangan bahan baku, asal *supplier* dan kondisi kualitas bahan baku yang akan digunakan untuk produksi. Tujuan adanya *tracing* internal saat akan dilakukan proses produksi adalah untuk

mengetahui bahan baku yang mungkin menyebabkan masalah ketika diproduksi nanti. Beberapa masalah yang muncul dalam produksi dapat berupa kandungan obat yang kurang sesuai, kualitas bahan baku yang nantinya mempengaruhi kualitas obat, dan batas waktu obat dapat dikonsumsi jika dilihat dari kedatangan bahan baku. Tabel 1. berikut menyajikan informasi yang ada pada QR Code 1 dan isi informasi yang terkandung di dalamnya.

**Tabel 1.** Informasi di QR Code 1

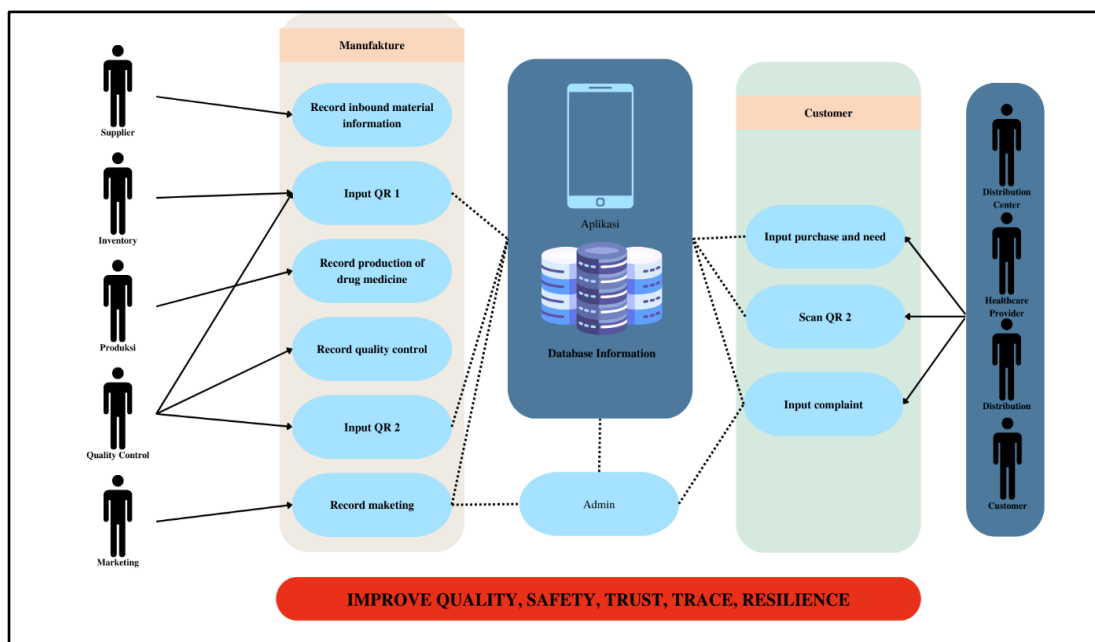
<i>Information on QR Code 1</i>	<i>Explanation</i>
<i>Arrival Time</i>	Waktu kedatangan bahan baku
<i>Supplier</i>	Asal <i>supplier</i> yang menyetorkan bahan baku
<i>Quality Control Checking</i>	Informasi mengenai proses kontrol kualitas pada bahan baku yang memuat kandungan persentase senyawa aktif dalam bahan baku

QR code 2 digunakan untuk sistem *traceability* dalam lini *supply chain* setelah dilakukan proses produksi atau dalam berupa produk jadi. Proses ini memungkinkan untuk melakukan *tracing* mengenai *finished good* obat sirup yang didalamnya terdapat informasi primer mengenai tanggal produksi, tanggal kadaluarsa, *batch* produksi dan *quality control*. Selain itu terdapat informasi mengenai pendistribusian obat yang berisi informasi jumlah obat yang didistribusikan serta obat tersebut didistribusikan menuju perusahaan hingga pusat distribusi lokal (apotek) yang dituju. Tujuan adanya *tracing* eksternal ini adalah untuk mengetahui persebaran obat tersebut sehingga memudahkan ketika terjadi permasalahan seperti yang sedang terjadi di Indonesia yaitu adanya kandungan berbahaya pada obat sirup. Tabel 2. berikut menyajikan informasi yang ada pada QR Code 2 dan isi informasi yang terkandung di dalamnya.

**Tabel 2.** Informasi di QR Code 2

<i>Information on QR Code 2</i>	<i>Explanation</i>
Nama obat	Nama obat yang digunakan di pasaran
Zat aktif	Zat aktif secara biologis
Tanggal kadaluarsa	Menunjukkan periode dimana produk dapat dikonsumsi jika disimpan dan hingga kapan dapat dikonsumsi
<i>Batch</i> number	Jumlah kuantitas barang yang diproduksi dalam satu proses produksi
Jumlah <i>package</i>	Kuantitas dari pengiriman kontainer
Nama dan alamat perusahaan yang menjual produk ke apotek	Rincian kontak ke perusahaan yang disetujui oleh manufaktur untuk menjual obat ke apotek

*Use case diagram* digunakan untuk mengetahui interaksi antara aktor dengan sistem secara visual. Aktor-aktor tersebut terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu internal (dalam perusahaan) dan eksternal (konsumen). Dalam *framework* yang dirancang dapat dilihat bahwa pada bagian eksternal *traceability* konsumen dapat menyampaikan keluhannya terkait dengan obat yang dikonsumsi, kemudian perusahaan akan melakukan pemeriksaan data-data informasi yang berkaitan dengan *distributor* (transportasi), *distribution center*, *healthcare provider* (rumah sakit, apotek, klinik, laboratorium, dll), hingga ke pasien tingkat akhir. Jika terjadi gagal produk maka perusahaan dapat melakukan *recall* produk dengan lebih cepat agar tidak menimbulkan korban jiwa. Pada bagian internal *traceability* terdiri atas entitas internal perusahaan, aplikasi dan *database*, dan konsumen yang saling terintegrasi secara *realtime*. *Framework* usulan ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas, keamanan, kepercayaan, penelusuran, dan ketangguhan dari perusahaan manufaktur produk obat. Sistem ini menciptakan komunikasi 2 arah antara perusahaan dan konsumen melalui aplikasi berbasis *database* yang mana sejalan dengan praktik *healthcare 4.0*, yaitu pembuatan sistem informasi, *barcode*, aplikasi dan *database*.



**Gambar 4.** Use Case Diagram

*Use case diagram* pada penelitian ini menggambarkan sistem *traceability* produk obat sirup anak berbasis *QR Code* yang terintegrasi dari sisi manufaktur hingga pengguna akhir. Sistem melibatkan aktor internal yaitu *supplier*, *inventory*, produksi, *quality control*, *marketing*, dan admin. Aktor eksternal yang terlibat mencakup *customer*, *healthcare provider*, dan *distribution center*, yang seluruhnya terhubung melalui aplikasi dan *database* terpusat. Pada tahap manufaktur, sistem digunakan untuk mencatat informasi bahan baku, proses produksi, dan hasil *quality control*, yang direpresentasikan melalui dua tahap *QR Code*, yaitu *QR Code 1* untuk material, *inventory*, *quality control* dan *QR Code 2* untuk produk jadi. Data tersebut disimpan dalam *database* dan dikelola oleh admin untuk menjamin konsistensi dan keandalan informasi. Di sisi pengguna, sistem memungkinkan *input data* pembelian dan kebutuhan produk, pemindaian *QR Code* untuk memperoleh informasi riwayat produk secara menyeluruh, serta penyampaian keluhan. Implementasi sistem ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas, keamanan, kepercayaan, *traceability*, dan ketahanan *pharmaceutical supply chain* yang saling terintegrasi secara *real-time*.

#### 4. KESIMPULAN

Sistem *traceability* yang dirancang untuk menyelesaikan permasalahan sistem *tracing* obat sirup anak dengan berbasis *QR Code* dirancang dengan mengkombinasikan antara internal *traceability* dan eksternal *traceability* yang berbentuk 2 model *QR Code* yang berisi informasi *tracing* yang berbeda. Sistem yang dikembangkan berbasis informasi *real time* yang dapat memberikan informasi dari hulu hingga ke hilir yang memudahkan transparansi *supply chain*. Sistem *tracing* juga membantu memastikan bahwa kegiatan produksi sesuai dengan standar operasional dan memperhatikan kualitas mutu hingga obat sirup siap dipasarkan. Adanya *framework traceability* di lini *supply chain* obat sirup anak diharapkan dapat memudahkan proses *tracing* obat yang sudah beredar di pasaran untuk menyelesaikan permasalahan obat sirup berbahaya bagi anak. Selain itu, *framework traceability* ini juga diharapkan dapat dikembangkan sehingga tidak hanya untuk obat sirup anak saja, tetapi juga dapat diterapkan pada seluruh produk farmasi.

**REFERENSI**

- [1] BPS, "Catalog : 1101001," *Stat. Indones.* 2020, vol. 53, 2025, p. 790, 2025.
- [2] C. A. Maharani, S. B. Musthofa, and B. Tirto, "Perilaku Ibu Dalam Mencegah Kekambuhan Pneumonia Pada Bayi dan Balita di Kota Semarang," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 7, no. 2, pp. 73–80, 2019.
- [3] M. Haji, L. Kerbache, K. M. Mahaboob Sheriff, and T. Al-Ansari, "Critical success factors and traceability technologies for establishing a safe pharmaceutical supply chain," *Methods Protoc.*, vol. 4, no. 4, 2021, doi: 10.3390/mps4040085.
- [4] S. ARANDITIO, "Setahun Korban Obat Sirup Beracun Menanti Janji Pemerintah," *07 Nov 2023*, 2023. <https://www.kompas.id/artikel/setahun-korban-obat-beracun-masih-menanti-janji-pemerintah> (accessed Nov. 27, 2025).
- [5] S. Biswas, "Kasus obat batuk sirup beracun terjadi lagi di India, 19 anak meninggal dunia gagal ginjal," *12 Oktober 2025*, 2025. <https://www.bbc.com/indonesia/articles/cq1zney26w9o> (accessed Nov. 29, 2025).
- [6] S. R. Soleman *et al.*, "Effects of diethylene glycol contamination of pharmaceutical products on unexplained acute kidney injury in children : a systematic review," vol. 67, no. 8, pp. 395–402, 2024.
- [7] P. Strategy, "REVIEW ARTICEL," vol. 6, no. 4, pp. 1906–1911, 2023.
- [8] P. B. Purwandoko, K. B. Seminar, Sutrisno, and Sugiyanta, "Development of a smart traceability system for the rice agroindustry supply chain in Indonesia," *Inf.*, vol. 10, no. 10, 2019, doi: 10.3390/info10100288.
- [9] T. Bosona and G. Gebresenbet, "Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain," *Food Control*, vol. 33, no. 1, pp. 32–48, 2013, doi: 10.1016/j.foodcont.2013.02.004.
- [10] H. Nabli, A. Ghannem, R. Ben Djemaa, and L. Sliman, "How innovative technologies shape the future of pharmaceutical supply chains," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 199, no. March 2024, p. 110745, 2025, doi: 10.1016/j.cie.2024.110745.
- [11] H. Zhu, Y. Cheng, X. Song, Y. Zhou, F. Liu, and Z. Chen, "Enhancing transparency and traceability in complex supply chains: Fine-grained access control, accuracy evaluation, and secure storage," *J. Inf. Secur. Appl.*, vol. 93, no. July, p. 104169, 2025, doi: 10.1016/j.jisa.2025.104169.
- [12] K. Kunci, "Review Pemanfaatan QR Code pada Ketertelusuran Makanan (Food Traceability)," *J. Ilm. Komputasi*, vol. 19, no. 2, pp. 257–264, 2020, doi: 10.32409/jikstik.19.2.92.
- [13] P. Olsen and M. Borit, "The components of a food traceability system," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 77, no. December 2017, pp. 143–149, 2018, doi: 10.1016/j.tifs.2018.05.004.
- [14] J. Qian, B. Xing, B. Zhang, and H. Yang, "Optimizing QR code readability for curved agro-food packages using response surface methodology to improve mobile phone-based traceability," *Food Packag. Shelf Life*, vol. 28, no. January, p. 100638, 2021, doi: 10.1016/j.fpsl.2021.100638.
- [15] M. M. Aung and Y. S. Chang, "Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives," *Food Control*, vol. 39, no. 1, pp. 172–184, 2014, doi: 10.1016/j.foodcont.2013.11.007.
- [16] T. Paul, N. Islam, S. Mondal, and S. Rakshit, "RFID-integrated blockchain-driven circular supply chain management: A system architecture for B2B tea industry," *Ind. Mark. Manag.*, vol. 101, no. January, pp. 238–257, 2022, doi: 10.1016/j.indmarman.2021.12.003.
- [17] A. Perdana, S. Dewi, N. A. Farhana, and D. Febrian, "Comparative Analysis of SDLC and R & D Methods in System Development : A Case Study of Integrity Zone Management System," vol. 9, no. 4, pp. 3197–3209, 2025.
- [18] R. B. da Silva and C. A. de Mattos, "Critical success factors of a drug traceability system for creating value in a pharmaceutical supply chain (PSC)," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 16, no. 11, p. 1972, 2019.
- [19] R. P. Nair, M. G. Thushara, and K. Somasundaram, "Graph-Based Generation and Validation of Use Case Diagrams," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 259, pp. 1356–1365, 2025, doi: 10.1016/j.procs.2025.04.090.