

PENERAPAN METODE TRACEABILITY DALAM SUPPLY CHAIN MANAJEMEN PERUMDAM TIRTA SERAMBI KOTA PADANG PANJANG UNTUK MENINGKATKAN KEPERCAYAAN DAN KEPUASAN KONSUMEN

IMPLEMENTATION OF TRACEABILITY METHOD IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT OF PERUMDAM TIRTA SERAMBI CITY OF PADANG PANJANG TO IMPROVE CONSUMER TRUST AND SATISFACTION

Bima Aditya¹, Sri Widyanesti²,

¹ Prodi S1 Manajemen Bisnis Telekomunikasi & Informatika, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Telkom

Abstrak

Air bersih merupakan kebutuhan dasar masyarakat yang masih menghadapi berbagai tantangan, khususnya di daerah dengan karakteristik geografis unik seperti Kota Padang Panjang. Penelitian ini mengkaji penerapan sistem traceability untuk meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam manajemen rantai pasok air bersih di Perumdam Tirta Serambi, dengan memanfaatkan teknologi sebagai pendukung.

Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif melalui wawancara mendalam dengan stakeholders dan studi dokumentasi. Fokus utama penelitian adalah mengidentifikasi titik-titik kritis dalam rantai pasok air serta mengevaluasi efektivitas sistem traceability dalam meningkatkan kualitas pelayanan kepada masyarakat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem traceability mampu memantau seluruh alur distribusi air secara real-time. Penerapan business process reengineering berhasil menyusun model distribusi yang lebih efisien dengan mengoptimalkan proses-proses kunci dalam rantai pasok.

Blockchain digunakan sebagai teknologi pendukung untuk mengamankan data kritis dan meningkatkan transparansi proses. Sistem ini terbukti mampu meningkatkan akuntabilitas pengelolaan air bersih dari sumber hingga ke konsumen, sekaligus mempermudah identifikasi titik-titik rawan dalam distribusi.

Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan sistem manajemen air bersih yang lebih modern. Ke depan, sistem ini berpotensi dikembangkan lebih lanjut dengan mengintegrasikan teknologi IoT untuk pemantauan yang lebih komprehensif dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Blockchain, Keterlusuran, Kualitatif, Penjaminan Mutu, Rekayasa Ulang Proses Bisnis

Abstract

Clean water is a basic necessity for society that still faces various challenges, especially in regions with unique geographical characteristics such as the city of Padang Panjang. This study examines the implementation of a traceability system to enhance transparency and accountability in the clean water supply chain management at Perumdam Tirta Serambi, utilizing technology as a supporting tool.

The research method employs a qualitative approach through in-depth interviews with stakeholders and document studies. The main focus of the study is to identify critical points in the water supply chain and evaluate the effectiveness of the traceability system in improving service quality to the community.

The results show that the traceability system can monitor the entire water distribution flow in real-time. The application of business process reengineering successfully developed a more efficient distribution model by optimizing key processes within the supply chain.

Blockchain technology is used as a supporting technology to secure critical data and enhance process transparency. This system has proven capable of increasing accountability in clean water management from the source to the consumer, while also facilitating the identification of vulnerable points in distribution.

This study provides an important contribution to the development of a more modern clean water management system. Moving forward, this system has the potential to be further developed by integrating IoT technology for more comprehensive and sustainable monitoring

I. Pendahuluan

Air bersih adalah kebutuhan pokok manusia yang sangat penting dan tidak bisa digantikan. Tanpa adanya air, kehidupan di bumi tidak akan berlangsung. Selain untuk kebutuhan minum, air bersih juga sangat dibutuhkan dalam menjaga kebersihan, sanitasi, dan kesehatan. Meskipun teknologi dan infrastruktur terus berkembang, akses terhadap air bersih masih menjadi tantangan besar bagi banyak masyarakat, termasuk di Indonesia (Rachmat Rizky, 2024). Kota Padang Panjang merupakan kota dengan wilayah dataran tinggi dengan ketinggian antara 650 hingga 850 meter di atas permukaan laut. Lokasi Padang Panjang berada di kawasan pegunungan yang diapit oleh tiga gunung, yaitu Singgalang, Marapi, dan Tandikek. Kota kecil di Provinsi Sumatera Barat ini memiliki suhu udara yang sejuk dan cenderung dingin, dengan suhu maksimum mencapai 26,1 derajat Celsius dan suhu minimum sekitar 21,8 derajat Celsius. Curah hujan di Padang Panjang tergolong cukup tinggi, dengan rata-rata curah hujan tahunan mencapai 3.295 mm per tahun (Pratiwi Melati, 2023). Menurut (Water Astro, 2024), curah hujan yang tinggi, air tanah dan air permukaan sering kali tercemar oleh partikel-partikel halus, lumpur, dan zat organik lainnya. Hujan deras membawa semua bahan tersebut ke dalam sumber air, seperti sumur, sungai, atau danau, yang kemudian dapat masuk ke saluran air rumah.

PDAM Kota Padang Panjang dibentuk melalui Peraturan Daerah Nomor 03 Tahun 1979, yang disahkan pada 18 Januari 1979 dan tercantum dalam Lembaran Daerah Nomor 02 Tahun 1980. Awalnya, pengelolaan dilakukan oleh Bagian Pemerintahan Kantor Wali Kota Padang Panjang sebagai Seksi Air Minum. Pada 17 Mei 1982, PDAM bertransformasi menjadi perusahaan daerah dengan kekayaan terpisah. Transformasi berikutnya terjadi pada 2002, ketika statusnya ditetapkan sebagai badan usaha milik Pemerintah Kota Padang Panjang melalui Peraturan Daerah Nomor 2 Tahun 2002. Perubahan terakhir berlangsung pada 11 Agustus 2023, ketika PDAM beralih menjadi Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Serambi Kota Padang Panjang melalui Peraturan Daerah Nomor 2 Tahun 2023 (Tirta Serambi Perumdam, 2023).

Tabel 1 Data Pelanggan

Kecamatan	Banyaknya Pelanggan Perumdam Menurut Kecamatan di Kota Padang Panjang	
	2021	2022
Padang Panjang Barat	6.641	6.746
Padang Panjang Timur	2.993	3.226

Berdasarkan Tabel 1.6 Data Pelanggan Perumdam Tirta Serambi, jumlah pelanggan Perumdam di Kota Padang Panjang mengalami peningkatan pada tahun 2022 dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Pada Kecamatan Padang Panjang Barat, jumlah pelanggan tercatat sebanyak 6.641 pada tahun 2021 dan meningkat menjadi 6.746 pada tahun 2022. Sementara itu, di Kecamatan Padang Panjang Timur, jumlah pelanggan juga mengalami kenaikan, dari 2.993 pada tahun 2021 menjadi 3.226 pada tahun 2022. Data ini menunjukkan adanya pertumbuhan jumlah pelanggan Perumdam di kedua kecamatan di Kota Padang Panjang selama periode 2021

hingga 2022 (Badan Pusat Statistika, 2023).

Survei Kepuasan Masyarakat (SKM) awal 2023 yang dilakukan oleh LPPM Universitas Andalas menunjukkan bahwa seluruh aspek layanan Perumda Air Minum Tirta Serambi Kota Padang Panjang memperoleh penilaian positif (Akhmad Nurdian, 2023). Mengacu pada ketentuan Kementerian PANRB, seluruh indikator tercatat dalam kategori sangat baik. Meski melayani wilayah dengan sekitar 60.000 penduduk dan tergolong perusahaan air minum daerah skala kecil, Perumda terus berkomitmen menjaga kualitas layanan. Kinerja Badan Usaha Milik Daerah ini pada tahun 2022 mencapai 3,55, menempatkannya pada peringkat kelima di seluruh nasional untuk kategori PDAM dengan jumlah pelanggan antara 10.000 dan 20.000 sambungan langganan. Ini juga menempatkannya pada peringkat kedua untuk seluruh PDAM di Sumatera Barat yang berjumlah 16 perusahaan. Perumda Air Minum Tirta Serambi Kota Padang Panjang saat ini memiliki 11.053 sambungan langganan, dengan cakupan layanan teknis sebesar 78,18% dan cakupan administrasi sebesar 67,72%. Tingkat kebocoran air *Non Revenue Water/NRW* adalah 25,18%, dengan jam pelayanan rata-rata 24 jam sehari (Akhmad Nurdian, 2023).

Dalam upaya memenuhi kebutuhan dasar masyarakat akan air bersih, Kota Padang Panjang telah mengembangkan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) yang beroperasi secara berkelanjutan (Tirta Serambi Perumdam, 2023). Namun demikian, pengelolaan sumber daya air di kota ini masih menghadapi berbagai tantangan serius. Kejadian ini berdampak signifikan terhadap kelancaran pelayanan air bersih di kota ini. Sepanjang tahun 2021 hingga 2024, Perumda Air Minum Tirta Serambi Kota Padang Panjang mengalami berbagai gangguan yang disebabkan oleh bencana alam, seperti cuaca ekstrem dengan curah hujan yang tinggi, banjir bandang, serta gempa bumi. Gangguan-gangguan tersebut tidak hanya menghambat kelancaran distribusi air, tetapi juga menurunkan kualitas air minum yang disalurkan kepada Masyarakat. Kondisi ini menyebabkan banyak warga terkena dampak, sehingga mereka mengeluhkan buruknya kondisi pelayanan air bersih di kota tersebut (Mukhlisin, Naidi. 2023)

II. Tinjauan Pustaka

A. Manajemen Operasi

Menurut Helmond dan Terry (2021), manajemen operasi mencakup rangkaian proses yang meliputi perencanaan, perancangan, pengendalian produksi, serta penyesuaian ulang proses bisnis guna menghasilkan produk atau layanan. Tanggung jawab utamanya terletak pada upaya menjaga efisiensi penggunaan sumber daya dan efektivitas dalam memenuhi kebutuhan pelanggan. Nakano et al. (2024) menambahkan bahwa manajemen operasi memadukan berbagai disiplin ilmu, baik teoritis maupun praktis, mencakup teknik, ekonomi, matematika, pemasaran, sistem, hingga psikologi. Santoso, Teguh, et al. (2023) menekankan bahwa manajemen operasional berjalan sebagai proses berkesinambungan, memanfaatkan fungsi-fungsi manajerial untuk mengintegrasikan berbagai sumber daya secara efisien demi mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

B. Quality Assurance

Quality Assurance (QA) memiliki peran dalam menetapkan dan menentukan berbagai persyaratan yang diperlukan dalam proses pembuatan atau pengembangan suatu produk agar menghasilkan kualitas yang optimal. Hal ini dilakukan karena kualitas produk merupakan aspek yang sangat krusial dan tidak bisa diabaikan. Menurut Tang et al, (2022), quality assurance tidak hanya berlaku pada produk atau layanan akhir, tetapi juga pada proses-proses yang digunakan untuk mewujudkan produk atau layanan tersebut. Proses quality assurance dapat

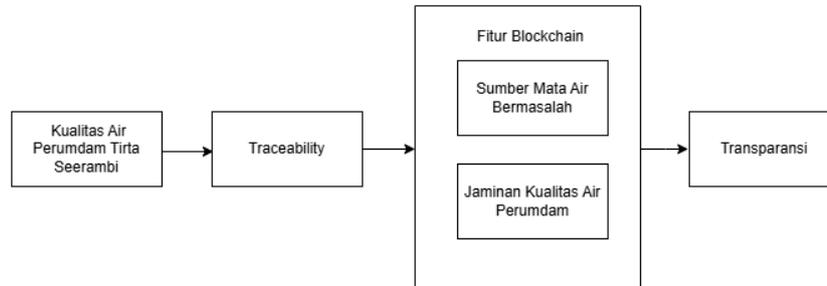
dilaksanakan sepanjang fase desain dalam pengembangan produk atau layanan. Selain itu, proses tinjauan yang digunakan pada tahap desain juga dapat diterapkan pada fase-fase pengembangan selanjutnya, termasuk perencanaan manufaktur, pembuatan prototipe, peluncuran, dan rilis produk. Quality assurance mengacu pada kebijakan, sikap, tindakan, dan prosedur yang diperlukan untuk memastikan bahwa kualitas dipertahankan dan ditingkatkan. Menurut Alamsyah et al. (2023) quality assurance dapat diselesaikan dengan memanfaatkan fitur traceability dari teknologi blockchain. Dengan fitur ini, setiap tahapan dalam rantai pasok dapat dicatat secara transparan dan tidak dapat diubah, sehingga meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk.

C. Pengertian Traceability

Traceability merujuk pada kemampuan untuk mengidentifikasi dan melacak suatu objek atau individu, khususnya dalam teknologi blockchain. Hal ini mencakup aspek akuntabilitas, penjelasan, dan spekulasi yang mencerminkan hubungan antara infrastruktur teknologi dan konteks sosial dimana sistem tersebut beroperasi (Nanna & Bonde, et al. 2022).

III. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif. Sugiyono (2022) menyebutkan bahwa metode kualitatif berpijak pada filosofi postpositivisme atau interpretatif, diterapkan untuk mengkaji objek dalam konteks alami dengan peneliti sebagai instrumen utama. Pengumpulan data dilakukan melalui triangulasi yang menggabungkan observasi, wawancara, dan dokumentasi. Data yang terkumpul bersifat kualitatif dan dianalisis secara induktif.



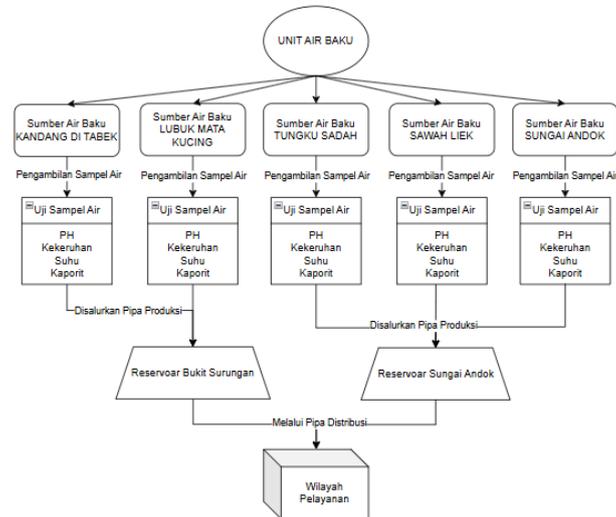
Gambar 1 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini mengintegrasikan tiga konsep utama dalam pengelolaan rantai pasok air bersih. Berdasarkan Helmond dan Terry (2021), manajemen operasi diterapkan melalui perencanaan, perancangan, dan pengendalian proses produksi air. Untuk meningkatkan transparansi dan kepercayaan, penelitian mengadopsi konsep traceability blockchain dari Alamsyah et al. (2023), yang bertujuan mengidentifikasi dan pelacakan kualitas air secara menyeluruh dari sumber hingga distribusi. Implementasi metode traceability ini juga mendukung pengusulan bisnis baru dengan menggunakan metode pendekatan Business Process Reengineering (Suabdinegara et al., 2021) untuk mengoptimalkan proses bisnis yang ada. Sistem yang dikembangkan akan di simpan dalam penyimpanan data berbasis blockchain yang mampu merekam seluruh tahapan pengolahan air secara immutable, mengidentifikasi sumber masalah secara real-time, dan memberikan jaminan kualitas air yang terverifikasi, sehingga menciptakan transparansi informasi bagi masyarakat dan meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap Perumdam Tirta Seerambii.

IV. Hasil dan Pembahasan

1. Usulan Proses Baru

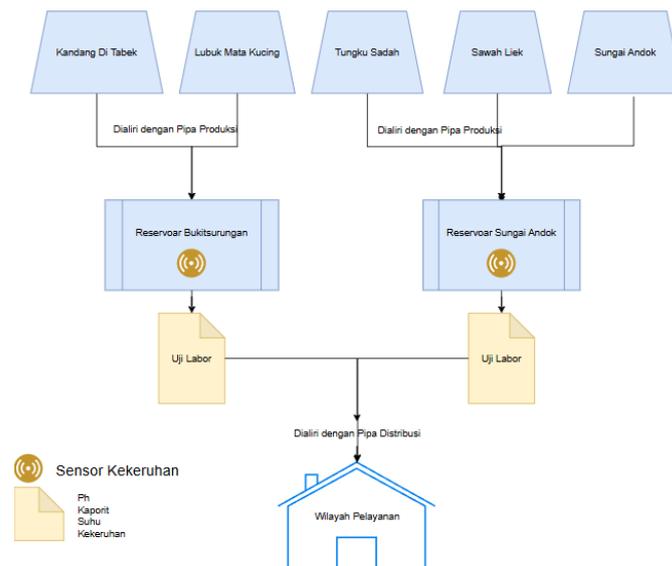
A. Proses Distribusi Non IoT



Gambar 2 Proses Distribusi Non IoT

Tahapan awal dalam pengolahan air minum adalah pengambilan sampel dari lima sumber mata air, yaitu Kandang di Tabek, Lubuk Mata Kucing, Tungku Sadah, Sawah Liek, dan Sungai Andok. Dari masing-masing sumber air baku tersebut, dilakukan pengambilan sampel air secara terpisah untuk kemudian diuji kualitasnya dengan mengukur beberapa parameter penting, seperti pH, kekeruhan, suhu, dan kadar kaporit. Proses pengujian ini dilakukan secara cermat untuk memastikan bahwa air dari setiap sumber memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan sebelum masuk ke tahap berikutnya. Setelah seluruh sampel air dari setiap unit air baku selesai diuji dan dinyatakan layak, air dari sumber Kandang di Tabek dan Lubuk Mata Kucing disalurkan melalui pipa produksi menuju Reservoir Bukit Surungan, sedangkan air dari sumber Tungku Sadah, Sawah Liek, dan Sungai Andok disalurkan ke Reservoir Sungai Andok. Selanjutnya, air yang telah tertampung di kedua reservoir tersebut didistribusikan ke wilayah pelayanan melalui jaringan pipa distribusi, sehingga masyarakat dapat memperoleh air bersih yang telah terjamin kualitasnya sesuai standar yang berlaku.

B. Proses Distribusi Berbasis IoT
dapat dilihat pada gambar berikut;



Gambar 1 Model Usulan dengan IoT

Tahap awal proses distribusi air bersih dimulai dari beberapa sumber air di Kandang Di Tabek yang telah dilengkapi dengan sensor pH, sensor kekeruhan, sensor kaporit, dan sensor suhu. Data dari sensor-sensor ini digunakan untuk memantau kualitas air secara real time sebelum air disalurkan melalui pipa produksi menuju reservoir. Selanjutnya, air dari beberapa sumber tersebut dialirkan ke dua reservoir utama, yaitu Reservoir Bukitsurungan dan Reservoir Sungai Andok. Setelah terkumpul di reservoir, air kemudian dialirkan ke wilayah pelayanan melalui pipa distribusi untuk memenuhi kebutuhan konsumen.

a. Perhitungan Biaya Model Usulan Non IoT

Dibawah ini merupakan tabel perhitungan biaya untuk proses usulan proses distribusi yang baru, dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2 Perhitungan Biaya Model Usulan Non IoT

Lembaga Laboratorium	Banyak Uji Labor	Biaya
Dinas Kesehatan Padang Panjang	5	Rp.700.000,00
Total		Rp.3.500.000,00

Pada model sistem distribusi air minum yang diusulkan, terdapat lima sumber air baku, yaitu Kandang di Tabek, Lubuk Mata Kucing, Tungku Sadah, Sawah Liek, dan Sungai Andok, yang masing-masing memerlukan pengambilan sampel air untuk diuji di laboratorium dengan parameter pH, kekeruhan, suhu, dan kadar kaporit. Biaya yang diperlukan untuk satu kali uji laboratorium adalah sebesar Rp700.000,00 per sampel. Dengan demikian, total biaya untuk melakukan uji laboratorium pada kelima sumber air baku tersebut adalah $5 \times \text{Rp}700.000,00$, sehingga total biaya yang dibutuhkan mencapai Rp3.500.000,00. Biaya ini sudah mencakup seluruh pengujian parameter kualitas air sebelum air disalurkan ke reservoir dan wilayah pelayanan.

b. Perhitungan Biaya Usulan IoT

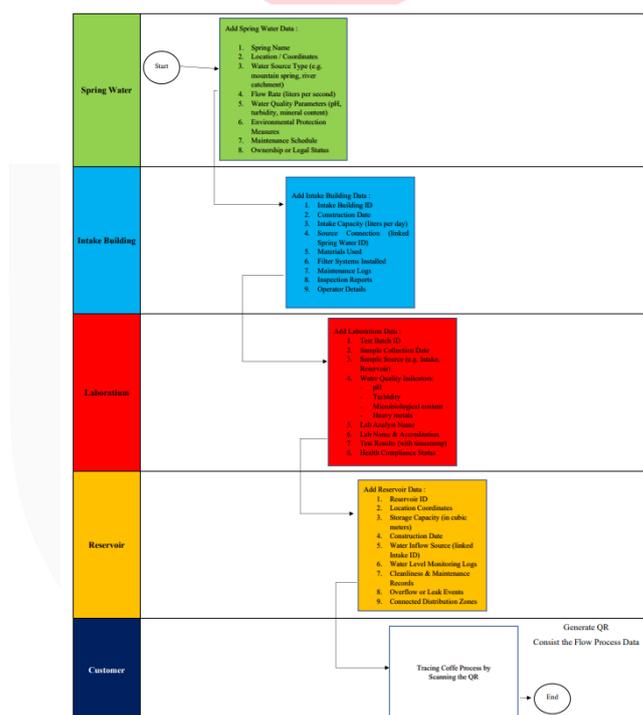
Dibawah ini merupakan tabel perhitungan biaya untuk proses usulan proses distribusi yang baru, dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3 Perhitungan Biaya Model Usulan Berbasis IoT

Sensor Alat Otomatis	Banyak Alat	Biaya
Sensor Tingkat Kaporit	2	Rp.20.000.000.00
Total		Rp.40.000.000.00

Pada model usulan sistem distribusi air minum, setiap sumber air baku yang berjumlah lima titik telah dilengkapi dengan alat sensor otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mengukur kadar kaporit secara *real time*. Sensor ini memungkinkan pemantauan kualitas air secara langsung di setiap sumber tanpa perlu pengambilan sampel dan pengujian laboratorium manual. Biaya pengadaan satu unit alat sensor otomatis untuk mendeteksi kadar kaporit di setiap sumber air adalah sekitar Rp20.000.000,00. Dengan demikian, total biaya yang diperlukan untuk pengadaan sensor pada lima sumber air baku adalah sebesar Rp40.000.000,00.

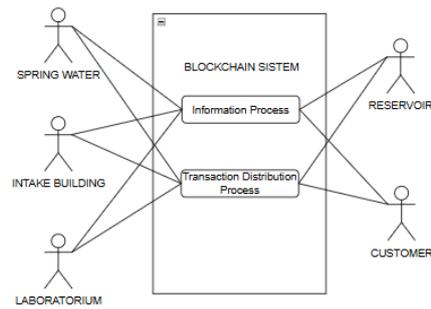
3. Model Traceability untuk Quality Assurance Distribusi Air



Gambar 4 Model Traceability

Pada gambar tersebut menjelaskan para aktor utama yang terlibat dalam sistem traceability distribusi air di Kota Padang Panjang. Perumdam Tirta Serambi berperan sebagai pengelola utama sumber mata air dan reservoir. Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) bertanggung jawab atas pembangunan intake building serta penerbitan izin teknis pengambilan air. Dinas Kesehatan melakukan pengawasan dan validasi kualitas air dari aspek kesehatan dan sanitasi melalui laboratorium. Masyarakat sebagai konsumen merupakan pengguna akhir layanan air bersih yang telah melalui proses pengelolaan dan pengawasan tersebut. Sinergi antaraktor ini memastikan kualitas dan keamanan air yang didistribusikan hingga sampai ke pelanggan

4. Desain Model Blockchain



Gambar 2 Desain Model Blockchain

Diagram tersebut menunjukkan integrasi Sistem ini mencatat perjalanan air bersih dari sumber mata air (Spring Water) hingga ke pelanggan (Customer) melalui proses digital berbasis blockchain. Data kualitas air dari laboratorium (Laboratorium) dan proses distribusi di reservoir (Reservoir) serta bangunan pengolahan (Intake Building) tercatat secara transparan dan aman. Setiap tahap menghasilkan informasi yang terhubung dalam blockchain, memastikan keaslian dan akuntabilitas data dari hulu ke hilir.

V. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, sistem traceability memiliki peranan yang sangat penting dalam memastikan seluruh proses distribusi air bersih dapat dipantau secara menyeluruh, mulai dari tahap pengolahan di sumber mata air hingga sampai ke tangan konsumen. Melalui pencatatan data yang terstruktur pada setiap tahapan, setiap permasalahan yang muncul dalam proses distribusi dapat diidentifikasi dan ditelusuri dengan jelas. Permasalahan yang ditemukan selama proses distribusi kemudian dianalisis menggunakan pendekatan business process reengineering, yang menghasilkan model usulan proses baru yang lebih efisien dan responsif terhadap kebutuhan operasional perusahaan.

1. Model Usulan Proses Baru Non IoT

Tahap awal pengolahan air minum dimulai dengan pengambilan sampel dari lima sumber mata air, yaitu Kandang di Tabek, Lubuk Mata Kucing, Tungku Sadah, Sawah Liek, dan Sungai Andok. Setiap sampel diuji kualitasnya dengan mengukur parameter penting seperti pH, kekeruhan, suhu, dan kadar kaporit untuk memastikan air memenuhi standar sebelum diproses lebih lanjut. Setelah dinyatakan layak, air dari sumber Kandang di Tabek dan Lubuk Mata Kucing dialirkan ke Reservoir Bukit Surungan, sedangkan air dari sumber Tungku Sadah, Sawah Liek, dan Sungai Andok dialirkan ke Reservoir Sungai Andok. Selanjutnya, air dari kedua reservoir tersebut didistribusikan ke wilayah pelayanan melalui jaringan pipa distribusi agar masyarakat dapat menerima air bersih yang terjamin kualitasnya sesuai standar yang berlaku

2. Sistem *Traceability* untuk Peningkatan *Quality Assurance*

Sistem traceability berfungsi untuk memantau dan mengetahui proses distribusi air secara menyeluruh dari hulu hingga hilir. Dengan *traceability*, setiap tahapan dalam proses distribusi dapat diawasi secara transparan dan terdokumentasi dengan baik, sehingga memudahkan identifikasi dan penanganan

permasalahan yang muncul. Hal ini sangat mendukung peningkatan quality assurance karena traceability memastikan mutu dan keamanan produk selama proses distribusi. Dengan demikian, penerapan traceability membantu perusahaan dalam menjaga konsistensi kualitas layanan dan mengurangi keluhan dari masyarakat, sehingga meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk dan pelayanan yang diberikan.

3. Aktor yang terlibat untuk pelaksanaan *Quality Assurance*

Perumdam Tirta Serambi berperan sebagai pengelola utama sumber mata air sekaligus bertanggung jawab atas pengelolaan dan distribusi air dari reservoir. Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kota Padang Panjang memiliki peran penting dalam pembangunan dan pengelolaan teknis intake building serta penerbitan izin teknis pengambilan air dari sumber mata air. Sementara itu, Dinas Kesehatan Kota Padang Panjang bertugas sebagai lembaga pengawasan dan validasi kualitas air dari aspek kesehatan dan sanitasi melalui pengujian laboratorium secara berkala. Masyarakat sebagai konsumen merupakan pengguna layanan yang menerima air bersih yang telah melalui proses pengelolaan dan pengawasan tersebut

B. Saran

1. Saran Praktis

Perusahaan disarankan melakukan feasibility study terlebih dahulu untuk menilai kelayakan bisnis dan teknis sebelum menerapkan sistem traceability, dengan mempertimbangkan analisis biaya-manfaat guna memilih model yang efisien dan ekonomis. Sistem ini sebaiknya difokuskan sebagai alat quality assurance untuk menjamin mutu air bersih sekaligus mengoptimalkan pengawasan kualitas, menekan biaya operasional, serta meningkatkan kepercayaan pelanggan melalui deteksi cepat masalah distribusi dan penanganan keluhan yang lebih efektif.

2. Saran Akademis

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan penggunaan *artificial intelligence* untuk mengetahui nilai yang lebih nyata.

Reference

- Alamsyah, A., Widiyanesti, S., Wulansari, P., Nurhazizah, E., Dewi, A. S., Rahadian, D., ... & Tyasamesi, P. (2023). Blockchain traceability model in the coffee industry. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(1), 100008.
- Astro Water Solution (2024). Curah Hujan dan Korelasinya dengan Air Keruh: Penyebab, Dampak, dan Solusi Bersama Astro Water.
- Badan Pusat Statistika Kota Padang Panjang. (2021)
- Badan Pusat Statistika. (2023)
- Cotelnic, A. (2023). Recent trends and developments in operations management. In *Competitivitatea și inovarea în economia cunoașterii* (pp. 159-166). Andrew, Gillespie. (2024). *Managing operations*
- Helmold, M., Terry, B., Helmold, M., & Terry, B. (2021). Operations Management 4.0. *Operations and Supply Management 4.0: Industry Insights, Case Studies and Best Practices*, 21-34.
- Naidi Isril., Mukhlisun. Antara Sumbar (2023). Distribusi Air Bersih PDAM Padang Panjang Terganggu Akibat Hujan Lebat

Nakano, T., Tsujita, K., & Fusayasu, H. (2024). *U.S. Patent Application No. 18/219,350*.

Nanna, Bonde, Thylstrup., Matthew, Archer., Louis, Ravn. (2022). 2. Traceability. Internet policy review, doi: 10.1351/goldbook.t06420

Nurdian Akhmad., Topbusiness. (2023) Efisiensi dan Efektivitas Kerja, Kunci Sukses PDAM Kota Padang Panjang

Santoso, Teguh, et al. MANAJEMEN OPERASIONAL. Edited by Harjo, Dwikora, CV WIDINA MEDIA UTAMA, 2023.

Sugiyono (2022). Metode Penelitian Kualitatif , untuk penelitian yg bersifat eksploratif, enterpretif, interaktif dan konstruksi (MPK).

Pratiwi, M. (2024). Okezone Travel. Kenapa Padang Panjang Disebut Kota Hujan?

Rachmat, R. Retizen. (2024). Kenapa Air Bersih Begitu Penting untuk Kehidupan?

Tang, H. (2022). Quality Planning and Assurance Principles, Approaches, and Methods for Product and Service Development

