

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

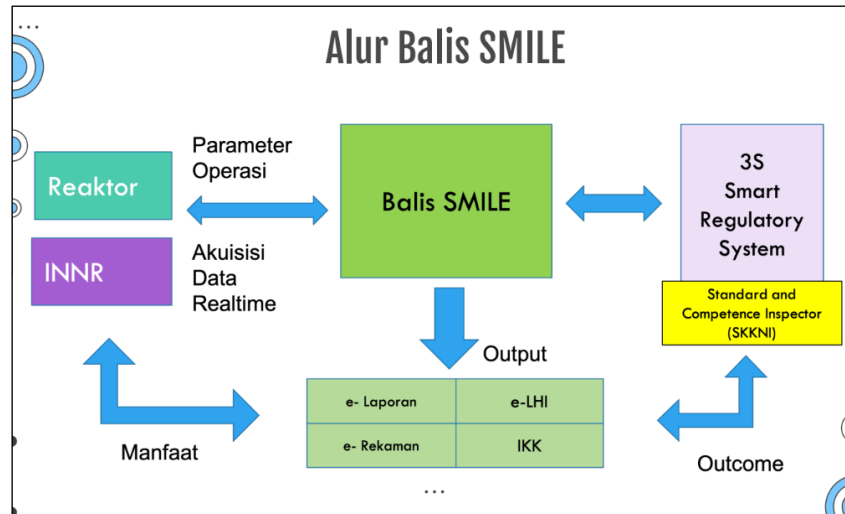
Pemanfaatan teknologi nuklir untuk energi, kesehatan, dan penelitian di Indonesia merupakan wujud kemajuan IPTEK yang harus diimbangi dengan komitmen tertinggi terhadap keselamatan. Risiko *inherent* dari teknologi ini menuntut standar operasional yang ketat untuk menjamin perlindungan manusia dan lingkungan. Berdasarkan Undang-Undang No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) bertindak sebagai regulator independen yang memikul tanggung jawab utama untuk memastikan semua pemanfaatan tenaga nuklir dilakukan secara selamat, aman, dan untuk tujuan damai. Kompleksitas tugas pengawasan BAPETEN yang mencakup perizinan, inspeksi, dan penegakan hukum terus berkembang seiring dengan pertumbuhan jumlah dan ragam instalasi nuklir di Indonesia. Amanat ini diperkuat secara khusus oleh Peraturan Pemerintah No. 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir.

Ruang lingkup pengawasan BAPETEN mencakup seluruh aspek pemanfaatan tenaga nuklir di Indonesia, baik dari sisi fasilitas maupun kegiatan. Hal ini meliputi pengawasan instalasi reaktor, fasilitas radioterapi, industri, penelitian, dan pendidikan yang menggunakan sumber radiasi pengion. Pengawasan dilakukan melalui mekanisme perizinan, inspeksi, pemantauan keselamatan, serta penegakan hukum untuk menjamin bahwa seluruh kegiatan berlangsung secara selamat dan sesuai ketentuan peraturan perundangan.

Landasan hukum pengawasan operasi reaktor non daya diatur dalam Peraturan BAPETEN Nomor 8 Tahun 2019 tentang Keselamatan Operasi Reaktor Non Daya. Pasal 50 peraturan ini mewajibkan penyampaian laporan operasi berkala secara daring kepada Kepala BAPETEN, sedangkan Pasal 51 mengatur bahwa data real-time parameter keselamatan harus dilaporkan melalui sistem informasi pada situs web BAPETEN. Sebagai bentuk implementasi terhadap ketentuan tersebut, BAPETEN mengembangkan Sistem Balis SMILE (Sistem Manajemen Inspeksi dan Laporan Elektronik) sebagai platform terintegrasi untuk pelaporan online dan pemantauan real-time operasi reaktor.

Ruang lingkup Sistem Balis SMILE saat ini difokuskan pada pengawasan reaktor penelitian dan fasilitas nuklir terkait yang berada di bawah tanggung jawab BAPETEN. Berdasarkan cakupan implementasinya hingga tahun 2025, sistem ini telah terhubung dengan beberapa instalasi utama, yaitu Reaktor TRIGA 2000 Bandung, Reaktor Kartini Yogyakarta, dan Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy di Serpong, serta sejumlah fasilitas pendukung seperti IEBE PTBBN, IRM PTBBN, KHIPSB3 PTLR, ITRR, dan IPLR PTLR. Seluruh fasilitas tersebut menjadi sumber data utama bagi sistem Balis SMILE dalam kegiatan pelaporan dan pemantauan parameter operasi reaktor secara daring dan real-time.

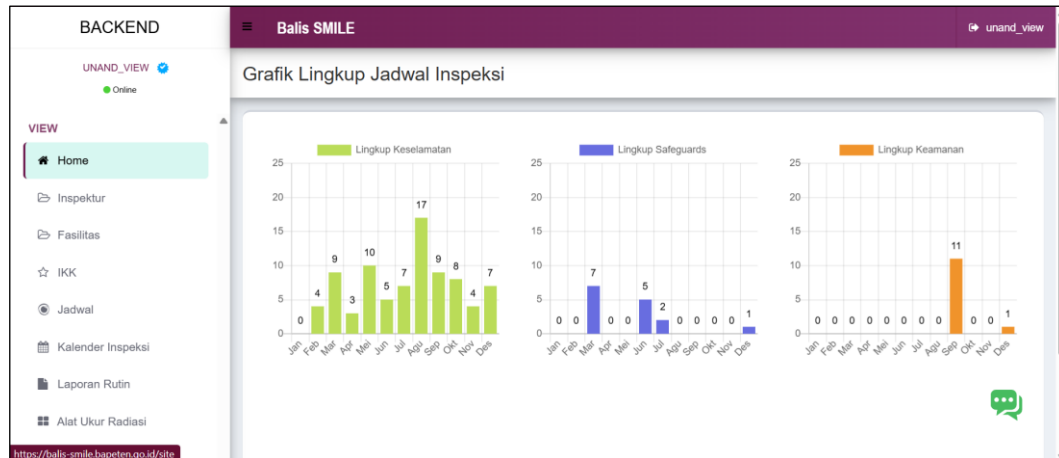
Alur kerja sistem Balis SMILE didesain untuk menjamin kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku. Sistem ini mencakup akuisisi data operasional dari berbagai sensor pada reaktor secara *real-time* sesuai amanat Pasal 51. Selain itu, sistem juga mengelola data perizinan dan memfasilitasi pelaporan berkala *online* sebagaimana diatur dalam Pasal 50. Balis SMILE menerima data parameter operasi dan akuisisi *real-time* dari reaktor, lalu mengolahnya menjadi laporan, rekaman digital, dan Indeks Keselamatan. Hasil ini dipakai oleh sistem regulasi dan inspektor untuk mendukung pengawasan serta pengambilan keputusan yang lebih efektif. **Gambar 1.1** mengilustrasikan alur kerja sistem akuisisi data dan pemantauan reaktor nuklir pada Balis SMILE.



Gambar 1.1 Alur Balis SMILE

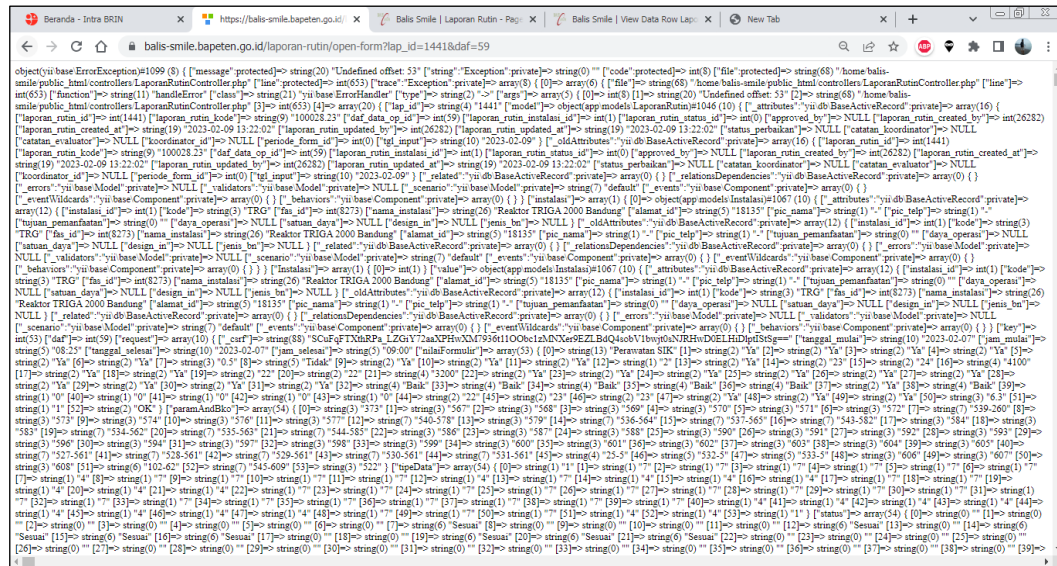
Data yang diterima oleh sistem Balis SMILE berasal dari berbagai sumber di setiap reaktor yang dipantau. Sumber utama berasal dari sensor-sensor fisik yang terpasang pada komponen sistem reaktor seperti pendingin primer dan sekunder, tangki reaktor, demineralizer, serta area paparan radiasi. Selain itu, data operasi juga diperoleh melalui sistem SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) yang berfungsi mencatat dan menampilkan kondisi operasional reaktor secara *real-time*. Sumber data lainnya berasal dari laporan manual operator yang diinput melalui formulir digital, meliputi hasil pemeriksaan rutin maupun pelaporan parameter keselamatan. Seluruh data dari multi-sumber tersebut kemudian dikirim dan disimpan dalam basis data sistem Balis SMILE sebagai dasar untuk analisis kinerja dan keselamatan reaktor.

Website Balis SMILE dapat diakses oleh pengawas melalui akun resmi dengan pembagian level otorisasi sesuai peran (misalnya operator, inspektur, hingga pimpinan). Antarmuka *website* Balis SMILE ini dirancang untuk menampilkan status dan data penting. *Dashboard* Balis SMILE saat ini yang menampilkan informasi dalam bentuk *barchart* jadwal inspeksi dan *barchart* nilai IKK. Visualisasi ini masih bersifat sederhana sehingga lebih menekankan pada penyajian data dasar. Dengan format tersebut, peluang pengembangan ke arah tampilan yang lebih interaktif dan analitis masih sangat terbuka. **Gambar 1.2** menunjukkan tampilan *dashboard* utama Balis SMILE.



Gambar 1.2 Tampilan *Dashboard* Utama Balis SMILE

Secara konseptual, integrasi data yang ditawarkan oleh Balis SMILE diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pengawasan. Namun, evaluasi mendalam terhadap implementasi sistem ini mengungkap adanya kesenjangan (*gap*) signifikan antara capaian yang diharapkan dan realita di lapangan. Materi presentasi dari Rapat Koordinasi bertajuk "Progress Pelaksanaan Implementasi Balis SMILE dan Pengembangan Akuisisi Data Realtime" (BRIN, 13 Februari 2023) yang menghadirkan Direktorat Pengelolaan Fasilitas Ketenaganukliran, mengonfirmasi adanya kendala teknis kritis. Kendala tersebut seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 1.3** yaitu tingginya angka kegagalan (*error*) pada proses *input* data melalui *form* digital yang berujung pada gagal unggah (*upload*). Selain itu juga terdapat ketidakefektifan mekanisme verifikasi dalam menangani volume laporan yang masif, yang menciptakan kemacetan (*bottleneck*) proses. Kendala ini mengakibatkan data yang dikumpulkan dari berbagai instalasi tersebut menjadi tidak lengkap dan tertunda.



Gambar 1.3 Data *Error* pada Instalasi

Untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai permasalahan pengelolaan data, dilakukan penyebaran kuesioner kepada pihak-pihak terkait di lingkungan BAPETEN. Berdasarkan hasil kuesioner yang ditampilkan pada **Gambar 1.4**, sebanyak 75% responden (6 dari 8) menyatakan mengalami kendala akurasi dan kelengkapan data setidaknya “kadang-kadang”, dengan 25% di antaranya menyebutkan terjadi secara “sering”. Selain itu, 12,5% responden masih harus melakukan pembersihan data secara manual, yang berpotensi menimbulkan keterlambatan serta meningkatkan risiko human error dalam analisis keselamatan.



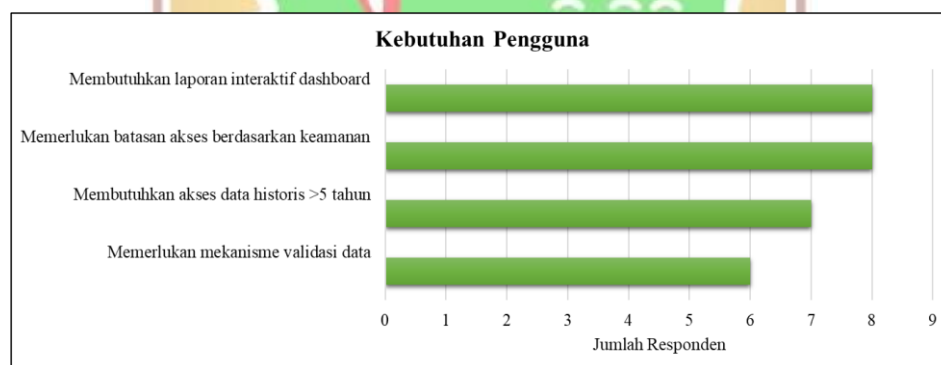
Gambar 1.4 Tingkat Kendala yang Dihadapi Pengguna

Selain itu, hasil kuesioner pada **Gambar 1.5** menunjukkan bahwa seluruh responden (100%) mengidentifikasi permasalahan utama berupa data yang tidak terstruktur secara memadai serta keterbatasan dalam alat analisis dan visualisasi. Sebanyak 62,5% responden juga melaporkan adanya keterbatasan akses data serta kurangnya integrasi dengan sistem lain. Temuan ini mengindikasikan bahwa tantangan dalam pengelolaan data risiko dan keselamatan tidak hanya berkaitan dengan ketersediaan data, tetapi juga mencakup aspek struktur, aksesibilitas, dan interoperabilitas antar sistem yang masih belum optimal.



Gambar 1.5 Tantangan Utama Pengguna

Sejalan dengan identifikasi tantangan, penting pula untuk memahami kebutuhan pengguna terhadap sistem pengelolaan data yang ideal. **Gambar 1.6** menunjukkan hasil kuesioner mengenai kebutuhan utama pengguna dalam pengelolaan data risiko dan keselamatan. Mayoritas responden (87,5% atau 7 dari 8 orang) menyatakan kebutuhan terhadap laporan interaktif berbasis *dashboard* serta mekanisme pembatasan akses sesuai dengan tingkat keamanan. Selain itu, sebanyak 75% responden mengungkapkan perlunya akses terhadap data historis lebih dari lima tahun, sedangkan 62,5% responden menekankan pentingnya penerapan mekanisme validasi data. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa pengembangan sistem pengelolaan data tidak hanya harus berorientasi pada ketersediaan informasi, tetapi juga pada aspek interaktivitas, keamanan, kelengkapan historis, dan reliabilitas data guna mendukung proses analisis serta pengambilan keputusan secara lebih efektif.



Gambar 1.6 Kebutuhan Pengguna

Berdasarkan temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa tantangan pengelolaan data di BAPETEN menuntut solusi yang lebih komprehensif, tidak hanya terbatas pada ketersediaan data, tetapi juga pada peningkatan kualitas, integrasi, dan pemanfaatannya secara optimal. Oleh karena itu, pembangunan *data warehouse* terintegrasi dipandang sebagai solusi strategis. Sejumlah studi sebelumnya juga menunjukkan keberhasilan penerapan *data warehouse* dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan data dan pengambilan keputusan, baik di sektor pemerintahan (Asmita et al., 2023), kesehatan (Iswara et al., 2020), telekomunikasi (Simatupang & Isa, 2022), maupun Pendidikan (Rahutomo et al., 2019)) Temuan-

temuan tersebut memperkuat relevansi *data warehouse* untuk konteks pengawasan nuklir.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan arsitektur *data warehouse* untuk sistem Balis SMILE BAPETEN sebagai upaya strategis dalam memperkuat fondasi pengelolaan data. Arsitektur yang diusulkan diharapkan mampu mengintegrasikan data multi-sumber secara terstruktur dan tervalidasi, sehingga tidak hanya mengurangi fragmentasi informasi, tetapi juga mempercepat proses analisis serta meningkatkan akurasi hasil evaluasi keselamatan nuklir. Dengan adanya rancangan ini, pengawasan dapat dilakukan secara lebih proaktif, efisien, dan berorientasi pada pemenuhan standar regulasi, sekaligus mendukung pengambilan keputusan yang berbasis bukti (*evidence-based decision making*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang arsitektur *data warehouse* pada sistem Balis SMILE BAPETEN yang mampu mengintegrasikan data multi-sumber secara terstruktur dan tervalidasi untuk mendukung analisis serta pengawasan keselamatan nuklir yang lebih efektif dan efisien.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah merancang arsitektur *data warehouse* pada sistem Balis SMILE BAPETEN yang mampu mengintegrasikan data multi-sumber secara terstruktur dan tervalidasi untuk mendukung analisis serta pengawasan keselamatan nuklir yang lebih efektif dan efisien.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya mencakup perancangan arsitektur dan skema sistem *data warehouse*, tanpa melibatkan implementasi atau pengujian langsung di lingkungan operasional.
2. Akses langsung ke sumber data primer tidak tersedia, sehingga pengolahan data dilakukan berdasarkan berkas data yang disediakan oleh pihak BAPETEN.
3. Analisis dan pengolahan data dibatasi pada berkas data tersebut, tidak mencakup pengumpulan data secara *real-time* maupun integrasi dengan sistem lain di luar berkas data.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam pembuatan tugas akhir ini sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai teori yang digunakan dalam membantu penyelesaian masalah yang ditemukan. Teori-teori ini akan menjadi dasar bagi peneliti dalam menyelesaikan permasalahan yang ada.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan yang dilakukan dalam penelitian, yang meliputi studi pendahuluan, studi literatur, identifikasi masalah, perumusan masalah, pemilihan metode, pengumpulan data, perancangan sistem, analisis, dan kesimpulan, serta *flowchart* penelitian.

BAB IV PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan terkait proses perancangan *data warehouse* dengan Kimball *9-Steps Methodology*, proses integrasi data, pemodelan *dashboard*, dan proses validasi sistem.

BAB V ANALISIS

Bab ini berisikan analisis terhadap sistem yang telah dirancang.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

