

## PENINGKATAN SISTEM INFORMASI DAN MLOPS UNTUK FASILITAS NUKLIR: PEMATANGAN ARSITEKTUR DAN TATA KELOLA DATA SESUAI STANDAR REGULASI NUKLIR

Muhammad Andi Rachmanto<sup>1</sup>, Ismail<sup>2</sup>

[muhammadandir@student.inaba.ac.id](mailto:muhammadandir@student.inaba.ac.id)<sup>1</sup>, [ismail@inaba.ac.id](mailto:ismail@inaba.ac.id)<sup>2</sup>

Universitas Indonesia Membangun

### ABSTRAK

Transformasi digital dalam industri nuklir sangat penting untuk mencapai tujuan dekarbonisasi global dan memastikan keselamatan jangka panjang. Laporan ini menguraikan bagaimana penguatan Sistem Informasi (SI), praktik MLOps yang matang, pematangan arsitektur data, dan tata kelola data yang ketat, semuanya selaras dengan standar regulasi nuklir, dapat mengubah operasi nuklir secara fundamental. Penerapan AI/ML menawarkan manfaat kuantitatif yang signifikan, seperti peningkatan efisiensi operasional, pemeliharaan prediktif, dan deteksi anomali real-time, yang secara langsung berkontribusi pada peningkatan keselamatan dan pengurangan biaya. Namun, potensi ini dibatasi oleh "dilema efisiensi-keselamatan-keterjelasan," yang menyoroti ketegangan antara kinerja AI yang kompleks dan kebutuhan mutlak akan transparansi dan keterjelasan dalam lingkungan kritis keselamatan. Ini menunjukkan bahwa pengembangan AI di sektor nuklir harus bergeser ke arah AI yang dapat dijelaskan (XAI) dan AI yang berpusat pada manusia (HCAI) sejak awal. Pematangan arsitektur melalui adopsi Data Mesh, Sovereign Cloud, dan Zero Trust Architecture terbukti sangat penting, tidak hanya untuk efisiensi dan skalabilitas, tetapi juga untuk mendukung kepatuhan regulasi yang ketat. Penguatan tata kelola data, termasuk kualitas data yang tinggi, pelacakan provenans data yang cermat, dan langkah-langkah keamanan data canggih, adalah fondasi dari semua upaya ini. Otomatisasi kepatuhan, dengan kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan mengurangi dosis pekerja, berfungsi sebagai pendorong kuat untuk adopsi teknologi yang lebih luas. Keterkaitan antara regulasi dan teknologi membentuk lingkaran umpan balik yang positif, mendorong industri untuk merangkul teknologi canggih yang secara intrinsik mendukung kepatuhan. Terakhir, integrasi faktor manusia dan kepercayaan AI sangat penting, dengan desain HMI yang efektif dan strategi mitigasi yang kuat untuk mengatasi bias otomatisasi dan memastikan keterjelasan AI.

**Kata Kunci:** Sistem Informasi Nuklir, Mlops, Arsitektur Data, Tata Kelola Data, Regulasi Nuklir, AI/ML, Keselamatan Nuklir, Data Mesh, Sovereign Cloud, Zero Trust Architecture, Keterjelasan AI (XAI), Faktor Manusia, Kriptografi Tahan Kuantum, IEC 61508, IEEE 603, BAPETEN 2/2023, Perpres 39/2019, IAEA Safety Standards.

### PENDAHULUAN

Energi nuklir memiliki peran penting dalam upaya global untuk mencapai emisi nol bersih dan dekarbonisasi sistem energi. Dalam upaya tersebut, transformasi digital menjadi peluang strategis untuk meningkatkan efisiensi operasional, menekan biaya, serta menjaga keselamatan jangka panjang sektor nuklir.

Teknologi digital canggih seperti Kecerdasan Buatan (AI), Pembelajaran Mesin (ML), Internet of Things (IoT), analitik data, dan digital twin, telah mulai diintegrasikan dalam sektor nuklir. Kehadiran teknologi ini mampu menyederhanakan manajemen fasilitas yang kompleks, mempercepat pengambilan keputusan, dan menciptakan operasi yang lebih fleksibel dan hemat biaya.

Industri nuklir sedang mengalami pergeseran besar menuju digitalisasi dan otomatisasi, baik untuk meningkatkan performa pembangkit eksisting maupun mendukung inovasi baru seperti Reaktor Modular Kecil (SMR). Langkah ini diambil sebagai respons terhadap tuntutan efisiensi dan peningkatan standar keselamatan.

Meski adopsi AI dan ML menjanjikan manfaat besar, penerapannya dalam sistem nuklir juga menghadirkan tantangan dan kompleksitas baru, khususnya yang berkaitan dengan aspek keselamatan. Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi secara ketat dampak teknologi ini terhadap sistem yang sangat teregulasi dan berisiko tinggi.

Pengelolaan model AI dan ML secara menyeluruh dalam siklus hidupnya, atau dikenal dengan praktik MLOps, menjadi hal yang krusial. Praktik ini bertujuan memastikan bahwa model yang digunakan tetap andal, akurat, dan sesuai dengan ketentuan keselamatan yang berlaku dalam industri nuklir.

Selain MLOps, arsitektur data dan tata kelola data juga memainkan peran mendasar dalam mendukung transformasi digital sektor nuklir. Dengan infrastruktur data yang matang dan pengelolaan yang ketat, risiko dapat diminimalkan dan standar keselamatan dapat ditegakkan secara konsisten.

Laporan ini akan mengulas secara mendalam keterkaitan antara sistem informasi modern, praktik MLOps, pola arsitektur digital, dan tata kelola data dalam konteks industri nuklir. Tujuan akhirnya adalah menyediakan sebuah kerangka kerja komprehensif untuk memastikan transformasi digital yang tidak hanya efektif, tetapi juga aman dan sesuai regulasi.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Transformasi digital dalam industri nuklir membawa dampak besar dalam mendorong efisiensi, keselamatan, dan kepatuhan terhadap regulasi. Penerapan Sistem Informasi yang terintegrasi dengan kecerdasan buatan (AI), pembelajaran mesin (ML), dan MLOps menjadi kunci dalam menjawab tantangan operasional dan kompleksitas teknologi di lingkungan nuklir yang sangat teregulasi.

AI dan ML menunjukkan potensi luar biasa dalam meningkatkan efisiensi operasional, mengoptimalkan siklus bahan bakar, serta mendukung pemeliharaan prediktif. Melalui teknologi ini, data sensor dari reaktor dapat dipantau secara real-time, mempercepat proses pengambilan keputusan, dan meminimalisasi risiko kegagalan peralatan yang bisa berdampak fatal terhadap keselamatan.

Penggunaan digital twin memberikan simulasi kondisi pabrik nuklir tanpa perlu eksperimen langsung. Replika virtual ini memfasilitasi deteksi dini terhadap degradasi material dan pengujian skenario operasional secara aman. Selain itu, penggunaan teknologi VR dan AR dalam pelatihan operator turut meningkatkan kesiapan dan mengurangi kesalahan manusia.

Siklus hidup MLOps menjadi penting karena mengatur keseluruhan tahapan mulai dari pengumpulan data, pelatihan model, penyebaran hingga pemantauan berkelanjutan. Praktik MLOps menjamin kualitas data dan akurasi model yang digunakan dalam sistem kritis seperti pembangkit listrik tenaga nuklir.

Namun, penerapan AI/ML di sektor nuklir tidak lepas dari tantangan. Isu etika, bias algoritma, keterbatasan data berkualitas, dan integrasi dengan sistem lama menjadi kendala yang harus diselesaikan. Ditambah lagi, keterbatasan daya komputasi dan keterlambatan regulasi dalam mengimbangi kemajuan teknologi memperumit proses adopsi AI secara luas.

Salah satu isu utama adalah dilema antara efisiensi, keselamatan, dan keterjelasan AI. Model AI yang kompleks sering kali menjadi "kotak hitam" yang sulit dijelaskan, padahal dalam industri nuklir, keterjelasan keputusan sangat penting untuk membangun kepercayaan regulator dan operator.

Untuk mengatasi dilema tersebut, pengembangan AI yang dapat dijelaskan (XAI) dan berpusat pada manusia (HCAI) sejak tahap desain sangat direkomendasikan. Ini melibatkan penggunaan metode interpretasi model seperti Physics-Informed Neural Networks (PINN)

dan PyMAISE yang mendukung transparansi dan akuntabilitas model AI.

Pematangan arsitektur data melalui pendekatan data mesh memungkinkan desentralisasi kepemilikan data dan peningkatan interoperabilitas antar tim. Konsep ini memperkuat kontrol dan keamanan data serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data secara lebih terdistribusi.

Sovereign Cloud menjadi solusi dalam menjaga kedaulatan data dan memenuhi regulasi lokal. Dalam konteks industri nuklir, pengelolaan data sensitif harus tunduk pada hukum nasional dan standar keamanan tinggi. Cloud ini juga memungkinkan personalisasi layanan dan pengawasan yang lebih ketat.

Untuk keamanan siber, penerapan Zero Trust Architecture (ZTA) menjadi sangat relevan. Dengan prinsip "jangan pernah percaya, selalu verifikasi", sistem ini melindungi pembangkit dari serangan siber melalui segmentasi jaringan, pemantauan perilaku pengguna, dan pencegahan intrusi.

Modernisasi sistem lama juga menjadi prioritas, karena banyak instalasi nuklir masih bergantung pada teknologi usang. Strategi peningkatan bertahap melalui re-facing atau brownfield deployment dapat mengintegrasikan sistem lama ke dalam ekosistem digital yang lebih modern tanpa mengganggu operasional.

Ketergantungan pada arsitektur digital yang matang secara langsung berkorelasi dengan tingkat kepatuhan regulasi. Arsitektur seperti data mesh, sovereign cloud, dan ZTA dianggap sebagai prasyarat untuk membangun postur keamanan dan tata kelola data yang dapat diaudit dan dipercaya oleh regulator.

Tata kelola data yang kuat menuntut pemenuhan standar internasional seperti IAEA, IEEE, IEC, serta regulasi nasional dari BAPETEN dan Perpres 39/2019. Kualitas data, provenans, dan keamanan menjadi fondasi untuk membangun sistem informasi yang andal di sektor nuklir.

Provenans data, terutama yang sesuai model W3C PROV-DM, digunakan untuk merekam aktivitas model AI dari pengumpulan data, pelatihan, evaluasi hingga prediksi. Hal ini mendukung transparansi, reproduktibilitas, dan auditabilitas dalam sistem AI yang diterapkan di fasilitas nuklir.

Aspek keamanan juga mencakup enkripsi data dengan FIPS 140-2/3 dan persiapan menuju kriptografi tahan kuantum. Mengingat ancaman dari komputasi kuantum di masa depan, langkah ini penting untuk memastikan sistem keamanan siber tetap relevan dan tangguh.

Otomatisasi kepatuhan menjadi pendorong utama efisiensi dan keselamatan. Pengumpulan dan pelaporan data yang otomatis mengurangi risiko kesalahan manusia, mempercepat proses audit, dan mendukung prinsip keselamatan radiasi (ALARA) dengan meminimalkan paparan terhadap pekerja.

Hubungan timbal balik antara regulasi dan teknologi membentuk siklus positif yang saling memperkuat. Ketika regulasi mewajibkan sistem yang transparan dan aman, industri didorong untuk mengadopsi teknologi canggih yang mendukung kepatuhan tersebut.

Integrasi faktor manusia tetap penting dalam desain sistem nuklir berbasis AI. Antarmuka manusia-mesin (HMI) harus mendukung kerja operator, memperjelas keputusan AI, dan mencegah bias otomatisasi yang bisa membahayakan keselamatan.

Strategi mitigasi bias otomatisasi melibatkan desain AI kooperatif, pelatihan pengguna yang memadai, serta pengujian sistem dalam kondisi realistis. AI tidak boleh menggantikan manusia, melainkan memperkuat kapasitas manusia dalam pengambilan keputusan kritis.

Transparansi AI menjadi kunci untuk membangun kepercayaan operator dan regulator. Pengembangan alat bantu seperti PyMAISE dan PINN membantu memperjelas cara kerja model, memungkinkan interpretasi hasil, dan memperkuat keandalan dalam

aplikasi nuklir.

Akhirnya, validasi pra-penyebaran melalui metode uji seperti red-teaming, simulasi bias, dan penilaian konfabulasi diperlukan untuk memastikan bahwa sistem AI tidak menimbulkan risiko yang tidak terduga. Metodologi ini membantu membangun landasan bagi penyebaran AI yang aman, andal, dan bertanggung jawab di sektor energi nuklir.

## **KESIMPULAN**

Pematangan arsitektur melalui adopsi Data Mesh, Sovereign Cloud, dan Zero Trust Architecture terbukti sangat penting. Pola-pola arsitektur ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dan skalabilitas, tetapi juga secara inheren mendukung kepatuhan regulasi yang ketat dengan menyediakan kontrol data yang terdesentralisasi, residensi data yang terjamin, dan mekanisme keamanan siber yang proaktif. Ketergantungan pada sistem lama yang tidak dimodernisasi secara langsung menghambat kemampuan untuk mencapai postur kepatuhan yang canggih, menunjukkan bahwa kematangan arsitektur merupakan prasyarat untuk kepatuhan dan inovasi berkelanjutan.

Penguatan tata kelola data adalah fondasi dari semua upaya ini. Kepatuhan terhadap kerangka regulasi internasional (IAEA, IEEE, IEC, ISO) dan nasional (BAPETEN, Perpres 39/2019) sangat penting. Hal ini mencakup penekanan pada kualitas data yang tinggi, pelacakan provenans data yang cermat (menggunakan model seperti W3C PROV-DM), dan penerapan langkah-langkah keamanan data canggih, termasuk enkripsi FIPS 140-2/3 dan transisi ke kriptografi tahan kuantum untuk mitigasi ancaman masa depan. Otomatisasi kepatuhan, dengan kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan mengurangi dosis pekerja (prinsip ALARA), berfungsi sebagai pendorong kuat untuk adopsi teknologi yang lebih luas.

Keterkaitan antara regulasi dan teknologi membentuk lingkaran umpan balik yang positif. Badan pengatur tidak hanya bereaksi terhadap kemajuan teknologi, tetapi secara aktif membentuk adopsinya dengan memberlakukan standar keselamatan yang ketat dan persyaratan untuk AI. Ini mendorong industri untuk merangkul teknologi canggih yang secara intrinsik mendukung kepatuhan, mengubah kepatuhan dari beban menjadi pendorong strategis untuk inovasi.

Terakhir, integrasi faktor manusia dan kepercayaan AI sangat penting. Desain HMI yang efektif, yang ditingkatkan oleh AI/ML dan teknologi imersif, dapat meningkatkan kinerja operator. Namun, tantangan seperti bias otomatisasi dan kecepatan lingkaran keputusan AI memerlukan strategi mitigasi yang kuat, termasuk desain AI yang berpusat pada manusia, pelatihan yang jelas, dan penekanan pada keterjelasan AI. Alat seperti PyMAISE dan Physics-Informed Neural Networks (PINN) adalah contoh solusi yang menjanjikan untuk mencapai keseimbangan antara kinerja dan keterjelasan. Metodologi kasus keselamatan AI dan validasi pra-penyebaran yang ketat, termasuk pengujian konfabulasi, interaksi manusia-AI, dan keamanan informasi, sangat penting untuk memastikan penyebaran AI yang bertanggung jawab di sektor nuklir.

Secara keseluruhan, keberhasilan transformasi digital di industri nuklir akan bergantung pada pendekatan holistik dan terintegrasi yang secara cermat menyeimbangkan inovasi teknologi dengan persyaratan keselamatan yang ketat, kerangka regulasi yang adaptif, dan pemahaman mendalam tentang interaksi manusia-AI.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1 Damona. (2024, November 20).

Unlocking the Future: How Digital Transformation Can Revolutionise the Nuclear Sector. Diakses dari <https://www.damona.co/unlocking-the-future-how-digital-transformation-can-revolutionise-the-nuclear-sector/>

- 2 World Nuclear Association. (n.d.).  
Energy Return on Investment (EROI). Diakses dari <https://world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/energy-return-on-investment>
- 3 Power-Technology. (n.d.).  
Q&A: Schneider Electric on modern energy threats, digitalisation and grid resilience. Diakses dari <https://www.power-technology.com/features/qa-schneider-electric-on-modern-energy-threats-digitalisation-and-grid-resilience/>
- 4 Number Analytics. (n.d.).  
The Future of Material Testing: Digital Twins. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/future-material-testing-digital-twins>
- 5 ResearchGate. (2024).  
Comparison of Geospatial Data Management between Indonesia's One Data and One Map Policy. Diakses dari [https://www.researchgate.net/publication/370799211\\_Comparison\\_of\\_Geospatial\\_Data\\_Management\\_between\\_Indonesias\\_One\\_Data\\_and\\_One\\_Map\\_Policy/fulltext/6463c4b849b4a77aaa2a7677/Comparison-of-Geospatial-Data-Management-between-Indonesias-One-Data-and-One-Map-Policy.pdf](https://www.researchgate.net/publication/370799211_Comparison_of_Geospatial_Data_Management_between_Indonesias_One_Data_and_One_Map_Policy/fulltext/6463c4b849b4a77aaa2a7677/Comparison-of-Geospatial-Data-Management-between-Indonesias-One-Data-and-One-Map-Policy.pdf)
- 6 IAEA. (n.d.).  
Technical Meeting on Safety Considerations in the Use of Artificial Intelligence in Nuclear Power Plants with a Focus on Human Factors Engineering and Instrumentation and Control Systems. Diakses dari <https://www.iaea.org/events/evt2405364>
- 7 Keyword. (n.d.).  
What is MLOps? Lifecycle, Tools & Best Practices. Diakses dari <https://www.keyword.io/blog/what-is-mlops-lifecycle-tools-best-practices>
- 8 IBM. (n.d.).  
What is MLOps?. Diakses dari <https://www.ibm.com/think/topics/mlops>
- 9 BPK. (n.d.).  
Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2023. Diakses dari <https://peraturan.bpk.go.id/Details/280565/peraturan-bapeten-no-2-tahun-2023>
- 10 BAPETEN. (2023).  
Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir No 2 Tahun 2023 Tentang Pelaksanaan Inspeksi dan Laporan Instalasi dan Bahan Nuklir Secara Elektronik. Diakses dari <https://peraturan.bpk.go.id/Download/339388/Peraturan%20Bapeten%20Nomor%202%20tahun%202023.pdf>
- 11 ScienceBlog.com. (n.d.).  
AI Watchdogs Transform Nuclear Safety With Virtual Eyes Where Humans Can't Go. Diakses dari <https://scienceblog.com/ai-watchdogs-transform-nuclear-safety-with-virtual-eyes-where-humans-cant-go/>
- 12 Redress Compliance. (n.d.).  
AI Case Study: AI for Nuclear Energy Management at DeepMind. Diakses dari <https://redresscompliance.com/ai-case-study-ai-for-nuclear-energy-management-at-deepmind/>
- 14 StatusNeo. (n.d.).  
The Surge in AI: Driving Nuclear Resurgence. Diakses dari <https://statusneo.com/the-surge-in-ai-driving-nuclear-resurgence/>
- 15 Digital Twin 1.0. (n.d.).  
Digital Twin-driven intelligent maintenance framework for nuclear power equipment. Diakses dari [https://digitaltwin1.org/articles/2-14/v2/pdf?article\\_uuid=8cc110cf-bcda-4170-93fb-4a0f7c0bb814](https://digitaltwin1.org/articles/2-14/v2/pdf?article_uuid=8cc110cf-bcda-4170-93fb-4a0f7c0bb814)
- 17 OSTI.gov. (n.d.).  
Real-time monitoring is a foundation of nuclear digital twin technology, crucial for detecting material degradation and maintaining nuclear system integrity. Diakses dari <https://www.osti.gov/pages/biblio/2527360>
- 56 IAEA. (2023).  
Core management and fuel handling for research reactors. Diakses dari <https://www.iaea.org/publications/15095/core-management-and-fuel-handling-for-research->

- reactors
- 18 ATS Industrial Automation. (n.d.).  
Advantages of Automation in Nuclear. Diakses dari <https://atsindustrialautomation.com/webinar/advantages-of-automation-in-nuclear/>
- 19 Blog DevOps. (n.d.).  
Building a Complete MLOps Pipeline for Predictive Maintenance. Diakses dari <https://blog.devops.dev/building-a-complete-mlops-pipeline-for-predictive-maintenance-352b2170f911>
- 20 AI Magazine. (2025, Juni 11).  
Top 10 Challenges in AI Implementation. Diakses dari <https://aimagazine.com/articles/top-10-challenges-in-ai-implementation>
- 21 INIS IAEA. (n.d.).  
Ethics. Chapter 3 [Artificial intelligence ethics]. Diakses dari <https://inis.iaea.org/records/9pmtz-m9j69>
- 23 ResearchGate. (2024, September 1).  
A requirements model for AI algorithms in functional safety-critical systems with an explainable self-enforcing network from a developer perspective. Diakses dari [https://www.researchgate.net/publication/385469293\\_A\\_requirements\\_model\\_for\\_AI\\_algorithms\\_in\\_functional\\_safety-critical\\_systems\\_with\\_an\\_explainable\\_self-enforcing\\_network\\_from\\_a\\_developer\\_perspective](https://www.researchgate.net/publication/385469293_A_requirements_model_for_AI_algorithms_in_functional_safety-critical_systems_with_an_explainable_self-enforcing_network_from_a_developer_perspective)
- 24 ResearchGate. (2024, Agustus 16).  
A Novel Approach to Legacy System Integration in the Context of IIoT. Diakses dari <https://www.mdpi.com/2079-9292/13/16/3229>
- 25 OpenLegacy. (n.d.).  
Risks of Legacy System Integration. Diakses dari <https://www.openlegacy.com/blog/risks-of-legacy-system-integration>
- 26 University of Michigan. (2025, Januari 22).  
Streamlining AI development for transparent nuclear engineering models. Diakses dari <https://ners.engin.umich.edu/2025/01/22/streamlining-ai-development-for-transparent-nuclear-engineering-models/>
- 28 Federation of American Scientists. (n.d.).  
Risk Assessment Framework for AI in Nuclear Weapons. Diakses dari <https://fas.org/publication/risk-assessment-framework-ai-nuclear-weapons/>
- 29 IAEA. (2025).  
Considerations for Deploying Artificial Intelligence Applications in the Nuclear Power Industry. Diakses dari [https://inis.iaea.org/records/kyj2t-v0b62/files/PC-9102\\_Preprint.pdf](https://inis.iaea.org/records/kyj2t-v0b62/files/PC-9102_Preprint.pdf)
- 30 Future of Life Institute. (2025, Februari).  
Policy Briefing: Responsible AI in Nuclear Domain. Diakses dari <https://futureoflife.org/wp-content/uploads/2025/02/Policy-Briefing-Responsible-AI-in-Nuclear-Domain-v3.pdf>
- 16 Goldman Sachs. (n.d.).  
Is nuclear energy the answer to AI data centers' power consumption?. Diakses dari <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/is-nuclear-energy-the-answer-to-ai-data-centers-power-consumption>
- 31 UN. (2024, September).  
Governing AI for Humanity: Final Report. Diakses dari [https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/governing\\_ai\\_for\\_humankind\\_final\\_report\\_en.pdf](https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/governing_ai_for_humankind_final_report_en.pdf)
- 33 IBF-Solutions. (n.d.).  
Draft New Artificial Intelligence Regulation. Diakses dari <https://www.ibf-solutions.com/en/seminars-and-news/news/draft-new-artificial-intelligence-regulation>
- 34 ResearchGate. (2025, Maret 8).  
A requirements model for AI algorithms in functional safety-critical systems with an explainable self-enforcing network from a developer perspective. Diakses dari [https://www.researchgate.net/publication/385469293\\_A\\_requirements\\_model\\_for\\_AI\\_algorithms\\_in\\_functional\\_safety-critical\\_systems\\_with\\_an\\_explainable\\_self-enforcing\\_network\\_from\\_a\\_developer\\_perspective](https://www.researchgate.net/publication/385469293_A_requirements_model_for_AI_algorithms_in_functional_safety-critical_systems_with_an_explainable_self-enforcing_network_from_a_developer_perspective)
- 35 arXiv. (2025, Januari 17).

Physics-informed Neural Network Supported Wiener Process for Degradation Modeling and Reliability Prediction. Diakses dari <https://arxiv.org/html/2501.06572v1>

36 The Innovation. (2025).  
A Review of Physics-Informed Neural Networks. Diakses dari <https://www.the-innovation.org/article/doi/10.59717/j.xinn-energy.2025.100087>

37 ResearchGate. (2022, September).  
Physics-informed neural network applications in nuclear engineering. Diakses dari <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00295639.2022.2123211>

38 AWS. (n.d.).  
What is a data mesh?. Diakses dari <https://aws.amazon.com/what-is/data-mesh/>

39 Atlan. (n.d.).  
What is Data Mesh?. Diakses dari <https://atlan.com/what-is-data-mesh/>

27 Data Mesh Architecture. (n.d.).  
How To Design a Data Mesh?. Diakses dari <https://www.datamesh-architecture.com/>

41 Oracle. (n.d.).  
What is Data Mesh?. Diakses dari <https://www.oracle.com/integration/what-is-data-mesh/>

42 ResearchGate. (2024).  
Comparison of Geospatial Data Management between Indonesia's One Data and One Map Policy. Diakses dari [https://www.researchgate.net/publication/370799211\\_Comparison\\_of\\_Geospatial\\_Data\\_Management\\_between\\_Indonesias\\_One\\_Data\\_and\\_One-Map\\_Policy/fulltext/6463c4b849b4a77aaa2a7677/Comparison-of-Geospatial-Data-Management-between-Indonesias-One-Data-and-One-Map-Policy.pdf](https://www.researchgate.net/publication/370799211_Comparison_of_Geospatial_Data_Management_between_Indonesias_One_Data_and_One-Map_Policy/fulltext/6463c4b849b4a77aaa2a7677/Comparison-of-Geospatial-Data-Management-between-Indonesias-One-Data-and-One-Map-Policy.pdf)

43 Nutanix. (2025, April 7).  
What is Sovereign Cloud?. Diakses dari <https://www.nutanix.com/info/cloud-computing/sovereign-cloud>

44 Kiteworks. (n.d.).  
The Critical Role of FIPS 140-2 and 3 Compliance. Diakses dari <https://www.kiteworks.com/ebook-critical-role-of-fips-140-2-and-3compliance/>

49 ResearchGate. (2024, September 1).  
A requirements model for AI algorithms in functional safety-critical systems with an explainable self-enforcing network from a developer perspective. Diakses dari [https://www.researchgate.net/publication/385469293\\_A\\_requirements\\_model\\_for\\_AI\\_algorithms\\_in\\_functional\\_safety-critical\\_systems\\_with\\_an\\_explainable\\_self-enforcing\\_network\\_from\\_a\\_developer\\_perspective](https://www.researchgate.net/publication/385469293_A_requirements_model_for_AI_algorithms_in_functional_safety-critical_systems_with_an_explainable_self-enforcing_network_from_a_developer_perspective)

46 Akin Gump. (2025, Mei 28).  
Executive Order Links Nuclear Reactor Development to AI Infrastructure Needs for National Security. Diakses dari <https://www.akingump.com/en/insights/ai-law-and-regulation-tracker/executive-order-links-nuclear-reactor-development-to-ai-infrastructure-needs-for-national-security>

32 BCG. (2025).  
Sovereign Clouds: Reshaping National Data Security. Diakses dari <https://www.bcg.com/publications/2025/sovereign-clouds-reshaping-national-data-security>

47 INL Digital Library. (2023, Desember).  
AI-Powered Zero-Trust Cybersecurity Framework for Malware Prevention in Nuclear Power Plants. Diakses dari [https://inldigitallibrary.inl.gov/sites/sti/sti/Sort\\_76095.pdf](https://inldigitallibrary.inl.gov/sites/sti/sti/Sort_76095.pdf)

50 IAEA. (n.d.).  
Safety Standards. Diakses dari <https://www.iaea.org/resources/safety-standards>

52 IAEA. (n.d.).  
Current Status of the IAEA Safety Standard Series and Nuclear Security Series. Diakses dari <https://nucleus.iaea.org/sites/committees/Policy%20Documents/status.pdf>

53 IAEA. (2016, April).  
Design of Instrumentation and Control Systems for Nuclear Power Plants. Diakses dari [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1694\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1694_web.pdf)

54 IAEA. (2016, April).  
Design of Instrumentation and Control Systems for Nuclear Power Plants. Diakses dari [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1694\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1694_web.pdf)

- pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1694\_web.pdf
- 55 INIS IAEA. (n.d.).  
Core management and fuel handling for research reactors. Diakses dari [https://inis.iaea.org/records/kyj2t-v0b62/files/PC-9102\\_Preprint.pdf](https://inis.iaea.org/records/kyj2t-v0b62/files/PC-9102_Preprint.pdf)
- 61 IEEE. (2018, September 27).  
IEEE 603-2018 IEEE Nuclear Power Plant. Diakses dari <https://www.scribd.com/document/825631466/603-2018-IEEE-Nuclear-Power-Plant>
- 57 IAEA. (n.d.).  
Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Diakses dari [https://nucleus-apps.iaea.org/nss-oui/Content/Index?CollectionId=m\\_3761d926-c16f-4477-a63b-741a9db1c16c&type=PublishedCollection](https://nucleus-apps.iaea.org/nss-oui/Content/Index?CollectionId=m_3761d926-c16f-4477-a63b-741a9db1c16c&type=PublishedCollection)
- 62 BPK. (2023, Desember 18).  
Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir No 2 Tahun 2023 Tentang Pelaksanaan Inspeksi dan Laporan Instalasi dan Bahan Nuklir Secara Elektronik. Diakses dari <https://peraturan.bpk.go.id/Download/339388/Peraturan%20Bapeten%20Nomor%202%20tahun%202023.pdf>
- 63 BPK. (2019, Juni 12).  
Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia. Diakses dari <https://peraturan.bpk.go.id/Details/108813/perpres-no-39-tahun-2019>
- 65 TUV SUD. (n.d.).  
IEC 61508: The Basic Functional Safety Standard. Diakses dari <https://www.tuvsud.com/en-us/services/functional-safety/iec-61508>
- 77 ResearchGate. (n.d.).  
ISO 25012: Data Quality Characteristics. Diakses dari <https://www.scribd.com/presentation/497814999/ISO>
- 78 ATS Industrial Automation. (n.d.).  
Advantages of Automation in Nuclear. Diakses dari <https://atsindustrialautomation.com/webinar/advantages-of-automation-in-nuclear/>
- 79 Netguru. (2025, Maret 17).  
Federated Learning: A Privacy-First Approach to AI. Diakses dari <https://www.netguru.com/blog/federated-learning>
- 75 Number Analytics. (n.d.).  
AI Watchdogs Transform Nuclear Safety With Virtual Eyes Where Humans Can't Go. Diakses dari <https://scienceblog.com/ai-watchdogs-transform-nuclear-safety-with-virtual-eyes-where-humans-cant-go/>
- 64 Kepegawaian Tanimbar. (n.d.).  
Peraturan Presiden No. 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia. Diakses dari <https://www.kepegawaian.tanimbar.go.id/file/peraturan-presiden-no-39-tahun-2019-tentang-satu-data-indonesia>
- 80 QA Systems. (n.d.).  
IEC 61508: Functional Safety Standard. Diakses dari <https://www.qa-systems.com/solutions/iec-61508/>
- 81 Wikipedia. (2025, Juni 2).  
IEC 61508. Diakses dari [https://en.wikipedia.org/wiki/IEC\\_61508](https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61508)
- 22 Promwad. (n.d.).  
IEC 61508 standard: functional safety in industrial automation. Diakses dari <https://promwad.com/news/iec-61508-standard>
- 45 Wikipedia. (2024, Desember 1).  
FIPS 140-2. Diakses dari [https://en.wikipedia.org/wiki/FIPS\\_140-2](https://en.wikipedia.org/wiki/FIPS_140-2)
- 76 ISO 25000. (n.d.).  
ISO/IEC 25012. Diakses dari <https://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25012/136-iso-iec-2012>
- 82 ISO 25000. (n.d.).  
ISO/IEC 25012. Diakses dari <https://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25012/136-iso-iec-2012>
- 83 ResearchGate. (2025, Februari 3).

Compliance with Regulations, AI and Functional Safety Standards. Diakses dari [https://www.researchgate.net/publication/388448097\\_Compliance\\_with\\_Regulations\\_AI\\_and\\_Functional\\_Safety\\_Standards](https://www.researchgate.net/publication/388448097_Compliance_with_Regulations_AI_and_Functional_Safety_Standards)

58 W3C. (2013, April 30).  
 PROV-DM: The PROV Data Model. Diakses dari <https://www.w3.org/TR/prov-dm/>

67 Industrial Cyber. (2025, Juni 24).  
 EU begins coordinated effort for Member States to switch critical infrastructure to quantum-resistant encryption by 2030. Diakses dari <https://industrialcyber.co/regulation-standards-and-compliance/eu-begins-coordinated-effort-for-member-states-to-switch-critical-infrastructure-to-quantum-resistant-encryption-by-2030/>

71 The Quantum Insider. (2025, Juni 3).  
 Making Nuclear Power Quantum-Safe: Research Team Conducts First-Ever Tests QKD in Nuclear Reactor. Diakses dari <https://thequantuminsider.com/2025/06/03/making-nuclear-power-quantum-safe-research-team-conducts-first-ever-tests-qkd-in-nuclear-reactor/>

84 CISA. (n.d.).  
 Post-Quantum Cryptography Initiative. Diakses dari <https://www.cisa.gov/quantum>

85 FasterCapital. (n.d.).  
 The Benefits of Compliance Automation. Diakses dari <https://fastercapital.com/topics/the-benefits-of-compliance-automation.html/1>

68 CDC. (2024, Februari 26).  
 ALARA (As Low As Reasonably Achievable) Principle. Diakses dari <https://www.cdc.gov/radiation-health/safety/alara.html>

13 Utility Dive. (2025, Mei 16).  
 America's AI future hinges on nuclear energy. Diakses dari <https://www.utilitydive.com/news/americas-ai-future-hinges-on-nuclear-energy/747395/>

59 NEI Magazine. (2024, Juli 3).  
 AI and the nuclear safety case. Diakses dari <https://www.neimagazine.com/analysis/ai-and-the-nuclear-safety-case/>

86 Number Analytics. (2025, Juni 12).  
 Human-Machine Interface in Nuclear Systems: A Comprehensive Guide. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/human-machine-interface-nuclear-systems-guide>

69 Number Analytics. (n.d.).  
 Human Factors in Nuclear Control Room Design. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/human-factors-nuclear-control-room-design>

60 IAEA. (n.d.).  
 Considerations for Deploying Artificial Intelligence Applications in the Nuclear Power Industry. Diakses dari <https://www.iaea.org/sites/default/files/25/01/considerations-for-deploying-artificial-intelligence-applications-in-the-nuclear-power-industry.pdf>

40 Oracle. (n.d.).  
 What is Data Mesh?. Diakses dari <https://www.oracle.com/integration/what-is-data-mesh/>

73 EWA Direct. (n.d.).  
 A Review of Physics-Informed Neural Networks. Diakses dari <https://www.ewadirect.com/proceedings/ace/article/view/20636>

51 IAEA. (n.d.).  
 Safety Standards. Diakses dari <https://www.iaea.org/resources/safety-standards>

70 Wikipedia. (2024, Desember 1).  
 FIPS 140-2. Diakses dari [https://en.wikipedia.org/wiki/FIPS\\_140-2](https://en.wikipedia.org/wiki/FIPS_140-2)

74 arXiv. (2025, Januari 17).  
 Physics-informed Neural Network Supported Wiener Process for Degradation Modeling and Reliability Prediction. Diakses dari <https://arxiv.org/html/2501.06572v1>

72 ResearchGate. (n.d.).  
 Physics-informed Neural Network Supported Wiener Process for Degradation Modeling and Reliability Prediction. Diakses dari [https://www.researchgate.net/publication/388932710\\_Physics-informed\\_Neural\\_Network\\_Supported\\_Wiener\\_Process\\_for\\_Degradation\\_Modeling\\_and\\_Reliability\\_Prediction](https://www.researchgate.net/publication/388932710_Physics-informed_Neural_Network_Supported_Wiener_Process_for_Degradation_Modeling_and_Reliability_Prediction)

48 ResearchGate. (n.d.).

A requirements model for AI algorithms in functional safety-critical systems with an explainable self-enforcing network from a developer perspective. Diakses dari [https://www.researchgate.net/publication/385469293\\_A\\_requirements\\_model\\_for\\_AI\\_algorithms\\_in\\_functional\\_safety-critical\\_systems\\_with\\_an\\_explainable\\_self-enforcing\\_network\\_from\\_a\\_developer\\_perspective](https://www.researchgate.net/publication/385469293_A_requirements_model_for_AI_algorithms_in_functional_safety-critical_systems_with_an_explainable_self-enforcing_network_from_a_developer_perspective)

87 METR. (2025, Januari 17).

Are AI Models Dangerous Before Public Deployment?. Diakses dari <https://metr.org/blog/2025-01-17-ai-models-dangerous-before-public-deployment/>

66 W3C. (2013, April 30).

PROV-DM: The PROV Data Model. Diakses dari <https://www.w3.org/TR/prov-dm/> 88 METR. (2025, Januari 17).

Are AI Models Dangerous Before Public Deployment?. Diakses dari <https://metr.org/blog/2025-01-17-ai-models-dangerous-before-public-deployment/>

89 Politico. (2025, Juni 3).

Lutnick rebrands AI Safety Institute. Diakses dari <https://subscriber.politicopro.com/article/2025/06/lutnick-rebrands-ai-safety-institute-00383982>

Number Analytics. (n.d.). Machine Learning for Advanced Nuclear Materials. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/machine-learning-advanced-nuclear-materials>

QA Systems. (n.d.). IEC 61508: Functional Safety Standard. Diakses dari <https://www.qa-systems.com/solutions/iec-61508/>

CISA. (n.d.). Post-Quantum Cryptography Initiative. Diakses dari <https://www.cisa.gov/quantum>

NRC. (n.d.). Proposed Rule: Incorporation by Reference of Institute of Electrical and Electronics Engineers Standard 603-2018. Diakses dari <https://www.nrc.gov/docs/ML2504/ML25043A332.pdf>

Number Analytics. (n.d.). AI Watchdogs Transform Nuclear Safety With Virtual Eyes Where Humans Can't Go. Diakses dari <https://scienceblog.com/ai-watchdogs-transform-nuclear-safety-with-virtual-eyes-where-humans-cant-go/>

Number Analytics. (n.d.). Human Factors in Nuclear Reactor Operations. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/human-factors-nuclear-reactor-ops>

Number Analytics. (n.d.). Human Factors in Nuclear Control Room Design. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/human-factors-nuclear-control-room-design>

Number Analytics. (n.d.). Human Factors in Nuclear Control Rooms. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/human-factors-in-nuclear-control-rooms>

Number Analytics. (n.d.). Harnessing Digitalization in Nuclear Energy. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/harnessing-digitalization-nuclear-energy>

Number Analytics. (n.d.). Economics of Nuclear Energy: Operating Costs. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/economics-of-nuclear-energy-operating-costs>

Safe.AI. (n.d.). Catastrophic AI Risks. Diakses dari <https://safe.ai/ai-risk>

Rockwell Automation. (n.d.). Nuclear Power. Diakses dari <https://www.rockwellautomation.com/en-us/industries/power-generation/nuclear-power.html>

Number Analytics. (n.d.). Human Factors in Nuclear Reactor Operations. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/human-factors-nuclear-reactor-ops>

Wikipedia. (n.d.). Radioisotope thermoelectric generator. Diakses dari [https://en.wikipedia.org/wiki/Radioisotope\\_thermoelectric\\_generator](https://en.wikipedia.org/wiki/Radioisotope_thermoelectric_generator)

arXiv. (n.d.). How to Make a Safety Case for an AI System. Diakses dari <https://arxiv.org/pdf/2403.10462>

Rockwell Automation. (n.d.). Nuclear Power. Diakses dari <https://www.rockwellautomation.com/en-us/industries/power-generation/nuclear-power.html>

Future of Life Institute. (2025, Februari). Policy Briefing: Responsible AI in Nuclear Domain. Diakses dari <https://futureoflife.org/wp-content/uploads/2025/02/Policy-Briefing-Responsible-AI-in-Nuclear-Domain-v3.pdf>

ATS Industrial Automation. (n.d.). Advantages of Automation in Nuclear. Diakses dari <https://atsindustrialautomation.com/webinar/advantages-of-automation-in-nuclear/>

IAEA. (n.d.). Technical Meeting on Safety Considerations in the Use of Artificial Intelligence in

Nuclear Power Plants with a Focus on Human Factors Engineering and Instrumentation and Control Systems. Diakses dari <https://www.iaea.org/events/evt2405364>

METR. (2025, Januari 17). Are AI Models Dangerous Before Public Deployment?. Diakses dari <https://metr.org/blog/2025-01-17-ai-models-dangerous-before-public-deployment/>

BCG. (2025). Sovereign Clouds: Reshaping National Data Security. Diakses dari <https://www.bcg.com/publications/2025/sovereign-clouds-reshaping-national-data-security>

CDC. (2024, Februari 26). ALARA (As Low As Reasonably Achievable) Principle. Diakses dari <https://www.cdc.gov/radiation-health/safety/alara.html>

IEEE. (n.d.). IEEE 603-1991 - IEEE Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations. Diakses dari <https://standards.ieee.org/ieee/603/837/>

Data Mesh Architecture. (n.d.). Why You May Need a Data Mesh. Diakses dari <https://www.datamesh-architecture.com/>

Promwad. (n.d.). IEC 61508 standard: functional safety in industrial automation. Diakses dari <https://promwad.com/news/iec-61508-standard>

ResearchGate. (2024, September 1). A requirements model for AI algorithms in functional safety-critical systems with an explainable self-enforcing network from a developer perspective. Diakses dari [https://www.researchgate.net/publication/385469293\\_A\\_requirements\\_model\\_for\\_AI\\_algorithms\\_in\\_functional\\_safety-critical\\_systems\\_with\\_an\\_explainable\\_self-enforcing\\_network\\_from\\_a\\_developer\\_perspective](https://www.researchgate.net/publication/385469293_A_requirements_model_for_AI_algorithms_in_functional_safety-critical_systems_with_an_explainable_self-enforcing_network_from_a_developer_perspective)

TUV SUD. (n.d.). IEC 61508: The Basic Functional Safety Standard. Diakses dari <https://www.tuvsud.com/en-us/services/functional-safety/iec-61508>

Number Analytics. (n.d.). Human Factors in Nuclear Control Room Design. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/human-factors-nuclear-control-room-design>

Number Analytics. (n.d.). Human Factors in Nuclear Control Rooms. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/human-factors-in-nuclear-control-rooms>

Atlantic Council. (n.d.). Second-Order Impacts of Civil Artificial Intelligence Regulation on Defense: Why the National Security Community Must Engage. Diakses dari <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/second-order-impacts-of-civil-artificial-intelligence-regulation-on-defense-why-the-national-security-community-must-engage/>

Netguru. (2025, Maret 17). Federated Learning: A Privacy-First Approach to AI. Diakses dari <https://www.netguru.com/blog/federated-learning>

Wikipedia. (2025, Juni 2). IEC 61508. Diakses dari [https://en.wikipedia.org/wiki/IEC\\_61508](https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61508)

BCG. (2025). Sovereign Clouds: Reshaping National Data Security. Diakses dari <https://www.bcg.com/publications/2025/sovereign-clouds-reshaping-national-data-security>

IBF-Solutions. (n.d.). Draft New Artificial Intelligence Regulation. Diakses dari <https://www.ibf-solutions.com/en/seminars-and-news/news/draft-new-artificial-intelligence-regulation>

UN. (2024, September). Governing AI for Humanity: Final Report. Diakses dari [https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/governing\\_ai\\_for\\_humanity\\_final\\_report\\_en.pdf](https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/governing_ai_for_humanity_final_report_en.pdf)

Number Analytics. (2025, Juni 12). Human-Machine Interface in Nuclear Systems: A Comprehensive Guide. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/human-machine-interface-nuclear-systems-guide>

IBF-Solutions. (n.d.). Draft New Artificial Intelligence Regulation. Diakses dari <https://www.ibf-solutions.com/en/seminars-and-news/news/draft-new-artificial-intelligence-regulation>

Wikipedia. (n.d.). Legacy system. Diakses dari [https://en.wikipedia.org/wiki/Legacy\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Legacy_system)

FasterCapital. (n.d.). The Benefits of Compliance Automation. Diakses dari <https://fastercapital.com/topics/the-benefits-of-compliance-automation.html/1>

Microsoft. (2025, Juni). Testing in the Nuclear Industry. Diakses dari <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2025/06/Testing-in-the-Nuclear-Industry.pdf>

Number Analytics. (n.d.). Harnessing Digitalization in Nuclear Energy. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/harnessing-digitalization-nuclear-energy>

Lucinity. (n.d.). Understanding False Positives in Transaction Monitoring: What Causes Them and How Can AI Can Reduce Operational Waste. Diakses dari <https://lucinity.com/blog/understanding-false-positives-in-transaction-monitoring-what-causes-them-and-how-can-ai-can-reduce-operational-waste>

AI Magazine. (2025, Juni 11). Top 10 Challenges in AI Implementation. Diakses dari <https://aimagazine.com/articles/top-10-challenges-in-ai-implementation>

Power-Technology. (n.d.). Q&A: Schneider Electric on modern energy threats, digitalisation and grid resilience. Diakses dari <https://www.power-technology.com/features/qa-schneider-electric-on-modern-energy-threats-digitalisation-and-grid-resilience/>

ISO 25000. (n.d.). ISO/IEC 25012. Diakses dari <https://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25012/136-iso-iec-2012>

StatusNeo. (n.d.). The Surge in AI: Driving Nuclear Resurgence. Diakses dari <https://statusneo.com/the-surge-in-ai-driving-nuclear-resurgence/>

Goldman Sachs. (n.d.). Is nuclear energy the answer to AI data centers' power consumption?. Diakses dari <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/is-nuclear-energy-the-answer-to-ai-data-centers-power-consumption>

IAEA. (n.d.). Preparing Clinically Qualified Medical Physicists for Artificial Intelligence in the Medical Use of Radiation. Diakses dari <https://www.iaea.org/newscenter/news/preparing-clinically-qualified-medical-physicists-for-artificial-intelligence-in-the-medical-use-of-radiation>

University of Michigan. (2025, Januari 22). Streamlining AI development for transparent nuclear engineering models. Diakses dari <https://ners.engin.umich.edu/2025/01/22/streamlining-ai-development-for-transparent-nuclear-engineering-models/>

Oracle. (n.d.). What is Data Mesh?. Diakses dari <https://www.oracle.com/integration/what-is-data-mesh/>

Flagright. (n.d.). Reducing False Positives. Diakses dari <https://www.flagright.com/use-case/reducing-false-positives>

INIS IAEA. (n.d.). Ethics. Chapter 3 [Artificial intelligence ethics]. Diakses dari <https://inis.iaea.org/records/9pmzt-m9j69>

NEI Magazine. (2023, Juli 12). Nuclear future: the power lies in digital transformation. Diakses dari <https://www.neimagazine.com/analysis/nuclear-future-the-power-lies-in-digital-transformation-11003509/>

AI Frontiers. (n.d.). Nuclear Non-Proliferation is the Wrong Framework for AI Governance. Diakses dari <https://ai-frontiers.org/articles/nuclear-non-proliferation-is-the-wrong-framework-for-ai-governance>

Number Analytics. (n.d.). Human Factors in Nuclear Control Rooms. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/human-factors-in-nuclear-control-rooms>

TUV SUD. (n.d.). IEC 61508: The Basic Functional Safety Standard. Diakses dari <https://www.tuvsud.com/en-us/services/functional-safety/iec-61508>

Redress Compliance. (n.d.). AI Case Study: AI for Nuclear Energy Management at DeepMind. Diakses dari <https://redresscompliance.com/ai-case-study-ai-for-nuclear-energy-management-at-deepmind/>

Utility Dive. (2025, Mei 16). America's AI future hinges on nuclear energy. Diakses dari <https://www.utilitydive.com/news/americas-ai-future-hinges-on-nuclear-energy/747395/>

Utility Dive. (2025, Mei 16). America's AI future hinges on nuclear energy. Diakses dari <https://www.utilitydive.com/news/americas-ai-future-hinges-on-nuclear-energy/747395/>

OpenLegacy. (n.d.). Risks of Legacy System Integration. Diakses dari <https://www.openlegacy.com/blog/risks-of-legacy-system-integration>

Quantum Zeitgeist. (n.d.). What is a Nuclear Battery? Are They Safe?. Diakses dari <https://quantumzeitgeist.com/what-is-a-nuclear-battery-are-they-safe/>

Number Analytics. (n.d.). Economics of Nuclear Energy: Operating Costs. Diakses dari <https://www.numberanalytics.com/blog/economics-of-nuclear-energy-operating-costs>

Data Mesh Architecture. (n.d.). How To Design a Data Mesh?. Diakses dari <https://www.datamesh-architecture.com/>

Guidehouse. (2025). Close the ROI Gap When Scaling AI. Diakses dari <https://guidehouse.com/insights/financial-services/2025/close-the-roi-gap-when-scaling-ai>

AWS. (n.d.). What is a data mesh?. Diakses dari <https://aws.amazon.com/what-is/data-mesh/>

Keyword. (n.d.). What is MLOps? Lifecycle, Tools & Best Practices. Diakses dari <https://www.keyword.io/blog/what-is-mlops-lifecycle-tools-best>