

Energi Nuklir, Apakah cocok untuk Indonesia sekarang?

Oleh: Rudy C Tarumingkeng



*Rudy C Tarumingkeng: Energi Nuklir, Apakah Cocok untuk Indonesia
Sekarang?*

Oleh:

[Prof Ir Rudy C Tarumingkeng, PhD](#)

Professor of Management NUP: 9903252922

Professor Emeritus, IPB-University

Anggota MPR-RI, 1982-1987

Rektor, Universitas Cenderawasih, Papua (1978-1988, dan

Rektor, Kampus AGRO Manokwari sekarang Universitas Papua Manokwari

Coordinator, CIDA/DIKTI SFU Burnaby BC Canada 1988-1991

Rektor, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta (1991-2000)

Ketua, Dewan Guru Besar, IPB-University, Bogor (2005-2006)

AI - Data Analyst, dan Ketua, Senat Akademik, IBM-ASMI, Jakarta 2024-

© RudyCT Academic Series

ruduct75@gmail.com

11 May 2026

ENERGI NUKLIR, APAKAH COCOK UNTUK INDONESIA SEKARANG?

Abstrak

Makalah ini membahas kelayakan energi nuklir bagi Indonesia dalam konteks kebutuhan energi nasional, transisi menuju emisi nol bersih, dominasi batubara dalam sistem kelistrikan, kesiapan regulasi, risiko geologi, pembiayaan, teknologi reaktor, pengelolaan limbah radioaktif, serta penerimaan sosial. Pertanyaan utama yang dijawab adalah apakah energi nuklir cocok untuk Indonesia "sekarang", bukan hanya secara teknis, tetapi juga secara ekonomi, kelembagaan, etis, dan strategis. Indonesia menghadapi dilema energi yang kompleks: kebutuhan listrik meningkat seiring industrialisasi, elektrifikasi transportasi, pertumbuhan pusat data, dan ambisi menjadi negara maju; sementara sistem kelistrikan masih sangat bergantung pada batubara. IEA mencatat bahwa lebih dari 60% listrik Indonesia masih pasok oleh armada PLTU batubara yang relatif muda, sehingga transisi energi tidak dapat dilakukan hanya melalui penutupan cepat, tetapi membutuhkan strategi bertahap, pembenahan kontrak, penguatan jaringan, dan investasi energi rendah karbon. ([IEA](#))

Energi nuklir menawarkan keunggulan sebagai sumber listrik rendah karbon, stabil, dan mampu beroperasi sepanjang waktu. Namun, energi nuklir juga membawa tantangan besar: biaya investasi awal tinggi, waktu pembangunan panjang, kebutuhan regulator yang sangat kuat, risiko sosial-politik, pengelolaan limbah jangka panjang, dan keharusan memilih lokasi dengan sangat hati-hati di negara yang berada dekat kawasan seismik dan vulkanik aktif. Karena itu, kesimpulan makalah ini adalah:

energi nuklir **belum cocok sebagai solusi cepat untuk krisis energi Indonesia saat ini**, tetapi **layak dipertimbangkan sebagai opsi strategis jangka menengah-panjang**, terutama dalam skala terbatas, bertahap, transparan, dan berbasis standar keselamatan internasional. Nuklir sebaiknya tidak diperlakukan sebagai pengganti energi terbarukan, melainkan sebagai pelengkap dalam portofolio energi rendah karbon yang mencakup efisiensi energi, surya, panas bumi, hidro, angin, bioenergi berkelanjutan, penyimpanan energi, dan penguatan jaringan listrik.

Kata Kunci

Energi nuklir; PLTN; transisi energi; Indonesia; ketahanan energi; emisi nol bersih; keselamatan nuklir; energi rendah karbon; Small Modular Reactor; kebijakan energi nasional.

Energi Nuklir, Apakah Cocok untuk Indonesia Sekarang?

1. Pendahuluan

Pertanyaan “Energi nuklir, apakah cocok untuk Indonesia sekarang?” tidak dapat dijawab hanya dengan “ya” atau “tidak”. Pertanyaan ini perlu ditempatkan dalam konteks besar pembangunan nasional: kebutuhan listrik yang terus meningkat, ambisi industrialisasi, tekanan perubahan iklim, ketergantungan pada batubara, keterbatasan jaringan listrik antarpulau, serta tuntutan agar energi tetap terjangkau bagi masyarakat dan dunia usaha. Indonesia bukan hanya membutuhkan listrik yang lebih banyak, tetapi juga listrik yang lebih bersih, lebih stabil, lebih merata, dan lebih aman dalam jangka panjang.

Dalam beberapa dekade terakhir, diskusi mengenai nuklir di Indonesia selalu bergerak di antara dua kutub. Kutub pertama melihat nuklir sebagai solusi rasional bagi negara besar yang membutuhkan pasokan listrik stabil dan rendah karbon. Dalam pandangan ini, nuklir dipandang sebagai teknologi modern yang dapat memperkuat ketahanan energi nasional, mengurangi emisi, dan mendukung industrialisasi. Kutub kedua melihat nuklir sebagai teknologi berisiko tinggi karena menyangkut radiasi, limbah radioaktif, kecelakaan besar, kerentanan geologi, dan potensi ketidakpercayaan publik. Kedua kutub ini sama-sama memiliki dasar argumentasi. Karena itu, pendekatan akademik yang sehat harus menghindari sikap terlalu romantis maupun terlalu takut.

Secara global, energi nuklir sedang mengalami kebangkitan perhatian. International Energy Agency menyatakan bahwa permintaan listrik dunia meningkat cepat, bukan hanya karena kebutuhan konvensional seperti industri ringan dan pendingin udara, tetapi juga karena kendaraan listrik, pusat data, dan kecerdasan buatan. IEA juga menyebut nuklir sebagai sumber listrik dan panas yang bersih, dapat dikendalikan, tersedia sepanjang waktu, serta dapat melengkapi energi terbarukan. ([IEA](#)) Namun, kebangkitan minat global ini tidak otomatis berarti semua negara harus segera membangun PLTN. Setiap negara memiliki kondisi geografis, ekonomi, kelembagaan, sosial, dan politik yang berbeda.

Indonesia memiliki alasan kuat untuk membahas nuklir. Sistem energi nasional masih sangat bergantung pada energi fosil. Dalam data IEA, batubara merupakan sumber listrik terbesar Indonesia pada 2023, dengan porsi sekitar 69% dari total pembangkitan listrik. ([IEA](#)) Ketergantungan ini menciptakan tiga masalah sekaligus: emisi karbon tinggi, kerentanan terhadap dinamika harga dan pasokan batubara domestik, serta hambatan bagi pencapaian target emisi nol bersih. Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar, terutama surya, panas bumi, hidro, bioenergi, dan energi laut. Masalahnya, energi terbarukan juga

membutuhkan jaringan listrik yang kuat, sistem penyimpanan, fleksibilitas operasi, dan reformasi pasar listrik agar dapat berkembang optimal.

Dengan demikian, nuklir tidak boleh dibahas sebagai "satu-satunya jawaban", melainkan sebagai salah satu opsi dalam bauran energi. Pertanyaan yang lebih tepat bukan "apakah nuklir baik atau buruk", tetapi "dalam kondisi apa nuklir dapat menjadi pilihan yang rasional bagi Indonesia?" Makalah ini menjawab pertanyaan tersebut melalui perspektif manajemen energi, kebijakan publik, ekonomi teknologi, keselamatan, lingkungan, dan etika antargenerasi.

2. Konteks Energi Indonesia: Antara Pertumbuhan, Ketergantungan Batubara, dan Dekarbonisasi

Indonesia sedang berada pada fase pembangunan yang membutuhkan pasokan energi besar. Pertumbuhan penduduk, urbanisasi, industrialisasi, digitalisasi, hilirisasi mineral, elektrifikasi transportasi, dan ekspansi pusat data akan meningkatkan konsumsi listrik. Dalam perspektif pembangunan, listrik bukan sekadar komoditas teknis, tetapi infrastruktur dasar bagi produktivitas ekonomi, pendidikan, kesehatan, layanan publik, dan transformasi digital.

Namun, struktur kelistrikan Indonesia masih menghadapi warisan historis berupa ketergantungan yang kuat pada batubara. IEA mencatat bahwa lebih dari 60% listrik Indonesia dipasok oleh armada PLTU batubara yang relatif muda. Kondisi ini membuat transisi energi menjadi lebih sulit karena pembangkit tersebut masih memiliki umur teknis dan kontrak ekonomi yang panjang. ([IEA](#)) Dengan kata lain, Indonesia tidak hanya menghadapi persoalan teknologi, tetapi juga persoalan kelembagaan dan kontraktual. Pembangkit batubara tidak bisa digantikan secara sederhana tanpa memperhitungkan biaya sistem, kontrak jual beli listrik, keamanan pasokan, dan stabilitas tarif.

Di tengah kondisi tersebut, pemerintah Indonesia telah memperbarui kerangka kebijakan energi melalui Peraturan Pemerintah Nomor 40 Tahun 2025 tentang Kebijakan Energi Nasional. PP ini mengatur tujuan, sasaran, arah kebijakan, strategi, rencana umum energi nasional dan daerah, serta pembinaan dan pengawasan, dengan periode kebijakan hingga 2060. PP ini juga mencabut PP Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. ([Database Peraturan | JDIH BPK](#)) Artinya, Indonesia memasuki fase baru perencanaan energi yang lebih panjang, lebih eksplisit terkait dekarbonisasi, dan lebih relevan dengan target emisi nol bersih.

Dalam konteks inilah energi nuklir kembali menjadi wacana strategis. Pada 2025–2026, terdapat perkembangan kelembagaan yang menunjukkan bahwa pembahasan PLTN tidak lagi sekadar akademik. BAPETEN menyatakan bahwa terdapat pembahasan mengenai target pembangunan PLTN berkapasitas 250 MW per unit, dengan salah satu lokasi yang diproyeksikan di Kalimantan Barat. ([Bapeten](#)) BAPETEN juga mencatat bahwa pemerintah, melalui keputusan Menteri ESDM, menetapkan target Commercial Operation Date PLTN pertama Indonesia pada 2032, yang direncanakan berlokasi di Bangka, Sumatra. ([Bapeten](#)) Pernyataan ini menunjukkan bahwa diskursus nuklir Indonesia telah memasuki tahap persiapan kebijakan dan teknis yang lebih konkret.

Namun, kesiapan proyek tidak sama dengan kelayakan final. Dalam manajemen proyek energi, sebuah gagasan teknologi harus melewati beberapa lapisan uji: kelayakan teknis, kelayakan ekonomi, kelayakan sosial, kelayakan lingkungan, kelayakan hukum, dan kelayakan kelembagaan. Nuklir membutuhkan standar lebih tinggi dibanding banyak teknologi energi lain karena dampaknya bersifat lintas generasi. Kesalahan kecil dalam tata kelola dapat menimbulkan krisis kepercayaan besar. Karena itu, keputusan nuklir harus bersifat evidence-based, transparent, participatory, dan accountable.

3. Apa Itu Energi Nuklir dan Bagaimana Prinsip Kerjanya?

Energi nuklir adalah energi yang dilepaskan dari inti atom. Dalam pembangkit listrik tenaga nuklir, energi diperoleh terutama melalui reaksi fisi, yaitu pembelahan inti atom berat seperti uranium-235 atau plutonium-239. Ketika inti atom dibelah, energi panas dilepaskan dalam jumlah besar. Panas ini digunakan untuk menghasilkan uap, uap memutar turbin, dan turbin menggerakkan generator listrik. Secara prinsip, PLTN tetap merupakan pembangkit termal seperti PLTU batubara atau PLTG, tetapi sumber panasnya bukan pembakaran bahan bakar fosil, melainkan reaksi inti atom.

Keunggulan utama nuklir adalah kepadatan energinya sangat tinggi. Sejumlah kecil bahan bakar nuklir dapat menghasilkan energi yang sangat besar. Ini berbeda dari batubara, gas, atau biomassa yang membutuhkan volume bahan bakar jauh lebih besar. Selain itu, operasi nuklir tidak menghasilkan emisi karbon langsung dari pembakaran, sehingga nuklir sering dikategorikan sebagai energi rendah karbon. IPCC menyatakan bahwa emisi gas rumah kaca siklus hidup listrik nuklir berada di bawah 40 gCO₂-eq/kWh, sebanding dengan sumber energi terbarukan dalam banyak kajian. ([IPCC](#))

Namun, istilah "rendah karbon" tidak berarti "tanpa risiko". Nuklir membawa risiko khusus yang berbeda dari energi lain. Risiko tersebut meliputi kecelakaan reaktor, pelepasan radiasi, sabotase, proliferasi bahan nuklir, pengelolaan limbah radioaktif, serta dekomisioning fasilitas setelah masa operasi berakhir. Karena itu, nuklir adalah teknologi yang memerlukan budaya keselamatan yang sangat ketat. Dalam industri nuklir, keselamatan bukan sekadar prosedur, tetapi sistem nilai yang harus tertanam dalam organisasi, regulator, operator, kontraktor, pemerintah daerah, dan masyarakat.

Secara teknologi, dunia mengenal berbagai jenis reaktor. Reaktor besar konvensional seperti Pressurized Water Reactor dan Boiling Water Reactor telah digunakan di banyak negara. Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian meningkat pada Small Modular Reactor atau SMR. SMR

dirancang lebih kecil, modular, dan secara teoritis dapat dibangun lebih fleksibel dibanding PLTN besar. IEA mencatat bahwa SMR menarik minat investor global, dengan rencana investasi hingga 25 GW, terutama untuk memasok listrik bagi pusat data. ([IEA](#)) Namun, SMR belum sepenuhnya membuktikan dirinya secara luas dalam skala komersial global. Karena itu, Indonesia harus berhati-hati agar tidak menjadi “laboratorium pasar” bagi teknologi yang belum matang secara ekonomi dan operasional.

4. Argumen yang Mendukung Energi Nuklir bagi Indonesia

4.1 Nuklir sebagai sumber listrik rendah karbon

Argumen paling kuat bagi energi nuklir adalah kontribusinya terhadap dekarbonisasi. Jika Indonesia ingin mengurangi ketergantungan pada batubara, maka Indonesia membutuhkan listrik rendah karbon dalam jumlah besar. Energi surya, angin, hidro, panas bumi, dan bioenergi berkelanjutan sangat penting, tetapi masing-masing memiliki karakteristik berbeda. Surya dan angin bersifat variabel; hidro tergantung kondisi hidrologi dan ekologi; panas bumi membutuhkan eksplorasi berisiko tinggi; bioenergi membutuhkan tata kelola lahan dan bahan baku yang hati-hati. Nuklir dapat menjadi pelengkap karena mampu menyediakan daya stabil sepanjang waktu.

Dalam sistem kelistrikan modern, istilah pentingnya adalah dispatchability, yaitu kemampuan pembangkit untuk menghasilkan listrik sesuai kebutuhan sistem. Nuklir dapat beroperasi sebagai pembangkit baseload, menyediakan listrik stabil untuk industri, kota besar, smelter, fasilitas kesehatan, pusat data, dan sistem transportasi listrik. IEA menyebut nuklir sebagai sumber listrik dan panas yang bersih dan dispatchable, dengan manfaat bagi keamanan energi dan pengurangan emisi. ([IEA](#)) Bagi Indonesia yang ingin mendorong hilirisasi dan industrialisasi, karakteristik ini bernilai strategis.

4.2 Nuklir memperkuat ketahanan energi

Ketahanan energi tidak hanya berarti memiliki banyak sumber energi, tetapi juga kemampuan menjaga pasokan ketika terjadi gangguan. Sistem yang terlalu bergantung pada satu jenis energi menjadi rentan. Selama ini Indonesia diuntungkan oleh cadangan batubara domestik, tetapi ketergantungan yang terlalu besar pada batubara menciptakan risiko jangka panjang: tekanan iklim, potensi pembatasan pembiayaan internasional, polusi udara, dan risiko stranded assets. Nuklir dapat membantu diversifikasi energi nasional.

Bahan bakar nuklir juga memiliki kepadatan energi tinggi dan dapat disimpan dalam jumlah relatif kecil untuk waktu lama. Ini memberi keunggulan logistik dibanding bahan bakar fosil yang memerlukan rantai pasok besar dan berkelanjutan. Bagi negara kepulauan seperti Indonesia, keunggulan logistik ini menarik. Namun, hal ini harus diseimbangkan dengan fakta bahwa Indonesia belum memiliki rantai industri bahan bakar nuklir komersial yang lengkap. Ketergantungan pada pemasok teknologi, bahan bakar, dan layanan internasional tetap harus diperhitungkan.

4.3 Nuklir sebagai penopang industrialisasi dan digitalisasi

Indonesia sedang mendorong hilirisasi mineral, manufaktur bernilai tambah, ekonomi digital, dan pusat data. Semua sektor ini membutuhkan listrik yang andal. Energi terbarukan variabel perlu didukung oleh baterai, pumped storage, interkoneksi, demand response, dan pembangkit fleksibel. Nuklir dapat menjadi bagian dari sistem tersebut, terutama jika digunakan untuk wilayah industri dengan kebutuhan listrik besar dan stabil.

Namun, penggunaan nuklir untuk industri harus dirancang secara sistemik. Tidak cukup hanya membangun reaktor; perlu jaringan transmisi, sistem proteksi, tenaga ahli, protokol tanggap darurat, infrastruktur pelabuhan, sistem transportasi bahan nuklir, dan tata kelola keamanan. Ini menjadikan nuklir bukan sekadar proyek pembangkit, melainkan proyek negara. Dari sudut manajemen strategis, nuklir adalah high-commitment technology: sekali dipilih, negara harus berkomitmen selama puluhan hingga ratusan tahun, termasuk untuk limbah dan dekomisioning.

4.4 Nuklir dapat melengkapi energi terbarukan

Kesalahan umum dalam debat energi adalah menempatkan nuklir dan energi terbarukan sebagai musuh. Dalam praktik sistem energi, keduanya dapat saling melengkapi. Energi terbarukan harus menjadi tulang punggung transisi energi karena potensinya besar, biayanya makin kompetitif, dan waktu pembangunannya relatif cepat. Nuklir dapat menjadi pelengkap untuk menjaga kestabilan sistem ketika penetrasi energi variabel meningkat. Di sinilah perencanaan sistem menjadi penting.

IEA menekankan bahwa efisiensi energi, energi terbarukan, dan elektrifikasi merupakan pilar jangka pendek penting bagi Indonesia menuju emisi nol bersih. Dalam roadmap IEA-MEMR, tiga tuas tersebut memberikan sekitar 80% pengurangan emisi sektor energi yang dibutuhkan hingga 2030. ([IEA](#)) Dengan demikian, nuklir bukan prioritas tercepat untuk 2026–2030. Perannya lebih masuk akal setelah fondasi energi terbarukan, efisiensi, jaringan, dan elektrifikasi diperkuat.

5. Argumen yang Menolak atau Menunda Energi Nuklir bagi Indonesia

5.1 Biaya investasi dan risiko keterlambatan

PLTN membutuhkan investasi awal sangat besar. Biaya nuklir sangat sensitif terhadap tingkat bunga, keterlambatan proyek, perubahan desain, kapasitas industri lokal, serta kualitas manajemen proyek. World Nuclear Association mencatat bahwa proyek nuklir memiliki biaya modal awal tinggi, masa konstruksi panjang, biaya operasi relatif stabil, serta masa pengembalian investasi panjang; biaya pembiayaan menjadi faktor penting dalam ekonomi PLTN. ([World Nuclear Association](#)) Bagi Indonesia, ini berarti keputusan nuklir harus dipertimbangkan dalam kerangka fiskal dan tarif listrik jangka panjang.

Jika proyek terlambat, biaya bunga selama konstruksi dapat melonjak. Pengalaman internasional menunjukkan bahwa proyek nuklir di beberapa

negara berhasil dibangun tepat waktu, tetapi di negara lain mengalami keterlambatan dan pembengkakan biaya. Indonesia sebagai pendatang baru harus menyadari bahwa risiko first-of-a-kind atau first-in-country sangat besar. Reaktor pertama di suatu negara biasanya menghadapi kurva pembelajaran: perizinan, rantai pasok, pelatihan SDM, konstruksi, inspeksi, dan penerimaan publik.

5.2 Kesiapan kelembagaan dan budaya keselamatan

Nuklir memerlukan regulator independen, operator profesional, sistem inspeksi kuat, transparansi informasi, serta budaya keselamatan yang tidak tunduk pada tekanan politik atau ekonomi. Indonesia memiliki BAPETEN sebagai badan pengawas tenaga nuklir. BAPETEN menjalankan fungsi pengawasan melalui peraturan, perizinan, dan inspeksi terhadap pemanfaatan tenaga nuklir. ([Kementerian Keuangan Republik Indonesia](#)) Namun, membangun PLTN komersial membutuhkan peningkatan kapasitas regulator secara signifikan, karena risiko dan kompleksitas PLTN jauh lebih besar daripada pemanfaatan nuklir untuk riset, kesehatan, atau industri non-daya.

IAEA memiliki kerangka Integrated Nuclear Infrastructure Review atau INIR untuk membantu negara menilai kesiapan infrastruktur nasional sebelum membangun PLTN. INIR mencakup 19 isu infrastruktur nuklir, termasuk kerangka hukum, regulasi, keselamatan, pembiayaan, sumber daya manusia, tapak, jaringan listrik, keamanan, safeguards, dan pengelolaan limbah. ([IAEA](#)) Bagi Indonesia, mengikuti pendekatan bertahap seperti ini sangat penting agar keputusan nuklir tidak didorong oleh euforia teknologi, melainkan oleh kesiapan kelembagaan yang terukur.

5.3 Risiko geologi dan lokasi

Indonesia berada dalam kawasan tektonik dan vulkanik aktif. USGS menjelaskan bahwa Ring of Fire adalah zona paling aktif secara seismik dan vulkanik di dunia, tempat Lempeng Pasifik bertemu dengan banyak lempeng tektonik lain. ([USGS](#)) Walaupun tidak semua wilayah Indonesia

memiliki tingkat risiko yang sama, fakta geologi ini membuat pemilihan lokasi PLTN harus sangat ketat. Tidak cukup mengatakan bahwa "Indonesia rawan gempa"; yang diperlukan adalah analisis tapak spesifik berbasis data seismik, tsunami, vulkanik, hidrologi, iklim ekstrem, dan risiko sosial.

Dalam konteks ini, Kalimantan dan Bangka sering disebut karena relatif lebih stabil dibanding banyak wilayah lain. Namun, "relatif lebih stabil" bukan berarti bebas risiko. Site evaluation harus dilakukan dengan standar internasional dan tidak boleh dipercepat demi target politik. BAPETEN sendiri menekankan bahwa persetujuan tapak memerlukan Site Evaluation Program dan Site Evaluation Management System sesuai regulasi dan persyaratan teknis. ([Bapeten](#)) Ini menunjukkan bahwa lokasi adalah isu fundamental, bukan administratif.

5.4 Limbah radioaktif dan tanggung jawab antargenerasi

Salah satu isu etis terbesar nuklir adalah limbah radioaktif. IAEA menyatakan bahwa operasi dan dekomisioning fasilitas nuklir menghasilkan limbah radioaktif yang harus dikelola agar manusia dan lingkungan tetap aman dalam jangka panjang. ([IAEA](#)) Masalah limbah bukan berarti tidak dapat dikelola, tetapi memerlukan institusi, teknologi, pendanaan, lokasi penyimpanan, dan kepercayaan publik yang kuat.

Dalam perspektif etika antargenerasi, keputusan membangun PLTN hari ini menciptakan kewajiban bagi generasi mendatang. Limbah tingkat tinggi dan bahan bakar bekas memerlukan pengawasan sangat lama. Karena itu, sebelum membangun PLTN, Indonesia harus memiliki kebijakan nasional yang jelas mengenai bahan bakar bekas: apakah disimpan sementara, dikembalikan ke pemasok melalui skema tertentu, diproses ulang di luar negeri, atau pada akhirnya dikelola melalui fasilitas penyimpanan geologi. Tanpa jawaban yang jujur, proyek nuklir akan menghadapi resistensi sosial yang wajar.

5.5 Penerimaan publik dan risiko kepercayaan

Nuklir adalah teknologi yang sangat dipengaruhi oleh persepsi publik. Kecelakaan Three Mile Island, Chernobyl, dan Fukushima membentuk memori kolektif global. Meskipun teknologi dan regulasi telah berkembang, rasa takut publik tidak bisa diabaikan. Dalam konteks Indonesia, kepercayaan publik terhadap tata kelola, korupsi, transparansi, dan kesiapan darurat menjadi faktor penting. Jika publik merasa keputusan nuklir dibuat secara tertutup, resistensi akan meningkat.

Penerimaan publik bukan sekadar sosialisasi satu arah. Ia membutuhkan dialog, partisipasi, akses informasi, audit independen, keterlibatan perguruan tinggi, simulasi tanggap darurat, dan hak masyarakat lokal untuk memahami risiko serta manfaat. Dalam manajemen perubahan, teknologi besar seperti nuklir membutuhkan social license to operate. Tanpa legitimasi sosial, proyek yang secara teknis layak dapat gagal secara politik.

6. Apakah Nuklir Cocok untuk Indonesia Sekarang? Analisis Kelayakan

Untuk menjawab pertanyaan utama, perlu dibedakan antara “cocok sekarang sebagai solusi langsung” dan “cocok sekarang sebagai persiapan strategis”. Dua hal ini berbeda.

Sebagai solusi langsung untuk krisis energi saat ini, nuklir belum cocok. Alasannya jelas: PLTN memerlukan waktu panjang untuk persiapan, perizinan, pembiayaan, konstruksi, pengujian, dan operasi komersial. Bahkan jika target COD pertama pada 2032 dapat dicapai, kontribusinya terhadap kebutuhan energi 2026–2030 tetap terbatas. Oleh karena itu, untuk kebutuhan cepat, Indonesia lebih rasional memprioritaskan efisiensi energi, penguatan jaringan, percepatan surya, panas bumi, hidro, baterai, demand response, reformasi kontrak listrik, dan pengurangan hambatan investasi energi terbarukan. IEA sendiri menekankan bahwa efisiensi, energi terbarukan, dan elektrifikasi adalah pilar jangka pendek utama menuju net zero. ([IEA](#))

Namun, sebagai persiapan strategis jangka menengah-panjang, nuklir mulai relevan untuk dipertimbangkan. Indonesia adalah negara besar dengan kebutuhan listrik yang akan terus tumbuh. Jika Indonesia ingin mencapai emisi nol bersih pada 2060, bauran energi rendah karbon harus sangat besar. Dalam situasi tersebut, nuklir dapat menjadi salah satu opsi untuk memasok listrik stabil, terutama bagi sistem industri dan wilayah yang membutuhkan pasokan besar sepanjang waktu.

Kesesuaian nuklir bagi Indonesia harus memenuhi setidaknya sembilan syarat.

Pertama, nuklir harus ditempatkan sebagai pelengkap, bukan pengganti energi terbarukan. Jika nuklir digunakan untuk menunda pengembangan surya, panas bumi, hidro, dan efisiensi energi, maka nuklir justru menjadi penghambat transisi. Tetapi jika nuklir diposisikan sebagai bagian kecil dari portofolio rendah karbon yang memperkuat sistem, maka ia dapat menjadi opsi rasional.

Kedua, proyek pertama harus berskala terbatas dan bertahap. Target 250 MW per unit sebagaimana disebut dalam agenda persiapan BAPETEN lebih masuk akal daripada langsung membangun PLTN besar. ([Bapeten](#)) Skala lebih kecil dapat mengurangi tekanan sistem, mempercepat pembelajaran, dan membangun kepercayaan secara bertahap. Namun, skala kecil tidak otomatis murah; ekonomi SMR tetap harus diuji secara transparan.

Ketiga, lokasi harus ditentukan berdasarkan sains, bukan politik daerah. Site evaluation harus mencakup gempa, tsunami, vulkanisme, banjir, perubahan iklim, keamanan, ketersediaan air pendingin, jaringan transmisi, kepadatan penduduk, jalur evakuasi, dan kesiapan pemerintah daerah. Jika lokasi dipilih karena lobi politik atau kepentingan investasi semata, risiko sosial dan keselamatan akan meningkat.

Keempat, regulator harus diperkuat sebelum proyek dimulai. BAPETEN harus memiliki kapasitas teknis, anggaran, SDM, laboratorium, sistem inspeksi, dan independensi kelembagaan yang kuat. Dalam industri nuklir,

regulator tidak boleh lebih lemah daripada operator atau vendor. Prinsipnya sederhana: lebih baik menunda proyek daripada memulai proyek dengan regulator yang belum sepenuhnya siap.

Kelima, pembiayaan harus terbuka. Publik perlu mengetahui siapa yang membayar, bagaimana risiko dibagi, apakah ada jaminan negara, bagaimana tarif listrik dihitung, bagaimana biaya limbah dan dekomisioning dimasukkan, serta siapa yang menanggung pembengkakan biaya. Tanpa transparansi pembiayaan, nuklir dapat menjadi beban fiskal tersembunyi.

Keenam, pengelolaan limbah harus dirancang sejak awal. Tidak etis membangun PLTN dulu lalu memikirkan limbah belakangan. Prinsip *responsible nuclear governance* mengharuskan rencana bahan bakar bekas, penyimpanan sementara, transportasi, keamanan, dan pembiayaan limbah dimasukkan sejak tahap desain kebijakan.

Ketujuh, SDM nasional harus disiapkan melalui universitas, politeknik, lembaga riset, dan kerja sama internasional. Nuklir membutuhkan insinyur nuklir, ahli keselamatan radiasi, ahli material, ahli geologi, ahli keamanan siber, operator reaktor, ekonom energi, ahli hukum nuklir, komunikator risiko, dan tenaga tanggap darurat. Ini adalah agenda pendidikan nasional, bukan sekadar proyek PLN atau vendor.

Kedelapan, publik harus dilibatkan secara bermakna. Komunikasi risiko tidak boleh berbentuk propaganda. Publik harus diberi informasi seimbang: manfaat, risiko, biaya, alternatif, rencana darurat, dan hak masyarakat lokal. Dialog semacam ini lebih lambat, tetapi membangun legitimasi.

Kesembilan, keputusan nuklir harus dibandingkan dengan alternatif. Setiap rupiah yang digunakan untuk nuklir adalah rupiah yang tidak digunakan untuk opsi lain. Karena itu, analisis harus membandingkan nuklir dengan surya plus baterai, panas bumi, hidro, interkoneksi, efisiensi energi, demand response, gas transisi, dan pensiun dini PLTU. Keputusan terbaik bukan

teknologi paling mengesankan, melainkan kombinasi paling andal, murah, aman, dan adil bagi Indonesia.

7. Studi Perbandingan: Nuklir, Batubara, dan Energi Terbarukan

Dibanding batubara, nuklir memiliki keunggulan jelas dalam emisi karbon dan polusi udara. Batubara menghasilkan emisi CO₂ tinggi serta polutan seperti partikulat, SO₂, NO_x, dan merkuri. Nuklir tidak menghasilkan emisi pembakaran saat operasi. Dari sisi iklim, nuklir lebih bersih. Namun, batubara memiliki keunggulan historis di Indonesia: infrastruktur tersedia, rantai pasok domestik kuat, biaya tampak murah karena sebagian eksternalitas tidak dihitung, dan banyak kontrak jangka panjang telah berjalan.

Dibanding energi surya dan angin, nuklir memiliki keunggulan stabilitas. Surya hanya menghasilkan listrik ketika ada matahari, dan angin tergantung kondisi angin. Namun, surya dan angin memiliki keunggulan waktu pembangunan lebih cepat, modularitas tinggi, risiko keselamatan lebih rendah, serta biaya yang terus menurun secara global. Untuk Indonesia, surya atap, surya terapung, dan surya skala utilitas dapat memberi kontribusi lebih cepat dibanding nuklir, asalkan hambatan regulasi dan jaringan diselesaikan.

Dibanding panas bumi, nuklir sama-sama dapat menyediakan baseload rendah karbon. Namun, panas bumi merupakan potensi domestik Indonesia yang sangat besar. Kendalanya adalah risiko eksplorasi, lokasi yang sering berada di kawasan hutan atau daerah sensitif, serta biaya awal pengeboran. Dalam strategi nasional, panas bumi harus tetap menjadi prioritas karena ia merupakan keunggulan alam Indonesia. Nuklir tidak boleh mengalihkan perhatian dari panas bumi.

Dibanding hidro, nuklir memiliki keunggulan tidak tergantung musim hujan. Namun, hidro memiliki fungsi tambahan seperti irigasi, pengendalian banjir, dan penyimpanan energi melalui pumped storage.

Masalah hidro adalah dampak sosial-ekologis, relokasi, perubahan ekosistem sungai, dan risiko sedimentasi. Indonesia perlu mengembangkan hidro secara selektif dengan standar sosial-lingkungan yang ketat.

Dengan demikian, nuklir bukan pemenang mutlak dan bukan pecundang mutlak. Ia adalah teknologi dengan profil risiko-manfaat khusus. Dalam bahasa manajemen portofolio, nuklir adalah high-capital, high-governance, long-horizon option. Ia cocok hanya jika negara memiliki kemampuan mengelola risiko besar secara konsisten selama puluhan tahun.

8. Dimensi Ekonomi: Apakah Nuklir Murah atau Mahal?

Pertanyaan “apakah nuklir murah?” sering menyesatkan karena jawabannya tergantung pada apa yang dihitung. Jika hanya melihat biaya bahan bakar per kWh setelah PLTN beroperasi, nuklir dapat terlihat menarik. Tetapi jika menghitung biaya modal, bunga selama konstruksi, asuransi, perizinan, limbah, dekomisioning, keamanan, pelatihan, dan risiko keterlambatan, nuklir menjadi investasi yang sangat berat.

IEA mencatat bahwa investasi nuklir global berada sekitar USD 65 miliar per tahun dan dapat meningkat menjadi sekitar USD 70 miliar per tahun pada 2030 dalam skenario kebijakan saat ini. ([IEA](#)) Angka ini menunjukkan bahwa nuklir adalah sektor padat modal dan membutuhkan kebijakan pemerintah yang kuat. Bagi Indonesia, persoalannya bukan hanya “apakah bisa membangun”, tetapi “apakah bisa membangun tanpa membebani APBN, PLN, tarif listrik, dan generasi mendatang secara tidak proporsional?”

Dalam konteks Indonesia, ekonomi nuklir harus dibandingkan dengan masalah overcapacity dan kontrak PLTU yang sudah ada. IEA menyoroti bahwa salah satu hambatan integrasi energi terbarukan di sistem Indonesia adalah ketidakfleksibelan kontrak, termasuk take-or-pay pada PPA dan kontrak bahan bakar, yang mengurangi insentif pembangkit termal untuk fleksibel. ([IEA](#)) Jika masalah kontraktual ini belum diselesaikan, masuknya

PLTN baru dapat menambah kompleksitas sistem, bukan otomatis memperbaikinya.

Nuklir juga membutuhkan jaminan pembelian listrik jangka panjang agar proyek bankable. Jika jaminan terlalu besar, risiko pasar dapat berpindah dari investor ke negara dan konsumen. Jika jaminan terlalu kecil, investor enggan masuk. Karena itu, desain pembiayaan harus sangat hati-hati. Model build-own-operate, vendor financing, government-to-government, public-private partnership, atau regulated asset base masing-masing memiliki implikasi risiko.

Bagi Indonesia, pendekatan paling aman adalah tidak memulai proyek nuklir komersial sebelum ada analisis biaya-manfaat publik yang independen. Analisis tersebut harus membandingkan nuklir dengan opsi lain dalam skenario sistem kelistrikan, bukan hanya membandingkan biaya pembangkit per unit. Sistem listrik adalah jaringan kompleks. Pembangkit yang murah secara individual belum tentu murah bagi sistem, dan pembangkit yang mahal secara individual bisa bernilai jika meningkatkan stabilitas sistem. Namun nilai stabilitas itu harus dihitung secara terbuka.

9. Dimensi Lingkungan dan Etika

Secara iklim, nuklir memiliki argumen kuat. Emisi siklus hidupnya rendah, dan ia dapat menggantikan pembangkit fosil. Tetapi lingkungan tidak hanya soal karbon. Lingkungan juga mencakup air, tapak, limbah, keamanan ekosistem, risiko kecelakaan, dan dampak antargenerasi.

PLTN membutuhkan air pendingin atau sistem pendinginan khusus. Di negara kepulauan tropis, lokasi dekat laut mungkin menarik, tetapi risiko tsunami, kenaikan muka laut, korosi, dan cuaca ekstrem harus diperhitungkan. Perubahan iklim sendiri dapat memperbesar risiko bagi infrastruktur pesisir. Karena itu, PLTN tidak boleh hanya dirancang berdasarkan risiko historis, tetapi juga risiko masa depan.

Dari sisi etika, nuklir menuntut prinsip kehati-hatian. Prinsip ini tidak berarti menolak semua risiko. Semua teknologi energi memiliki risiko: batubara menyebabkan polusi dan emisi; hidro dapat mengubah ekosistem; bioenergi dapat bersaing dengan pangan; surya membutuhkan lahan dan mineral; baterai membutuhkan pertambangan. Tetapi nuklir memiliki risiko dengan konsekuensi rendah-probabilitas tetapi tinggi-dampak. Maka tata kelolanya harus lebih ketat.

Etika nuklir juga mencakup keadilan antardaerah. Jika listrik PLTN dinikmati oleh pusat industri, tetapi risiko tidak ditanggung masyarakat lokal, maka muncul masalah keadilan. Masyarakat sekitar lokasi harus memperoleh manfaat nyata: infrastruktur, pendidikan, kesehatan, kesempatan kerja, kompensasi, dan hak partisipasi. Tanpa keadilan lokal, proyek nuklir akan dianggap sebagai pemaksaan pusat terhadap daerah.

Etika lain adalah keadilan antargenerasi. Limbah radioaktif memaksa generasi mendatang menanggung konsekuensi keputusan hari ini. Karena itu, dana dekomisioning dan limbah harus dibentuk sejak awal, tidak boleh ditunda. Negara harus memastikan bahwa operator menyisihkan dana selama PLTN beroperasi agar beban tidak jatuh ke generasi mendatang.

10. Dimensi Geopolitik dan Kedaulatan Teknologi

Energi nuklir tidak pernah sepenuhnya netral secara geopolitik. Teknologi reaktor, bahan bakar, layanan pemeliharaan, keselamatan, safeguards, dan rantai pasok global melibatkan negara-negara besar. Indonesia harus berhati-hati agar keputusan nuklir tidak menciptakan ketergantungan baru pada satu vendor atau satu negara. Dalam konteks geopolitik, diversifikasi pemasok, standar internasional, dan transparansi kontrak menjadi sangat penting.

Nuklir juga terkait dengan rezim non-proliferasi. Indonesia harus memastikan bahwa semua pemanfaatan nuklir bersifat damai dan berada dalam pengawasan internasional. Safeguards bukan sekadar formalitas

diplomatik, tetapi elemen penting untuk menjaga reputasi Indonesia sebagai negara yang bertanggung jawab. Dalam jangka panjang, reputasi ini memengaruhi akses teknologi, pembiayaan, dan kerja sama internasional.

Dari sisi kedaulatan teknologi, nuklir dapat mendorong pengembangan SDM dan industri tinggi. Namun, manfaat ini tidak otomatis. Jika semua teknologi, operator, bahan bakar, dan perawatan bergantung pada pihak luar, maka nilai tambah domestik terbatas. Karena itu, Indonesia perlu merancang strategi local capability building: pendidikan nuklir, rekayasa keselamatan, manufaktur komponen non-nuklir, sistem kontrol, keamanan siber, dan riset material.

Namun, kedaulatan teknologi tidak boleh diartikan sebagai ambisi mandiri penuh dalam semua rantai nuklir. Untuk negara pendatang baru, kerja sama internasional tetap diperlukan. Yang penting adalah kemampuan nasional untuk menjadi intelligent buyer: mampu memahami teknologi, menilai risiko, menegosiasikan kontrak, mengawasi vendor, dan menjaga kepentingan nasional.

11. Skenario Kebijakan untuk Indonesia

Skenario 1: Menolak nuklir sepenuhnya

Dalam skenario ini, Indonesia memutuskan tidak membangun PLTN dan fokus pada energi terbarukan, efisiensi, jaringan, penyimpanan, dan pengurangan batubara. Keunggulannya adalah menghindari risiko nuklir, limbah radioaktif, dan biaya proyek besar. Kelemahannya, Indonesia harus memastikan energi terbarukan dan penyimpanan dapat memenuhi kebutuhan listrik stabil dalam skala besar. Jika reformasi sistem lambat, ketergantungan pada batubara dapat berlanjut.

Skenario 2: Nuklir sebagai opsi riset dan persiapan, tanpa komitmen pembangunan cepat

Dalam skenario ini, Indonesia memperkuat riset, regulasi, SDM, site evaluation, dan dialog publik, tetapi belum mengambil keputusan investasi final. Ini adalah skenario paling hati-hati. Keunggulannya adalah membangun kesiapan tanpa terburu-buru. Kelemahannya adalah jika kebutuhan listrik rendah karbon meningkat cepat setelah 2035, Indonesia mungkin terlambat memanfaatkan nuklir.

Skenario 3: Demonstrasi terbatas 250–500 MW

Dalam skenario ini, Indonesia membangun PLTN pertama dalam skala terbatas, misalnya 250 MW per unit atau total awal sekitar 500 MW, sesuai arah persiapan yang telah muncul dalam pembahasan BAPETEN dan PLN. ([Bapeten](#)) Keunggulannya adalah pembelajaran nyata, kontribusi awal pada ketahanan energi, dan pembangunan kapasitas nasional. Kelemahannya adalah biaya per kW bisa tinggi, risiko first project besar, dan penerimaan publik harus dikelola sangat hati-hati.

Skenario 4: Ekspansi besar nuklir

Dalam skenario ini, Indonesia menjadikan nuklir sebagai pilar utama transisi energi. Ini berisiko tinggi untuk saat ini. Indonesia belum memiliki pengalaman PLTN komersial, sistem regulasi masih perlu diperkuat, biaya sangat besar, dan alternatif energi terbarukan belum dimaksimalkan. Skenario ini tidak disarankan dalam jangka pendek.

Dari keempat skenario tersebut, pilihan paling rasional adalah kombinasi skenario 2 dan 3: memperkuat kesiapan nasional secara serius, lalu hanya melanjutkan ke demonstrasi terbatas jika semua syarat keselamatan, pembiayaan, lokasi, limbah, dan penerimaan publik terpenuhi.

12. Rekomendasi Kebijakan

Pertama, Indonesia perlu menetapkan prinsip bahwa nuklir bukan solusi darurat. Untuk lima hingga sepuluh tahun ke depan, prioritas utama tetap efisiensi energi, energi terbarukan, penyimpanan energi, reformasi jaringan,

dan pengurangan ketergantungan batubara. Nuklir boleh dipersiapkan, tetapi tidak boleh mengalihkan sumber daya kebijakan dari agenda yang lebih cepat dan lebih murah.

Kedua, pemerintah perlu membentuk peta jalan nuklir yang transparan. Peta jalan ini harus menjelaskan tahapan keputusan, kriteria kelayakan, lokasi potensial, teknologi yang dipertimbangkan, model pembiayaan, rencana limbah, rencana SDM, dan mekanisme partisipasi publik. Peta jalan harus dapat diuji oleh akademisi, masyarakat sipil, industri, dan pemerintah daerah.

Ketiga, BAPETEN harus diperkuat secara institusional. Penguatan mencakup anggaran, tenaga ahli, laboratorium, sistem inspeksi, kemampuan evaluasi desain, keamanan siber, komunikasi risiko, serta independensi pengambilan keputusan. Regulator harus mampu berkata "tidak" meskipun ada tekanan politik atau investasi.

Keempat, Indonesia perlu melakukan analisis sistem kelistrikan berbasis skenario. Nuklir harus dibandingkan dengan kombinasi surya, panas bumi, hidro, baterai, pumped storage, interkoneksi, demand response, dan pensiun dini PLTU. Analisis harus mencakup biaya sistem, bukan hanya biaya pembangkit.

Kelima, kebijakan limbah radioaktif harus disusun sebelum keputusan investasi final. Pemerintah harus menentukan tanggung jawab operator, dana limbah, opsi penyimpanan, standar keselamatan, pengawasan, dan komunikasi publik.

Keenam, lokasi PLTN harus dipilih berdasarkan sains dan konsultasi publik. Pemerintah tidak boleh mengumumkan lokasi final sebelum kajian tapak selesai dan masyarakat lokal dilibatkan secara bermakna. Site evaluation harus menjadi proses ilmiah, bukan seremoni administratif.

Ketujuh, proyek nuklir pertama harus menggunakan teknologi yang terbukti. Indonesia sebaiknya menghindari teknologi yang belum matang secara komersial, kecuali dalam skala riset yang sangat terbatas. Prinsipnya:

jangan menjadi pembeli pertama teknologi yang belum terbukti jika risiko ditanggung publik.

Kedelapan, universitas dan lembaga riset perlu dilibatkan sejak awal. Nuklir membutuhkan ekosistem pengetahuan. Program studi teknik nuklir, fisika, material, elektro, mesin, hukum energi, manajemen risiko, kebijakan publik, dan komunikasi sains harus disiapkan.

Kesembilan, komunikasi publik harus jujur. Pemerintah harus menjelaskan manfaat dan risiko secara seimbang. Publik tidak membutuhkan propaganda, tetapi kejujuran ilmiah. Kepercayaan publik dibangun melalui transparansi, bukan slogan.

13. Kesimpulan

Energi nuklir cocok untuk Indonesia hanya dalam pengertian terbatas: sebagai opsi strategis jangka menengah-panjang yang dapat dipersiapkan mulai sekarang, bukan sebagai solusi cepat bagi krisis energi saat ini. Indonesia membutuhkan listrik rendah karbon, stabil, dan besar untuk mendukung industrialisasi, digitalisasi, dan target emisi nol bersih. Dalam hal ini, nuklir memiliki nilai strategis. Namun, nuklir juga membawa risiko besar: biaya tinggi, waktu pembangunan panjang, tuntutan keselamatan ekstrem, pengelolaan limbah jangka panjang, risiko geologi, dan kebutuhan legitimasi sosial.

Karena itu, jawaban akademik yang paling proporsional adalah: **Indonesia sebaiknya tidak terburu-buru membangun nuklir sebagai proyek besar nasional, tetapi juga tidak menutup pintu terhadap nuklir sebagai bagian dari bauran energi masa depan.** Saat ini, prioritas paling mendesak adalah mempercepat energi terbarukan, efisiensi energi, elektrifikasi, penyimpanan energi, reformasi jaringan, dan pengurangan ketergantungan batubara. Nuklir dapat disiapkan secara paralel melalui penguatan regulator, kajian tapak, pengembangan SDM, pembiayaan transparan, dan dialog publik.

Jika semua syarat tersebut terpenuhi, PLTN skala terbatas dapat menjadi laboratorium pembelajaran nasional menuju sistem energi rendah karbon yang lebih tangguh. Namun, jika syarat-syarat tersebut diabaikan, nuklir dapat berubah dari solusi energi menjadi sumber risiko teknologi, fiskal, sosial, dan lingkungan. Dengan demikian, pertanyaan “apakah nuklir cocok untuk Indonesia sekarang?” harus dijawab dengan kalimat bersyarat: **cocok untuk dipersiapkan secara serius, belum cocok untuk dijadikan solusi cepat, dan hanya layak dibangun jika tata kelola keselamatan, pembiayaan, lokasi, limbah, dan penerimaan publik telah benar-benar matang.**

Glosarium

Baseload: Beban listrik dasar yang dibutuhkan secara terus-menerus oleh sistem kelistrikan.

BAPETEN: Badan Pengawas Tenaga Nuklir, lembaga yang mengawasi pemanfaatan tenaga nuklir di Indonesia melalui regulasi, perizinan, dan inspeksi.

Bahan bakar bekas: Bahan bakar nuklir yang telah digunakan dalam reaktor dan masih mengandung material radioaktif.

Dekarbonisasi: Proses mengurangi emisi karbon dari aktivitas ekonomi dan energi.

Dispatchable power: Pembangkit listrik yang dapat dikendalikan untuk menghasilkan listrik sesuai kebutuhan sistem.

Emisi siklus hidup: Total emisi yang dihitung dari seluruh tahapan teknologi, mulai dari bahan baku, konstruksi, operasi, hingga dekomisioning.

Energi rendah karbon: Sumber energi yang menghasilkan emisi gas rumah kaca rendah dibanding energi fosil.

Fisi nuklir: Proses pembelahan inti atom berat yang menghasilkan energi panas.

IAEA: International Atomic Energy Agency, badan internasional yang mempromosikan pemanfaatan nuklir secara aman, damai, dan terkendali.

INIR: Integrated Nuclear Infrastructure Review, mekanisme tinjauan IAEA untuk menilai kesiapan infrastruktur nuklir suatu negara.

Limbah radioaktif: Limbah yang mengandung zat radioaktif dan memerlukan pengelolaan khusus untuk melindungi manusia dan lingkungan.

Net zero emission: Kondisi ketika jumlah emisi gas rumah kaca yang dilepaskan seimbang dengan jumlah yang diserap atau dikurangi.

PLTN: Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir.

RUPTL: Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik, dokumen perencanaan kelistrikan PLN.

Safeguards: Sistem pengawasan internasional untuk memastikan bahan nuklir tidak disalahgunakan untuk tujuan militer.

Small Modular Reactor (SMR): Reaktor nuklir berukuran lebih kecil dan modular dibanding PLTN konvensional.

Site Evaluation Program: Program evaluasi tapak untuk menentukan kelayakan lokasi fasilitas nuklir.

Stranded assets: Aset yang kehilangan nilai ekonomi karena perubahan teknologi, regulasi, atau pasar.

Take-or-pay: Skema kontrak yang mewajibkan pembeli membayar kapasitas atau pasokan tertentu meskipun tidak digunakan sepenuhnya.

Daftar Pustaka APA 7

Badan Pengawas Tenaga Nuklir. (2025). *BAPETEN's role in creating a nuclear energy ecosystem at the hearing*. BAPETEN. ([Bapeten](#))

Badan Pengawas Tenaga Nuklir. (2026). *BAPETEN holds nuclear power plant licensing consultation for PT PLN Indonesia Power*. BAPETEN. ([Bapeten](#))

Badan Pengawas Tenaga Nuklir. (2026). *Supporting nuclear power plant site preparation: BAPETEN attends technical guidance on PET and SMET*. BAPETEN. ([Bapeten](#))

Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia. (2025). *Peraturan Pemerintah Nomor 40 Tahun 2025 tentang Kebijakan Energi Nasional*. BPK RI. ([Database Peraturan | JDIH BPK](#))

International Atomic Energy Agency. (2026). *Integrated Nuclear Infrastructure Review (INIR)*. IAEA. ([IAEA](#))

International Atomic Energy Agency. (2026). *Radioactive waste and spent fuel management*. IAEA. ([IAEA](#))

International Energy Agency. (2022). *An energy sector roadmap to net zero emissions in Indonesia: Executive summary*. IEA. ([IEA](#))

International Energy Agency. (2025). *The path to a new era for nuclear energy: Executive summary*. IEA. ([IEA](#))

International Energy Agency. (2025). *The path to a new era for nuclear energy: Outlook for nuclear investment*. IEA. ([IEA](#))

International Energy Agency. (2025). *The path to a new era for nuclear energy: Status of nuclear energy*. IEA. ([IEA](#))

International Energy Agency. (2026). *Indonesia: Countries & regions—Electricity*. IEA. ([IEA](#))

International Energy Agency. (2026). *Enhancing Indonesia's power system: Executive summary*. IEA. ([IEA](#))

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Nuclear energy: AR4 WGIII Chapter 4—Energy supply*. IPCC. ([IPCC](#))

U.S. Geological Survey. (2026). *What is the "Ring of Fire"?* USGS. ([USGS](#))

World Nuclear Association. (2026). *Financing nuclear energy*. World Nuclear Association. ([World Nuclear Association](#))

Copilot for this article: ChatGPT, Access date: 6 Mei 2026. Author's account ([Rudy C Tarumingkeng](#)). <https://chatgpt.com/c/6a01b81d-2b9c-83ec-a34a-6ef2cb133db7>