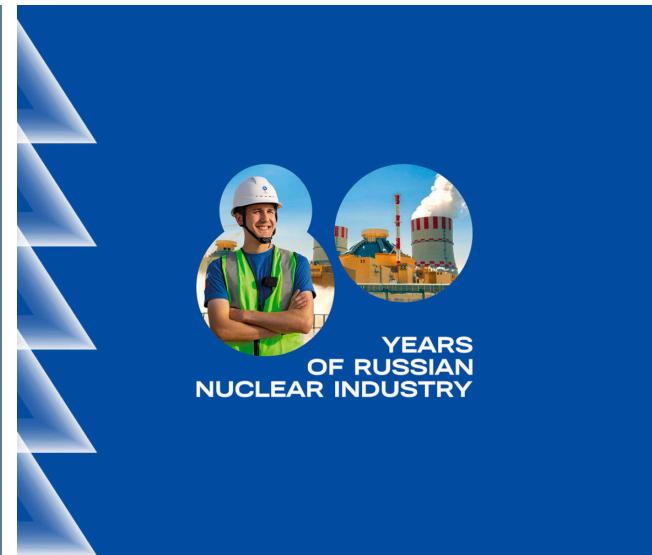


# ROSATOM NEWSLETTER

## 01.

### ARTIKEL

80 Tahun Industri Nuklir Rusia  
Pendidikan Adalah Cahaya Energi Nuklir  
Selamat Datang di Forum Kuantum  
BRICS



## 02.

### TREN

Keseimbangan Global

## 03.

### ARTIKEL DAERAH

**Indonesia.** "Saya Penggemar Teknologi Nuklir"



# 80 Tahun Industri Nuklir Rusia

Pada Agustus 2025, industri nuklir Rusia merayakan ulang tahunnya yang ke-80: pada 20 Agustus 1945 ditandatangani keputusan tentang pembentukan Komite Khusus di bawah Komite Pertahanan Negara Uni Soviet, yang diberi mandat untuk memimpin semua pekerjaan terkait pemanfaatan energi intratomik uranium. Dari tanggal inilah dimulainya proyek nuklir Soviet. Generasi sekarang dari para tenaga nuklir Rusia melanjutkan pekerjaan besar para pendahulunya dan membuka peluang baru bagi teknologi nuklir.



Para matematikawan, fisikawan, kimiawan, dan insinyur terbaik negeri ini menciptakan bentuk energi baru — energi nuklir. Fisikawan Igor Kurchatov, ilmuwan yang memimpin proyek nuklir, pada akhir 1940-an mengusulkan pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir pertama di dunia berbasis energi fisi inti uranium. Pada tanggal 26 Juni 1954, PLTN pertama di dunia, PLTN Obninsk, mulai menghasilkan listrik ke jaringan. Pada tahun yang sama, Dewan Menteri Uni Soviet menyetujui program pembangunan besar-besaran PLTN di seluruh negeri.

PLTN Obninsk membuka jalan bagi energi nuklir di negara lain. Saat ini di dunia beroperasi 416 unit tenaga nuklir dengan kapasitas total lebih dari 376 GW. Di Rusia sendiri, energi nuklir yang andal dan bersih dihasilkan oleh 36 unit dengan kapasitas gabungan 26,8 GW.

Tenaga nuklir Rusia terus menyempurnakan teknologi energi nuklir, menawarkan solusi yang semakin menarik bagi para mitra. Misalnya, reaktor VVER berbagai modifikasi telah menjadi yang paling diminati di pasar global PLTN besar. Dalam portofolio pesanan luar negeri Rosatom untuk pembangunan PLTN terdapat 33 unit daya besar dengan reaktor VVER di 10 negara.

Rosatom juga menjadi pemimpin dalam segmen PLTN berdaya rendah. Tenaga nuklir Rusia menjadi yang pertama (dan hingga kini satu-satunya di dunia) yang menciptakan PLTN terapung dengan unit energi terapung "Akademik Lomonosov". Empat unit energi terapung lain dengan reaktor RITM-200 sedang

dibangun untuk memasok listrik ke tambang Baimsky di semenanjung Chukotka. Perusahaan negara ini juga tengah membahas pembangunan PLTN terapung berbagai modifikasi dengan mitra luar negeri, bersiap membangun PLTN berdaya rendah di Yakutia (Rusia), serta melaksanakan proyek ekspor pertama di dunia untuk PLTN berdaya rendah, yaitu enam unit di Uzbekistan.

Rosatom menawarkan konsep sistem reaktor generasi ke-4, yang mengusulkan peningkatan signifikan dalam parameter keselamatan, keekonomian, serta penutupan siklus bahan bakar nuklir, yakni pengolahan ulang bahan bakar bekas dan pemanfaatan uranium sisa setelah penggunaan. Pendekatan ini memungkinkan pemanfaatan maksimum potensi energi uranium yang ditambang, sekaligus mengurangi kebutuhan penambangan baru dan jumlah limbah radioaktif.



Prinsip-prinsip ini diwujudkan dalam kerangka proyek

"Proryv": di Rusia sedang dibangun unit energi unik BREST-OD-300 dengan reaktor cepat berpendingin timbal, dan di lokasi yang sama dibangun modul pengolahan ulang dan fabrikasi-refabrikasi bahan bakar. Reaktor cepat merupakan topik utama industri nuklir Rusia: reaktor pertama, BR-2, dioperasikan pada 1956, dan sejak itu telah dibangun berbagai reaktor riset maupun tenaga, beberapa di antaranya masih berfungsi hingga kini. Selain itu, Rosatom tengah membangun reaktor riset MBIR, yang mendapat perhatian besar dari komunitas nuklir internasional.

## Kepemimpinan Baru

Industri nuklir Rusia sejak lama selalu bersifat multiguna: meneliti dan menciptakan material baru, sistem komputasi, mengembangkan kedokteran nuklir, dan banyak lagi. Berdasarkan kompetensi tersebut, di Rosatom lahirlah berbagai industri yang kini menempati posisi terdepan.

Divisi bahan bakar Rosatom, TVEL, mengembangkan bidang percetakan 3D: memproduksi serbuk, printer 3D, dan secara keseluruhan memainkan peran kunci dalam penerapan teknologi aditif di industri Rusia maupun internasional. Selain itu, Rosatom membangun pabrik produksi baterai litium-ion, mendukung pengembangan material untuknya, serta ikut berpartisipasi dalam penciptaan mobil listrik domestik. Tiga divisi Rosatom terlibat dalam pembangunan infrastruktur stasiun pengisian kendaraan listrik di Rusia. Divisi pertambangan menyiapkan proyek produksi karbonat dan hidroksida litium serta konsentrat logam tanah jarang individual, yang digunakan dalam pembuatan magnet, dan magnet ini diperlukan untuk mesin. Produksi magnet juga direncanakan dalam struktur Rosatom. Divisi material komposit telah membentuk rantai teknologi lengkap – dari bahan mentah hingga komponen dan produk berbahan kaca dan serat karbon. Divisi energi angin membangun serta mengoperasikan taman angin di Rusia dan sedang menyiapkan proyek serupa di luar negeri.

Rosatom juga mengungkap potensi logistik Rute Laut Utara. Berkat armada pemecah es nuklir satu-satunya di dunia, volume pengangkutan barang melalui jalur ini meningkat setiap tahun. Rute tersebut semakin terlihat dan semakin diminati sebagai rute dalam logistik global.



Rosatom mengembangkan kedokteran nuklir. Perusahaan negara ini memegang posisi terdepan dalam produksi isotop medis, menciptakan radiofarmaseutikal, serta mendorong penerapannya dalam diagnosis dan pengobatan pasien. Rosatom juga berbagi pengalaman dengan negara lain. Misalnya, di Bolivia sedang dibangun Pusat Penelitian dan Teknologi Nuklir unik, yang mencakup kompleks siklotron, pusat iradiasi multifungsi, laboratorium radiobiologi dan radioekologi, serta reaktor riset.

Rosatom menjadikan planet lebih bersih dengan merehabilitasi TPA kota, fasilitas kimia berbahaya, serta obyek berbahaya nuklir dan radiasi.

## Teknologi Terkini

Sejak awal kelahirannya hingga kini, industri nuklir Rusia selalu berada di baris depan pencarian ilmiah dan rekayasa. Rosatom terlibat dalam penciptaan dan pemanfaatan teknologi fusi nuklir dan kuantum, superkomputer, serta kecerdasan buatan. Selain itu, Rosatom juga mengembangkan biofabrikasi organ, serta ikut serta dalam program luar angkasa Rusia. Tenaga nuklir Rusia membentuk landasan teknologi masa depan Rusia dan dunia. Buah karya mereka akan memberi manfaat bagi umat manusia di bumi dan bahkan di luar angkasa selama banyak dekade mendatang.

# Pendidikan Adalah Cahaya Energi Nuklir

Rosatom melatih para spesialis dari berbagai negara yang kemudian akan bekerja di sektor nuklir. Dari 2019 hingga 2024, hanya melalui program internasional yang diselenggarakan oleh Akademi Teknis Rosatom (RTA, Rosatom Technical Academy) bekerja sama dengan IAEA, lebih dari 1.900 orang dari lebih dari 60 negara telah mengikuti pelatihan. RTA juga menyelenggarakan kursusnya sendiri. Rincian lebih lanjut disampaikan oleh Wakil Rektor Akademi Teknis Rosatom, Maria Khaletskaya.



## – Tolong ceritakan tentang kerja sama RTA dengan IAEA.

– RTA telah aktif bekerja sama dengan IAEA sejak 2011, ketika kedua pihak mulai menyelenggarakan kegiatan pelatihan mengenai infrastruktur nuklir. Pada 2018, RTA, IAEA, dan Pusat Teknis Darurat Rosatom menandatangani kesepakatan praktis tentang kerja sama untuk memperkuat kompetensi di bidang keselamatan nuklir, perlindungan radiasi, dan tanggap darurat. Dalam kerangka perjanjian ini, di RTA dibentuk Pusat Pengembangan Kompetensi bersama.

Pada 2019, RTA menjadi yang pertama dan hingga kini tetap menjadi satu-satunya Pusat Kerja Sama IAEA (Pusat), yang melatih perwakilan industri nuklir dari seluruh dunia dalam tiga bidang: energi nuklir, keselamatan nuklir fisik, dan aplikasi non-energi. Pada Oktober 2024, RTA memperpanjang status sebagai Pusat dan memperluas kerja sama dengan IAEA.

RTA bersama IAEA setiap tahun mengadakan sekolah manajemen di bidang energi nuklir dan pengelolaan pengetahuan. Selain itu, RTA menyelenggarakan kegiatan pelatihan dalam kerangka proyek INT2024, yang mempelajari pengembangan infrastruktur nuklir, dan INT2023, yang didedikasikan untuk pengembangan teknologi daya rendah.

## – Dari negara mana saja para peserta datang?

– Dari seluruh dunia. Banyak peserta berasal dari Asia, Afrika, dan Timur Tengah. Pada 2024, untuk pertama kalinya Kuba dan Kuwait bergabung dalam pelatihan, sedangkan pada 2025 – Myanmar, di mana direncanakan pembangunan empat unit daya rendah rancangan Rusia. Gelombang peserta terbesar berasal dari negara-negara tempat Rosatom membangun PLTN besar: Mesir, Turki, Bangladesh, Belarus.

## – Tolong ceritakan lebih rinci tentang kegiatan pelatihan.

– Kegiatan ini terbagi menjadi empat jenis. Yang pertama adalah sekolah, yang membentuk gambaran umum tentang industri nuklir, sistem manajemen, pendekatan pengembangan SDM dan infrastruktur. Peserta adalah para spesialis muda, manajer tingkat awal dan menengah yang tertarik dengan pemahaman strategis tentang industri.

Jenis kedua adalah kursus, di mana dipelajari topik-topik lebih terapan, memperkuat pengetahuan dasar tanpa pendalaman teknis yang mendetail. Kursus ini cocok untuk khalayak luas.

Jenis ketiga adalah seminar praktik untuk para spesialis berpengalaman yang ingin memperdalam pengetahuan di bidang tertentu. Di sini dibahas kasus nyata dan dilakukan pertukaran pengalaman.

Jenis keempat merupakan kunjungan ilmiah kelompok. Ini cocok untuk khalayak paling maju dan disusun berdasarkan kebutuhan spesifik negara peserta.

Keistimewaan semua jenis program adalah tur teknis ke fasilitas industri nuklir sesuai dengan tema kursus.

### – Kursus apa yang diadakan tahun ini?

– Kursus tentang pemilihan lokasi pembangunan fasilitas nuklir, studi kelayakan teknis dan ekonomi PLTN berdaya rendah, pengelolaan pengetahuan, interaksi dengan pemangku kepentingan, siklus bahan bakar nuklir tertutup, pengelolaan limbah radioaktif, manajemen strategis, dan solusi digital untuk reaktor Generasi ke-4. Sebagai contoh, pada Mei tahun ini RTA dan IAEA mengadakan kursus tentang pemilihan lokasi pembangunan PLTN, termasuk yang berdaya rendah. Lebih dari 20 peserta dari 18 negara ikut serta, termasuk Armenia, Brasil, Kazakhstan, Sri Lanka, dan Zambia. Para pakar IAEA menjelaskan bantuan dalam pembangunan PLTN dan berbagi pengalaman yang diperoleh di negara-negara anggota. Peserta mempresentasikan tahapan implementasi program nuklir nasional mereka, menceritakan tantangan yang muncul dan cara mengatasinya. Mereka juga melakukan kunjungan ke PLTN Kalinin.

### – Apakah pelatihannya tatap muka?

– Biasanya ya, tetapi bila perlu digunakan format daring, menghubungkan peserta melalui telekonferensi.

### – Bagaimana cara mendaftar untuk ikut serta?

– Hanya melalui platform resmi IAEA – InTouch+. RTA dan IAEA bersama-sama menentukan serta menyetujui topik, tanggal, format, program, dan pengajar yang dapat membagikan pengalaman terbaik dan menunjukkan praktik nyata.

### – Bagaimana kursus ini berakhir?

– Kursus bersama TAR dan IAEA tidak memiliki ujian akhir. Peserta akan menerima sertifikat penyelesaian pelatihan.

### – Apakah RTA juga memiliki kursus sendiri? Tolong ceritakan lebih lanjut.

– Kantor Proyek RTA “Transfer Pendidikan Nuklir” menyelenggarakan kursus jangka pendek dalam format Train-the-Trainers – untuk dosen dan mahasiswa pascasarjana universitas luar negeri. Pengetahuan yang ditransfer tidak hanya tentang teknologi, tetapi juga mengenai cara membangun program universitas khusus untuk menyiapkan tenaga ahli.

### – Tentang apa saja kursus ini?

– Kursus mencakup produk ekspor utama Rosatom, yaitu PLTN dengan reaktor VVER-1200 dan PLTN berdaya rendah dengan reaktor RITM-200, serta aplikasi non-energi dari teknologi radiasi – seperti kedokteran nuklir, pusat iradiasi multifungsi, reaktor riset, dan siklotron. Dalam beberapa tahun terakhir kami menambahkan kursus di bidang infrastruktur nuklir. Sebagai uji coba, kami telah berhasil melaksanakan kursus tentang pembangunan lokasi penyimpanan limbah radioaktif dan perencanaan strategis sektor energi di negara pemula. Kami berencana memperluas program dengan mempelajari teknologi energi terbarukan dan analisis skenario kemungkinan penyediaan energi optimal, serta mengembangkan kursus tentang implementasi program nuklir nasional (NEPIO, Nuclear Energy Programme Implementing Organization).

Kursus Train-the-Trainers diselenggarakan dalam semua format: tatap muka, jarak jauh, hibrida, dan jarak jauh dengan belajar mandiri. Tahun ini diikuti oleh perwakilan dari lebih dari 40 negara, dengan tambahan peserta dari Somalia dan Malawi.

### – Apa yang paling diminati?

– Kursus tentang reaktor riset, PLTN berdaya rendah, dan kedokteran nuklir.

### – Bagaimana kursus ini diorganisasi?

– Berdasarkan permintaan pelanggan industri, pendaftaran dibuka dua hingga tiga bulan sebelum pelatihan. Durasi kursus satu hingga dua minggu, untuk kursus dengan pendalaman topik lebih dalam mungkin diperlukan ujian masuk. Program ini mencakup ujian akhir dengan opsi mengulang.

# Selamat Datang di Forum Kuantum BRICS

Forum internasional teknologi kuantum akan diselenggarakan di Rusia pada tahun 2026. Acara ini telah masuk ke dalam kalender kegiatan BRICS di bidang ilmu pengetahuan, teknologi, dan inovasi. Sebelumnya, pada KTT BRICS ke-17 yang berlangsung pada 6–7 Juli tahun ini di Rio de Janeiro, Brasil, negara-negara anggota mendukung pengembangan teknologi kuantum.



## Forum Kuantum dalam Kalender

Forum Internasional Teknologi Kuantum telah resmi tercantum dalam kalender acara negara-negara BRICS.

Rosatom adalah salah satu peserta kunci dalam ekosistem pengembangan teknologi kuantum di Rusia, yang mencakup lembaga akademik, universitas, perusahaan industri, dan rintisan. Berdasarkan kesepakatan dengan pemerintah Rusia, sejak tahun 2020 Rosatom bertanggung jawab atas pengembangan komputasi kuantum, dan mulai tahun 2026 tanggung jawabnya akan meluas ke pengembangan sensor kuantum. Proyek kuantum Rosatom mencakup kelanjutan penelitian ilmiah terkait serta penerapan praktis inovasi kuantum di sektor nuklir dan industri lainnya. Komponen penting proyek ini adalah pengembangan pendidikan kuantum.

Rosatom juga mendorong penguatan kerja sama internasional di bidang teknologi kuantum. "Dengan potensi besar yang kami miliki, kami mendukung akses yang adil bagi semua negara terhadap teknologi tinggi, karena pada akhirnya tujuan dari kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi adalah meningkatkan kualitas hidup manusia di seluruh dunia. Kami sepenuhnya mendukung aspirasi

bangsa-bangsa untuk bekerja sama dalam teknologi masa depan dan memasukkan teknologi kuantum ke dalam agenda BRICS," ujar Direktur Teknologi Kuantum Rosatom, Ekaterina Solntseva.

Dalam deklarasi hasil pertemuan ke-13 para menteri ilmu pengetahuan dan pendidikan BRICS (yang diadakan dalam rangka KTT tersebut), disebutkan bahwa teknologi kuantum menjadi salah satu prioritas utama: "Kami sangat menghargai usulan Brasil untuk mempertimbangkan kecerdasan buatan, teknologi kuantum, dan inovasi industri sebagai prioritas tahun 2025 dalam konteks baru perkembangan pesat teknologi mutakhir dan proses reindustrialisasi nasional. Topik-topik ini mendapat penekanan dalam berbagai dialog dan inisiatif BRICS di bidang ilmu pengetahuan, teknologi, dan inovasi pada tahun ini." Perlu diingat, PBB telah menetapkan tahun 2025 sebagai Tahun Internasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kuantum.

## Evolusi Kuantum di Rusia

Aktivasi proyek kuantum Rusia dimulai pada tahun 2020 dengan penandatanganan sejumlah peta jalan mengenai teknologi kuantum. Dalam kerangka peta jalan "Komputasi Kuantum", yang dikoordinasikan oleh Rosatom, hingga awal tahun 2025 telah berhasil diciptakan komputer kuantum yang berfungsi pada

keempat platform prioritas: 50-qubit berbasis ion, 50-qubit berbasis atom, 35-qubit berbasis foton, dan 16-qubit berbasis superkonduktor. Selain itu, telah dikembangkan 34 algoritma kuantum untuk menyelesaikan tugas uji dan pemodelan dalam bidang optimisasi kuantum, kimia kuantum, pemodelan kuantum, pengolahan data besar dan lain-lain. Juga telah dibuat platform awan Rusia sebagai layanan masa depan untuk menyediakan akses ke komputer kuantum. Tujuan proyek kuantum hingga tahun 2030 adalah penerapan praktis teknologi kuantum di berbagai sektor industri, terutama di industri nuklir.



Di antara tujuan yang ditetapkan para ilmuwan Rusia adalah skala ulang register kuantum (peningkatan jumlah qubit) dan peningkatan ketelitian operasi. Rencana lainnya mencakup miniaturisasi perangkat kuantum. Hasil dari program komputasi kuantum Rusia pada tahun 2030 akan berupa prosesor kuantum 300-qubit buatan Rusia. Dan yang terpenting, beralih ke penyelesaian tugas-tugas praktis nyata.

Komputasi kuantum diproyeksikan akan digunakan untuk pemecahan masalah optimisasi, penciptaan material baru termasuk substansi obat, pengembangan teknologi medis, serta menjadikan operasi logistik lebih murah dan efisien.

Teknologi kuantum juga dimanfaatkan dalam industri nuklir. Misalnya, dalam kerangka proyek "Proryv" ("Terobosan"), yang ditujukan pada penciptaan sistem energi nuklir Generasi IV, dengan menggunakan algoritma terinspirasi kuantum berhasil diselesaikan sebuah tugas optimisasi mengenai rencana produksi jangka panjang dan pasokan bahan bakar nuklir guna memastikan pemanfaatan kapasitas produksi secara optimal serta distribusi bahan bakar nuklir kepada konsumen.

"Rosatom melangkah hati-hati dalam penerapan komputasi kuantum. Dalam logistik, rekayasa mesin, pengelolaan bahan bakar nuklir. Dan tentu saja dalam proyek PLTN Generasi ke-4 – ini contoh unik, di sini menurut pemahaman kami sama sekali mustahil tanpa teknologi kuantum. Kita sudah harus belajar menyelesaikan tugas-tugas industri dengan komputasi dan algoritma kuantum agar siap beraktivitas praktis ketika komputer kuantum industri hadir," ujar Direktur Jenderal Rosatom Aleksey Likhachev dalam sarapan bisnis bertema "Terobosan Kuantum: dari Investasi Ilmu Pengetahuan ke Proyek Bisnis" di Forum Ekonomi Internasional St. Petersburg, Juni 2025.

# Keseimbangan Global

Selama beberapa dekade terakhir, negara-negara dengan konsumsi uranium terbesar untuk PLTN dan negara-negara dengan produksi uranium terbesar hampir tidak pernah beririsan. Kini situasi perlahan berubah: negara-negara yang memiliki PLTN mulai mengambil langkah untuk memulai, melanjutkan, atau secara signifikan meningkatkan produksi uranium, sementara negara-negara yang memiliki cadangan uranium merencanakan pembangunan PLTN. Rosatom terlibat dalam kedua proses ini, mendukung pengembangan teknologi nuklir di seluruh dunia.



Dalam industri nuklir selama bertahun-tahun, pusat produksi uranium terbesar tidak bertepatan dengan pusat konsumen terbesar di PLTN. Kazakhstan, Australia, Namibia, Uzbekistan, dan Niger mengekspor seluruh uranium yang mereka produksi. Sebaliknya, negara-negara Eropa dan AS hampir seluruhnya mengimpor uranium. Afrika Selatan, India, dan Tiongkok mengimpor sebagian kebutuhan mereka. Rusia, dan sebagian Tiongkok, memilih membangun perusahaan tambang uranium di negara lain. Bagi Rusia, kerja sama paling berhasil dan paling panjang adalah dengan Kazakhstan.

Dalam beberapa tahun terakhir, energi nuklir mengalami kebangkitan baru, dan situasi yang digambarkan di atas mulai berubah. Kazakhstan, Uzbekistan, dan Namibia telah memulai langkah untuk membangun PLTN di negara mereka, sementara AS, Brasil, Argentina, dan Swedia tidak hanya berencana meningkatkan jumlah PLTN, tetapi juga menghidupkan kembali produksi konsentrat uranium alam domestik.

## Kazakhstan

Selama lebih dari 15 tahun Kazakhstan mempertahankan status sebagai produsen uranium terbesar di dunia. Pada 2024, negara ini memproduksi 23.270 ton uranium. Sebagian dari volume ini berasal dari perusahaan patungan dengan Rosatom.

Seluruh uranium Kazakhstan diekspor: sejak reaktor di Kompleks Energi Nuklir Mangistau dihentikan pada 1999, negara ini tidak lagi memiliki PLTN yang beroperasi.

Situasi berubah dalam beberapa tahun terakhir. Tahun lalu, Kazakhstan mengadakan referendum dan rakyat negara ini memberikan persetujuan untuk pembangunan PLTN baru. Beberapa PLTN direncanakan untuk dibangun. PLTN pertama akan didirikan oleh konsorsium internasional yang dipimpin oleh Rosatom, proposalnya dinilai terbaik oleh Komisi Antarinstansi Kazakhstan untuk Pengembangan Industri Nuklir. Pada Forum Ekonomi Internasional St. Petersburg (SPIEF) Juni tahun ini, Direktur Jenderal Rosatom Aleksey Likhachev dan Kepala Badan Energi Atom Republik Kazakhstan, Almasadam Satkaliyev, menandatangani peta jalan pelaksanaan kegiatan utama proyek pembangunan PLTN berdaya besar di Kazakhstan. Perusahaan "Kazakhstan Nuclear Power Plants" dan "Atomstroyexport" (divisi rekayasa Rosatom) menandatangani perjanjian kerangka. Perjanjian ini menetapkan prinsip-prinsip utama kerja sama dalam pelaksanaan proyek di distrik Zhambyl, Provinsi Almaty.

## Top 3 Produsen uranium terbesar di dunia (ton uranium, data WNA 2022):

Kazakhstan – 21 227

Kanada – 7351

Namibia – 5613

## Uzbekistan

Uzbekistan adalah salah satu pemimpin global dalam penambangan uranium: pada 2022, menurut perkiraan World Nuclear Association (WNA), negara ini memproduksi 3.300 ton uranium. Di negara ini tidak pernah ada PLTN.

Uzbekistan memulai jalannya dalam energi nuklir dengan PLTN berdaya rendah rancangan Rusia. Pada 2024, Rosatom menandatangani perjanjian dengan pemerintah Uzbekistan mengenai pembangunan enam unit dengan reaktor RITM-200 berkapasitas 55 MW masing-masing. Peluncuran energi unit pertama dijadwalkan pada 2029. Ini adalah kontrak ekspor pertama di dunia untuk pembangunan PLTN berdaya rendah. Di Provinsi Jizzakh sedang dilakukan pekerjaan persiapan pengecoran fondasi PLTN berdaya rendah, sementara di Rusia telah dimulai pembuatan reaktor pertama untuknya. Selain itu, di sela SPIEF, Rosatom dan Badan Pengembangan Energi Nuklir di bawah Kabinet Menteri Uzbekistan menandatangani perjanjian untuk mempelajari kemungkinan pembangunan dua unit daya (dengan opsi hingga empat) dengan reaktor VVER-1000 berkapasitas 1 GW masing-masing.

## Namibia

Menurut Namibian Uranium Institute, produksi uranium di negara ini pada 2023 mencapai 8.283 ton. Proyek kunci yang dapat membuka wilayah pertambangan uranium baru dan meningkatkan perkembangan ekonomi di timur Namibia adalah proyek Wings, yang dikembangkan oleh Rosatom.

Selain itu, Namibia berencana memulai diskusi tentang pembangunan PLTN. Presiden Namibia Netumbo Nandi-Ndaitwah menyatakan: "Meski saya tidak bisa mengatakan kapan PLTN akan muncul di Namibia, saya dapat menjamin bahwa diskusi pasti akan dimulai pada tahun anggaran ini." Bagi Namibia, pembangkitan listrik domestik adalah tujuan penting, karena negara ini masih bergantung pada impor listrik dari Afrika Selatan, yang sering kali tidak stabil. Nandi-Ndaitwah ingin memanfaatkan sepenuhnya potensi sumber daya negara: "Kami tidak boleh hanya mengekspor mineral, kami harus mengolahnya di sini. Kami harus mengambil bagian dalam rantai nilai," ujarnya.

Rosatom siap mendukung rencana ini. "Energi nuklir bisa menjadi fondasi kokoh bagi sistem energi berkelanjutan di negara-negara Afrika. Rosatom telah mengembangkan berbagai solusi untuk mencapai tujuan ini. <...> Kami senang Namibia sedang mempelajari kemungkinan penggunaan energi nuklir. Keputusan ini dapat menjadikan negara itu salah

satu pemain energi terbesar di Afrika," kata Ryan Collier, Direktur Jenderal Pusat Regional Rosatom Afrika Tengah dan Selatan, pada Konferensi ke-2 Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir di Namibia, musim gugur tahun lalu.

### Top 3 negara dengan kapasitas terpasang terbesar PLTN (GW, data IAEA 2025):

AS – 96,95  
Prancis – 63  
Tiongkok – 55,32

## Brasil

Saat ini Brasil mengoperasikan dua unit PLTN "Angra" dengan kapasitas total 1,88 GW. Negara ini sedang mempelajari kemungkinan memperluas jumlah PLTN serta meningkatkan produksi uranium. Realisasi rencana ini mencakup kerja sama dengan Rosatom. Pada Mei tahun ini, dalam pertemuan dengan Presiden Rusia Vladimir Putin, Presiden Brasil Luiz Inácio Lula da Silva menyatakan bahwa Brasil tertarik bekerja sama dengan Rusia dalam pembangunan PLTN berdaya rendah. Selain itu, pemerintah Brasil dan Rosatom sedang melakukan negosiasi tentang penambangan uranium dan litium bersama di negara tersebut.



## Swedia

Di negara ini, penambangan uranium tidak dilakukan setidaknya selama 15 tahun, dan sejak 2018 dilarang secara hukum. Namun, tahun lalu setelah dilakukan analisis, pemerintah Swedia menerbitkan kesimpulan mengenai kelayakan pencabutan larangan tersebut. Diperkirakan rancangan undang-undang terkait akan diajukan ke parlemen sebelum 1 Januari 2026. Perusahaan eksplorasi asing dengan proyek di Swedia secara aktif mendorong keputusan ini.

Di Swedia beroperasi enam unit PLTN dengan kapasitas total 7 GW. Pemerintah mengumumkan rencana pembangunan unit tambahan dengan kapasitas listrik gabungan 2,5 GW hingga 2035. Selain itu, 4 hingga 10 unit baru (keputusan akhir belum diambil) harus dibangun dalam dekade berikutnya.

## Argentina

Di negara ini beroperasi tiga unit di dua PLTN: dua di PLTN Atucha dan satu di PLTN Embalse, dengan kapasitas total 1,64 GW. Pada Desember 2024, pemerintah Argentina mempresentasikan rencana pembangunan nuklir nasional. Rencana ini mencakup pembangunan PLTN berdaya rendah rancangan nasional di lokasi PLTN Atucha, modernisasi infrastruktur nuklir, serta organisasi produksi uranium domestik. Menurut data WNA, dalam setidaknya 12 tahun terakhir, Argentina tidak melakukan penambangan uranium. Rencana Nuklir Argentina menarik perhatian Presiden Prancis Emmanuel Macron, yang pada Juni, di konferensi internasional PBB tentang laut di Nice, menandatangani nota kesepahaman dengan Presiden Argentina Javier Milei mengenai kerja sama implementasi rencana nuklir, serta kerja sama dalam pengembangan mineral kritis, termasuk uranium.

## Amerika Serikat

Pada Mei 2025, Presiden AS Donald Trump menandatangani empat dekret untuk mendorong ekspansi kapasitas nuklir AS dari hampir 97 GW menjadi 400 GW pada 2050. Target 2030 adalah menambah 5 GW melalui peningkatan kapasitas unit yang ada dan membangun 10 unit daya besar baru. Salah satu dekret mewajibkan penyusunan rencana peningkatan kapasitas konversi dan pengayaan uranium agar cukup untuk memenuhi kebutuhan AS pada berbagai tingkat pengayaan. Dekret lain menetapkan bahwa perusahaan nuklir AS harus menjadi mitra pilihan utama. Target lain: menandatangani minimal 20 perjanjian "123" (perjanjian dasar untuk kerja sama masa depan).

AS juga berusaha meningkatkan produksi uranium domestik. Namun sejauh ini hasilnya kurang memadai. Menurut laporan Energy Information Administration untuk kuartal pertama 2025, produksi uranium turun menjadi 310.533 pon U3O8 (kurang dari 120 ton), yang sekitar 25 ton lebih sedikit dibandingkan kuartal keempat 2024.

## Rusia

Rosatom adalah pemimpin global industri nuklir: bekerja di lebih dari 60 negara, dengan portofolio

pesanan luar negeri untuk pembangunan PLTN mencakup 33 unit daya besar di 10 negara serta proyek ekspor pertama di dunia untuk PLTN daya rendah, yaitu enam unit di Uzbekistan.

Rusia, sambil menawarkan bantuan pembangunan industri uranium dan energi nuklir kepada negara sahabat, juga membangun PLTN dan meningkatkan produksi uranium di dalam negeri. Menurut Skema Umum Penempatan Fasilitas Energi hingga 2042, Rusia akan membangun 38 unit dengan berbagai kapasitas. Kapasitas total akan meningkat 18,9 GW (dari 26,8 GW sekarang). Pangsa energi nuklir akan naik hingga 25%. Juga direncanakan peningkatan produksi uranium di tambang domestik.

# 39 unit

portofolio pesanan luar negeri Rosatom untuk pembangunan PLTN

## Beberapa Kesimpulan

Mengingat minimnya investasi dalam industri nuklir dan uranium, sulit diprediksi rencana mana yang akan terealisasi dan seberapa cepat. Namun trennya jelas: pemerintah, pemilik unit PLTN, dan perusahaan uranium berusaha menutup rantai pasok dari tambang hingga PLTN, agar se bisa mungkin melengkapi setiap mata rantai siklus bahan bakar nuklir di dalam negeri.

Tentu, kecenderungannya lebih luas: ada dorongan untuk melokalisasi setiap tahapan siklus bahan bakar nuklir. Namun, membangun PLTN sekaligus mengembangkan tambang uranium merupakan pilihan paling aman dan terjangkau, baik dari sisi harga maupun ketersediaan teknologi.

Artikel ini tidak membahas strategi Tiongkok secara terpisah, karena strateginya tetap konsisten: negara ini terus membangun unit PLTN baru dan berupaya memenuhi kebutuhan uranium alamnya, termasuk dengan memanfaatkan sumber daya domestik.

Artikel ini juga tidak bertujuan menghitung keseimbangan permintaan dan konsumsi, apalagi terkait batas waktu tertentu. Namun, jelas bahwa Kazakhstan dan Uzbekistan, setelah membangun PLTN, akan memprioritaskan kemandirian pasokan uranium. Hal yang sama kemungkinan besar berlaku bagi Namibia, Brasil, Argentina, dan pada akhirnya semua negara yang menambang uranium sekaligus memiliki PLTN. Artinya, volume uranium dari

negara-negara tersebut tidak akan tersedia bagi konsumen lain.

Namun, ini bukanlah risiko yang digembor-gemborkan analis investasi yang mencoba menghangatkan pasar dengan ketakutan tentang defisit uranium dan lonjakan harga. Industri nuklir global sudah lama memproduksi listrik lebih banyak daripada menambang uranium baru. Yang penting, uranium semakin jarang menjadi komoditas perdagangan di pasar spot, transaksi nyata makin banyak bergeser ke segmen kontrak jangka panjang. Dalam setahun terakhir, sejak Juli 2024, harga jangka panjang bertahan di kisaran \$80 per pon U3O8, tidak terpengaruh oleh fluktuasi harga spot.

Kontrak jangka panjang melibatkan volume pasokan besar dan perencanaan panjang. Kontrak semacam itu membutuhkan keputusan sistemik dan investasi sistemik: pembukaan tambang baru, pembangunan tambang yang beroperasi stabil, serta penutupan siklus bahan bakar nuklir, yang memungkinkan pemanfaatan uranium sisa dari pengayaan dan komponen berharga dari bahan bakar bekas. Semua ini secara keseluruhan memastikan operasi jangka panjang pembangkit listrik nuklir. Inilah yang dilakukan Rosatom dan Rusia pada umumnya. Karena itulah bekerja sama dengan Rosatom berarti andal.

# “Saya Penggemar Teknologi Nuklir”

Muhammad Alfarisi dari Indonesia adalah salah satu peserta proyek “Duta Pendidikan Nuklir Rusia” (“Russian Nuclear Education Ambassadors”), yang bertujuan meningkatkan pengenalan universitas Rusia dan menarik mahasiswa asing untuk belajar di Rusia. Para duta ini adalah mahasiswa asing di universitas-universitas Rusia. Muhammad Alfarisi menyebut dirinya penggemar energi nuklir. Ia yakin bahwa industri nuklir adalah penggerak pembangunan, baik untuk tanah airnya maupun untuk seluruh dunia. Muhammad bermimpi menjadi “influencer nuklir” dan menyebarkan pengetahuan tentang atom.



## Tolong ceritakan sedikit tentang diri Anda.

Nama saya Muhammad Alfarisi, saya berasal dari Indonesia. Di sinilah saya lahir dan besar. Saat ini saya sedang menempuh tahun terakhir program magister dengan spesialisasi Energi Nuklir di universitas mitra utama Rosatom – Universitas Riset Nuklir Nasional MEPhI. Universitas ini terletak di ibu kota Rusia – Moskow. MEPhI termasuk dalam top 5 universitas Rusia untuk bidang teknik dan fisika-teknik. Kampus ini memegang peran kunci dalam menyiapkan tenaga ahli untuk energi nuklir Rusia. Selain itu, MEPhI bekerja sama dengan IAEA dan organisasi internasional terkemuka lainnya.

## Mengapa Anda memilih spesialisasi ini?

Saya menyukai tantangan kompleks dan pendalaman ilmu pengetahuan. Faktor utama yang mendorong saya menjadi penggemar energi nuklir adalah adanya kesalahpahaman luas di dunia, khususnya di Indonesia, bahwa teknologi nuklir hanya identik dengan bahaya. Semakin dalam saya mempelajari topik ini, semakin saya yakin: atom adalah kekuatan besar yang bila digunakan dengan tepat dapat memberi manfaat luar biasa bagi umat manusia. Inilah alasan saya memilih jalur ini dan aktif menyebarkan gagasan tersebut.

## Pendidikan di Rusia

### Mengapa Anda memutuskan belajar di Rusia?

Saya memilih Rusia karena negeri ini adalah pemimpin mutlak dalam teknologi nuklir dan saya rasa banyak orang akan setuju dengan itu. Pendidikan di Rusia memberi saya bukan hanya pengetahuan tingkat tinggi, tapi juga disiplin dan pemahaman tentang etika profesional. Keluarga saya sepenuhnya mendukung saya: mereka mengerti obsesi saya di bidang ini dan mempercayai saya. Meskipun saya orang pertama di keluarga yang menjadi penggemar energi nuklir, saya berharap semangat saya akan memicu reaksi berantai inspirasi bagi generasi berikutnya.

### Sulitkah masuk universitas?

Sama sekali tidak. Proses penerimaan berlangsung transparan, terstruktur dengan baik. Setiap tahap memiliki jadwal yang jelas, dan itu sangat membantu.

### Bagaimana pengalaman belajar Anda?

Belajar di sini luar biasa! Saya belajar sangat banyak, terutama mendalami bidang sistem reaktor nuklir. Mata kuliah tersulit bagi saya adalah bahasa Rusia. Yang paling mudah justru fisika reaktor.

## Apa kesan Anda terhadap Rusia? Sulitkah mempelajari bahasa Rusia?

Oh ya, mempelajari bahasa Rusia adalah ujian besar bagi saya. Kejutan pertama adalah alfabet Kiril, yang benar-benar berbeda dari apa pun yang saya kenal sebelumnya. Saya juga punya hubungan rumit dengan musim dingin: saya sekaligus mencintainya dan membencinya. Indah sekali, tapi juga dingin luar biasa! Saya juga sangat terkesan dengan tradisi Rusia seperti Maslenitsa – perayaan musim semi di mana semua orang makan blini menjelang Puasa Agung.

## Apa hobi Anda selain belajar?

Saya sangat suka berjalan-jalan di taman, terutama pada musim panas. Di Moskow ada banyak sekali taman yang indah.

## Pilihan Jalan

## Apa tujuan profesional Anda?

Mungkin terdengar tidak biasa, tapi tujuan utama saya adalah menjadi “influencer nuklir”. Saya ingin masyarakat mengetahui karya para ilmuwan nuklir, dan agar ilmu tentang atom dapat diakses dan dipahami semua orang. Ini bukan sekadar tugas akademis, melainkan kebutuhan sosial. Pengetahuan tentang teknologi nuklir harus menjadi milik bersama, bukan hanya terbatas pada lingkaran sempit fisikawan dan matematikawan. Untuk itu, penting mampu mengadaptasi ide-ide kompleks agar bisa dipahami berbagai kalangan.

## Di mana Anda berencana bekerja setelah lulus?

Saya akan kembali ke Indonesia dan melanjutkan misi saya sebagai “influencer nuklir”. Kalau bicara rencana yang lebih ambisius – saya ingin berpartisipasi dalam pembentukan kebijakan nuklir nasional di negara saya. Doakan saya sukses!

## Bagaimana Anda melihat prospek pengembangan industri nuklir di Indonesia?

Sejak 1950-an Indonesia telah melakukan penelitian di bidang energi nuklir. Saat ini kami memiliki tiga reaktor riset yang masih beroperasi. Industri nuklir sedang berkembang aktif. Namun, meskipun Indonesia memiliki basis akademik dan riset yang kuat, kami masih membutuhkan pengetahuan di bidang kebijakan negara dan manajemen proyek komersial, dan di sinilah pengalaman Rusia sangat berharga. Pengembangan industri nuklir akan memberi Indonesia peluang luar biasa. Energi nuklir, serta teknologi radiasi untuk pertanian, kedokteran, dan industri, sangat penting bagi pembangunan tanah air saya.

## Bagaimana Anda melihat diri Anda 20 tahun mendatang?

Saya bermimpi nama saya akan diabadikan untuk sebuah fasilitas nuklir, mungkin bahkan berskala internasional! Kontribusi pribadi saya akan terfokus pada pencerahan: saya ingin menjembatani kesenjangan antara sains dan masyarakat melalui pendidikan, popularisasi, dan komunikasi.

## Apa nasihat Anda bagi kaum muda yang ingin menapaki jalan Anda?

Jadilah seperti reaksi fisi! Luncurkan reaksi berantai dari semangat, pengetahuan, dan ketekunan yang akan menyebar secara eksponensial.