

## ROSATOM NEWSLETTER

### 01.

#### ARTIKEL

Semua Ini WAW  
Lebih Dekat ke "Terobosan"  
Lima Tahun "Arktika"



### 02.

#### TREN

Energi Nuklir Meningkatkan Kinerjanya

### 03.

#### ARTIKEL DAERAH

**Indonesia.** Efek WAW



# Semua Ini WAW

Pada akhir bulan September di Moskow digelar Pekan Atom Dunia (World Atomic Week, WAW), yaitu forum internasional yang mempertemukan politisi, perwakilan organisasi industri dan masyarakat, ilmuwan, serta wartawan dari seluruh dunia. Perhatian besar diberikan kepada pemuda dan popularisasi industri nuklir Rusia. Berikut sorotan utama dari forum tersebut.



Forum ini diadakan dalam rangka memperingati 80 tahun industri nuklir Rusia dan dihadiri lebih dari 20 ribu peserta dari 118 negara. Dua hari pertama difokuskan pada program bisnis — pertemuan tingkat tinggi, penandatanganan perjanjian, dan pembentukan jejaring melalui komunikasi langsung. Sesi berikutnya diisi oleh program kepemudaan: para pemimpin industri, pakar, dan ilmuwan berbicara di depan mahasiswa dan murid.

Program bisnis dibuka oleh Presiden Rusia Vladimir Putin: "Semakin banyak negara dan perusahaan besar melihat atom damai sebagai sumber energi utama bagi percepatan pembangunan jangka panjang. Perubahan paradigma ini jelas memiliki alasan fundamental. Bukan hanya karena solusi yang andal, tetapi juga karena kita memasuki tatanan energi baru," ujar Putin. Ia menegaskan bahwa hanya Rusia saat ini memiliki kompetensi lengkap di seluruh rantai teknologi energi nuklir. PLTN rancangan Rusia merupakan yang paling diminati di dunia.

Para peserta pertemuan pun menyoroti manfaat kerja sama dengan Rusia. Presiden Belarus Aleksandr Lukashenko menyatakan: "Kami telah menciptakan pembangkit listrik tenaga nuklir paling modern dan indah." Pejabat Presiden Myanmar, Min Aung Hlaing, menjelaskan rencana pembangunan PLTN bersama Rosatom yang telah berjalan sejak 2022. Perdana Menteri Armenia Nikol Pashinyan membahas prospek modernisasi PLTN Armenia yang dibangun oleh ahli nuklir Soviet. Menteri Pertambangan Niger, Ousmane Abarchi, mengusulkan konsep dividen nuklir — keuntungan bersama bagi semua pihak dalam industri nuklir. Ia

juga mengundang Rosatom berpartisipasi dalam eksplorasi dan penambangan uranium serta membangun dua unit PLTN dengan kapasitas totalnya 2 GW, yang menjadi salah satu kejutan terbesar di WAW. Perdana Menteri Etiopia Abiy Ahmed menyatakan bahwa negaranya ingin mengembangkan program energi nuklir yang transparan, aman, dan dapat menjadi contoh bagi dunia.

Isu penting lain yang dibahas adalah potensi kelangkaan uranium alam di masa depan. Untuk mengatasi hal itu, Rosatom menawarkan konsep penutupan siklus bahan bakar nuklir, yaitu daur ulang bahan bakar menggunakan reaktor neutron cepat. Pendekatan ini memungkinkan pemanfaatan potensi energi uranium secara maksimal dan mengurangi jumlah limbah radioaktif.



"Bahan bakar nuklir dapat diolah kembali dan digunakan berulang kali. Tak diragukan, Rusia adalah

pelopor di bidang ini. Saya yakin dalam dasawarsa mendatang banyak negara akan mulai memandang bahan bakar nuklir bekas sebagai sumber daya berharga," ujar Direktur Jenderal Asosiasi Nuklir Dunia (WNA) Sama Bilbao y León dalam konferensi pers.

Dalam kerangka forum juga diselenggarakan konferensi tahunan Platform Energi Nuklir BRICS. Para peserta menyetujui dokumen strategis pertama platform tersebut – konsep yang menetapkan arah utama kerja sama: pengembangan sumber daya manusia, pembiayaan proyek nuklir, pembentukan rantai pasokan yang tangguh, pengembangan teknologi reaktor dan siklus bahan bakar, serta peningkatan penerimaan masyarakat terhadap energi nuklir.

### **Ditandatangani di WAW**

Dalam rangka Pekan Atom Dunia, Rosatom beserta organisasi-organisasi afiliasinya menandatangani sekitar lima puluh perjanjian. Berikut kami sajikan kesepakatan paling penting dengan mitra asing.

Nota Kesepahaman tentang kerja sama dalam pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Skala Kecil (PLTN SK) di Iran ditandatangani menjelang forum oleh Direktur Jenderal Rosatom Aleksei Likhachev dan Wakil Presiden Iran, Presiden Badan Energi Atom negara tersebut Mohammad Eslami. Dokumen ini menetapkan langkah-langkah konkret untuk pelaksanaan proyek.

Rencana aksi untuk pengembangan proyek PLTN di Etiopia ditandatangani oleh Direktur Jenderal Rosatom Aleksei Likhachev dan Kepala Perusahaan Listrik Etiopia Ashabir Balcha, disaksikan oleh Presiden Rusia Vladimir Putin dan Perdana Menteri Etiopia Abiy Ahmed. Rencana ini memuat pembentukan kelompok kerja, peta jalan, perjanjian antarpemerintah, serta dukungan bagi infrastruktur nuklir.

Dengan Uzbekistan ditandatangani sejumlah dokumen yang menyangkut pembangunan kompleks energi pertama di dunia yang mencakup dua unit dengan reaktor VVER-1000 dan dua unit tenaga dengan reaktor RITM-200 berkapasitas 55 MW masing-masing, serta penyediaan bahan bakarnya.

Rosatom Overseas (bagian dari Rosatom) dan perusahaan Vietnam Power Engineering Consulting Joint Stock Company 2 menandatangani nota kesepahaman yang meletakkan dasar kerja sama dalam proyek PLTN "Ninh Thuận-1" di Vietnam.

PLTN Belarus dan Tenex Transport Systems (bagian dari Rosatom) menandatangani kontrak yang

mencakup penanganan bahan bakar nuklir bekas untuk PLTN tersebut.

Perjanjian antara Kabinet Menteri Republik Kirgizstan, divisi bahan bakar Rosatom, Energy Solutions Kyrgyzstan (kantor Rosatom di Kirgizstan) dan perusahaan konstruksi Elbrus berkaitan dengan lokalisasi produksi baterai ion litium di Kirgizstan.

Divisi bahan bakar Rosatom dan Institut Riset Geologi Uranium Beijing menandatangani kesepakatan untuk mengikutsertakan TVEL dalam proyek MonEH. Ahli Rusia akan mendapatkan akses ke penelitian lapangan di laboratorium bawah tanah Bei Shan untuk isolasi aman limbah radioaktif beraktivitas tinggi.

Kelompok perusahaan Medscan dan Russian-Arabic Business Home menyepakati pengembangan pariwisata medis dengan siklus layanan medis lengkap di Rusia bagi pasien dari negara-negara Timur Tengah.

Hubungan kemanusiaan internasional didukung oleh nota yang ditandatangani antara kota Zarechny (Oblast Sverdlovsk) dan Dunaföldvár (Hungaria).

Akademi Teknis Rosatom menandatangani nota kesepahaman dengan Universitas Teknologi Yangon (Myanmar) untuk pelatihan spesialis dan pengembangan riset ilmiah.

### **Atom adalah urusan kaum muda**

Para ilmuwan dan insinyur muda, mahasiswa dan murid menjadi peserta penuh dalam Pekan Atom Dunia. Misalkan, fisikawan fusi muda dengan bangga menceritakan partisipasi mereka dalam proyek internasional pembangunan reaktor fusi ITER. Para murid mengikuti festival robotika. Perhatian terbesar tertuju pada seekor gagak robot aktor, yang tampil dalam sandiwara sebagai pemeran cameo.



Persiapan spesialis untuk industri dibahas pada

semua tingkatan: kepala negara dan kementerian, konferensi platform BRICS, sesi tematik, dan pidato pimpinan universitas. Dibahas pentingnya pendidikan interdisipliner, kebutuhan keterampilan praktis, serta manfaat pendidikan nuklir bagi negara yang secara bertahap membentuk lapisan elit teknis terdidik.

Pada hari terakhir Pekan Atom Dunia diselenggarakan final perdana kejuaraan mahasiswa internasional Global HackAtom. Lebih dari 50 pemenang tahap nasional dari Rusia dan sembilan negara mitra mengikuti final. Topik final adalah eksplorasi antariksa dengan bantuan teknologi nuklir. Tim-tim mempresentasikan proyek perjalanan antarbintang, Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir antariksa pertama, serta "Jalur Sutra Antariksa 2100".

Juara kompetisi adalah tim TUPI Tech dari Brasil. Mereka mempresentasikan proyek inovatif reaktor nuklir antariksa modular yang mampu memproduksi sumber daya untuk perjalanan antarbintang. Juara kedua diraih tim Tahu Sumedang dari Indonesia. Mereka mengusulkan penerapan teknologi nuklir untuk mengatur ritme sirkadian (osilasi proses biologis) selama perjalanan antariksa. Tempat ketiga diberikan kepada tim IsotopeX dari Hungaria dengan gagasan sumber daya tenaga nuklir untuk perangkat pemantau penundaan cairan dan tanda-tanda kehidupan orang yang tertidur selama perjalanan antariksa.

# Lebih Dekat ke “Terobosan”

Proyek “Proryv” (“Terobosan”) selangkah lebih dekat menuju pencapaian tujuannya. Ke lokasi pembangunan Kompleks Energi Eksperimental-Demonstrasi (ODEK) di Seversk, Oblast Tomsk, telah tiba komponen-komponen utama untuk sirkuit primer reaktor BREST-OD-300. Selain itu, di modul fabrikasi-refabrikasi yang juga termasuk dalam ODEK, telah dibuka laboratorium analitika baru.



Pada bulan September, ke lokasi pembangunan ODEK di Gabungan Kimia Siberia (Sibkhimkombinat, SHK) telah dikirim komponen-komponen utama untuk pembangunan reaktor cepat eksperimental-demonstratif berpendingin timbal berkapasitas 300 MW – BREST-OD-300. Di antaranya adalah selubung logam rongga pusat instalasi reaktor, selubung dalam untuk keranjang inti reaktor, dan selubung pertama dari empat rongga periferal. Semua peralatan tersebut dibuat di perusahaan-perusahaan divisi rekayasa mesin Rosatom.

Untuk menjelaskan: konstruksi BREST-OD-300 berbeda dari desain reaktor air ringan konvensional. Jika reaktor air ringan, secara sederhana, menyerupai “tong logam”, maka BREST-OD-300 adalah sistem kompleks logam-beton yang terdiri dari beberapa rongga. Di rongga utama akan ditempatkan keranjang inti reaktor – di sanalah rakitan bahan bakar bekerja dan berlangsung reaksi berantai fisi. Dalam empat selubung periferal akan dipasang pompa sirkulasi utama, dua generator uap, dan penukar panas sistem pendinginan darurat reaktor. Ruang di antara rongga-rongga itu akan diisi bertahap dengan beton selama proses konstruksi.

Ukuran bejana BREST-OD-300 lebih besar dibandingkan reaktor air ringan, sehingga hanya dapat diangkut ke lokasi dalam bentuk bagian-bagian terpisah. Perakitan reaktor dilakukan langsung di lokasi pembangunan. Komponen-komponennya diangkut selama dua bulan melalui sungai-sungai Rusia dan Rute Laut Utara. Di pelabuhan Samus di Sungai Tom, bagian-bagian tersebut dipindahkan ke platform multi-poros dan diangkut dengan traktor khusus ke lokasi konstruksi.

Untuk memungkinkan perjalanan transportasi khusus itu, jalur listrik harus sementara diangkat dan rambu-rambu lalu lintas dibongkar.



“Tahun ini elemen-elemen utama reaktor BREST-OD-300 akan dipasang pada posisi desainnya, dan reaktor akan memperoleh bukan hanya dinding pelindungnya, tetapi juga bejana logamnya sendiri,” kata Direktur Teknis SHK, Konstantin Izmestiev. Pekerjaan pemasangan dimulai pada bulan September dan diharapkan selesai sebelum akhir tahun.

Pada akhir September, selubung logam rongga pusat reaktor telah dipasang pada posisi desainnya. Tahap berikutnya adalah pemasangan empat selubung rongga periferal.

## Ketepatan Laboratorium

Di modul fabrikasi-refabrikasi ODEK telah

dioperasikan laboratorium analitik. Sekitar 90 peralatan berteknologi tinggi telah dipasang di sana untuk melakukan analisis dan memastikan kesesuaian dengan kriteria teknologi serta persyaratan keselamatan bahan bakar uranium-plutonium nitrida campuran, yang akan diproduksi di modul tersebut.

Kebanggaan laboratorium ini adalah tiga spektrometer massa fasa padat yang mengukur parameter utama bahan bakar (komposisi isotop, fraksi massa uranium dan plutonium), serta spektrometer emisi optik dengan plasma yang digabungkan secara induktif dalam desain kotak. Instrumen-instrumen ini dapat menentukan hingga 17 jenis pengotor logam sekaligus dengan ketelitian hingga jutaan bagian per satu persen.



"Laboratorium di MFR ini unik karena untuk pertama kalinya objek analisisnya adalah bahan bakar uranium-plutonium nitrida campuran, yang sebelumnya belum pernah diproduksi dalam skala industri di mana pun di dunia. Unik pula bagian pemisahan kromatografi untuk spektrometer massa, di mana proses persiapan sampel dan pengukuran dilakukan secara berkelanjutan. Dalam sejumlah karakteristik, laboratorium di Seversk saat ini memimpin dalam kompleksitas tugas di antara seluruh laboratorium pabrik di perusahaan-perusahaan industri fabrikasi bahan bakar nuklir," ujar Kepala proyek industri terpadu "Pengembangan elemen bahan bakar (TVEL) dan rakitan bahan bakar (TVS) dengan bahan bakar uranium-plutonium nitrida campuran", Mikhail Skupov.

Diharapkan proyek "Proryv" akan membawa energi nuklir dunia ke tingkat baru. Proyek ini bertujuan mewujudkan dalam skala industri siklus bahan bakar nuklir tertutup berbasis reaktor cepat dan siklus bahan bakar di dekat reaktor. Tujuan utama "Proryv" adalah meningkatkan keselamatan energi nuklir, memaksimalkan pemanfaatan potensi energi uranium alam, dan mengurangi jumlah limbah radioaktif yang dihasilkan. ODEK termasuk dalam sistem energi nuklir generasi keempat.

Selain ODEK, Rusia juga sedang mengembangkan proyek pembangunan unit di PLTN Beloyarsk dengan reaktor cepat pendingin natrium BN-1200M.

# Lima Tahun “Arktika”

Tahun ini Atomflot (perusahaan milik Rosatom) merayakan lima tahun sejak pengibaran bendera pada kapal pemecah es bertenaga nuklir universal utama (GUAL) “Arktika”. Kemunculan kapal pemecah es ini menandai dimulainya era baru dalam pengembangan armada pemecah es bertenaga nuklir, pembangkit listrik tenaga nuklir skala kecil, dan penguasaan Rute Laut Utara.



Gagasan bahwa Rusia, selain kapal pemecah es bertenaga nuklir yang sudah beroperasi, membutuhkan unit baru muncul pada dekade 2000-an. Kapal nuklir yang lebih kuat dan modern dibutuhkan untuk pengembangan ladang minyak dan gas besar di Arktik serta untuk pengawakan kapal dagang yang mengekspor hasilnya.

Proyek teknis GUAL dikembangkan oleh TsKB “Aysberg” pada 2009. Pembeda utama dibanding solusi sebelumnya adalah penggunaan instalasi reaktor terbaru RITM-200 dengan daya termal 175 MW. Instalasi ini dikembangkan khusus untuk kapal pemecah es oleh ilmuwan dan insinyur dari OKBM Afrikantov. Ciri khas utama instalasi reaktor adalah tata letak terintegrasi: generator uap ditempatkan dalam satu wadah bersama reaktor. Berkat solusi ini RITM-200 hampir dua kali lebih ringan dan lebih kompak dibanding pendahulunya, sehingga membuat kapal pemecah es lebih lincah dan memakan ruang lebih sedikit di kapal. Akibatnya, operasionalnya menjadi lebih efisien secara ekonomis.

Ciri kedua “Arktika” adalah kemampuan dua mode kedalaman: kapal pemecah es ini dapat mengubah kedalaman garangnya dan beroperasi tidak hanya di laut Arktik, tetapi juga di muara sungai Yenisey dan Ob. Ciri ketiga adalah tingkat otomatisasi yang lebih tinggi dibanding pendahulu. Hal ini mengurangi kebutuhan akan awak kapal dan menyederhanakan pengoperasian instalasi. Jaga pelayaran pada “Arktika” kini hanya dilakukan dari jembatan pelayaran dan pos kendali pusat; tidak ada pos jaga lokal. Di ruang mesin (ruang besar empat tingkat) pengawasan dilakukan melalui pemantauan

instrumen dan inspeksi rutin.

Spesifikasi teknis kapal pemecah es bertenaga nuklir “Arktika” sebagai berikut: panjang kapal – 173,3 m; sarat air – 10,5 m / 9,03 m; kemampuan menembus es – hingga 3 m. Pengisian ulang bahan bakar nuklir diperlukan setiap 7 tahun. Masa layanan yang dihitung – 40 tahun. Awak kapal – 54 orang.

Kabinnya, rumah pelaut untuk beberapa bulan, tempat ia beristirahat antar jaga, mirip kamar hotel yang nyaman dan lengkap. Terdapat semuanya: kamar mandi terpisah dengan pancuran, area kerja dengan meja tulis, TV, kulkas kecil, tempat tidur, sofa untuk istirahat, serta ruang penyimpanan barang pribadi. Tempat populer di kapal pemecah es adalah tempat olahraga serbaguna, di mana bisa bermain futsal, mengadakan pertandingan bola basket atau voli, bahkan turnamen tenis meja. Ada pula ruang fitness khusus bagi penggemar latihan beban. Di kapal juga tersedia sauna, kolam renang, dan solarium.

## Kronik pembangunan dan operasi

Keputusan membangun “Arktika” diambil pada 2012. Peletakan lunas dilakukan pada November 2013, dan kapal diluncurkan ke air pada 16 Juni 2016. Kapal dinamai menurut kapal legendaris “Arktika” yang menjadi kapal pertama dalam sejarah yang mencapai Kutub Utara dalam keadaan di permukaan laut (kejadian tersebut, perlu diingat, berlangsung pada 17 Agustus 1977).

Upacara pengibaran bendera negara pada “Arktika” baru diadakan pada 21 Oktober 2020 di kota

Murmansk. "Armada pemecah es bertenaga nuklir adalah keunggulan kompetitif yang serius bagi Rusia. Dan tentu saja perluasannya — merupakan investasi besar untuk masa depan. Di atas semua itu, ini adalah dorongan bagi perkembangan ekonomi, baik Rusia maupun wilayahnya," — kata Perdana Menteri Rusia Mikhail Mishustin pada hari itu.



Pada 14 November kapal pemecah es berangkat untuk pelayaran kerja pertamanya dan sejak saat itu selama lima tahun memastikan pengawakan kapal melalui es Rute Laut Utara, mendukung pengembangan proyek-proyek Arktik. Sejak pembangunan, GUAL "Arktika" telah menempuh 126.166 mil di atas es dan mengawal 677 kapal (data per awal Oktober 2025).

## Produksi massal untuk kapal pemecah es dan PLTN skala kecil

GUAL "Arktika" membuka dimulainya produksi massal kapal pemecah es proyek 22220. Di Rute Laut Utara beroperasi kapal pemecah es "Sibir", "Ural", dan "Yakutiya" dari proyek ini. Dua yang pertama mulai beroperasi pada 2022, yang ketiga pada 2024. Saat ini kapal "Chukotka" sedang dalam tahap pembangunan. Selain itu, kapal "Leningrad" sedang dibangun dan persiapan untuk pembangunan kapal "Stalingrad" dari proyek yang sama sedang berjalan.

Penting pula bahwa pembangunan RITM-200 menjadi produksi massal. Kini Rosatom dengan percaya diri menawarkan kepada pelanggan pembangkit listrik tenaga nuklir skala kecil di darat dan terapung yang menggunakan modifikasi teradaptasi dari instalasi reaktor yang sama. Arah pengembangan lain adalah penciptaan instalasi reaktor RITM-400 dengan daya termal 315 MW, yang secara signifikan melebihi semua instalasi reaktor kapal yang ada. Dua RITM-400 akan dipasang pada kapal pemecah es "Rossiya" proyek 10510. Karena kekuatannya, reaktor-reaktor ini bahkan diberi nama sendiri, yaitu "Ilya Muromets" dan "Dobrynya Nikitich" (nama-nama bogatyr dari epik Rusia). RITM-400 pertama diproduksi pada Mei tahun ini, dan yang kedua pada September.

# Energi Nuklir Meningkatkan Kinerjanya

Asosiasi Nuklir Dunia (World Nuclear Association, WNA) dalam dua bulan terakhir menerbitkan dua laporan – World Nuclear Performance (tentang kondisi pembangunan dan operasi pembangkit listrik tenaga nuklir) dan World Nuclear Fuel Report, di mana organisasi itu mengajukan tiga skenario rasio permintaan-penawaran serta menilai ketersediaan pasokan hingga 2040. Hasil dan proyeksi menunjukkan peningkatan.



## Angka Rekor PLTN

Pencapaian utama operasi ladang PLTN global pada 2024 menurut WNA adalah produksi listrik yang memecahkan rekor: 2667 TWh dibandingkan 2601 TWh tahun sebelumnya. Angka ini melampaui rekor 2006 sebesar 2660 TWh. Sejak 2012, Amerika Utara mempertahankan posisi terdepan dalam volume pembangkitan dari PLTN. Eropa, yang memimpin pada paruh pertama 2000-an dan sejajar dengan Amerika Utara pada akhir 2000-an dan awal 2010-an, turun ke posisi ketiga, bahkan kalah dari Asia. Kenaikan produksi di Eropa sebesar 40 TWh berkat reaktor Prancis, yang kembali beroperasi setelah penghentian sementara pada 2022–2023, tidak cukup memperbaiki posisi tersebut.

# 2667 TWh

produksi energi PLTN global pada 2024

Peningkatan terbesar terjadi di Asia, yang kini menempati posisi kedua berdasarkan volume pembangkitan dan semakin mendekati Amerika Utara. Di wilayah lain, termasuk Rusia dan Eropa Timur, produksi pada 2024 nyaris tidak berubah dibandingkan 2023.

Per akhir 2024 ada 440 reaktor yang tercatat aktif

secara global dengan kapasitas total listrik terpasang 398 GW, yang bertambah tiga reaktor dan 6 GW dibanding 2023.

Laporan mencatat bahwa pada 2024 beberapa reaktor di Jepang (19 GW), India (kurang dari 1 GW) dan negara lain (11 GW) tidak menghasilkan listrik karena operasinya saat ini ditangguhkan. Dengan demikian, kapasitas gabungan reaktor yang benar-benar menghasilkan listrik pada 2024 adalah 369 GW, meningkat 1 GW dari tahun sebelumnya.

Jenis reaktor terbanyak adalah reaktor air bertekanan (313 unit); jumlahnya meningkat lima unit dibanding 2023. Urutan kedua adalah reaktor air mendidih (60 unit), jumlahnya tidak berubah pada 2024. Jumlah reaktor air berat turun satu unit menjadi 46. Reaktor grafit air ringan berkurang satu unit menjadi 10 pada 2024.



Secara historis banyak reaktor mulai beroperasi pada 1970-an dan 1980-an, sementara pada 1990-an dan 2000-an frekuensi masuk operasi menurun. Pada 2010-an jumlah reaktor baru kembali meningkat. Akibatnya, secara bersamaan meningkat jumlah reaktor "muda" (kurang dari 15 tahun) dan "tua" (lebih dari 42 tahun). Namun mayoritas ladang PLTN yang aktif tetap terdiri dari unit usia menengah (15–42 tahun). Perlu diingat, Rosatom sedang membangun unit dengan masa desain 60 tahun dan opsi perpanjangan hingga 20 tahun.

## Reaktor Baru 2024

Tahun lalu dimulai konstruksi sembilan reaktor: enam di China, serta satu masing-masing di Mesir, Pakistan, dan Rusia. Di Rusia, pada 14 Maret dimulai pengecoran beton pertama untuk fondasi unit No.3 di PLTN Leningrad II. Pada September, pemasangan lapis pertama selubung pelindung bagian dalam gedung reaktor selesai dan persiapan fondasi gedung turbin dimulai.

Secara total, per akhir 2024 ada 63 unit yang sedang dibangun di dunia; di Rusia terdapat empat unit: tiga dengan reaktor VVER dan satu reaktor cepat generasi ke-4.

Untuk pertama kalinya tujuh reaktor tersambung ke jaringan: tiga di Tiongkok dan masing-masing satu di AS, Prancis, India, serta UEA. Lama konstruksi unit-unit ini berbeda jauh. Hasil terbaik dicatat oleh unit Zhangzhou-1 (Tiongkok): dari pengecoran beton pertama hingga sambungan ke jaringan hanya 61 bulan. Unit yang paling lama dibangun adalah Flamanville-3 (Prancis): 204 bulan sampai terhubung ke jaringan. Rata-rata unit yang tersambung pada 2024 dibangun selama 114 bulan – hampir 10 tahun. Catatan menarik: tanggal mulai pengecoran beton unit No.1 Shidaowan Guohe harus ditentukan oleh WNA lewat citra satelit karena tidak ada pengumuman resmi.

Konstruksi sebagian besar unit yang sedang dibangun dimulai dalam tujuh tahun terakhir. Hanya prototipe reaktor cepat pembiak dan unit Rajasthan-8 dengan reaktor PHWR (keduanya di India) yang dibangun terus-menerus lebih dari 10 tahun. Untuk unit lain yang memiliki durasi konstruksi lebih dari 10 tahun, terdapat jeda atau penangguhan dalam proses pembangunan.

Empat reaktor dihentikan permanen pada 2024: unit 1 dan 4 di PLTN Pickering (Kanada), unit 1 di PLTN Maanshan (Taiwan) dan unit 2 di PLTN Kursk (Rusia). Kesimpulannya: pada 2024 tujuh unit tersambung ke jaringan, empat unit dihentikan, saldonya positif.

**Pada 2024 tujuh unit tersambung ke jaringan, empat unit dihentikan saldonya positif.**

## Kerja Intensif

Tahun lalu, koefisien pemanfaatan kapasitas terpasang PLTN di seluruh dunia rata-rata mencapai 83%, naik 1% dibanding tahun sebelumnya. Peningkatan terbesar ditunjukkan oleh Afrika, di mana satu-satunya PLTN di kawasan tersebut, Koeberg, menjalani perawatan bergilir yang disertai elemen modernisasi pada kedua unitnya. Pemeliharaan unit pertama dilakukan dari Desember 2022 hingga November 2023, sementara unit kedua dari Desember 2023 hingga Desember 2024. Kedua unit menjalani perbaikan menjelang perpanjangan masa operasi selama 20 tahun.

Koefisien itu di Amerika Utara tetap stabil, sementara di wilayah lain sedikit menurun. "Seperti telah disebutkan sebelumnya, berdasarkan rata-rata koefisien pemanfaatan kapasitas terpasang reaktor dengan berbagai usia, dalam beberapa tahun terakhir tidak teramatid adanya penurunan produksi akibat faktor umur reaktor. Hal ini juga berlaku bagi reaktor yang telah beroperasi selama 40 tahun atau lebih, yang menunjukkan potensi kemampuan reaktor untuk terus berfungsi secara efisien saat memasuki masa operasi yang diperpanjang," demikian disebutkan dalam laporan tersebut.



## Pasokan Uranium: Persoalan Terbuka

Prospek masa depan industri nuklir dibahas dalam edisi ke-22 laporan World Nuclear Fuel Report. Laporan ini didasarkan pada tiga skenario

pengembangan pembangkitan tenaga nuklir global, semuanya telah direvisi ke arah peningkatan pangsa energi nuklir dibanding skenario yang disajikan pada 2023.

Menurut skenario dasar, dari kapasitas terpasang PLTN sebesar 398 GW (per Juni 2025), kapasitas tersebut diproyeksikan akan meningkat menjadi 746 GW pada 2040, 60 GW lebih tinggi dibandingkan proyeksi 2023. Dalam skenario tinggi, kapasitas mencapai 966 GW (lebih tinggi 35 GW), sedangkan skenario rendah memperkirakan 552 GW (lebih tinggi 66 GW).

Seiring dengan itu, kebutuhan PLTN terhadap uranium juga akan meningkat. Berdasarkan estimasi WNA, pada 2025 pembangkit nuklir di seluruh dunia akan memerlukan sekitar 68,92 ribu ton uranium. Dalam skenario dasar, kebutuhan tersebut akan mencapai lebih dari 150 ribu ton pada 2040, sedangkan skenario tinggi memperkirakan lebih dari 204 ribu ton, dan skenario rendah sekitar 107 ribu ton.

Tantangan utama adalah pasokan uranium dari sumber primer (tambang) yang tidak mencukupi untuk memenuhi permintaan, bahkan bila digabung dengan pasokan dari sumber sekunder (daur ulang dan cadangan strategis). Hambatan utama yang dihadapi perusahaan tambang antara lain kurangnya investasi dan proses perizinan penambangan uranium yang sangat lama (antara 8 hingga 15 tahun).

Bericara dalam acara Pekan Atom Dunia yang diadakan pada akhir September di Moskow, Sama Bilbao y León menyerukan agar waktu perizinan tersebut dipersingkat untuk mempercepat produksi uranium dari tambang yang sudah ditemukan namun belum beroperasi. "Untungnya, uranium merupakan sumber daya yang cukup melimpah di seluruh benua. Namun sudah jelas bahwa kita perlu berinvestasi lebih banyak dalam eksplorasi dan penambangan sumber daya ini. Tantangan yang terkait adalah bagaimana kita bisa bekerja sama dengan badan regulator dan lembaga yang mengeluarkan izin untuk mengoptimalkan dan mempercepat proses perizinan tersebut," — ujarnya dalam konferensi pers.

Ia menambahkan: "Tentu saja, ini tidak berarti kita harus berkompromi dalam hal keselamatan. Maksud saya, kita tetap harus berhati-hati dan memastikan semua aspek yang relevan telah dievaluasi sebelum izin penambangan diberikan. Tapi mari kita lakukan semua itu seefisien mungkin."

# Efek WAW

Delegasi Indonesia berpartisipasi aktif dalam forum internasional Pekan Atom Dunia (World Atomic Week, WAW) yang diselenggarakan di Moskow pada akhir September. Rincian lebih lanjut tentang forum ini dapat dibaca di bagian berita utama edisi ini. Perwakilan Indonesia berdiskusi dengan peserta lain mengenai prospek pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) berkapasitas besar maupun kecil, potensi kedokteran nuklir, produksi isotop medis, dan berbagai topik lainnya.



Topik pembangkit berkapasitas kecil, termasuk dalam format pembangkit terapung (floating power unit), menjadi salah satu topik paling hangat di WAW. Dua meja bundar internasional membahas isu ini dan mempertemukan perwakilan pemerintah serta kalangan bisnis dari negara-negara utama di kawasan Asia-Pasifik (Thailand, Indonesia, Myanmar, Filipina) dan Afrika (Ghana, Afrika Selatan).

Di kota Pevek (Rusia), satu-satunya unit tenaga terapung di dunia, Akademik Lomonosov, telah beroperasi dengan sukses selama lima tahun. Wakil Gubernur Okrug Otonomi Chukotka Anton Yaremchuk menjelaskan bagaimana kehidupan kota berubah sejak saat itu: pasokan energi menjadi lebih andal, infrastruktur kota dimodernisasi, dan Pevek kini menarik pengunjung dari berbagai penjuru dunia.

Menurut Andrey Nikipelov, Wakil Direktur Jenderal Bidang Rekayasa Mesin dan Solusi Industri Rosatom, pembangkit nuklir terapung yang menghasilkan energi "hijau" secara stabil adalah solusi ideal bagi negara-negara yang baru mulai langkah di bidang energi nuklir. "Solusi tenaga nuklir terapung sangat praktis, dapat diskalakan, dapat menyediakan energi sesuai kebutuhan. Unit terapung ini juga mobil, bisa dipindahkan ke lokasi dan waktu yang diinginkan pelanggan. Kami menyediakan energi siap pakai, sementara semua tantangan teknis kami tangani sendiri," – ujar Nikipelov.

Pembangkit tenaga nuklir terapung dapat menjawab kebutuhan energi di berbagai sektor industri. Tak mengherankan bila banyak negara, termasuk

Indonesia, berminat untuk mengadopsi teknologi semacam ini.

Seperti disampaikan oleh Pornperm Tongsri, Ketua Komite Tetap Energi Senat Thailand, meskipun kapasitas listrik yang ada saat ini cukup untuk memenuhi kebutuhan industri, permintaan energi di masa depan, terutama untuk pusat data dan kecerdasan buatan (AI), akan meningkat pesat. Dalam konteks ini, reaktor modular kecil (SMR) bisa menjadi solusi tepat.



Sementara itu, Mikhail Chudakov, Wakil Direktur Jenderal IAEA (Badan Tenaga Atom Internasional), menyatakan bahwa organisasi tersebut tengah mengembangkan adaptasi standar IAEA dan IMO (Organisasi Maritim Internasional) guna mempercepat penerapan luas PLTN terapung, karena melihat potensi besar serta permintaan tinggi

terhadap teknologi tersebut dalam jangka menengah.

### Ditandatangani di WAW

Perusahaan Rosatom Energy Projects (bagian dari Korporasi Rosatom) dan perusahaan Indonesia PLN Nusantara Power menandatangani Nota Kesepahaman tentang kerja sama dalam penyusunan pra-studi kelayakan pembangunan PLTN di wilayah Republik Indonesia berbasis teknologi nuklir Rusia. Nota ini menetapkan langkah-langkah lanjutan dalam memperkuat kerja sama Rusia-Indonesia untuk menilai berbagai opsi penerapan energi nuklir ke dalam bauran energi nasional Indonesia.

### Atom untuk Negara-Negara ASEAN

Sesi khusus WAW didedikasikan untuk membahas solusi energi nuklir bagi negara-negara ASEAN. Negara-negara dengan pertumbuhan ekonomi cepat dan populasi yang terus meningkat ini menunjukkan ketertarikan besar terhadap pemanfaatan energi nuklir secara damai. Saat ini tidak ada satu pun negara anggota ASEAN yang memiliki PLTN yang beroperasi atau sedang dibangun, namun beberapa di antaranya memiliki sejarah panjang dalam pengembangan teknologi nuklir, termasuk pengoperasian reaktor riset. Para peserta sesi membahas langkah-langkah yang perlu diambil untuk meluncurkan program nuklir nasional, serta bagaimana pendekatan penerapan teknologi nuklir di kawasan ASEAN dapat berbeda dari praktik global yang umum.

### Kedokteran Nuklir untuk Semua

Para peserta diskusi bertajuk "Perjalanan Sepanjang Waktu Paruh" membahas tren perkembangan kedokteran nuklir dan pentingnya kerja sama internasional di bidang ini. Profesor kimia nuklir dan kepala bidang radiofarmaka BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia), Rohadi Awaludin, mengingatkan bahwa di Indonesia saat ini beroperasi tiga reaktor riset, yang memproduksi isotop penting bagi kedokteran nuklir seperti iodin-131 dan samarium-153. Ia juga menyebut bahwa sejumlah isotop medis baru, termasuk terbium-161, sedang dalam tahap penelitian dan pengembangan (R&D).<sup>23</sup>

Direktur bidang "Produk Radionuklida dan Kedokteran Nuklir" dari perusahaan Rosatom Science, Sergey Surov, menekankan bahwa banyak negara kini menunjukkan minat besar terhadap produksi radiofarmaka berbasis terbium-161. Sejumlah perusahaan sudah melakukan uji pra-klinis,

dan beberapa di antaranya telah memasuki tahap uji klinis. "Diperlukan kerja sama berskala besar, dan langkah awalnya bisa berupa kolaborasi dalam produksi terbium-161 serta pengembangan produk turunannya. Kami mengusulkan pembentukan platform internasional, kelompok pakar multinasional untuk pengembangan terbium dalam kedokteran nuklir, yang akan menyatukan teknologi produksi nuklida, metode pemurnian, pengembangan radiofarmaka prospektif, dan transfer hasil ke klinik," ujar Sergey Surov.



Kemampuan reaktor riset juga menjadi tema dalam meja bundar "Simfoni Aliran Neutron – Partitur Kemajuan: Bagaimana Reaktor Riset 'Bersuara' dalam Setiap Aspek Kehidupan." Kepala kelompok teknologi radioisotop sekaligus wakil direktur Pusat Riset Teknologi Radioisotop, Radiofarmaka, dan Biodosimetri BRIN, Marlina, berbagi pengalaman penerapan produk reaktor riset dalam kedokteran nuklir. Ia menyampaikan bahwa Indonesia berencana memperluas jaringan pusat diagnostik dan terapi kanker dengan dukungan teknologi Rusia. Ditargetkan pada 2027, layanan pemindai tomografi emisi positron akan tersedia di seluruh kepulauan Indonesia.

### Perempuan dalam STEM

Topik penting lain yang diangkat dalam WAW dengan partisipasi delegasi Indonesia adalah dukungan bagi perempuan di sektor industri dan teknologi. Di sela forum, diluncurkan laporan internasional praktik terbaik berbagai negara dalam mendukung perempuan di bidang industri. Dokumen ini disusun oleh negara-negara anggota Dewan Internasional untuk Dukungan dan Pengembangan Perempuan di Industri dan Teknologi, yang dibentuk atas inisiatif Rosatom.

"Dokumen ini akan menjadi panduan praktis untuk memperluas pengalaman dan kompetensi terbaik perempuan dari 16 negara. Penting untuk dicatat bahwa pekerjaan ini akan diperbarui setiap tahun

dan dilengkapi dengan bab-bab baru dari negara yang bergabung," ujar Tatiana Terentieva, Wakil Direktur Jenderal bidang SDM Rosatom.

Tahun ini, jabatan Ketua Dewan Internasional tersebut dipegang oleh Geni Rina Sunaryo, Kepala Departemen Pengembangan Potensi Perempuan dari Himpunan Masyarakat Nuklir Indonesia (HIMNI).ia menuturkan: "Sepanjang tahun, bersama anggota dewan dalam kelompok kerja "GirlsInSTEM", kami telah menyelenggarakan lebih dari tujuh kegiatan daring dengan dukungan Komunitas Perempuan Rosatom untuk mahasiswa dari berbagai universitas teknik di sejumlah negara. Pada November mendatang, kami bersama Komunitas Perempuan Rosatom akan mengadakan Forum Perempuan Industri Berteknologi Tinggi Rusia-Indonesia. Fokus utama forum ini adalah rencana Indonesia dalam pengembangan teknologi tinggi di tengah transisi teknologi global, termasuk penerapan teknologi energi nuklir demi keamanan energi dan pertumbuhan industri nasional."

## Gagasan untuk Masa Depan

Sebagai bagian dari WAW, digelar babak final kejuaraan mahasiswa internasional Global HackAtom, yang didukung oleh Rosatom. Kompetisi ini mempertemukan lebih dari 50 pemenang tahap nasional dari 10 negara. Para finalis diberi waktu 24 jam untuk merancang proyek pemanfaatan teknologi nuklir masa depan di luar angkasa.Tim "Tahu Sumedang" dari Indonesia meraih juara kedua, dengan ide sistem pemantauan ritme tidur angkasawan dan terapi berbasis isotop radioaktif. Tim Indonesia juga menerima penghargaan khusus atas gagasan cemerlang dan presentasi yang luar biasa. Dewan juri internasional menilai tinggi kualitas teknis peserta serta menyoroti visi inspiratif tentang masa depan teknologi nuklir di luar angkasa.

Selain mengikuti program bisnis WAW, para peserta forum juga mengunjungi pameran kerja sama Rusia-Indonesia, yang menampilkan rencana pengembangan energi, kebudayaan, dan tradisi Indonesia.