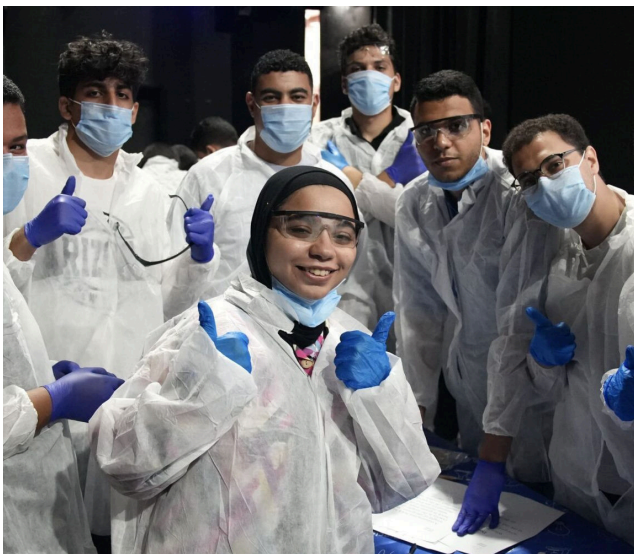


ROSATOM NEWSLETTER

01.

ARTIKEL

"Pemecah Es Pengetahuan" Membuka Cakrawala Baru
Mewariskan Pengalaman Tak Ternilai
Hari Jadi Dua Unit Reaktor



02.

TREN

Ketertarikan Afrika

03.

ARTIKEL DAERAH

Indonesia. Prospek Besar Daya Kecil



“Pemecah Es Pengetahuan” Membuka Cakrawala Baru

Pada bulan Agustus berlangsung ekspedisi Arktik internasional ke-6 Rosatom menuju Kutub Utara — “Pemecah Es Pengetahuan”. Di atas kapal pemecah es bertenaga nuklir, para peserta disambut dengan berbagai pengalaman menarik: kuliah dari ilmuwan dan pakar industri nuklir dan antariksa, uji kaji ilmiah yang hanya mungkin dilakukan di lintang utara, tur ke kapal pemecah es, panorama Arktik yang menakjubkan, serta pengamatan kehidupan penghuninya: beruang kutub, paus, dan burung-burung Arktik. Dan tentu saja, interaksi antar peserta — 66 pelajar berbakat dari 21 negara.



Seleksi Besar

“Pemecah Es Pengetahuan” diselenggarakan untuk keenam kalinya dan untuk kedua kalinya dalam format internasional (pertama kali tahun lalu). Lebih dari 67 ribu pelajar berusia 14–16 tahun dari 21 negara berkompetisi untuk mendapatkan kesempatan ikut ekspedisi, termasuk sekitar 4 ribu peserta dari luar negeri. Pendaftar terbanyak berasal dari Bangladesh (841), India (492), dan Kirgizstan (471). Para pemenang ditentukan melalui seleksi berlapis, serta berdasarkan hasil kompetisi “Bolshaya Peremena”, program pendidikan “Sirius”, Kejuaraan Rusia dalam permainan intelektual “Znaniye. Igra”, dan seleksi di antara anggota gerakan “Yunior Rosatom”.

Program Besar

Salah satu bagian penting dari program ekspedisi di atas pemecah es bertenaga nuklir “50 Let Pobedy” (“50 Tahun Kemenangan”) adalah uji coba bersama model sederhana platform bergerak-penjelajah (rover) masa depan. Rover-rover ini dirancang untuk dikirim ke objek tata surya guna mempelajari struktur geologinya. Penelitian dilakukan oleh staf Rosatom dan Roscosmos. “Kolaborasi teknologi Roscosmos dan Rosatom secara simbolis berpadu di Kutub Utara. Dengan kondisi di kutub, kami

menyimulasikan lingkungan satelit planet raksasa, yang di masa depan bisa dicapai berkat teknologi nuklir. Rover yang dikendalikan dari jarak jauh atau dengan kecerdasan buatan akan bekerja di permukaan planet lain yang tertutup es. Hal ini akan membuka jalan bagi eksplorasi aktif Tata Surya, termasuk wilayah yang mungkin mendukung kehidupan,” jelas angkasawan-peneliti sekaligus pakar program edukasi “Pemecah Es Pengetahuan — 2025”, Andrey Babkin.



Para ahli Rosatom tidak hanya memberi kuliah, tetapi juga banyak berdiskusi dengan peserta: “Selama perjalanan saya bercerita tentang komposit — apa itu, di mana digunakan, tetapi juga tentang

kepemimpinan: bagaimana menjadi manajer, bagaimana rutinitas harian seorang pimpinan. Anak-anak ini luar biasa berbakat, aktif, pintar, dan sangat menarik untuk diajak bicara. Mereka mengajukan pertanyaan mendalam dan sistematis tentang ke mana harus melanjutkan studi, bagaimana membangun karier. Saya menjawab dengan hati-hati, tidak memberi nasihat langsung, agar mereka membuat pilihan sendiri,” ujar Direktur Jenderal Divisi Komposit Rosatom, Aleksandr Tyunin.

Di antara para pakar yang ikut dalam ekspedisi adalah Kepala Pusat Riset Teknologi Reaktor Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Indonesia Topan Setiadipura, Direktur Pusat Fisika Nuklir Institut Fisika Nuklir dan Teknologi dari Institut Energi Atom Vietnam (VINATOM) Suang Chung Le, pemenang kontes nasional “Guru Tahun Rusia” 2024 sekaligus “duta” proyek “Pelajaran Atom” Leonid Dedyukha, dan banyak lainnya.

Salah satu momen paling mengesankan adalah perayaan Hari Bendera Negara Rusia: pelajar dan pakar dari 21 negara membentangkan bendera triwarna Rusia raksasa di atas pemecah es. “Bagi saya ini kehormatan membentangkan bendera besar Rusia bersama semua peserta,” kata Kepala Departemen Situasi Darurat Radiologi Pusat Nasional Penelitian dan Teknologi Radiasi (NCRRT) dari Badan Energi Atom Mesir (EAEA) sekaligus pakar ekspedisi, Mahmud Said Morsi. Tahun ini, perayaan tersebut bertepatan dengan hari kedatangan ekspedisi di Murmansk.

Emosi Besar

Sebagian peserta menjadi wakil pertama dari negaranya yang mencapai puncak dunia, sementara bagi sebagian lainnya itu adalah pengalaman pertama melihat salju. Isabella Eileen Nell dari Afrika Selatan untuk pertama kalinya membuat bola salju di Kutub Utara: “Itu keren sekali! Saya tidak bisa menggambarkan. Saya mengambil sedikit salju dan membentuknya. Bola salju seperti awan, saya menyentuh dan meremasnya, saya sangat menyukai efek es ini, rasanya ingin kembali lagi dan lagi ke salju! Saya begitu bahagia,” ungkapnya.

“Ketika saya tahu bahwa saya akan menjadi satu-satunya wakil Turki dalam ekspedisi ke Kutub Utara, saya merasakan lonjakan tenaga yang luar biasa. Bagi saya penting untuk mendiskusikan isu global bersama teman-teman dari berbagai negara, termasuk pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan,” ujar peserta dari Turki, Deniz Arda.

Makna Besar

Ekspedisi ini merupakan bagian dari kerja besar dalam mempelajari dan menguasai Arktik serta Samudra Arktik. Tahun ini menandai 500 tahun sejak Rusia mulai mengembangkan Rute Laut Utara – jalur dari Eropa ke Timur Jauh melalui laut-laut Arktik. “Kami terus bangga pada para penjelajah pertama kami yang tanpa rasa takut menempuh jalan sulit menuju penemuan besar. Rusia adalah satu-satunya negara di dunia yang memiliki armada pemecah es nuklir, dan saya yakin bahwa dalam perjalanan “Pemecah Es Pengetahuan”, para pelajar akan terinspirasi oleh luasnya Arktik, dan di masa depan mereka akan menjadi penjelajah baru, pencipta teknologi terobosan yang juga akan kita banggakan,” ujar Direktur Jenderal “Atomflot” (bagian dari Rosatom), Yakov Antonov.

Mewariskan Pengalaman Tak Ternilai

Tahun ini, Persatuan Internasional Veteran Energi dan Industri Nuklir (UIVNEI atau Persatuan) merayakan ulang tahunnya yang ke-15. Kami meminta Ketua Persatuan, Pavel Ipatov, untuk menceritakan tentang kegiatan Persatuan serta berbagi pandangannya mengenai perkembangan industri nuklir.



Pavel, bisakah Anda ceritakan secara singkat perjalanan profesional Anda di sektor nuklir?

Saya lulus dari Fakultas Energi Institut Politeknik Ural. Karier saya dimulai di PLTN Yuzhno-Ukrainsk sebagai kepala shift. Dari tahun 1989 hingga 2005, saya bekerja di PLTN Balakovo, di mana saya menempati jalur dari kepala insinyur hingga menjadi direktur stasiun. Setelah itu saya sempat bekerja di pemerintahan, namun kemudian kembali lagi ke industri.

Pengalaman kerja Pavel sangat mengesankan. Menurut Anda, bagaimana industri ini telah berubah selama periode tersebut?

Banyak hal berubah ke arah yang lebih baik. Pertama-tama, sikap terhadap keselamatan. Setelah kecelakaan di PLTN Chernobyl, keselamatan menjadi prioritas utama bagi seluruh organisasi industri nuklir. Persyaratan terhadap kualitas pembuatan material, karakteristiknya, serta keandalannya meningkat. Secara keseluruhan, setiap aspek pekerjaan PLTN kini dinilai terutama melalui prisma keselamatan.

Di depan mata saya, industri nuklir Rusia tumbuh dan berkembang. Rosatom berhasil menyelesaikan semua tugas yang ditetapkan, dan cakupan tanggung jawab korporasi negara ini terus meluas. Saat ini, Rosatom bukan hanya menangani bidang nuklir tradisional, tetapi juga mengembangkan berbagai bisnis baru: mulai dari superkomputer dan

kedokteran nuklir hingga proyek lingkungan. Ini pekerjaan yang sangat penting. Namun demikian, menurut saya, inti dari Rosatom tetaplah teknologi nuklir.

Pencapaian modern apa dari industri nuklir Rusia yang paling membuat Anda bangga?

Ada banyak hal yang patut dibanggakan, tetapi saya ingin menyoroti dua hal.

Pertama, hari ini Rosatom adalah perusahaan global, pemimpin dunia dalam jumlah proyek pembangunan PLTN, serta korporasi nomor satu di bidang pengayaan uranium. Hal ini menimbulkan kebanggaan yang sepenuhnya layak atas industri kita.

Namun, yang tidak kalah penting menurut saya adalah kontribusi besar Rosatom dalam pengembangan modal manusia. Industri nuklir adalah salah satu yang paling berteknologi tinggi dan membutuhkan tenaga kerja dengan kualifikasi tinggi. Saat ini, ratusan ribu orang bekerja di Rosatom, dan korporasi negara ini telah menciptakan sistem pendidikan yang unik, yang memungkinkan peningkatan berkelanjutan keterampilan profesional serta peningkatan kualifikasi karyawannya.

Saya bangga dengan kerja tekun dan terarah bersama manusia ini, tidak banyak perusahaan yang bisa menandingi hal tersebut.

Sekarang, bisakah Anda ceritakan lebih detail tentang kegiatan Persatuan yang Anda pimpin?

Saya telah menjabat posisi ini lebih dari sepuluh tahun, dan saya katakan terus terang: Dewan ini unik, saya tidak tahu ada yang sebanding. Ini adalah organisasi masyarakat internasional independen yang kini menyatukan veteran industri nuklir dari 14 negara. Mereka adalah ilmuwan, insinyur, dan manajer. Selama puluhan tahun mereka memegang jabatan pimpinan dan mengumpulkan pengalaman unik yang penting untuk diwariskan kepada generasi berikutnya di sektor nuklir.

Pengetahuan teknis diperoleh di universitas. Tetapi mengetahui bagaimana industri ini berkembang, apalagi langsung dari para pelaku peristiwa tersebut, “langsung dari sumber pertama” – itu tidak ternilai harganya. Saya melihat bahwa para pemuda tertarik pada hal ini, sehingga kami secara rutin berkomunikasi dengan mahasiswa. Kami tidak hanya menyampaikan pengalaman kami, tetapi juga mempopulerkan pengetahuan tentang nuklir. Sebagai contoh terbaru: belum lama ini, anggota Dewan Publik Rosatom sekaligus pakar UIVNEI, Oleg Muratov, memberikan kuliah kepada dosen dan mahasiswa Universitas Teknik Tajikistan tentang radioekologi, radioaktivitas alami dan buatan. Sementara itu, ahli bedah-onkologi sekaligus dosen di Departemen Onkologi dan Kedokteran Radiasi FMBC A.I. Burnazyan, Dmitry Astakhov, menyampaikan kuliah kepada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Nasional Tajikistan tentang pengobatan kanker dengan teknologi nuklir.

Aspek kunci kedua dari kegiatan Persatuan adalah mengangkat isu-isu penting bagi masyarakat. Untuk setiap negara, isu ini berbeda-beda: mulai dari promosi teknologi nuklir Rusia, melawan radiophobia, menarik minat pemuda ke industri, dan banyak lainnya.

Seberapa sering Persatuan mengadakan kegiatan?

Setiap tahun kami menyelenggarakan empat hingga lima konferensi dan meja bundar. Misalnya, pada bulan April tahun ini kami mengadakan konferensi di Dushanbe (Tajikistan), di mana dibahas prospek penerapan teknologi nuklir serta isu keselamatan radiasi di negara-negara Asia Tengah. Pada bulan Mei di Minsk (Belarus), para peserta meja bundar mengevaluasi peran energi nuklir dalam bauran energi berbagai kawasan. Pada bulan Juni di Bishkek (Kirgizstan), kami merayakan ulang tahun Persatuan yang ke-15 sekaligus 80 tahun industri nuklir melalui konferensi ilmiah internasional “Konsolidasi

Kekuatan dan Pengetahuan untuk Mendukung Pengembangan Energi Nuklir dan Teknologi Nuklir di Kawasan Asia Tengah”.

Pada bulan September di Almaty (Kazakhstan), digelar konferensi yang membahas digitalisasi dalam akumulasi, pelestarian, dan transfer pengetahuan kritis di sektor industri. Pada saat yang sama, anggota Persatuan juga berpartisipasi sebagai pengamat dalam Konferensi Umum IAEA. Di sela-sela konferensi ini, kami menyelenggarakan meja bundar, menghadiri acara yang diadakan oleh delegasi lain, serta menjalin kontak dengan para ilmuwan dari negara-negara anggota Badan tersebut.

Pada bulan Oktober, kami berencana mengadakan meja bundar di Tashkent, di mana akan dibahas pembangunan infrastruktur nuklir, pelatihan tenaga kerja, serta interaksi dengan masyarakat setempat. Secara khusus, topik yang akan dibahas mencakup pengelolaan limbah radioaktif, eliminasi kerusakan lingkungan yang terakumulasi, dan pengamanan fasilitas warisan nuklir agar berada dalam kondisi yang aman. Untuk bulan November, kami merencanakan konferensi pelaporan dan pemilihan tahunan Persatuan.

Menurut Anda, kualitas apa yang harus dimiliki oleh seorang insinyur tenaga nuklir?

Pertama, dedikasi terhadap industri, tradisi, dan nilai-nilainya. Kedua, pengetahuan mendalam tentang disiplin inti (dan, perlu dicatat, mata kuliah ini sama sekali bukan yang paling mudah!). Ketiga, seorang tenaga nuklir harus menjadi pribadi yang berwawasan luas, dengan minat profesional maupun pribadi yang beragam.

Pesan apa yang ingin Anda sampaikan kepada para calon insinyur tenaga nuklir?

Jika Anda telah memutuskan untuk mengaitkan hidup Anda dengan industri nuklir – saya sangat yakin itu adalah pilihan yang tepat! Tugas Anda sekarang adalah memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi industri dan negara. Saya ucapkan sukses di jalan yang tidak mudah, namun sangat menarik ini!

Hari Jadi Dua Unit Reaktor

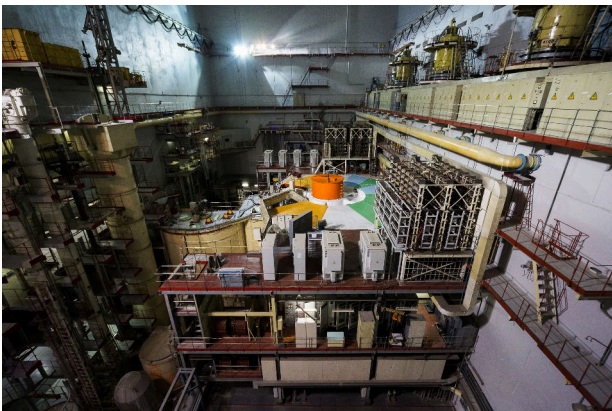
Tahun ini, dua unit dengan reaktor “cepat” di PLTN Beloyarsk merayakan hari jadinya. Unit No. 3 dengan reaktor BN-600 dihubungkan ke jaringan listrik pada tahun 1980. Unit No. 4 dengan reaktor BN-800 – pada tahun 2015. Kedua unit ini tidak hanya beroperasi dengan sukses, tetapi juga berkontribusi pada penciptaan siklus bahan bakar nuklir tertutup serta penerapan konsep sistem generasi ke-4, yang mencakup pengolahan ulang rakitan bahan bakar bekas, pembuatan bahan bakar baru darinya, pemanfaatan maksimal potensi energi uranium yang ditambang, serta minimisasi limbah.



BN-600 dan BN-800 adalah reaktor cepat terbesar di dunia. Pada keduanya digunakan pendingin natrium. Dari sisi keandalan dan keselamatan, reaktor-reaktor ini termasuk yang terbaik di dunia.

BN-600

Reaktor BN-600 tidak hanya menghasilkan listrik secara aman, tetapi juga menjadi tempat uji coba material baru dan bahan bakar nuklir untuk reaktor generasi berikutnya.



Saat ini sedang dipersiapkan uji coba rakitan iradiasi OS-4 dengan batang bahan bakar (TVEL) berbasis bahan bakar campuran nitrida uranium-plutonium (SNUP). Dalam proses iradiasi rakitan eksperimental ini, direncanakan untuk mencapai tingkat pembakaran bahan bakar yang lebih tinggi.

Selain itu, menunggu uji coba juga tiga rakitan eksperimental KETVS-MAK dengan batang bahan bakar ukuran BN-1200 berbasis bahan bakar MOX dengan lapisan aksial. Keunikan desain TVEL ini adalah adanya segmen dengan material reproduktif dalam kolom bahan bakar. Secara keseluruhan, segmen-segmen tersebut membentuk lapisan horizontal di dalam reaktor yang membagi inti reaktor menjadi dua bagian. Solusi ini secara signifikan mengurangi kerusakan radiasi pada kelongsong TVEL, sekaligus mempertahankan tingkat pembakaran bahan bakar yang diperlukan. Secara teoritis, solusi ini telah dikaji di beberapa negara, tetapi untuk pertama kalinya bisa diterapkan secara praktis di BN-1200M Rusia – reaktor cepat berkapasitas 1200 MW yang akan dibangun di PLTN Beloyarsk.

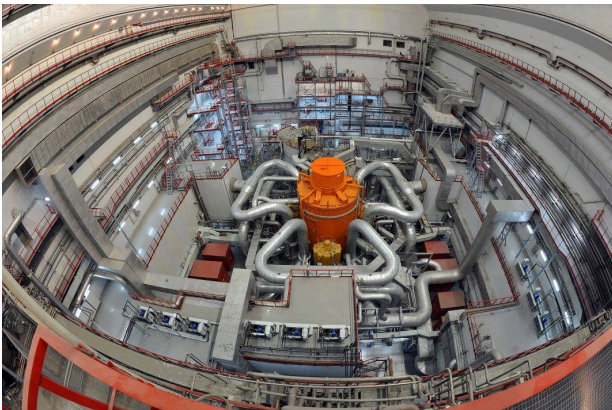
Saat ini, Unit No. 3 dengan reaktor BN-600 sedang menjalani perbaikan terencana dengan modernisasi. “Kami akan melakukan pemuatan ulang 107 rakitan bahan bakar ke inti BN-600. Di antaranya ada tiga rakitan dengan bahan bakar SNUP. Rakitan ini telah berada di reaktor beroperasi selama satu tahun. Penelitian lebih lanjut akan memberikan data tentang perilaku dan kondisi jenis bahan bakar baru ini untuk unit pembangkit generasi ke-4 – BN-1200M dan BREST,” – jelas Ilya Filin, pejabat sementara Kepala Insinyur PLTN Beloyarsk.

Selain pemuatan ulang, tugas penting lainnya adalah penggantian delapan modul penguap generator uap No. 4. Ini merupakan tahap akhir pekerjaan untuk

memperpanjang umur operasi Unit No. 3 hingga tahun 2040 sesuai persyaratan Rostekhnadzor. Di unit ini juga akan dilakukan perbaikan besar pada pompa sirkulasi utama reaktor serta 24 perangkat katup dari sirkuit natrium. Sistem proteksi relai dan otomasi pada jalur keluaran daya turbogenerator No. 5 berbasis elektromekanik akan diganti dengan sistem serupa berbasis mikroprosesor. Pekerjaan perbaikan dijadwalkan selesai pada musim gugur 2025.

BN-800

Unit No. 4 memiliki arti khusus tidak hanya bagi perkembangan energi nuklir Rusia, tetapi juga dunia: saat ini reaktor cepat tenaga listrik ini adalah satu-satunya di dunia yang sepenuhnya beroperasi dengan bahan bakar MOX (campuran uranium-plutonium oksida). Unit ini, seperti BN-600, kini juga sedang menjalani perbaikan terencana, di mana staf pembangkit akan melakukan pemuatan ulang 181 rakitan ke inti reaktor.



Selain itu, akan dipasang unit pompa tambahan, pipa, dan katup pada sistem pendingin stator dan rotor turbogenerator. Setelah pemasangan, setiap sistem akan memiliki dua pompa cadangan, yang meningkatkan keselamatan operasi unit. Staf juga akan mengganti penukar panas perantara, motor listrik pompa sirkulasi utama, serta melakukan pengendalian operasional logam.

BN-800 juga digunakan untuk pembuktian jenis bahan bakar baru. Pada Juli tahun lalu, ke dalamnya dimasukkan tiga rakitan bahan bakar dengan tambahan aktinida minor. Amerisium-241 dan Neptunium-237 adalah isotop yang paling berumur panjang dan paling radiotoksik dalam bahan bakar nuklir bekas. Pengoperasian dan kondisi rakitan tersebut di inti BN-800 harus secara eksperimental membuktikan kemungkinan transmutasi aktinida minor dalam skala industri. "Inilah keunggulan reaktor cepat – mereka memungkinkan pengurangan volume limbah radioaktif," – kata Ivan Sidorov, Direktur PLTN Beloyarsk.

BN-1200

Tahap berikutnya dalam kehidupan PLTN Beloyarsk adalah pembangunan Unit No. 5 dengan reaktor BN-1200M. Unit ini akan menjadi yang pertama dalam rangkaian, bagian dari sistem energi nuklir generasi ke-4. Untuk BN-1200M sedang dikaji dua versi inti dengan bahan bakar uranium-plutonium yang berbeda: oksida (serupa dengan yang digunakan di BN-800) dan nitrida (yang akan dimuat ke dalam reaktor BREST-OD-300, yang sedang dibangun di kota Seversk, Oblast Tomsk).

Pada Juli tahun ini, Direktur Jenderal Rosatom Alexey Likhachev memberikan arahan untuk memulai persiapan pembangunan unit baru. "Dengan dimulainya pekerjaan pada Unit No. 5, PLTN Beloyarsk memperkuat statusnya sebagai pemimpin dalam pengembangan teknologi reaktor cepat. Arah ini merupakan bagian integral dari proyek unggulan kami – penciptaan sistem energi nuklir dua komponen. Kemajuan dalam bidang reaktor cepat akan memperkuat kepemimpinan teknologi nuklir Rusia di dunia," – ujar Alexey Likhachev. Penuangan beton pertama untuk pondasi bangunan utama Unit No. 5 direncanakan pada tahun 2027.

Kegiatan unit "natrium" ini menarik perhatian besar dari komunitas nuklir internasional. Contoh terbaru: pada Juli tahun ini, delegasi dari Tiongkok mengunjungi PLTN Beloyarsk. Para tamu melihat ruang reaktor, ruang mesin, pos kendali Unit No. 4, pusat pelatihan, serta membahas potensi kerja sama.

Ketertarikan Afrika

Pada bulan Agustus, IAEA (Badan Tenaga Atom Internasional) merilis “Prospek Energi Nuklir di Afrika”. Dalam laporan tersebut, para ahli badan tersebut memaparkan kondisi sektor energi (termasuk nuklir) di benua itu, menilai kontribusi negara-negara Afrika dalam produksi uranium dunia, menggambarkan tantangan utama yang dihadapi rencana pengembangan kapasitas nuklir, merekomendasikan mekanisme yang dapat membantu, serta memberikan contoh positif – PLTN El-Dabaa yang sedang dibangun oleh Rosatom di Mesir.



Defisit listrik dan ketersediaan uranium

Di sebagian besar negara Afrika, listrik masih sangat terbatas. Sekitar setengah miliar orang sama sekali tidak memiliki akses terhadap listrik. Produksi listrik didominasi oleh bahan bakar fosil.

Kontribusi utama Afrika dalam energi nuklir adalah produksi uranium. Namibia menyumbang 11,34% produksi konsentrat uranium alam dunia, Niger – 4,08%, dan Afrika Selatan – 0,4% (data IAEA tahun 2022).

Salah satu contoh yang disebutkan dalam laporan adalah proyek perusahaan Mantra Resources (dikendalikan Rosatom). Proyek Mkuju River di Tanzania memiliki cadangan teridentifikasi sebesar 58,5 ribu ton uranium. Pada 2020 perusahaan memutuskan membangun fasilitas pengolahan percontohan untuk memulai operasi percobaan tambang dengan metode penambangan terbuka dan pelindian bawah tanah melalui sumur bor (pelindian in-situ). Pada 2022 Mantra Resources memperoleh semua izin yang diperlukan untuk konstruksi, pada 2023 pembangunan selesai dan peralatan dipasang.

Tambahan kabar terbaru yang kemungkinan belum sempat masuk laporan: pada akhir Juli tahun ini, Mantra Resources mulai mengoperasikan fasilitas percontohan tersebut. Berdasarkan fasilitas ini akan diuji metode pengolahan uranium dan, bila perlu, dikembangkan solusi optimasi. Data yang terkumpul

akan menjadi dasar rancangan kompleks pengolahan utama dengan kapasitas produksi hingga 3.000 ton uranium per tahun. Pembangunannya dijadwalkan pada kuartal pertama 2026, dengan target operasi komersial pada 2029. Proyek ini akan menciptakan lebih dari 4.000 lapangan kerja baru di sektor pertambangan dan industri terkait pada tahap konstruksi maupun operasional. Selain itu, proyek diharapkan memberi kontribusi pada pembangunan infrastruktur regional, termasuk jaringan jalan di wilayah Namtumbo.



PLTN: realitas dan perspektif

Saat ini Afrika Selatan adalah satu-satunya negara di benua tersebut yang menghasilkan listrik tenaga nuklir. Unit 1 dan 2 PLTN Koeberg dengan kapasitas listrik total 1.854 MW, masing-masing diresmikan pada tahun 1984 dan 1985.

Banyak negara Afrika menyatakan minat untuk membangun pembangkit listrik tenaga nuklir, namun rencana mereka berada pada tahapan yang berbeda-beda. Pada tahap paling awal, prafase 1, terdapat sembilan negara termasuk Namibia, Togo, dan Burkina Faso.



Aljazair, Ethiopia, Maroko, Niger, dan beberapa negara lain (sepuluh negara) telah memulai diskusi awal sebelum mengambil keputusan resmi untuk meluncurkan program nuklir nasional. IAEA menyebut tahap ini sebagai Fase 1. Ghana, Kenya, dan Nigeria berada pada Fase 2, yaitu tahap persiapan kontrak dan pembangunan setelah keputusan kunci diambil.

Fase 3 berarti bahwa seluruh kegiatan untuk pelaksanaan PLTN pertama telah selesai. Saat ini hanya ada satu negara di tahap ini – Mesir. Aktivitas Mesir di sektor nuklir disebut sebagai kisah sukses oleh IAEA.

Mesir kini merupakan satu-satunya negara di Afrika yang sedang membangun PLTN. Proyek tersebut adalah PLTN El-Dabaa dengan empat unit reaktor VVER-1200, dibangun oleh Rosatom. Setelah selesai, El-Dabaa akan menjadi PLTN terbesar dan terkuat di Afrika dengan kapasitas total 4,8 GW, diperkirakan mampu memenuhi sekitar 10% kebutuhan energi negara. Proyek ini telah menciptakan ribuan lapangan kerja serta mendorong perkembangan ilmu nuklir, pengetahuan teknik, dan keterampilan tenaga kerja di Mesir.

Dalam proyek El-Dabaa, Mesir bekerja sama erat dengan IAEA. Negara ini menerima beberapa inspeksi kemitraan IAEA, termasuk misi tinjauan infrastruktur nuklir (INIR), evaluasi lokasi dan peristiwa eksternal, serta penilaian keselamatan teknis. Inspeksi dan kegiatan tambahan direncanakan sebelum dimulainya operasi komersial unit pertama.

Secara keseluruhan, menurut laporan, kapasitas

pembangkitan listrik di negara-negara Afrika diproyeksikan meningkat 47% pada 2030 dan hampir tujuh kali lipat pada 2050. Dalam skenario optimistis, kapasitas nuklir diperkirakan meningkat lebih dari tiga kali lipat pada 2030 dan lebih dari sepuluh kali lipat pada 2050 dibanding kapasitas PLTN pada 2022. Dalam skenario pesimistis, kapasitas PLTN akan naik sekitar dua kali lipat pada 2030 dan lima kali lipat pada 2050 dibanding tingkat 2022. Namun perlu dicatat bahwa angka pertumbuhan tinggi ini juga merupakan efek dari dasar awal yang sangat rendah.

Pada 2050, kapasitas pembangkitan listrik di Afrika dapat meningkat hampir tujuh kali lipat, sedangkan kapasitas pembangkitan nuklir – lebih dari 10 kali lipat, menurut laporan IAEA.

Tantangan dan opsi solusi

Keinginan pemerintah negara-negara Afrika untuk mengembangkan kapasitas nuklir di negaranya menghadapi sejumlah tantangan yang beragam.

Tantangan teknis – ketidaksiapan sistem tenaga listrik lokal untuk mengintegrasikan PLTN berkapasitas besar. Dalam laporan, para ahli lembaga merekomendasikan untuk mempertimbangkan pembangkit listrik tenaga nuklir berdaya kecil (SMR). “Seiring perkembangan teknologi nuklir, negara-negara Afrika dengan jaringan listrik terbatas atau ekonomi berkembang dapat mempertimbangkan penggunaan reaktor modular kecil, karena teknologi ini memerlukan investasi modal awal yang lebih rendah, kapasitas keluaran lebih kecil, serta waktu pembangunan lebih cepat, sehingga menjadikannya ideal bagi sebagian besar negara tersebut,” demikian disebutkan dalam laporan.

Namun, para penulis laporan menilai bahwa saat ini belum ada penawaran komersial di segmen SMR. Meski begitu, perlu dicatat bahwa kontrak ekspor pertama di dunia untuk pembangunan SMR dengan reaktor RITM-200 sudah ditandatangani: Rosatom menandatangani dengan Uzbekistan pada Mei

2024. Selain itu, Rosatom juga membahas secara aktif pembangunan SMR dengan berbagai negara, termasuk negara-negara Afrika.

Tantangan utama lainnya dalam pembangunan PLTN, bahkan yang kecil sekalipun, di negara-negara Afrika adalah kurangnya pendanaan. Menurut perkiraan IAEA, bahkan untuk mencapai target skenario pesimistis saja dibutuhkan dana lebih dari 100 miliar dolar AS. Contoh sukses pembiayaan PLTN di salah satu negara Afrika adalah PLTN El-Dabaa di Mesir. "Seperti halnya proyek-proyek nuklir lain di pasar negara berkembang dan negara berpenghasilan rendah serta menengah, proyek nuklir Mesir El-Dabaa memperoleh pinjaman lunak dalam jumlah signifikan dari pemasoknya, Federasi Rusia, dengan tingkat bunga yang menguntungkan dan jangka waktu pembayaran yang baik. Skema pembiayaan dari pihak pemasok, jika tersedia, akan mendukung pengembangan energi nuklir di negara-negara Afrika, di mana energi bersih dan investasi iklim sangat dibutuhkan," kata laporan itu.

IAEA juga menaruh harapan besar pada kerja sama dengan Bank Dunia. Pada 26 Juni 2025, lembaga tersebut dan kelompok Bank Dunia membentuk kemitraan untuk mendukung penggunaan energi nuklir yang aman, andal, dan bertanggung jawab. Dalam kerangka kemitraan ini, Bank Dunia berniat berkontribusi pada perpanjangan umur unit tenaga nuklir yang sudah beroperasi serta mendukung modernisasi sistem energi dan infrastruktur terkait. Bank Dunia juga akan berfokus pada peningkatan kapasitas reaktor kecil dan menengah. "Perjanjian ini akan mengubah dan memengaruhi arus masuk sumber daya keuangan langsung ke sektor nuklir. Ini juga dapat menjadi katalisator bagi partisipasi lebih luas bank-bank multilateral lainnya, membuka peluang baru bagi negara-negara Afrika untuk memperoleh pembiayaan bagi program nuklir mereka. Hal ini memungkinkan penyediaan lebih banyak sumber daya bagi negara-negara Afrika dengan kapasitas anggaran terbatas untuk membiayai program nuklir mereka," bunyi laporan tersebut. Selain itu, IAEA menawarkan sejumlah cara untuk menekan biaya dan membagi risiko. Salah satunya adalah pembentukan "buku pesanan" untuk SMR. Intinya adalah membentuk konsorsium calon pengguna yang akan menjamin penjualan listrik. Kepastian pasar akan meningkatkan kelayakan proyek, memungkinkan untuk menarik pendanaan dari berbagai sumber serta tenaga ahli, sekaligus membagi risiko antar peserta.

Cara kedua adalah melibatkan perusahaan tambang dalam pendanaan, karena mereka secara tradisional merupakan konsumen listrik besar dan sangat berkepentingan dengan pasokan energi yang andal bagi fasilitas mereka.

"Seiring dengan pertumbuhan populasi dan industrialisasi yang cepat di negara-negara Afrika, energi nuklir semakin dipandang tidak hanya sebagai solusi andal dan rendah karbon, tetapi juga sebagai sarana mendukung pembangunan sosial-ekonomi dan kemandirian energi jangka panjang," yakin para penulis laporan. IAEA menawarkan berbagai bentuk dukungan keahlian yang akan mempercepat penerapan proyek-proyek energi nuklir di negara-negara Afrika.

Prospek Besar Daya Kecil

Tahun ini, Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) terapung Rusia, satu-satunya pembangkit sejenis yang beroperasi di dunia, merayakan hari jadinya: lima tahun sejak mulai beroperasi. Pembangkit ini dilengkapi dengan dua reaktor berdaya kecil. Reaktor semacam ini merupakan salah satu tren utama dalam sektor energi, dan Rusia adalah pemimpin global yang diakui dalam bidang ini.



PLTN terapung bukan hanya satu-satunya pembangkit listrik tenaga nuklir terapung di dunia, tetapi juga PLTN paling utara di planet ini. Pembangkit ini beroperasi di Pevek – sebuah kota yang terletak di atas Lingkaran Arktik, di tanah beku abadi. PLTN terapung dibutuhkan untuk menggantikan kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Bilibino yang sudah menua serta PLTU lama, sekaligus memasok energi bagi perusahaan-perusahaan industri.

PLTN terapung terdiri dari unit energi terapung “Akademik Lomonosov” dengan dua reaktor air tekan tipe pemecah es KLT-40S, yang mampu menghasilkan hingga 70 MW listrik dan 50 Gcal/jam energi panas. Kapasitas ini cukup untuk memenuhi kebutuhan energi sebuah kota dengan populasi sekitar 100 ribu jiwa. Pada Januari tahun ini, PLTN terapung telah menghasilkan satu miliar kilowatt-jam listrik pertama. PLTN tersebut juga dilengkapi dengan infrastruktur darat untuk menyalurkan energi dari unit energi ke konsumen serta fasilitas hidroteknik.

Selama lima tahun, PLTN terapung telah membuktikan keamanan lingkungan dan keselamatan radiasinya. Setiap tahun, pembangkit ini menjalani pemantauan yang mencatat peningkatan populasi tumbuhan dan hewan air (zooplankton dan fitoplankton). Warga Pevek mencatat bahwa berkat PLTN terapung, keadaan lingkungan di kota membaik secara signifikan. Misalnya, dahulu akibat operasi PLTU berbahan bakar batu bara, salju berwarna hitam, sekarang kembali menjadi putih.

PLTN terapung menarik perhatian dunia, dan secara rutin dikunjungi oleh media internasional. Wartawan dari Indonesia dalam rangka tur pers yang diselenggarakan oleh Rosatom sudah dua kali datang ke sini – pada tahun 2024 dan 2025.



Perwakilan Indonesia mengenal teknologi nuklir daya kecil Rusia bukan hanya lewat kunjungan ke PLTN terapung. Tahun ini, seorang murid Indonesia, Pria Wicaksono, menjadi salah satu pemenang proyek ilmiah dan pendidikan “Pemecah Es Pengetahuan” (Icebreaker of Knowledge) (selengkapnya tentang proyek ini dapat dibaca pada artikel lain di edisi ini). Ia berangkat ke Kutub Utara dengan kapal pemecah es bertenaga nuklir “50 Let Pobedy” (50 Tahun Kemenangan). Para peserta ekspedisi memiliki kesempatan unik untuk mempelajari struktur kapal pemecah es, yang didasarkan pada reaktor berdaya kecil.

“Perjalanan ini luar biasa. Saya bertemu dengan

banyak orang dan mendapatkan banyak teman baru. Saya juga belajar banyak hal baru tentang energi nuklir. Saya pikir unit tenaga nuklir terapung dapat mengurangi defisit akses listrik di Indonesia, karena negara kita terdiri dari ribuan pulau,” kata Pria Wicaksono.

Sungguh simbolis bahwa kapal pemecah es tenaga nuklir ini mencapai puncak planet tepat pada peringatan 80 tahun Hari Kemerdekaan Indonesia, yang juga bertepatan dengan hari ulang tahun Pria.

Ekspedisi ini juga diikuti oleh para pakar internasional yang diundang: mereka bekerja bersama anak-anak dalam kerangka program ilmiah dan pendidikan. Indonesia diwakili oleh Topan Setiadipura, Kepala Pusat Penelitian Teknologi Reaktor Nuklir Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

“Kehadiran di Kutub Utara dalam ekspedisi “Pemecah Es Pengetahuan” Rosatom merupakan pengalaman yang mengesankan dan menumbuhkan optimisme. Selama delapan hari perjalanan, kami hidup sangat dekat dengan dua reaktor nuklir, dan para peserta tidak mengalami masalah apa pun. Pengalaman ini menunjukkan potensi besar energi nuklir dan keamanannya. Kita, warga Indonesia, mungkin tidak perlu menempuh perjalanan ke Kutub Utara melewati es tebal, tetapi kita memerlukan energi yang kuat dan berkelanjutan untuk mendukung pembangunan ekonomi kita,” ujar Topan Setiadipura.

Keunggulan Reaktor Modular Kecil

Pengalaman sukses pengoperasian PLTN terapung menjadi contoh nyata efektivitas dan kenyamanan penggunaan reaktor modular kecil (small modular reactor, SMR). Menurut definisi Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA), SMR adalah reaktor tenaga nuklir canggih dengan kapasitas listrik hingga 300 MW. Reaktor kecil dapat digunakan baik dalam bentuk pembangkit listrik tenaga nuklir terapung maupun pembangkit listrik tenaga nuklir daya kecil di darat.

Baik PLTN berdaya kecil maupun PLTN terapung memiliki sejumlah keunggulan penting dibandingkan PLTN konvensional: tingkat kesiapan pabrik yang tinggi, desain yang ringkas, serta fleksibilitas dalam kapasitas produksi listrik.

Selain itu, PLTN berdaya kecil dan PLTN terapung, sama seperti PLTN besar, tidak menghasilkan emisi berbahaya ke atmosfer, mampu memasok energi secara stabil, dan mempertahankan tarif listrik tetap sepanjang umur operasionalnya. Jenis pembangkit ini tidak bergantung pada iklim maupun musim,

sehingga dapat menjadi pasangan yang ideal bagi energi terbarukan, yaitu tenaga angin maupun surya.

Berkat mobilitasnya, pembangkit listrik terapung dengan SMR bisa menjadi solusi unik bagi Indonesia yang memiliki banyak wilayah kepulauan. Unit semacam ini dapat dikirim ke hampir semua lokasi yang dapat dijangkau kapal. Pengisian ulang bahan bakar baru untuk PLTN terapung hanya diperlukan sekali dalam 7–10 tahun.

Keunggulan teknologi nuklir jenis ini dibahas, misalnya, dalam simposium internasional IAEA “Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Terapung: Manfaat dan Tantangan” yang berlangsung pada tahun 2023.

“PLTN terapung tidak bersaing dengan SMR darat, melainkan memperluas potensi dan ruang lingkup penggunaan teknologi nuklir ini untuk mencapai tujuan nol emisi,” — ujar Wakil Direktur Jenderal IAEA Mikhail Chudakov pada simposium tersebut.

Baru-baru ini, dengan partisipasi Rosatom, Asosiasi Nuklir Dunia (WNA) menerbitkan laporan berjudul *Facilitating Global Deployment of Floating Nuclear Power Plants*, yang membahas peluang dan pengembangan PLTN terapung.



Pengalaman yang Terbukti

Keahlian unik Rosatom di bidang SMR berakar pada pengalaman panjang dalam merancang reaktor untuk kapal pemecah es tenaga nuklir. Langkah logis berikutnya adalah memodifikasi reaktor kapal untuk digunakan dalam unit pembangkit listrik berdaya kecil. Misalnya, PLTN terapung dilengkapi dengan reaktor tipe yang sama seperti yang digunakan di kapal pemecah es “Taimyr” dan “Vaigach”.

Salah satu SMR Rosatom unggulan adalah reaktor RITM-200, yang didasarkan pada pengalaman puluhan tahun pengoperasian reaktor kecil di kapal pemecah es nuklir Rusia (lebih dari 400 tahun reaktor). Reaktor tipe ini digunakan di seluruh kapal

pemecah es terbaru proyek 22220. Teknologi ini telah terbukti sangat efisien dan aman pada semua tahap siklus hidupnya.

Berbagai modifikasi memungkinkan penggunaan RITM baik pada PLTN berdaya kecil darat maupun PLTN terapung di berbagai kondisi iklim. Saat ini, PLTN kecil dengan reaktor RITM-200N sedang dibangun di Rusia (Yakutia).

Pada tahun 2024, Rusia menandatangani kontrak ekspor pertama di dunia untuk pembangunan PLTN berdaya kecil dengan Uzbekistan, yang kini sudah dalam tahap konstruksi. Pada Maret 2025, Rosatom menandatangani perjanjian antar-pemerintah tentang prinsip kerja sama dalam pembangunan PLTN berdaya kecil dengan Myanmar.

Indonesia, seperti banyak negara ASEAN, telah menetapkan target mencapai emisi nol pada 2060. Tanpa tenaga nuklir, target ini hampir mustahil tercapai. Karena itu, Indonesia memasukkan energi nuklir dalam Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional. Implementasi program nuklir Indonesia direncanakan bertahap dengan peningkatan kapasitas secara progresif. Sebagai pemimpin global dalam pembangunan PLTN, Rosatom siap menjalin kerja sama dengan Indonesia dan negara-negara Asia Tenggara lainnya dalam mewujudkan rencana tersebut. Rosatom dapat menawarkan kepada Indonesia seluruh portofolio teknologi reaktornya: mulai dari SMR darat maupun PLTN terapung, hingga pembangkit berkapasitas besar, termasuk reaktor unggulan VVER-1200.