

Nilai Multidimensi Air: Dari Utiliti Asas Kepada Modal Ekonomi Digital (Pusat Data)

Oleh: Sofiya Tamizi

Penafian

Kertas ini merupakan pandangan ringkas oleh penyelidik/penulis atas kapasiti individu. Ia tidak semestinya mencerminkan pendirian rasmi LUBNA. Segala kekhilafan adalah tanggungjawab penuh penulis.

Penulisan ini ditulis dan disediakan oleh **Sofiya Tamizi**, penyelidik di Lubna Research Center (LUBNA).

Penghargaan dan terima kasih atas panduan serta bimbingan yang telah diberikan terhadap penulisan kertas ini; **Dr. Azmi bin Aris**, Felo Penyelidik Luar di *Centre for Environmental Sustainability and Water Security* (IPASA), mantan Pengarah di *Research Institute for Sustainable Environment* (RISE), Universiti Teknologi Malaysia (UTM), dan Ahli Penasihat LUBNA.

Penyelidik boleh dihubungi melalui; work@lubnaresearch.com

Rujukan – Sila rujuk karya ini seperti berikut: Sofiya Tamizi. 2026. *Nilai Multidimensi Air: Dari Utiliti Asas Kepada Modal Ekonomi Digital (Pusat Data)*. Kuala Lumpur: Lubna Research Center (LUBNA).

Maklumat lanjut berkenaan profil, penerbitan dan penulisan **Lubna Research Center (LUBNA)** boleh didapati di laman web yang berikut; www.lubnaresearchcenter.com



Pengenalan

Air adalah keperluan asas semua kehidupan. Bagi manusia, ia merupakan teras pertumbuhan ekonomi dan sosial. Daripada kegunaan harian, sektor perindustrian, pertanian, dan perniagaan, semuanya bergantung kepada sumber air yang mencukupi, stabil dan selamat. Dalam konteks lain, air turut dikenali sebagai modal ekologi (*ecological capital*) serta elemen penting kesihatan umum dan kehidupan.

Namun, di sebalik sumber air yang melimpah di Malaysia, bekalan air kita berdepan dengan banyak cabaran diakibatkan oleh pelbagai faktor antaranya, peningkatan permintaan air oleh pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang pesat, pencemaran, infrastruktur yang semakin menua dan perubahan iklim. Krisis air tidak lagi tertumpu pada isu teknikal semata-mata, tetapi juga melibatkan persoalan keterjaminan bekalan dan keselamatan air negara (*water security*).

Memaknai Nilai Multidimensi Air

Apakah yang sebenarnya dimaksudkan dengan nilai multidimensi bagi air? Secara umumnya, nilai multidimensi air merujuk kepada kepelbagaian fungsi dan kepentingan yang dimiliki oleh air merentasi dimensi ekonomi, sosial, ekologi, budaya dan politik. Berbeza daripada pendekatan konvensional yang melihat air semata-mata sebagai sumber ekonomi atau komoditi, kerangka multidimensi justeru mengiktiraf bahawa air mempunyai nilai yang tidak dapat diukur sepenuhnya melalui harga pasaran sahaja. Pendekatan ini menekankan bahawa pengurusan air yang berkesan tidak hanya bergantung kepada satu dimensi sahaja seperti harga atau bekalan, tetapi juga mengambil kira kepentingan kesejahteraan masyarakat, kelestarian ekosistem, serta kecekapan institusi.

Merujuk kepada Jadual 1, terdapat lima dimensi utama yang boleh dilihat bagi nilai multidimensi air, iaitu ekonomi, sosial, ekologi dan alam sekitar, budaya dan politik dan tadbir urus.

Jadual 1: Kerangka utama multidimensi air*

Dimensi	Justifikasi	Contoh di Malaysia
Ekonomi	Air sebagai input pengeluaran	Kegiatan pertanian di kawasan Semenanjung, Sabah dan Sarawak; kegiatan perindustrian, kegiatan pelancongan berasaskan air
Sosial	Akses saksama sumber air	Jurang bekalan air antara kawasan bandar dan luar bandar, termasuklah komuniti orang Asli
Ekologi/ Alam Sekitar	Air sebagai ekosistem hidup	Lembangan sungai, hutan paya gambut di kawasan pedalaman; air untuk jaminan keseimbangan ekosistem dan biodiversiti
Budaya	Air sebagai sebahagian keperluan kelangsungan identiti dan adat	Adat masyarakat tradisional daripada pelbagai kaum dan etnik (turut dikenali sebagai upacara berasaskan simbolik dan ritual air)
Politik/Tadbir Urus	Air sebagai penghubung hubungan diplomatik dan isu sempadan	Perjanjian air antara Malaysia dan Singapura serta kerjasama isu persempadanan (<i>transboundary</i>) lembangan sungai Malaysia dan Thailand (Sungai Golok)

* Dikategorikan berdasarkan warna tematik dalam wacana dasar (*colour-based policy terminology*); ekonomi biru, ekonomi hijau, ekonomi jingga, dan lain-lain.

Nilai multidimensi air menuntut respons dasar yang turut bersifat multidimensi, antaranya dengan menggabungkan kecekapan ekonomi, keadilan sosial, ketahanan ekologi, sensitiviti budaya, dan kerjasama diplomatik dalam satu kerangka tadbir urus yang bersepadu. Malaysia, dengan kekayaan sumber airnya yang luar biasa tetapi turut berdepan dengan ancaman kestabilan air kini berada di persimpangan antara keistimewaan dan kerentanan. Oleh itu, pilihan dasar yang dibuat hari ini akan menentukan masa depan sumber kehidupan ini (air) bagi generasi yang akan datang.

Selain itu, insiden pencemaran sungai dan bencana banjir antaranya telah menjejaskan ribuan penduduk dan telah memperlihatkan bagaimana kegagalan dalam satu dimensi boleh memberi kesan langsung kepada dimensi lain, khususnya kesihatan awam dan kestabilan sosial. Hal ini jelas menunjukkan bahawa pendekatan multidimensi bukan sahaja relevan, tetapi juga kritikal bagi memastikan pengurusan air di Malaysia lebih holistik, berdaya tahan, dan responsif terhadap cabaran semasa.

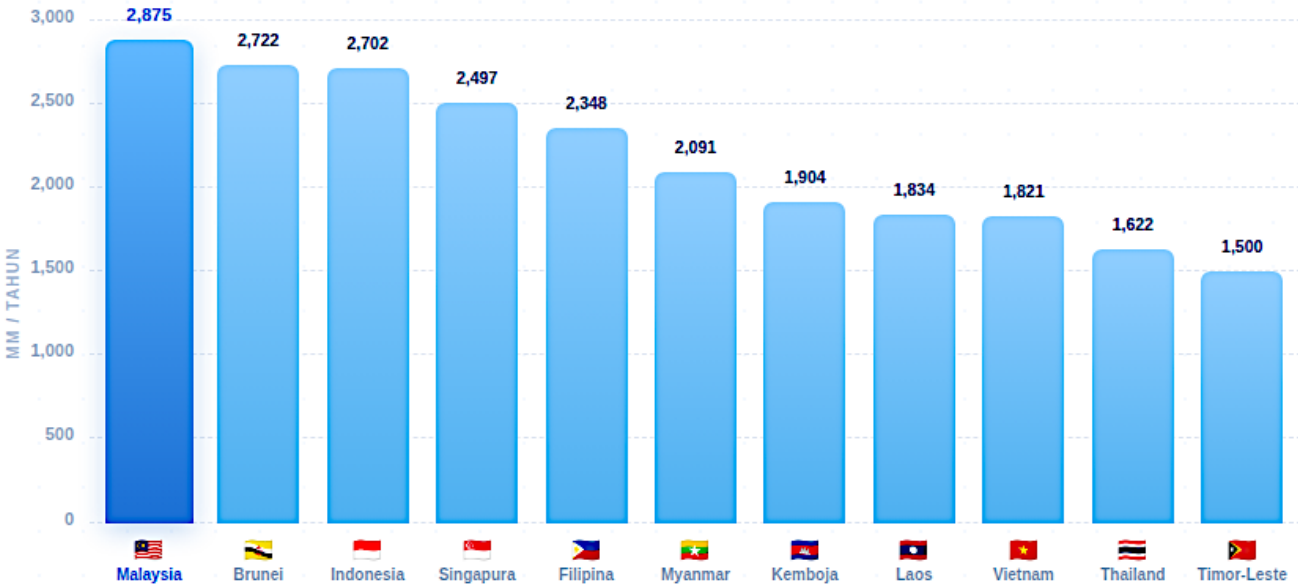
Mengapa Air Perlu Dinilai Semula?

Malaysia ialah negara yang kaya dengan sumber air kerana dianugerahi dengan taburan hujan tahunan sekitar 2,500mm hingga 3,000mm, dan merupakan antara yang tertinggi di Asia Tenggara dan di dunia. Purata taburan hujan tahunan di negara lain seperti Jepun antaranya mencatatkan hanya sekitar 1,668mm, 534mm di Australia, 228mm di Iran, serta 51mm di Mesir (purata taburan hujan terendah).

Walau bagaimanapun, angka bagi purata taburan hujan tahunan ini perlu ditafsirkan secara lebih objektif kerana ia tidak mencerminkan realiti sebenar pengagihan air kepada penduduk. Sebagai contoh, Malaysia mungkin mencatatkan purata taburan hujan tahunan tertinggi di Asia Tenggara iaitu sekitar 2,875 mm, namun taburan tersebut adalah tidak sekata; di kawasan seperti Sarawak dan pantai timur Semenanjung menerima jauh lebih banyak hujan berbanding kawasan-kawasan bandar lain di bahagian barat seperti Lembah Klang, yang merupakan antara kawasan yang mempunyai kepadatan penduduk tertinggi dalam negara.

Konteks populasi turut memainkan peranan penting dalam menilai ketersediaan sebenar air. Singapura, sebagai contoh, mencatatkan taburan hujan 2,497 mm/tahun, tetapi dengan kepadatan penduduk lima kali ganda lebih tinggi berbanding Malaysia. Dalam konteks ini, walaupun Singapura mempunyai jumlah penduduk (6.11 juta setakat tahun 2025, Jabatan Statistik Singapura) yang jauh lebih kecil daripada Malaysia (34.2 juta setakat tahun 2025, Jabatan Perangkaan Malaysia), namun disebabkan oleh keluasannya, negara kota itu tidak mampu menjana sumber air yang mencukupi dari wilayahnya sendiri. Hakikat ini menjelaskan sebab mengapa Singapura masih bergantung kepada import air dari Malaysia sehingga ke hari ini di samping terpaksa menyediakan pelbagai sumber air alternatif yang lain.

Selain itu, perbandingan yang lebih adil dan bermakna ialah melalui ukuran air yang tersedia per kapita (*per capita water availability*). Negara seperti Brunei dan Laos, walaupun mempunyai taburan hujan yang lebih rendah daripada Malaysia, kedua-duanya menikmati ketersediaan air per kapita yang lebih tinggi disebabkan populasinya yang jauh lebih kecil.



Rajah 1: Purata taburan hujan di rantau Asia Tenggara sekitar tahun 2020-2024
(Sumber: Bank Dunia)

Implikasi dasar bagi Malaysia adalah jelas iaitu kelimpahan hujan bukanlah jaminan kepada keselamatan air. Faktor-faktor seperti pertumbuhan penduduk bandar, peningkatan pembangunan, pengurusan lembangan sungai, kecekapan infrastruktur, dan ketidakseimbangan geografi harus turut diambil kira dalam sebarang penilaian nilai multidimensi air yang menyeluruh.

Realiti bahawa gangguan bekalan air masih kerap berlaku menunjukkan bahawa masalah utama bukanlah isu kekurangan berdasarkan lokaliti sahaja, tetapi juga disebabkan oleh kelemahan mengurus, menyimpan dan melindungi sumber air yang sedia ada. Secara keseluruhan, hal-hal ini jelas menunjukkan bahawa air bukan sekadar sumber alam semata-mata, tetapi juga instrumen geopolitik dan keselamatan strategik yang nyata.

Selain itu, Matlamat Pembangunan Mampaan (*Sustainable Development Goals - SDG*) yang keenam iaitu Air Bersih dan Sanitasi telah menyatakan bahawa matlamat dan prinsip utama dalam memastikan ketersediaan dan kemampaan pengurusan air serta sanitasi yang menyeluruh adalah penting untuk semua kumpulan masyarakat.



Rajah 2: Kerangka Matlamat Pembangunan Mampaan (SDG) oleh Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu (PBB)

Forum Ekonomi Dunia (*World Economic Forum - WEF*) menyebut bahawa ketahanan sistem air bergantung pada sejauh mana kita menghargai nilai air. Oleh itu, memahami dan menyedari nilai air secara umumnya adalah langkah pertama untuk mengatasi kekangan dalam pembangunan sektor air. Nilai subjektif air hakikatnya adalah lebih besar daripada nilai (numerik) atau harga air di pasaran semasa. Hal ini antara lainnya merangkumi manfaat **penggunaan langsung** sumber air seperti bagi tujuan kegunaan harian, sumber protein, pertanian, perindustrian, dan perniagaan. Manakala, **penggunaan tidak langsung** pula antaranya meliputi keperluan air untuk penjanaan tenaga bagi empangan hidroelektrik, serta air untuk keperluan komoditi negara.

Keadaan ketidaktentuan iklim juga semakin meningkat dan kekurangan sumber air kian meruncing. Justeru, usaha untuk menilai semula pengurusan sektor air bukanlah lagi satu pilihan, namun ia mula menjadi keperluan kepimpinan (*leadership imperative*) yang semakin mendesak agar kita dapat menghargai nilai multidimensi air dengan lebih baik lagi.

Tarif Air di Malaysia

Tarif air di Malaysia dilaksanakan melalui Mekanisme Penetapan Tarif (*Tariff Setting Mechanism* - TSM), iaitu satu rangka kerja sistematik yang dibangunkan oleh Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara (SPAN) bagi penetapan kadar tarif air secara telus, adil dan munasabah. Ia juga mengimbangi kos operasi operator air dengan keperluan pengguna, memastikan kelestarian industri perkhidmatan air, dan membolehkan pelaburan infrastruktur (seperti paip baharu dan loji rawatan) dapat dilaksanakan.

Dalam konteks Malaysia, struktur tarif air menunjukkan bahawa air bukan sekadar komoditi, tetapi juga merupakan instrumen dasar yang digunakan untuk mengimbangi keperluan ekonomi dan sosial. Walaupun penetapan tarif berada di bawah bidang kuasa negeri, namun pelarasannya dilaksanakan di peringkat nasional melalui SPAN. Namun begitu, bagi Sabah dan Sarawak, ia tidak termasuk dalam pelarasan tarif air Persekutuan kerana pengurusan air diletakkan sepenuhnya di bawah bidang kuasa Kerajaan negeri.

Secara umumnya, tarif air di Malaysia menggunakan struktur *block tariff*, iaitu kadar bayaran yang dikenakan adalah bergantung mengikut jumlah penggunaan. Sebagai contoh, penggunaan asas isi rumah (domestik) dikenakan kadar yang lebih rendah, lazimnya sekitar RM0.60 hingga RM1.00 bagi setiap meter padu (m^3). Penggunaan yang lebih tinggi akan dikenakan kadar yang lebih mahal secara berperingkat. Pendekatan ini bertujuan memastikan penggunaan minimum kekal mampu milik kepada kebanyakan pengguna, di samping menggalakkan penggunaan air secara berhemah. Selain itu, pengguna bukan domestik seperti sektor komersial dan industri lazimnya dikenakan kadar yang lebih tinggi berbanding pengguna domestik, iaitu mencecah sekitar RM3.50 hingga RM3.80/ m^3 , dan kadar ini mencerminkan pendekatan silang subsidi dalam sistem tarif negara.

Dari perspektif yang lain, kadar tarif air yang rendah dilihat berpotensi menyumbang kepada penggunaan air secara berlebihan sehingga boleh menjejaskan kelestarian jangka panjang bagi kemampuan sektor air. Jadual di bawah menunjukkan bahawa struktur tarif air domestik di Malaysia adalah berbeza mengikut negeri, dengan julat antara RM0.65 hingga RM1.05 meter padu bagi penggunaan asas. Variasi kadar ini secara umumnya mencerminkan perbezaan indikator pada kos operasi, tahap pembangunan infrastruktur, serta pendekatan dasar yang berbeza-beza di peringkat negeri.

Jadual 2: Kadar tarif air kebangsaan (domestik) tahun 2025 bagi kategori 0-20m³ untuk pengguna meter individu

Negeri	Kadar Tarif Domestik (RM/m ³)
Johor	1.05
Melaka	0.94
Labuan	0.92
Perlis	0.88
Kedah	0.81
Kelantan	0.80
Pahang	0.80
Perak	0.75
Negeri Sembilan	0.75
Terengganu	0.66
Pulau Pinang	0.65
Selangor, Putrajaya, Kuala Lumpur	0.65

(Sumber: Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara - SPAN)

Walaupun bagaimanapun, jika dibandingkan di peringkat serantau, tarif air di Malaysia secara relatifnya adalah rendah berbanding negara jiran. Justeru, struktur tarif air di Malaysia memperlihatkan satu keseimbangan antara kemampuan pengguna, keperluan pelaburan infrastruktur, dan objektif pengurusan sumber air secara mampan.

Daripada Jadual 3, Singapura mengenakan kadar tarif yang tertinggi di rantau ini. Namun, Singapura boleh dilihat sebagai sebuah negara ASEAN yang mengamalkan model penetapan tarif yang terbaik di rantau ini bagi mencerminkan kos sebenar dan menggalakkan kecekapan penggunaan. Menurut Lembaga Utiliti Awam (*Public Utilities Board - PUB*) Singapura, suatu lembaga berkanun di bawah Kementerian Kelestarian dan Alam Sekitar (*Ministry of Sustainability and the Environment - MSE*) Singapura, kadar harga air yang ditetapkan di negara berkenaan tertumpu kepada kos bagi tujuan konservasi dan penjimatan air. Model surcaj pemuliharaan air tersebut mengambil pendekatan prinsip "*the more you consume, the more you pay*".

Jadual 3: Purata tarif air bagi beberapa negara di rantau ASEAN (tahun 2024)

Negara	Kadar Tarif Domestik (RM/m ³)
Malaysia	1.05
Thailand	1.68
Indonesia	1.15
Singapura	5.88
Filipina	2.92

Secara ringkasnya, perbandingan kadar tarif antara negara-negara di rantau Asia Tenggara ini antaranya menunjukkan bahawa negara yang paling kekurangan sumber air (Singapura) boleh dikatakan mempunyai tarif air tertinggi, polisi terbaik, dan penggunaan per kapita terendah (Jadual 4). Manakala negara yang paling kaya dengan sumber air iaitu Malaysia mengenakan kadar tarif air terendah, menunjukkan jurang ketidakseragaman dasar penetapan tarif air, di samping mencatatkan penggunaan per kapita tertinggi di rantau ini. Keadaan ini jelas menunjukkan bahawa kerangka penetapan tarif air bukan semata-mata isu teknikal atau ekonomi, namun ia juga adalah cerminan langsung bagaimana sesebuah negara mengiktiraf, menghargai, dan mentadbir nilai multidimensi air dalam konteks dasar awamnya.

Jadual 4: Kadar penggunaan air domestik per kapita bagi negara-negara di Asia Tenggara

Negara	Penggunaan Air Domestik (liter per kapita - LCD)/hari
Malaysia	226 - 228 (tahun 2024-2025)
Singapura	141 - 142 (tahun 2023-2025)
Thailand	190 - 200 (tahun 2022-2023)
Indonesia	120 - 150 (berbeza mengikut wilayah)
Vietnam	100 - 150

* Anggaran julat semasa berdasarkan trend beberapa tahun terkini.

Senario Penggunaan Air di Malaysia

Dari segi penggunaan air mengikut sektor, Malaysia menunjukkan corak yang konsisten dengan negara lain, di mana sektor pertanian kekal sebagai pengguna terbesar sumber air. Dianggarkan sekitar 70% penggunaan air negara digunakan bagi tujuan pertanian, diikuti 20% penggunaan untuk kegiatan perindustrian, dan 10% bagi kegunaan domestik. Menurut Kajian Sumber Air Negara 2000-2050, menjelang tahun 2050, permintaan air di Malaysia diramalkan akan meningkat sebanyak 103% untuk penggunaan domestik, penggunaan industri dan sektor pertanian.

Data daripada SPAN bagi tahun 2022-2024 menunjukkan bahawa purata penggunaan air domestik di Malaysia kekal tinggi iaitu sekitar 220 hingga 230 liter per kapita sehari (*litres per capita per day* - LCD). Purata ini melebihi saranan Pertubuhan Kesihatan Sedunia (*World Health Organization* - WHO) iaitu sebanyak 165 liter per kapita sehari dan lebih tinggi daripada sasaran Malaysia sendiri iaitu 180 liter per kapita sehari.

Selain itu, negeri-negeri yang pesat membangun seperti Selangor, Johor dan Pulau Pinang (Jadual 5) mencatat purata penggunaan yang lebih tinggi berbanding negeri-negeri yang kurang membangun seperti Kedah dan Kelantan. Walaupun kecekapan sistem bekalan air boleh juga menyumbang kepada kadar penggunaan air, data ini menunjukkan bahawa terdapat hubungan langsung antara pembandaran (urbanisasi), gaya hidup di kawasan bandar dan kadar tarif, dengan kadar penggunaan air.

Perbezaan kadar penggunaan domestik antara negeri menunjukkan bahawa cabaran utama sektor air di Malaysia bukan berkaitan dengan ketersediaan sumber semata-mata, tetapi lebih kepada ketidakseimbangan terhadap pengurusan air, corak penggunaan yang pelbagai, kaedah kita mengoptimumkan sumber air secara strategik, serta struktur tarif air yang secara relatifnya adalah masih rendah.

Di samping itu juga, ketidaktentuan iklim dan kemerosotan sumber air telah menuntut perubahan struktur atau sistem yang lebih responsif, berdaya tahan, dan selari dengan risiko baharu yang semakin meningkat. Tumpuan kini perlu menjurus kepada usaha mencapai dan memastikan kemampanan serta kestabilan sumber air untuk menampung sebahagian besar keperluan di masa akan datang.

Justeru, salah satu sasaran kerajaan adalah menyasarkan pengurangan penggunaan air bagi rakyat Malaysia kepada 180 liter sehari bagi seorang individu, menjelang tahun 2030. Selain itu, Fadillah Yusof, Menteri Peralihan Tenaga dan Transformasi Air (PETRA), pernah menyatakan bahawa semua pihak wajar mengubah persepsi air; daripada melihatnya sebagai satu sektor yang memerlukan kos yang tinggi kepada satu kaedah yang mampu menjana pendapatan dan menyumbang kepada pertumbuhan Keluaran Dalam Negara Kasar (KDNK).

Jadual 5: Kadar penggunaan air domestik di Malaysia

Negeri	Kadar Julat (liter kapita/hari)	Kadar Tarif Domestik (RM/m³)
Selangor, Kuala Lumpur, Putrajaya	240 - 260	0.65
Johor	230 - 250	1.05
Pulau Pinang	270 - 300	0.65
Melaka	220 - 240	0.94
Negeri Sembilan	210 - 230	0.75
Perak	200 - 220	0.75
Pahang	200 - 220	0.80
Kedah	190 - 210	0.81
Kelantan	170 - 190	0.80
Terengganu	180 - 200	0.66
Sabah	160 - 180	0.30
Sarawak	170 - 200	0.44 - 0.61 ¹
Nasional	220 - 230	Sasaran <180
Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO)		Sasaran <165

(Sumber: Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara - SPAN, tahun 2020 hingga 2024)

¹ Kadar tarif air domestik di Sarawak berbeza mengikut kawasan perkhidmatan yang dikendalikan oleh syarikat operator air negeri (Kuching Water Board, Sibu Water Board, LAKU Management)

Air vs Tenaga

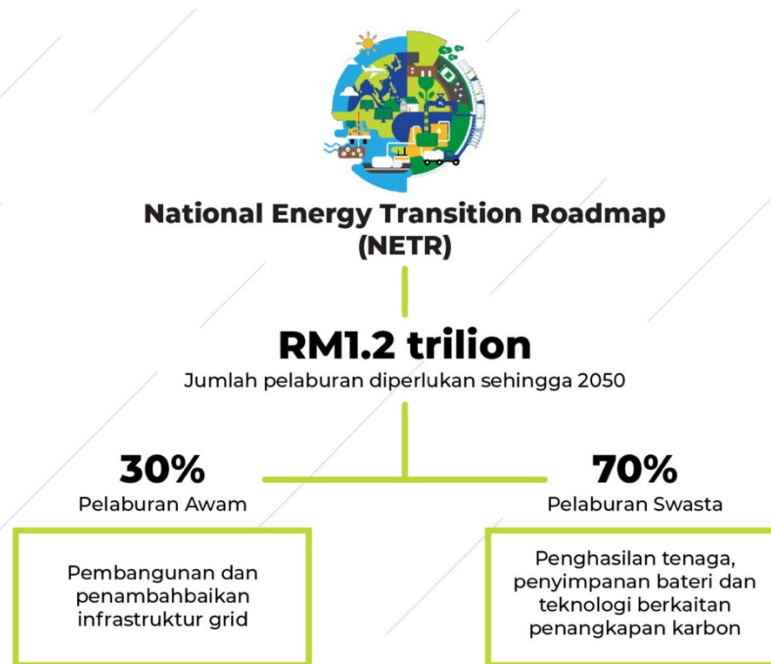
Hubungan antara air dan tenaga adalah bersifat dua hala (*interconnected*). Hal ini dapat dilihat apabila pembangunan sektor tenaga dan penjanaan elektrik turut bergantung kepada ketersediaan air. Terkait dengan hal ini, WEF pada tahun 2016 dalam satu artikelnya ada menyebut “*Moving and treating water consumes energy; generating and using energy consumes water.*”

Hubungan rapat antara air dan tenaga dapat dilihat di pelbagai benua. Sebagai contoh, di India, gangguan bekalan elektrik pada musim panas tahun 2012 dikaitkan dengan penggunaan meluas motor elektrik oleh para petani bagi mengepam air tanah semasa berlakunya kemarau. Manakala di negara-negara yang mengalami masalah kekurangan sumber air seperti Singapura, Libya dan Yaman, penyediaan serta pengoperasian infrastruktur air antaranya turut menuntut penggunaan tenaga yang sangat besar. Selain itu, California juga menunjukkan bagaimana hubungan antara air dan tenaga membentuk satu kitaran yang saling bergantung. Usaha untuk mengepam, menyalur, memanaskan dan merawat air di California antaranya menjadikan sektor air sebagai pengguna tenaga utama sehingga menyumbang hampir satu per lima daripada keseluruhan penggunaan elektrik serta sebahagian besar pelepasan karbon.

Contoh-contoh yang diberikan di atas memperlihatkan dengan jelas bahawa pergerakan dan rawatan air memerlukan tenaga, manakala penjanaan dan penggunaan tenaga pula turut bergantung pada keperluan air. Namun begitu, air secara jelasnya sering dipandang rendah dan diabaikan nilai dan manfaatnya berbanding tenaga (antaranya elektrik). Malahan, penggunaan serta pengurusan air secara berhemah dan bertanggungjawab juga semakin mengalami kemerosotan daripada mendapat perhatian umum.

Merujuk kepada suatu dapatan daripada sebuah syarikat data kewangan dan media antarabangsa, Bloomberg, pada tahun 2021, hanya 1% daripada USD53.7 bilion yang dilaburkan dalam teknologi iklim dikhususkan bagi penggunaan dan pengurusan sumber air, sementara lebih daripada 25% disalurkan secara terus untuk penggunaan dan pengurusan sumber tenaga. Laporan daripada Pertubuhan Kerjasama Ekonomi dan Pembangunan (*Organisation for Economic Co-operation and Development - OECD*) dan Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (PBB) turut menyatakan hal yang serupa seperti yang dilaporkan oleh Bloomberg. Hanya 3.1% sahaja daripada keseluruhan jumlah bantuan pembangunan rasmi di seluruh dunia atau kira-kira sekitar USD8.5 bilion dikhususkan kepada bekalan air dan sanitasi pada tahun 2022 berbanding anggaran sekitar 20% bagi sektor tenaga. Justeru, ini menunjukkan terdapat jurang yang besar antara tumpuan yang diberikan terhadap sektor air berbanding sektor tenaga (air << tenaga).

Dalam konteks Malaysia, jurang tumpuan ini turut kelihatan jelas daripada beberapa sudut, terutamanya dalam landskap dasar dan pelaburan di Malaysia. Pada tahun 2023, Kerajaan Malaysia telah melancarkan Pelan Hala Tuju Peralihan Tenaga Negara (*National Energy Transition Roadmap - NETR*), sebuah dokumen dasar komprehensif yang menggariskan sasaran negara untuk mencapai sasaran sifar bersih (*net zero*) menjelang tahun 2050, dengan keperluan pelaburan dianggarkan berjumlah sekurang-kurangnya RM1.2 trilion sehingga tempoh tersebut.



Rajah 3: Asas bagi Pelan Hala Tuju Peralihan Tenaga Negara (*National Energy Transition Roadmap - NETR*)

Selain itu, NETR dijangka memberi sumbangan tambahan sebanyak RM220 bilion kepada Keluaran Dalam Negara Kasar (KDNK), serta penambahan kira-kira 23,000 peluang pekerjaan hijau (*green jobs-based*) yang mampu memberikan manfaat ketara kepada isi rumah rendah dan sederhana secara lebih inklusif. Secara umumnya, NETR merupakan dokumen dasar berasaskan pembangunan peralihan tenaga (*energy-based*) yang berwawasan tinggi dan mendapat liputan meluas dalam kebanyakan ruang awam di Malaysia.

Sebaliknya, tiada dokumen 'setara' yang dirangka khusus untuk sektor air. Meskipun Malaysia mempunyai Dasar Air Negara dan pelbagai pelan pembangunan sumber air yang tersebar dalam Rancangan Malaysia, ia kelihatan tidak begitu menjana perhatian dasar mahupun wacana awam yang sebanding dengan NETR. Hakikat ini menggambarkan ketidakseimbangan yang mungkin disebabkan oleh sebahagian persepsi yang melihat sektor air sebagai isu infrastruktur teknikal berbanding isu strategik seperti tenaga.

Seterusnya, jika dibandingkan antara agenda utama bagi sektor tenaga melalui NETR serta agenda utama bagi sektor air melalui Transformasi Sektor Air 2040 (*Water Sector Transformation 2040 - AIR2040*), terdapat beberapa jurang perbezaan antaranya dari segi daya tarikan dasar dan tahap perhatian awam, termasuklah dalam kalangan pelabur. Dalam hal ini, NETR tidak menetapkan satu angka khusus seperti kadar peratusan tunggal bagi sumbangan terus kepada KDNK negara seperti yang dinyatakan dalam AIR2040, iaitu sasaran jelas AIR2040 sebanyak 0.45% kepada KDNK negara sebagai indikator sumbangan ekonomi melalui sektor air. Namun, sektor tenaga melalui NETR dilihat lebih 'menyerlah' berbanding transformasi sektor air melalui pelan AIR2040.

AIR2040 meletakkan sasaran nilai tambah sebanyak RM13.3 bilion menjelang tahun 2040, berbanding nilai tambah semasa hanya RM4.5 bilion. Angka ini mungkin kelihatan signifikan bagi sektor air; namun jika dibandingkan dengan sasaran NETR dengan unjuran untuk menjana peluang pelaburan sebanyak RM1.2 trilion menjelang tahun 2050, ianya agak jauh ketinggalan. Perbezaan ini menjadikan kedudukan sektor tenaga jauh mendahului sektor air, sedangkan antara matlamat transformasi sektor air ini adalah untuk mengubah sektor air daripada pengupaya ekonomi kepada sektor ekonomi dinamik yang menyumbang kepada pembangunan negara.

Antara faktor utama perbezaan tersebut ialah skala dan naratif ekonomi yang ditonjolkan oleh NETR memperlihatkan perkaitan secara langsung dengan peluang pelaburan bernilai tinggi seperti tenaga boleh baharu (TBB), inisiatif tenaga mampan melalui hidrogen hijau serta teknologi penangkapan dan penyimpanan karbon (*carbon capture and storage* - CCS) bagi tujuan kelestarian industri dan alam sekitar. Melalui unjuran pelaburan mencecah trilion ringgit serta penciptaan puluhan ribu peluang pekerjaan, sektor tenaga diposisikan sebagai pemacu pertumbuhan ekonomi masa hadapan. Sebaliknya, AIR2040 lebih cenderung tertumpu kepada aspek kecekapan perkhidmatan, kelestarian sumber dan penambahbaikan sistem serta infrastruktur sedia ada, di samping sasaran sumbangan KDNK yang secara relatifnya kecil (0.45%), justeru ia mengehadkan lagi daya tarikan komersial sektor air berbanding sektor tenaga.

Selain itu, isu seperti tarif elektrik, subsidi bahan api, dan peralihan tenaga (*energy transition*) juga sering mendapat liputan meluas dalam media arus perdana dan perdebatan dasar, termasuklah perbahasan di Parlimen (Dewan Rakyat dan Dewan Negara). Sebagai contoh, laporan dasar berkaitan elektrik dan subsidi tenaga sering menjadi fokus utama Kementerian Peralihan Tenaga dan Transformasi Air (PETRA) serta Suruhanjaya Tenaga (ST), khususnya melibatkan semakan tarif dan struktur subsidi berskala nasional.

Sebaliknya, perbincangan berkaitan sektor air di ruang awam dan wacana umum kebiasaannya lebih tertumpu kepada isu-isu besar yang bersifat reaktif dan mempunyai impak langsung kepada masyarakat sahaja, khususnya melalui kejadian bencana banjir serta gangguan bekalan air. Sebagai contoh, peristiwa banjir besar pada tahun 2021 sehingga melumpuhkan bandar-bandar utama di negeri Selangor seperti Shah Alam, Klang dan Hulu Langat telah mengakibatkan kerosakan besar kepada infrastruktur awam dengan kerugian mencecah sebanyak RM3.1 bilion. Kejadian ini bukan sahaja mendedahkan kelemahan dalam sistem saliran dan perancangan guna tanah, malah turut mencetuskan perbahasan yang meluas mengenai tahap kesiapsiagaan institusi dalam berhadapan cabaran perubahan iklim.

Di samping itu, aspek pengurusan air tidak begitu ketara dalam perbahasan dasar di peringkat Persekutuan, sebahagiannya disebabkan oleh pembahagian bidang kuasa antara Kerajaan Negeri dan Persekutuan. Keadaan ini telah menyebabkan beberapa aspek perbincangan yang terkait dengan sektor air kurang diberi perhatian yang meluas serta cenderung ditafsir sebagai kelemahan sistem tadbir urus air dan ketahanan infrastruktur semata-mata. Walaupun AIR2040 mula menggariskan keperluan serta pendekatan yang lebih bersepadu dan berdaya tahan, sektor air masih sering ditanggapi dengan perspektif pengurusan krisis sahaja, bukannya sebagai pendekatan besar dalam memajukan agenda ekonomi yang utama.

Isu air juga lebih banyak bersifat teknikal dan terhad kepada aspek operasi seperti gangguan bekalan, infrastruktur loji rawatan, serta isu kadar air tidak berhasil (*non-revenue water* - NRW). Menurut SPAN, kadar NRW di Malaysia adalah sekitar 24 hingga 62.3 peratus (purata kebangsaan ialah 34.3% bagi tahun 2024), menunjukkan sebahagian besar air terawat tidak sampai kepada pengguna akhir akibat kebocoran, kecurian atau ketidakcekapan sistem. Walaupun isu ini mempunyai implikasi ekonomi dan tenaga yang besar, hal ini masih kurang menjadi fokus utama perbincangan awam berbanding isu tenaga seperti subsidi bersasar, peralihan kepada kenderaan elektrik (*electric vehicle* - EV), dan pasaran karbon.

Seterusnya, struktur pasaran dan kebolehupayaan melabur (*investability*) turut berperanan dalam membezakan NETR dan AIR2040. Sebagai contoh, sektor tenaga menawarkan lebih banyak ruang bagi penyertaan swasta dan penyertaan syarikat/perniagaan besar bagi projek atau inisiatif berteraskan sektor tenaga yang mempunyai pulangan pelaburan yang lebih jelas dan kompetitif. Ini antaranya dapat dilihat melalui penglibatan syarikat-syarikat besar seperti YTL Power International Berhad, Tenaga Nasional Berhad (TNB) dan Petrolim Nasional Berhad (PETRONAS) yang merupakan pemain utama dalam memperkukuhkan ekosistem pelaburan melalui kapasiti kewangan dan teknikal yang sangat besar. Namun begitu, AIR2040 pula secara jelas lebih kepada 'mengiktiraf' kekangan struktur dalam sektor air, kebergantungan kepada entiti utiliti negeri, kawalan terhadap tarif, seterusnya mengurangkan insentif kepada pelabur swasta.

Sektor air juga secara tradisinya hanya dilihat sebagai utiliti asas yang perlu disubsidi, bahkan dianggap lebih banyak menggunakan dana berbanding menjana nilai tambahan sepertimana sektor tenaga yang menghasilkan pulangan ekonomi yang lebih besar. AIR2040 telah memposisikan sektor air sebagai pengupaya ekonomi (*economic enabler*) yang menyokong aktiviti ekonomi secara tidak langsung, manakala sektor tenaga berjaya diletakkan sebagai pemacu ekonomi (*economic driver*) yang menggerakkan dan menjana pertumbuhan ekonomi secara langsung. NETR telah meletakkan peralihan tenaga sebagai satu elemen penting, namun AIR2040 masih 'terperangkap' dalam kerangka penyampaian perkhidmatan awam yang mengutamakan kecekapan dan kelestarian tanpa mengupayakan air sebagai sektor yang mampu menjana nilai ekonomi yang lebih berdaya maju.

AIR2040 antara lainnya turut menunjukkan bahawa transformasi sektor air masih berada dalam fasa pengukuhan sistem (*system strengthening*) dan pembangunan kapasiti (*capacity building*) berbanding fasa pengembangan ekonomi, iaitu suatu tahap yang lebih kritikal. Kecenderungan tumpuan terhadap aspek perkhidmatan, kecekapan operasi, kestabilan kewangan syarikat operator dan sebagainya justeru hanya menjelaskan lagi bahawa sektor ini masih dalam proses membina asas yang kukuh sebelum dapat beralih kepada peranan yang lebih besar iaitu sebagai *economic driver* seperti yang ditunjukkan oleh sektor tenaga melalui kerangka yang jelas dan lebih berdaya saing seperti NETR.

Perbezaan antara NETR dan AIR2040 bukan sekadar dilihat melalui skala pelaburan yang dianggarkan semata-mata, tetapi juga menilai bagaimana kedua-dua sektor diposisikan dalam kerangka pembangunan negara. NETR diunjurkan mampu menjana pelaburan sehingga RM1.2 trilion menjelang tahun 2050, manakala WST2040 pula mensasarkan sekitar RM13.3 bilion menjelang tahun 2040. Walaupun kedua-dua pelan ini mempunyai perbezaan tempoh sasaran sekitar 10 tahun, namun jurang nilai antara kedua-duanya masih terlalu besar untuk dijelaskan semata-mata oleh faktor jangka masa pelaksanaan. Secara relatif, unjuran nilai pelaburan yang dikaitkan dengan NETR adalah hampir 90 kali ganda lebih besar berbanding AIR2040. Dalam erti kata lain, jurang nilai ini bukan sahaja sekadar memperlihatkan perbezaan pada nilai pelaburan semata-mata, tetapi juga mengenai bagaimana sesebuah sektor dinilai, diberi keutamaan dan ditentukan peranannya dalam pembangunan negara.

Malahan, kajian komunikasi dasar dan analisis media di peringkat global dan serantau juga sering menunjukkan bahawa isu tenaga cenderung dikategorikan sebagai isu ekonomi makro dan keselamatan negara, manakala isu air lebih kerap dibingkaikan sebagai isu perkhidmatan utiliti harian atau gangguan tempatan. Perbezaan '*framing*' atau naratif ini menyumbang kepada jurang persepsi kepentingan antara kedua-dua sektor, seterusnya menjadikan sektor tenaga lebih '*policy-visible*' berbanding sektor air walaupun kedua-duanya saling bergantung secara teknikal.

Secara keseluruhannya, perbincangan awam dan wacana dasar seringkali lebih jelas tertumpu kepada sektor tenaga berbanding sektor air. Justeru, keadaan ini menuntut penelitian semula. *International Renewable Energy Agency* (IRENA) dalam laporan peralihan tenaga Malaysia 2023 menyatakan bahawa perhatian yang lebih besar perlu diberikan bagi mengintegrasikan pelbagai dasar merentas sektor bagi mencapai peralihan tenaga yang lebih menyeluruh dan telus. Dalam hal ini, IRENA turut menyebut bahawa selagi mana air dan tenaga diuruskan secara berasingan, di samping sektor/industri tenaga lebih bergerak ke hadapan serta mendominasi pelaburan, dasar dan perbincangan awam yang lebih meluas berbanding sektor air, maka Malaysia akan berisiko mengabaikan asas ekologi yang menyokong keselamatan tenaganya sendiri.

Perbezaan antara NETR dan WST2040 ini dilihat secara dasar dan bukan perbandingan '*apple-to-apple*' secara teknikal. Ia tidak bertujuan untuk menyimpulkan bahawa sektor air lebih lemah berbanding sektor tenaga hanya kerana nilai numeriknya yang lebih kecil, kerana kedua-dua sektor berada dalam kerangka output yang berbeza. Secara realitinya, sektor tenaga mempunyai rangkaian industri dan potensi komersial yang lebih besar dan luas, sementara sektor air pula lebih dikawal ketat dan lebih '*service-oriented*'. Perbandingan ini justeru menunjukkan bagaimana skala pelaburan memainkan peranan dalam mencerminkan keutamaan dasar serta bagaimana sesuatu sektor memperoleh perhatian, naratif, pendekatan dan penerimaan yang berbeza bagi kumpulan masyarakat.

Kerangka Model Penetapan Tarif Air (*Pricing Models*)

Secara paradoks, negeri atau bandar yang berhadapan dengan permintaan air yang tinggi serta kadar penggunaan yang lebih besar tidak semestinya mengenakan tarif air yang lebih tinggi. Malahan dalam beberapa kes tertentu, tarif air kekal rendah walaupun sumber air semakin terhad. Keadaan ini memperlihatkan ketidakpadanan antara realiti permintaan sumber air dengan struktur penetapan tarif yang diamalkan di beberapa negara. Kadar tarif air di Malaysia menunjukkan variasi yang jelas antara negeri-negeri, dipengaruhi oleh pelbagai faktor seperti tabdir urus tempatan, keadaan ekonomi, dan keperluan infrastruktur.

Fenomena tersebut lazimnya berpunca daripada beberapa faktor institusi dan politik, antaranya seperti yang berikut;

1. **Subsidi kerajaan** yang bertujuan memastikan kemampuan bagi pendekatan mampu-bayar dalam kalangan pengguna domestik dan menyebabkan tarif air yang ditetapkan adalah pada kadar yang rendah.
2. **Pertimbangan dan tantangan politik** sering menjadikan pelarasan tarif sebagai isu yang sensitif kerana kenaikan tarif air berpotensi mencetuskan reaksi negatif masyarakat.
3. **Sistem tarif** yang tidak begitu selari dengan perkembangan dan perubahan semasa dan tidak mencerminkan kos sebenar pembekalan air serta risiko kekurangan sumber pada masa hadapan.

Akibatnya, tarif air di sesetengah kawasan tidak mencapai tahap pemulihan kos penuh, sekali gus mengekang keupayaan operator air dan kerajaan untuk melabur semula dalam infrastruktur, penyelenggaraan serta peningkatan kecekapan sistem.

Penetapan tarif air merupakan satu instrumen kritikal dalam mengimbangi keperluan sosial, ekonomi dan kelestarian sumber. Malahan, struktur tarif air di beberapa negara membangun termasuk Malaysia, turut dipengaruhi oleh pertimbangan sosial dan politik selain daripada prinsip ekonomi semata-mata. Kerangka penetapan tarif air boleh dilihat daripada beberapa dimensi yang pelbagai.

Pertama, melalui subsidi Kerajaan; ia memainkan peranan yang amat besar dalam mengekalkan kadar tarif air pada tahap yang rendah, terutamanya dalam usaha menjamin konsep keadilan sosial dan kemampuan pengguna berpendapatan rendah. Di Malaysia, pendekatan ini antaranya dapat dilihat di negeri Selangor melalui pelaksanaan dasar seperti '*20 meter padu air percuma*' bagi isi rumah berpendapatan RM6,000 ke bawah dan menetap di negeri Selangor. Pendekatan ini merupakan inisiatif Kerajaan Negeri Selangor melalui Skim Air Darul Ehsan (SADE). Manakala Kerajaan Negeri Pulau Pinang melalui Perbadanan Bekalan Air Pulau Pinang (PBAPP) juga pernah memberikan rebat dalam bentuk air percuma bagi 10,000 liter pertama untuk setiap bil air selama tempoh enam bulan, di samping meluaskan lagi skim Rebat Mesra Keluarga RM20 bagi bilangan isi rumah yang lebih besar.

Perbincangan mengenai dasar berkaitan subsidi Kerajaan kemudiannya menjadi isu dasar yang sering dipolitikkan tanpa memahami realiti sebenar yang ditanggung oleh syarikat/pihak-pihak pengendali air yang harus berhadapan dengan kesukaran bagi menampung kenaikan kos penyediaan perkhidmatan air, termasuklah cabaran industri terhadap kerugian serta kos bagi penyelenggaraan sumber dan penyaluran air. Dalam hal ini, faktor politik sering menjadikan pelarasan tarif air sebagai suatu isu yang sensitif, dengan tanggapan dan persepsi bahawa kenaikan tarif hanya cenderung berorientasikan keuntungan semata-mata. Oleh yang demikian, dalam keadaan-keadaan yang tertentu, keputusan untuk menanggukkan semakan tarif akan berlaku bagi mengelakkan impak negatif terhadap sokongan awam dan ini mungkin disebabkan oleh beberapa pertimbangan politik tertentu.

Sebagai contoh, di Filipina, terdapat suatu 'peristiwa' iaitu liberalisasi perkhidmatan air melalui konsesi swasta di Metropolitan Manila yang telah memperlihatkan bagaimana kenaikan tarif air yang dinyatakan sebagai alasan bagi pemulihan kos terhadap kecekapan sistem air kemudiannya telah mencetuskan bantahan sosial penduduk di kawasan tersebut. Bantahan sosial ini adalah disebabkan oleh kadar kenaikan tarif yang tinggi serta isu kualiti perkhidmatan seperti gangguan bekalan air yang dikatakan begitu kritikal pada ketika itu, khususnya di Manila yang merupakan pusat kegiatan utama ekonomi, pentadbiran, budaya dan pendidikan di Filipina.

Hal ini jelas menunjukkan bahawa pelarasan tarif air adalah satu tindakan berani yang memerlukan '*political will*' yang tinggi dalam usaha mengimbangi kos semasa pengurusan air yang mengalami banyak perubahan, memastikan kadar tarif yang dikenakan tidak membebankan pengguna, di samping bagi mengelakkan defisit kepercayaan terhadap kerajaan dalam konteks politik dan pemerintahan.

Struktur tarif air yang tidak selari dengan perubahan kos dan keadaan sumber juga menyebabkan proses pengendalian perkhidmatan air menjadi kurang mampan. Di beberapa negeri di Malaysia, kadar tarif domestik yang ditetapkan masih lebih rendah berbanding kos sebenar rawatan dan agihan air, yang secara puratanya sekitar RM1.20 hingga RM1.75 bagi setiap meter padu. Jurang antara kos sebenar dan tarif pengguna ini menjejaskan langkah penaiktarafan infrastruktur dan pengurusan air. Bagi mengatasi masalah ini, Singapura antaranya mengambil pendekatan berasaskan prinsip pemulihan kos penuh (*full-cost recovery*), di mana tarif air ditetapkan pada kadar yang lebih tinggi bagi mencerminkan kos sebenar serta menggalakkan penggunaan secara lebih cekap dan berhemah.

Perbandingan ringkas ini memperlihatkan bahawa perbezaan utama dalam keberkesanan sistem penetapan tarif bukan sahaja berpunca daripada perbezaan ekonomi, tetapi juga bergantung kepada tahap penginstitutional (*institutionalisation*) dan ketelusan dasar air di setiap negara. Negara yang memiliki sistem tadbir urus yang tinggi serta keupayaan institusi yang baik, misalnya Singapura, dilihat berupaya melaksanakan struktur tarif yang rasional serta mencerminkan kos sebenar tanpa menjejaskan kebajikan sosial dan kelangsungan industri secara keseluruhan. Sebaliknya, negara-negara lain masih berdepan dengan beberapa cabaran dan risiko tertentu yang antaranya melibatkan tekanan fiskal, kemerosotan infrastruktur, dan ketidakmampuan untuk mencapai kelestarian jangka panjang dalam pengurusan sektor air.

Oleh itu, keperluan untuk membangunkan model penetapan tarif air yang lebih munasabah dengan kos operasi dan penyelenggaraan semasa bagi sistem air adalah penting bukan sahaja terhadap ekonomi dan kelangsungan penyedia perkhidmatan air, tetapi juga bagi menjamin kualiti dan kelestarian sumber. Pendekatan yang lebih seimbang, antaranya struktur tarif yang berasaskan *cost-reflective pricing* juga dapat mengekalkan keadilan sosial dalam memenuhi tuntutan menjadikan air sebagai hak untuk dikongsi secara bersama (*public good*) tanpa mengorbankan keupayaan kewangan operator dan daya tahan ekosistem sumber air. Ini bagi memastikan kesinambungan bekalan air yang mampan di rantau Asia Tenggara, di samping mendepani cabaran ketidaktentuan perubahan iklim serta peningkatan urbanisasi yang semakin pesat dan pantas.

Pertumbuhan Pusat Data dan Tekanan Permintaan Air

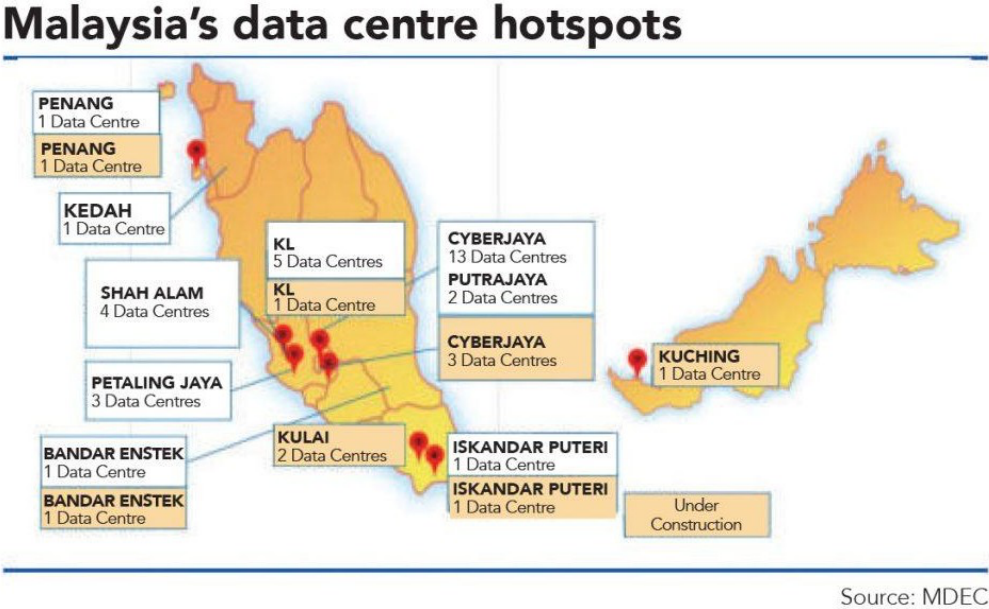
Kemunculan kecerdasan buatan (*artificial intelligence* - AI) mula mengubah landskap ekonomi global dengan pantas, sekali gus meningkatkan permintaan terhadap infrastruktur digital seperti pusat data (*data centres*) dan pengkomputeran awan (*cloud computing*). Sundar Pichai, Ketua Pegawai Eksekutif (*Chief Executive Officer* - CEO) Google antaranya pernah menyebut; “*AI is one of the most important things humanity is working on. It is more profound than electricity or fire.*” Kenyataan ini menggambarkan mengenai skala transformasi yang dibawa oleh AI terhadap cara ekonomi dan masyarakat berfungsi. Namun, di sebalik potensi besar tersebut, terdapat beberapa dimensi sumber yang kurang diberi perhatian iaitu tahap penggunaan serta keperluan air dan tenaga bagi menyokong perkembangan, operasi dan kelangsungan pusat-pusat teknologi digital ini.

AI dan pusat data memerlukan kapasiti pengkomputeran yang tinggi serta sistem penyejukan (*cooling systems*) yang intensif, seterusnya menjadikan sektor ini sebagai pengguna air yang signifikan secara langsung mahupun tidak langsung. Bekalan air diperlukan bagi tujuan penyejukan kemudahan pusat data, sementara penggunaan tenaga elektrik untuk operasi digital turut mempunyai jejak air (*water footprint*) tersendiri melalui proses penjanaan tenaga.

Menurut analisis WEF, pusat data moden menggunakan air dalam jumlah yang besar, terutamanya untuk tujuan penyejukan sistem (*system cooling*). Sumber air dalam konteks ini digunakan sama ada secara langsung melalui sistem penyejukan penyejat (*evaporative cooling*) atau secara tidak langsung, antaranya melalui penggunaan elektrik yang memerlukan air dalam proses penjanaan tenaga. WEF turut menekankan bahawa infrastruktur digital di peringkat global kini mempunyai jejak air yang signifikan sementara permintaan terhadap pengkomputeran awan serta AI yang dijangka akan meningkatkan lagi tekanan ke atas sumber air.

Di Malaysia, antara tahun 2021 hingga 2023, jumlah pelaburan pusat data yang diluluskan oleh Kementerian Pelaburan, Perdagangan dan Industri (MITI) mencecah sehingga RM114.7 bilion, iaitu sekitar 79% daripada keseluruhan pelaburan digital yang diluluskan dalam tempoh tersebut. Aliran pelaburan ini dapat memperkukuhkan kedudukan Malaysia sebagai hab pusat data baharu di peringkat serantau, yang turut dilihat ke arah menyaingi Singapura.

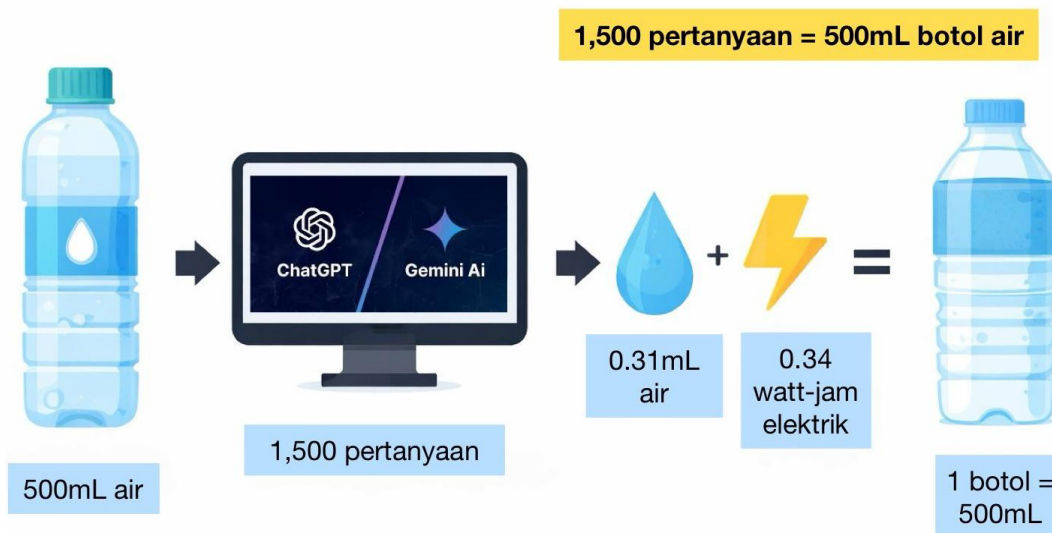
Malahan, Malaysia kini berada di kedudukan teratas dalam senarai pasaran pusat data yang paling pesat berkembang di Asia. Menjelang tahun 2035, Malaysia diramalkan akan menguasai 2 daripada 3 kapasiti pasaran pusat data di Asia Tenggara.



Rajah 5: Hab Pusat Data di Malaysia setakat tahun 2023
(Sumber: *Malaysia Digital Economy Corporation - MDEC*)

Laporan daripada Lembaga Pembangunan Pelaburan Malaysia (*Malaysian Investment Development Authority - MIDA*) menunjukkan pembangunan pusat data di koridor Lembah Klang dilihat lebih tertumpu di sekitar kawasan bandar-bandar utama seperti Kuala Lumpur, Cyberjaya, Shah Alam, Petaling Jaya dan Johor, terutamanya di Kulai dan Iskandar Puteri. Selain itu, beberapa fasiliti turut direkodkan di Pulau Pinang, Kedah dan Sarawak, menandakan peluasan infrastruktur digital ke kawasan perindustrian strategik yang lain. Secara dasarnya, tumpuan geografi ini dilihat lebih cenderung kepada kawasan yang juga mempunyai permintaan air bandar dan industri yang tinggi, yang kemudiannya menimbulkan tekanan tambahan terhadap sistem bekalan air sedia ada. Dari segi pelaburan dan ekonomi, ianya sangat baik untuk Malaysia. Walau bagaimanapun, salah satu cabaran yang dilihat berpotensi menjadi 'kekangan' bagi perkembangan ini ialah isu bekalan dan ketersediaan air.

Secara global, *World Bank* juga menekankan perkara yang sama, iaitu sektor tenaga dan industri digital saling berkait dalam penggunaan air berintensiti tinggi. Bekalan elektrik yang stabil untuk pusat data memerlukan penjanaan tenaga yang lazimnya menggunakan air, sama ada dalam penyejukan loji janakuasa atau dalam proses pengeluaran tenaga. Oleh itu, perkembangan teknologi berasaskan digital yang meningkat secara tidak langsung turut meningkatkan permintaan air dalam keseluruhan rantaian ekonomi.



Rajah 6: Analogi kapasiti air dan tenaga melalui pertanyaan di platform AI
 *Penafian: Visual ini dihasilkan oleh AI (AI-aided and human-directed)

Penggunaan air tidak berlaku secara langsung kepada pengguna, sebaliknya berkait dengan keperluan penyejukan pusat data yang menempatkan pelayan berprestasi tinggi bagi menyokong operasi model AI. Sebagai contoh, setiap satu soalan yang diproses oleh sistem kecerdasan buatan seperti *ChatGPT* dianggarkan menggunakan sekitar 0.31 mililiter air (mL) dan 0.34 watt-jam elektrik. Ini bermaksud, kita memerlukan sekitar 1,500 pertanyaan untuk menyamai satu botol 500mL. Walaupun jumlah air bagi satu interaksi kelihatan kecil, skala penggunaan yang mencecah jutaan hingga berbilion pertanyaan setiap hari menjadikan jejak air teknologi digital sebagai satu dimensi baharu dalam perbincangan mengenai keselamatan dan keterjaminan bekalan sumber air, khususnya bagi negara yang sedang berkembang sebagai hab pusat data serantau seperti Malaysia.

Di samping itu, laporan industri antarabangsa oleh *International Energy Agency* dan WEF menunjukkan bahawa sebuah pusat data berskala besar boleh menggunakan antara ratusan ribu hingga beberapa juta liter air sehari, bergantung kepada reka bentuk sistem penyejukan, iklim setempat dan tahap kecekapan teknologi. Kajian oleh *United States Department of Energy* (US-DOE) juga menganggarkan bahawa penggunaan air bagi tujuan penyejukan boleh mencecah sekitar 4 hingga 20 juta liter air sehari bagi kampus pusat data yang besar, walaupun angka sebenar adalah berbeza mengikut jenis teknologi yang digunakan.

Dalam konteks Malaysia yang sedang berkembang sebagai hab pusat data serantau, pertumbuhan pesat pelaburan digital berpotensi meningkatkan permintaan air industri di kawasan bandar dan perindustrian tertentu. Walaupun ekonomi digital sering dilihat sebagai sektor berasaskan teknologi, hakikatnya ia turut bergantung kepada sumber fizikal seperti air dan tenaga. Justeru, perbincangan mengenai keselamatan air perlu mengambil kira dimensi baharu ini, iaitu 'jejak air tersembunyi' (*invisible water footprint*) ekonomi digital agar perancangan sumber air negara kekal berdaya tahan dalam menghadapi pertumbuhan teknologi dan perubahan iklim pada masa hadapan.

Kesimpulan

Di rantau Asia Tenggara, kita sering dimomokkan dengan suatu paradoks, iaitu sama ada rantau ini mempunyai limpahan air sehingga menyebabkan kejadian seperti banjir, atau kekurangan air yang menyebabkan kemarau serta gangguan bekalan. Secara umum, Malaysia merupakan negara yang kaya dengan air. Namun begitu, kita turut berhadapan dengan isu keselamatan air berikutan peningkatan permintaan terhadap sumber air yang disebabkan oleh pertumbuhan penduduk, pambandaran, perindustrian dan pertanian, di samping fenomena pencemaran sungai, kesan perubahan iklim dan amalan penggunaan tanah yang tidak mampan.

Masalah air di Malaysia cenderung dilihat dari sudut permasalahan teknikal seperti kelompongan perancangan, pengurusan, sistem atau kaedah pembiayaan air. Antara prinsip penting yang wajar ditekankan ialah konsep ***water as an economic good***. Pendekatan ini bertujuan memastikan sektor air kekal berdaya tahan dari segi kewangan dan operasi, dengan menyeimbangkan keperluan pelaburan infrastruktur, kos rawatan dan pengagihan, serta kemampuan pengguna.

Secara umumnya, air tidak hanya digunakan sebagai minuman harian atau kegunaan domestik semata-mata. Malahan, setiap carian internet, penyimpanan awan, penstriman video dan penggunaan AI mempunyai jejak air tersendiri. AI berpotensi mempercepatkan pembangunan ekonomi dan sosial, namun pada masa yang sama juga akan menimbulkan cabaran tadbir urus dan kelestarian yang perlu ditangani secara menyeluruh.

Keperluan berterusan untuk bekalan air selamat dan mencukupi bagi membantu taraf hidup yang baik tidak dapat dipertikaikan. Keperluan ini berkembang pesat untuk kegunaan domestik dan pembangunan ekonomi (pertanian, tenaga dan industri), menunjukkan bahawa walaupun rangka dasar sedia ada agak komprehensif, namun keperluan untuk memperkukuh pembiayaan, tadbir urus dan penggunaan teknologi baharu dalam sektor air hendaklah diberi keutamaan bagi memastikan tahap keselamatan air sebagai jaminan di masa hadapan.

Rujukan :

Air Selangor. (n.d.). *Itizam Selangor Penyayang (ISP) Skim Air Darul Ehsan*. Air Selangor.
<https://www.airselangor.com/services/sade?lang=ms>

'Aisyah Baharudin, D. S. (2024, September 24). *Peningkatan Tarif Air: Kesan Terhadap Ekonomi Negara*. Malaysian Research and Education Foundation (MyREF).
<https://myref.org.my/peningkatan-tarif-air-kesan-terhadap-ekonomi-negara/>

Akademi Sains Malaysia. (n.d.). *Roadmap for The National Agenda on Water Sector Transformation 2040 (WST2040)*. Akademi Sains Malaysia.
<https://www.akademisains.gov.my/ar21/roadmap-for-the-national-agenda-on-water-sector-transformation-2040-wst2040/>

Astro Awani. (2025, Jun 11). Satu Soalan ChatGPT Guna 0.34 Wh Elektrik, 0.31 mL Air. *Astro Awani*. <https://www.astroawani.com/berita-malaysia/satu-soalan-chatgpt-guna-034-wh-elektrik-031-ml-air-524546>

Business Recorder. (2019, May 29). *UN World Water Development Report 2019: Global Water Demand to Continue Increasing About One Percent Per Year Until 2050*. Business Recorder. <https://www.brecorder.com/news/40408182/rda-inflows-cross-usd12bn-mark>

Dumol, M. (2000). *The Manila Water Concession: A Key Government Official's Diary of the World's Largest Water Privatization*. World Bank.
https://ppp.worldbank.org/sites/default/files/2024-09/Key%20Government%20Official%27s%20Diary_EN.pdf

Faezah Muda, S. N. (2024, November 26). Malaysia Sasar Guna 180 Liter Air Seorang Sehari Menjelang 2030. *Sinar Harian*.
<https://www.sinarharian.com.my/article/698744/berita/nasional/malaysia-sasar-guna-180-liter-air-seorang-sehari-menjelang-2030>

Haji Mohammad, H. H. (2017, Ogos). *"Built Today for a Better Tomorrow": Air Sebagai Sumber dan untuk Kehidupan* [Simposium Kelestarian Air Negeri Johor 2017] [Powerpoint Slides]. Jawatankuasa Kerja Raya, Kemajuan Luar Bandar dan Wilayah Negeri Johor.

Kamarul Azhar. (2024, July 15). *The State of the Nation: Investments In Water Need to Keep Pace With Influx of Data Centres*. The Edge Malaysia.
<https://theedgemaalaysia.com/node/718243>

Kurth, T., Trifkovic, V., Muruven, D., Sthör, S., Tung, A., Bergstrom, R., McGarraugh, C., Haswell, J., Quinn, D. T., & Spotswood, J. (2025, February). What Is Water Really Worth. <https://on.bcg.com/4i8zsba>

Meenakshi Raman. (2024, August 9). *Pusat Data Menelan Sumber Tenaga dan Air Yang Besar*. Friends of Earth Malaysia. <https://foe-malaysia.org/my/articles/pusat-data-menelan-sumber-tenaga-dan-air-yang-besar/>

Sundararajan Mahalingam. (2023, March 15). *How Technology Can Help Address the World's Water Security Crises*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/stories/2023/03/how-tech-can-help-address-the-world-s-freshwater-crises/>

Syawal, S., & Tatiana, C. (n.d.). *Addressing Malaysia's Water Woes*. PEMANDU Associates. <https://pemandu.org/insight/addressing-malaysias-water-woes/>

Ujang, Z., Too, C., Md. Noh, M. N., Ikmal Ramli, R., Aris, A., Thukiman, K., & Hamid, H. (2022). *Air dan Pembetungan di Malaysia: Sejarah Serta Perspektif*. Kementerian Alam Sekitar dan Air, Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia.

Unit Perancang Ekonomi. (2022). *Transformasi Sektor Air 2040 (WST2040): Laporan Akhir (Jilid 1)*. https://www.petra.gov.my/uploads/content-downloads/file_20241014212339.pdf

Voo, J., & Perpetua, G. (2024, April - May). Not Timely to Water Down Issue. *The Star*, <https://www.pwc.com/my/en/assets/media/pwc-in-the-news/2024/pwc-my-270424-water-down-issue.pdf>.

WWF Malaysia. (2023, April 28). *Much Ado About Malaysia's Water Woes*. WWF Malaysia. <https://www.wwf.org.my/?31346/Opinion-Piece-Much-Ado-about-Malaysias-Water-Woes>

Yiau, C. N. (2025, November 19). *Water Supply to Data Centres Only 21% to 28% of Initial Requests, Fadillah Says Fees Enough to Safeguard Supply Systems*. The Edge Malaysia. <https://theedgemalaysia.com/node/781121>

Institut Penyelidikan Air Kebangsaan (NAHRIM)

Kementerian Peralihan Tenaga dan Transformasi Air (PETRA)

Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara (SPAN)