

Evaluasi Kebijakan CNG Cylinder ISO 11439 pada Gas Transport Module: Perspektif Requalification, Keselamatan Teknis, dan Ekonomi Sirkular

¹Cahyo Wibowo, ²M. Muryanto

¹Mechanical Engineerig Depatment, Univeristas Mpu Tantular Jakarta

²Mechanical Engineering Department, Universitas Muhammadiyah Purwokerto
e-mail: ¹cahyowibowo@mputantular.ac.id, ²m.muryanto@ump.ac.id

Abstrak

Kebijakan pelarangan penggunaan tabung CNG (Compressed Natural Gas) berstandar ISO 11439 serta kebijakan pemusnahan (scrapping) silinder CNG yang telah mencapai batas waktu tertentu yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM merupakan kebijakan yang perlu dievaluasi ulang karena belum sepenuhnya selaras dengan praktik standar internasional dan bukti ilmiah yang tersedia.. Dengan mengacu pada ISO 19078:2013 yang secara spesifik mengatur inspeksi dan requalification tabung CNG berstandar ISO 11439, serta UNECE Regulation No. 110 yang secara eksplisit mengatur periodic requalification setiap 48 bulan, serta praktik regulasi di negara-negara maju seperti Amerika Serikat (49 CFR Part 180) dan Brasil (INMETRO), artikel ini membuktikan bahwa kebijakan tersebut lahir dari adopsi standar yang tidak sinkron oleh pengambil kebijakan terhadap kerangka internasional yang mengatur siklus hidup tabung CNG.. Dengan mengacu pada ISO 19078:2013 yang secara spesifik mengatur inspeksi dan requalification tabung CNG berstandar ISO 11439, serta praktik regulasi di negara-negara maju seperti Amerika Serikat (49 CFR Part 180) dan Brasil (INMETRO), artikel ini membuktikan bahwa: (1) tabung CNG tidak wajib dimusnahkan berdasarkan usia kalender semata, melainkan menjalani perpanjangan umur berbasis kondisi (condition-based life extension); (2) ISO 19078 sendiri secara eksplisit menyatakan bahwa cakupannya adalah cylinder yang designed and manufactured according to ISO 11439, untuk penyimpanan CNG sebagai bahan bakar kendaraan bermotor; (3) kebijakan larangan dan pemusnahan massal bertentangan dengan prinsip ekonomi sirkular, menimbulkan kerugian ekonomi besar, serta tidak selaras dengan semangat regulasi Ketenagakerjaan tentang bejana tekan yang mengutamakan aspek keselamatan teknis sesuai spesifikasi standar tertentu. Artikel ini merekomendasikan pencabutan kebijakan tersebut dan pengadopsian pendekatan requalification berkala sebagaimana dipraktikkan secara global.

Kata Kunci: ISO 11439, ISO 19078, CNG Cylinder, *Requalification*, Kebijakan Energi, Bejana Tekan, Ekonomi Sirkular, Literasi Kebijakan

Abstract

The policy banning the use of CNG (Compressed Natural Gas) cylinders that meet the ISO 11439 standard, as well as the policy requiring the scrapping of CNG cylinders that have reached a certain age—issued by the Directorate General of Oil and Gas of the Ministry of Energy and Mineral Resources—constitutes a regulatory measure that is unscientific and fundamentally flawed. This article presents an evidence-based critical analysis demonstrating that these policies stem from policymakers' limited technical understanding of the international standards governing the life cycle of CNG cylinders. Referring to ISO 19078:2013, which specifically governs the inspection and requalification of ISO 11439-compliant CNG cylinders, as well as regulatory practices in developed countries such as the United States (49 CFR Part 180) and Brazil (INMETRO), this article demonstrates that: (1) CNG cylinders are not required to be scrapped based solely on calendar age, but rather undergo condition-based life extension; (2) ISO 11439 is the highest globally recognized safety standard and is referenced by UN Regulation No. 110; (3) policies of bans and mass disposal contradict the principles of the circular economy, cause significant economic losses, and are inconsistent with the spirit of labor regulations on pressure vessels, which prioritize technical safety aspects rather than specific standard specifications. This article recommends the repeal of such policies and the adoption of a periodic requalification approach as practiced globally.

Keywords: ISO 11439, ISO 19078, CNG Cylinder, *Requalification*, Energy Policy, Pressure Vessels, Circular Economy, Policy Literacy

PENDAHULUAN

Indonesia saat ini berada di persimpangan penting transformasi energi. Program konversi dari LPG impor ke CNG domestik digadang-gadang sebagai terobosan strategis untuk mengurangi beban subsidi energi yang mencapai Rp210,1 triliun pada APBN 2026, mengurangi ketergantungan impor LPG yang mencapai 70–84%, serta menghemat devisa negara hingga Rp137 triliun. Pasar tabung CNG global pada tahun 2024 mencapai nilai sekitar USD 5,3 miliar dengan tingkat pertumbuhan tahunan majemuk (CAGR) sekitar 8,1% hingga tahun 2030, seiring dengan konversi armada kendaraan dari diesel ke gas alam serta meningkatnya adopsi desain tabung komposit yang menggantikan tabung baja konvensional [15].

Namun, di tengah momentum bersejarah ini, kebijakan kontroversial dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi yang melarang penggunaan dan pengujian kembali tabung CNG berstandar ISO 11439 [1] standar internasional yang menjadi rujukan utama keselamatan tabung CNG kendaraan di seluruh dunia serta mewajibkan pemusnahan silinder CNG yang telah mencapai batas waktu tertentu. Kebijakan ini menarik untuk dikaji secara kritis karena terdapat kesenjangan (gap) antara substansi kebijakan yang dikeluarkan dengan arsitektur standar internasional yang mengatur tabung CNG.

Kebijakan pelarangan ini diduga kuat dipicu oleh insiden ledakan tabung CNG di Cibadak, Sukabumi pada November 2023 yang mengakibatkan dua orang meninggal dunia. Namun, tidak terdapat informasi yang menyatakan bahwa tabung berstandar ISO 11439 merupakan penyebab utama. Dengan demikian, insiden Sukabumi secara teknis tidak dapat digunakan sebagai dasar pelarangan penggunaan tabung CNG berstandar ISO 11439 untuk aplikasi GTM. Penggunaan satu kasus di luar lingkup aplikasi standar sebagai justifikasi kebijakan merupakan generalisasi yang kurang tepat secara teknis dan mengindikasikan perlunya penguatan pemahaman terhadap ruang lingkup standar yang menjadi objek kebijakan.

Perlu dicatat secara historis bahwa adopsi standar ISO 11439 di Indonesia bukanlah fenomena baru. Pada awal program konversi CNG sekitar tahun 2007 [21], pemanfaatan gas bumi terkompresi memang diprioritaskan untuk sektor transportasi (kendaraan bermotor), yang secara alamiah mengadopsi ISO 11439 sebagai rujukan desain tabung. Namun, seiring dengan pertumbuhan sektor industri manufaktur dan lonjakan harga BBM, muncul inisiatif bisnis untuk memasok CNG ke kawasan industri yang tidak terjangkau oleh jaringan pipa gas. Pada masa perintisan ini, belum terdapat regulasi khusus (*specific regulation*) di Indonesia yang mengatur secara *rigid* tentang desain dan sertifikasi *Gas Transport Module (GTM)* untuk aplikasi statis atau semi-statis di industri.

Akibat kekosongan regulasi tersebut, para perekraya nasional dan pelaku usaha secara rasional dan patut (*reasonable*) merujuk pada standar internasional tertinggi yang tersedia saat itu, yaitu ISO 11439:2013 (yang saat itu telah dirujuk oleh UNECE R110), untuk menjamin aspek keselamatan keteknikan bejana tekan. Praktik ini telah berlangsung lama lebih dari satu dekade tanpa catatan kegagalan sistemik yang signifikan.

Mencuatnya kebijakan pelarangan secara tiba-tiba dan massal oleh Dirjen Migas justru terjadi setelah adanya laporan insiden di Cibadak, Sukabumi, dan bukan merupakan turunan dari kajian akademik yang komprehensif atau analisis dampak regulasi (Regulatory Impact Assessment/RIA) yang transparan. Kebijakan yang bersifat reaktif (*reactive policy*) ini mengabaikan fakta historis bahwa ekosistem industri telah terbangun dengan mengandalkan standar tersebut, sehingga kebijakan tersebut tidak hanya bertentangan dengan prinsip kepastian hukum (*legal certainty*), tetapi juga mengabaikan asas *intertemporal law* di mana pelarangan tidak boleh diberlakukan surut terhadap desain yang secara sah telah dioperasikan selama bertahun-tahun.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian kebijakan pengaturan tabung CNG pada GTM dengan standar teknis dan kerangka regulasi internasional, khususnya terkait ruang lingkup ISO 11439, mekanisme inspeksi dan *requalification*, batas umur layan, serta implikasi ekonomi dan lingkungan dari pendekatan *retirement* berbasis usia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis analisis dokumen kritis (critical document analysis) yang diperkuat dengan studi komparatif kebijakan (comparative policy analysis). Pendekatan ini dipilih karena permasalahan yang diangkat bersifat kompleks dan melibatkan perbandingan antara dokumen standar teknis internasional, kebijakan pemerintah, serta praktik operasional di berbagai negara. Fokus penelitian adalah pada uji konsistensi logis (*logical consistency*) antara kebijakan nasional dan arsitektur standar global, serta analisis potensi dampak ekonomi (potential economic impact assessment) dari kebijakan tersebut.

Sumber dan Jenis Data

Seluruh data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang terbagi menjadi dua kategori utama. Kategori pertama adalah dokumen teknis dan kebijakan primer, yang meliputi salinan resmi standar internasional (ISO 11439:2013, ISO 19078:2013, ISO 11623:2015, dan UNECE Regulation No. 110), dokumen kebijakan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, serta panduan teknis dari otoritas keselamatan di Amerika Serikat (49 CFR Part 180) dan Brasil (INMETRO Portaria No. 133/2022). Kategori kedua adalah literatur pendukung dan laporan industri, yang terdiri dari jurnal akademik terkait ketahanan material tabung CNG [20], laporan riset pasar global tentang industri tabung tekanan tinggi [15], serta studi tentang ekonomi sirkular dan analisis biaya siklus hidup [14].

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui studi kepustakaan (*library research*) dan penelusuran dokumen resmi (*document review*). Seluruh dokumen yang terkumpul diklasifikasikan berdasarkan negara asal, jenis standar, serta masa berlaku untuk memudahkan proses analisis perbandingan antarnegara. Data harga dan spesifikasi teknis tabung CNG yang digunakan dalam analisis ekonomi diperoleh dari laporan industri dan publikasi pasar yang kredibel [15][17].

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan tiga pendekatan utama yang saling melengkapi. Pertama, analisis isi kritis (critical content analysis), digunakan untuk membandingkan secara detail klausul teknis dalam standar ISO (terutama mengenai masa pakai, *requalification*, dan kriteria penolakan tabung) dengan isi kebijakan pelarangan di Indonesia. Langkah ini bertujuan untuk mengidentifikasi adanya miskonsepsi atau kekeliruan interpretasi terhadap ketentuan standar. Kedua, analisis komparatif kebijakan (comparative policy analysis), digunakan untuk membandingkan pendekatan Indonesia (berbasis kalender) terhadap praktik yang diterapkan di Amerika Serikat, Brasil, dan kerangka PBB (UNECE). Perbandingan ini difokuskan pada pola perpanjangan umur tabung (*life extension*) dan sanksi operasional. Ketiga, analisis ekonomi teknik sederhana (*simple engineering economic analysis*), dilakukan untuk menghitung estimasi kerugian ekonomi akibat kebijakan pemusnahan massal, dengan membandingkan biaya skenario *requalification* berkala melawan skenario penggantian tabung baru menggunakan data harga pasar internasional yang tertera dalam laporan industri [15][17].

Dengan perpaduan metode ini, penelitian diharapkan mampu menghasilkan kritik kebijakan yang tidak hanya bersifat argumentatif, tetapi juga didukung oleh bukti tekstual dari standar internasional dan hitungan ekonomi yang objektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

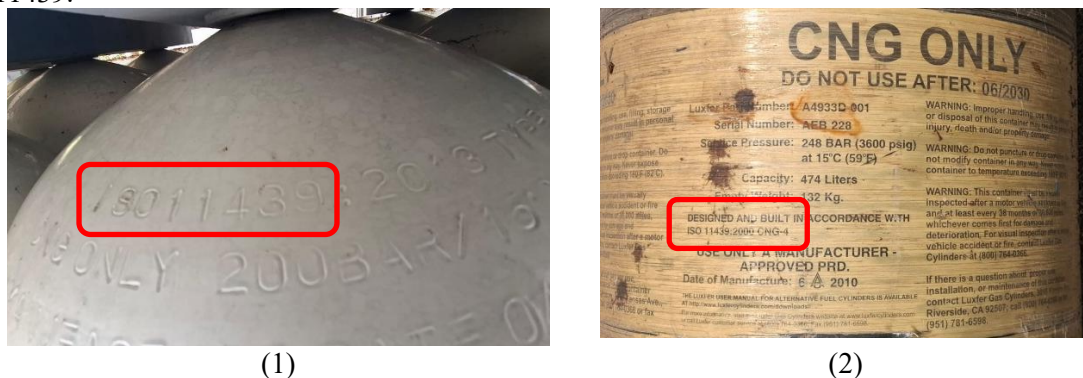
a. ISO 11439: Standar Keselamatan Tertinggi yang Diakui Global

ISO 11439:2013 merupakan standar internasional yang menetapkan persyaratan minimum untuk tabung gas isi ulang ringan yang dirancang khusus untuk penyimpanan gas alam terkompresi bertekanan tinggi sebagai bahan bakar kendaraan bermotor [1]. Standar ini mencakup empat jenis tabung (Type 1 hingga Type 4) dengan persyaratan yang sangat ketat [1]: tekanan

kerja (*working pressure*) 200 bar pada suhu 15°C (Klausul 4.2), tekanan maksimum 260 bar (Klausul 4.2), masa pakai maksimum 20 tahun (Klausul 4.1.2), persyaratan "*leak-before-break*" (Klausul 7.1), uji tekanan 1,5 kali tekanan kerja (Klausul 7.3.1), dan tekanan ledakan minimum 2,25 kali tekanan kerja (Klausul 7.3.2).

Standar ini dirujuk secara eksplisit oleh UNECE *Regulation No. 110* tentang komponen CNG [3]. Annex 3A dari regulasi tersebut secara spesifik mengatur *periodic requalification* tabung CNG dengan ketentuan bahwa setiap tabung harus menjalani inspeksi visual setidaknya setiap 48 bulan setelah tanggal registrasi kendaraan [3]. Dengan kata lain, ISO 11439 adalah standar yang dipilih oleh PBB sebagai rujukan keselamatan publik untuk tabung CNG di seluruh dunia [18][19].

Tabung berstandar ISO 11439 telah teruji secara ekstensif. Penelitian tentang pertumbuhan retak lelah pada baja tabung NGV menunjukkan bahwa tabung yang dirancang sesuai ISO 11439 memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap beban siklik [20]. Standar ini mencakup segala aspek mulai dari sifat material hingga ketahanan terhadap api dan benturan, memberikan bahasa keselamatan universal bagi pengguna global [1]. Fakta ilmiah yang tidak terbantahkan adalah ISO 11439 adalah standar keselamatan tertinggi untuk tabung CNG yang ada di dunia saat ini [18][19]. Tidak ada standar lain yang memiliki cakupan persyaratan keselamatan seluas dan setinggi ISO 11439.



(1) (2)
Gambar 1 (a) Tabung Type 1(Steel) ISO 11439, (b) Tabung Type 3 (Aluminium Composites) ISO 11439
 (Sumber : Penulis 2026)

b. Kekeliruan Fundamental: ISO 19078 dan Prinsip *Requalification*

Salah satu kelemahan mendasar dalam kebijakan pelarangan ISO 11439 adalah asumsi bahwa tabung berstandar ISO 11439 otomatis harus dimusnahkan (scrapped) setelah mencapai umur desainnya. Asumsi ini mengindikasikan bahwa ISO 19078:2013 [2] belum menjadi pertimbangan dalam perumusan kebijakan.

ISO 19078:2013 adalah standar internasional yang secara spesifik mengatur inspeksi, instalasi, dan *requalification* tabung tekanan tinggi yang dirancang dan diproduksi sesuai dengan persyaratan ISO 11439, untuk penyimpanan gas alam sebagai bahan bakar kendaraan [2]. Standar ini menyediakan kriteria untuk penerimaan (termasuk perbaikan yang diizinkan) atau penolakan (termasuk pemusnahan) dari sebuah tabung dan instalasinya [2]. Ruang lingkup standar ini mencakup inspeksi visual, evaluasi katup dan pressure relief device (PRD) [12], verifikasi penandaan, serta prosedur pemusnahan tabung yang dikondemnasi [2]. Dengan kata lain, ISO 19078 adalah "pasangan" dari ISO 11439 yang mengatur bagaimana tabung tersebut diinspeksi, diuji, dan jika masih layak diperpanjang masa pakainya [2][11].

Tujuan *requalification* sebagaimana diatur dalam ISO 19078 adalah untuk menentukan apakah tabung [2]: (1) masih layak digunakan; (2) memerlukan perbaikan tertentu; atau (3) harus ditolak/dimusnahkan bila tidak memenuhi persyaratan keselamatan. UNECE *Regulation No. 110* mendefinisikan *periodic requalification* sebagai "*whereby cylinders are re-qualified for a further period of service an inspection or testing of cylinders at specified intervals according to national*

regulations " [3]. Regulasi ini mewajibkan *periodic requalification* dilakukan setidaknya setiap 48 bulan setelah tanggal registrasi kendaraan [3]. Dengan demikian, tidak semua tabung yang telah mencapai jadwal inspeksi otomatis harus di-scrap [2][3]. Keputusan untuk memusnahkan tabung hanya diambil setelah inspeksi menyatakan tabung tidak layak pakai [2].

Praktik *requalification* berkala adalah standar global. Di Amerika Serikat, 49 CFR §180.205 mengatur bahwa setiap tabung yang memiliki tanda spesifikasi DOT harus menjalani *requalification* [4]. 49 CFR §180.209 selanjutnya mengatur persyaratan *requalification* tabung spesifikasi, termasuk jadwal inspeksi dan pengujian terperinci berdasarkan tipe tabung, material, dan layanan [5]. Tabung tekanan tinggi harus menjalani *Hydrostatic Test*, *Ultrasonic Examination*, dan *Visual Inspection* [4][5][6]. Jika lulus *requalification*, tabung dapat kembali dioperasikan dan diberi tanda *requalification* baru [5]. Hanya tabung yang gagal inspeksi yang harus ditolak atau dikondemnasi [4].

Bahkan di Brasil, badan metrologi INMETRO melalui Portaria No. 133/2022 mengatur *requalification* tabung CNG [7]. *Requalification* tabung CNG terdiri dari inspeksi dan pengujian yang dilakukan pada tabung [7]. Tabung yang dirancang dan diproduksi sesuai ISO 11439 [1] memiliki batas waktu 20 tahun, namun dapat tetap beroperasi selama lulus *requalification* [7]. Fakta ini membuktikan bahwa secara internasional, pendekatan yang diadopsi adalah Condition-Based Life Extension (perpanjangan umur berbasis kondisi), BUKAN *Calendar-Based Disposal* (pemusnahan berbasis kalender) [2][3][4][5][7].

Tabel 1. Tabel 1 menyajikan perbandingan pendekatan antarnegara:

Tabel 1 Perbandingan Pendekatan *Requalification* Tabung CNG Antarnegara

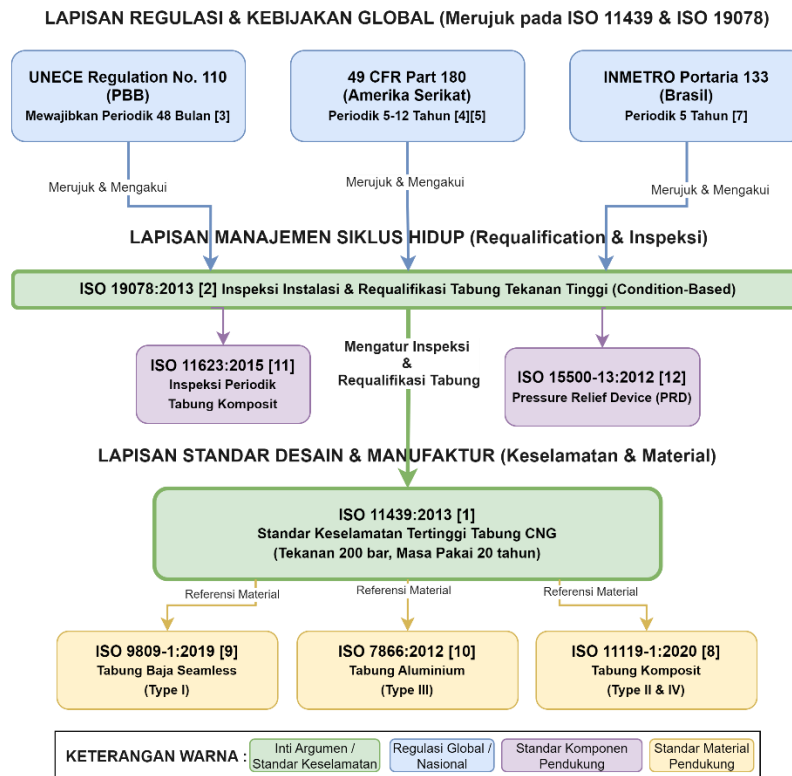
Aspek	ISO (Standar)	Amerika Serikat	Brasil (INMETRO)	Indonesia (Kebijakan Saat Ini)
Standar Acuan	ISO 11439 [1] + ISO 19078 [2]	49 CFR §180.205 [4] & §180.209 [5]	Portaria No. 133/2022 [7]	Larangan ISO 11439 [1]
Pendekatan	<i>Condition-Based</i> [2]	<i>Condition-Based</i> [4][5]	<i>Condition-Based</i> [7]	<i>Calendar-Based</i>
Periode <i>Requalification</i>	48 bulan [3]	5-12 tahun [4][5]	5 tahun [7]	Tidak diizinkan
Life Extension	Diizinkan [2]	Diizinkan [4]	Diizinkan [7]	Tidak diizinkan

Dari seluruh bukti di atas, narasi akademik yang tepat adalah: "Praktik internasional umumnya menerapkan pendekatan berbasis kondisi untuk tabung gas bertekanan tinggi, bukan penarikan dari peredaran secara otomatis yang hanya didasarkan pada masa pakai. Standar seperti ISO 19078 dan kerangka regulasi termasuk 49 CFR Part 180 mengizinkan tabung yang berhasil lulus uji ulang berkala—termasuk uji hidrostatik, pemeriksaan ultrasonik, dan inspeksi visual—untuk tetap beroperasi. Pendekatan ini memperpanjang masa pakai aset, mengurangi pengeluaran modal, meminimalkan limbah material, dan mendukung prinsip-prinsip ekonomi sirkular sambil tetap menjaga keselamatan operasional" [2][4][5][11].

Kebijakan yang mengabaikan fakta ini kurang mencerminkan pendekatan berbasis ilmu pengetahuan, karena belum mempertimbangkan secara komprehensif referensi standar internasional yang mengatur bidang tersebut.

Arsitektur hubungan hierarkis antara standar teknis dan kerangka regulasi yang mengatur siklus hidup tabung CNG dijelaskan pada Gambar 2. Pada lapisan paling bawah, ISO 11439:2013 [1] berfungsi sebagai standar keselamatan tertinggi untuk desain dan manufaktur tabung, yang didukung oleh standar material spesifik seperti ISO 9809-1 (baja), ISO 7866 (aluminium), dan ISO 11119-1 (komposit). Pada lapisan tengah, ISO 19078:2013 [2] mengatur inspeksi, instalasi, dan *requalification* tabung, didukung oleh ISO 11623:2015 [11] untuk inspeksi periodik tabung

komposit dan ISO 15500-13 [12] untuk perangkat pelepas tekanan (PRD). Pada lapisan atas, kerangka regulasi global (UNECE R110 [3]) dan nasional (49 CFR Part 180 AS [4][5] serta INMETRO Brasil [7]) merujuk pada standar-standar ini untuk mewajibkan *periodic requalification* sebagai syarat perpanjangan umur tabung (*condition-based life extension*). Seluruh kerangka ini saling terhubung untuk memastikan keselamatan operasional sekaligus mendukung prinsip ekonomi sirkular [14].



Gambar 2. Arsitektur Hubungan Antar Standar dan Kerangka Regulasi dalam Siklus Hidup Tabung CNG

c. Tidak Ada Dasar Ilmiah untuk Pemusnahan Berbasis Kalender

Hingga saat ini, berbagai penelitian teknis tentang tabung CNG telah banyak dilakukan, mencakup aspek simulasi numerik dan pengujian non-destruktif. Namun, berdasarkan penelusuran kepustakaan yang dilakukan, belum ditemukan publikasi ilmiah yang secara spesifik menganalisis kegagalan sistemik atau kondisi keamanan tabung ISO 11439 pasca-masa pakai 20 tahun yang mewajibkan pemusnahan massal.

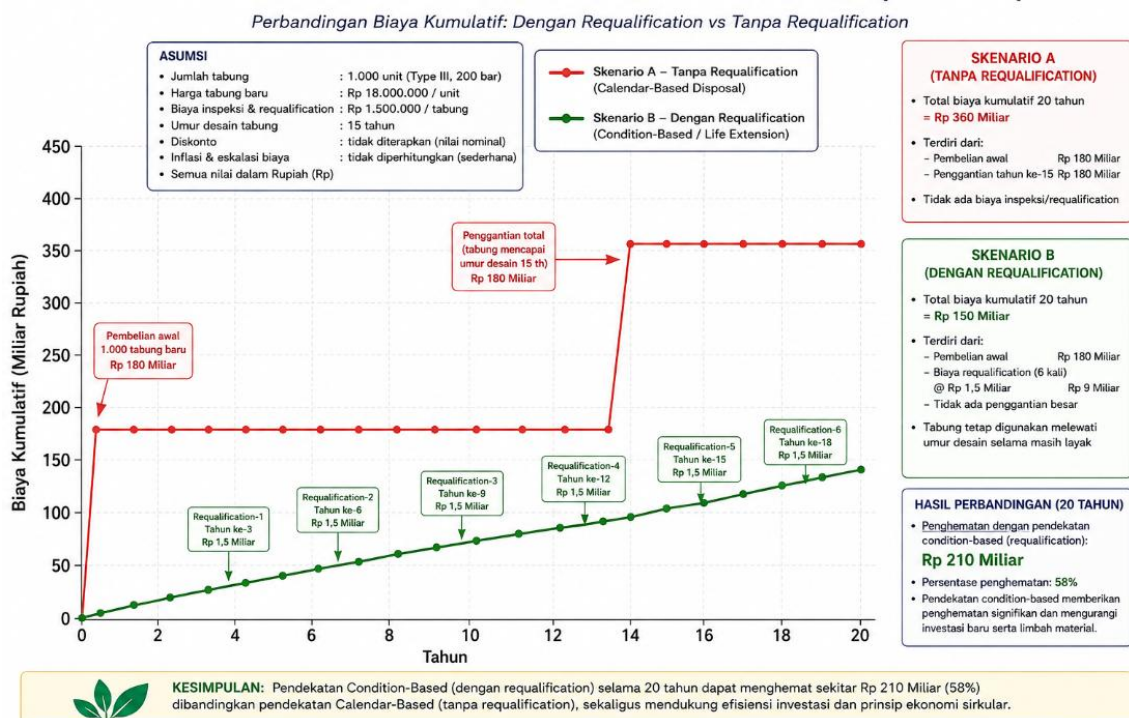
Ketidakhadiran kajian ilmiah tentang bahaya tabung pasca-kadaluwarsa justru memperkuat argumen bahwa kebijakan pemusnahan berdasarkan kalender tidak didukung oleh bukti ilmiah yang memadai, sehingga masih diperlukan kajian lebih lanjut sebelum kebijakan tersebut dapat dijustifikasi. Praktik internasional yang dianut oleh ISO 19078 [2], UNECE R110 [3], 49 CFR [4][5], dan INMETRO [7] adalah pendekatan berbasis kondisi (*condition-based*), yang memungkinkan tabung diperpanjang masa pakainya setelah lulus *requalification*. Tidak adanya bukti ilmiah tentang kegagalan sistemik tabung ISO 11439 pasca-kadaluwarsa, ditambah dengan fakta bahwa standar ini secara eksplisit menyediakan mekanisme *requalification* melalui ISO 19078 [2], menunjukkan bahwa kebijakan pelarangan tidak berdasar dan hanya akan menimbulkan kerugian ekonomi sebagaimana diuraikan pada bagian D.

d. Dampak Ekonomi: Kerugian yang Tidak Terperhitungkan

Dampak ekonomi kebijakan ini menjadi semakin signifikan mengingat mayoritas populasi tabung CNG di Indonesia mengacu pada standar ISO 11439. Berdasarkan data industri CNG di Indonesia 70% populasi tabung CNG di Indonesia merupakan tabung yang mengacu pada standar ISO 11439. Kebijakan pelarangan ISO 11439 akan berdampak langsung pada mayoritas aset tabung CNG yang saat ini beroperasi di Indonesia yang berarti ribuan tabung harus diganti dengan biaya yang sangat besar. Hal ini akan menimbulkan guncangan ekonomi yang signifikan bagi pelaku usaha dan berpotensi menghentikan program konversi energi nasional.

Harga tabung CNG merupakan salah satu komponen CAPEX (*Capital Expenditure*) terbesar dalam investasi infrastruktur CNG. Satu tabung CNG Type 1 (*Steel*) dapat memiliki massa 90–150 kg, dengan harga yang mencapai puluhan juta rupiah per unit [17].

Gambar 3 menunjukkan perbandingan biaya siklus hidup tabung CNG selama 40 tahun, yang memperlihatkan bahwa pendekatan *requalification* [2][11] menghasilkan penghematan biaya yang signifikan dalam jangka panjang, sekaligus mengurangi limbah dan emisi karbon [14].



Gambar 3. Grafik Perbandingan Biaya Siklus Hidup Tabung CNG (40 Tahun)

Tabel 2 menyajikan perbandingan harga tabung CNG berdasarkan tipe material:

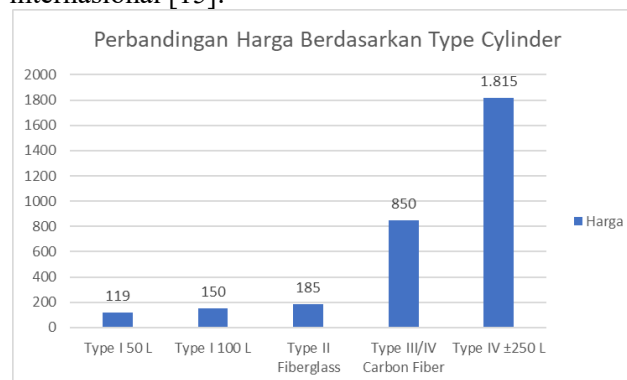
Tabel 2 Perbandingan Harga Tabung CNG [15][17]

Tipe	Material	Berat Relatif	Kisaran Harga (USD)	Estimasi Harga (Rp)*	Karakteristik
Type I	Baja penuh (<i>Seamless Steel</i>) [9][10]	100%	80–300	Rp1,3–4,9 juta	Paling murah, paling berat
Type II	Baja + <i>fiberglass hoop wrap</i> [8]	±70% berat Type I	180–450	Rp2,9–7,3 juta	Berat lebih rendah
Type III	Aluminium liner + <i>carbon fiber</i> [8][10]	±40% berat Type I	500–1.200	Rp8,1–19,5 juta	Ringan, tahan korosi
Type IV	Polymer liner + <i>carbon fiber</i> [8]	±25% berat Type I	1.200–3.000	Rp19,5–48,8 juta	Paling ringan, harga tertinggi

*Perkiraan kurs Rp16.250/USD.

Sebagai ilustrasi, jika diperlukan 1.000 tabung berkapasitas 100 L, maka investasi yang dibutuhkan adalah: Type I Rp2-5 miliar, Type II Rp4-8 miliar, Type III Rp8-20 miliar, dan Type IV Rp20-50 miliar [15][17]. Perbedaannya bisa mencapai lebih dari sepuluh kali lipat antara Type I dan Type IV, sehingga keputusan penggantian tabung akan sangat memengaruhi kebutuhan investasi perusahaan [15].

Trend harga di pasar internasional [15]:



Gambar 4. Perbandingan harga Cylinder

Kebijakan pemusnahan berdasarkan usia kalender tanpa mempertimbangkan hasil inspeksi teknis berarti: ribuan tabung yang masih layak secara teknis harus dimusnahkan [2][11]; pelaku usaha harus mengeluarkan biaya pembelian tabung baru yang tidak diperlukan, yang secara fundamental akan menurunkan *Internal Rate of Return (IRR)* investasi dan meningkatkan *Levelized Cost of Storage (LCoS)* secara signifikan

e. Pelanggaran Prinsip Ekonomi Sirkular

Pendekatan *requalification* sejalan dengan konsep *Circular Economy* yaitu *reuse*, *inspection*, *refurbishment*, dan *remanufacture* dibandingkan langsung membuang aset yang masih memiliki sisa umur teknis [14]. Penelitian di Swedia menunjukkan bahwa strategi reuse dan

recycling merupakan tindakan ekonomi sirkular yang saat ini diterapkan untuk tabung tekanan metal Type I [9][10], sementara *eco-design* dan *recycling potensial* merupakan inisiatif untuk tabung CFRP Type IV [8][14]. Hambatan utama dalam implementasi ekonomi sirkular pada pressure vessel meliputi persyaratan inspeksi yang ketat, volume *End-of-Life* yang tidak memadai, penerimaan rendah terhadap material daur ulang, serta tantangan teknis *downcycling* [14].

Jika ribuan tabung di-scrap hanya karena umur kalender, akan terjadi: pemborosan material baja dan komposit [14]; peningkatan konsumsi energi manufaktur untuk produksi tabung baru [14]; peningkatan emisi CO₂ dari produksi baja baru [14]; serta peningkatan limbah industri yang berdampak pada lingkungan [14]. Indonesia, sebagai negara yang telah berkomitmen pada pengurangan emisi dan pembangunan berkelanjutan, tidak boleh mengadopsi kebijakan yang bertentangan dengan prinsip ekonomi sirkular [14].

f. Hambatan Investasi dan Pertumbuhan Ekonomi

Ketidakpastian regulasi termasuk larangan standar tertentu dan kebijakan pemusnahan aset merupakan salah satu hambatan terbesar dalam pengembangan CNG di Indonesia [16]. Investor dan Badan Usaha (BU) membutuhkan kepastian regulasi untuk menanamkan modal jangka panjang [16]. Kebijakan ini berpotensi mengirim sinyal negatif kepada investor bahwa Indonesia belum sepenuhnya mengadopsi praktik terbaik internasional dan tidak memiliki kepastian regulasi [15][16]. Akibatnya: investasi di sektor CNG terhambat [15]; penciptaan lapangan kerja baru tidak optimal [14]; program konversi energi nasional melambat; dan ketergantungan pada LPG impor tetap tinggi.

g. Pertentangan dengan Regulasi Ketenagakerjaan tentang Bejana Tekan

Berdasarkan Pasal 3 ayat (3) Permenaker No. 1 Tahun 1982 Tentang Bejana Tekan, setiap bejana tekan harus memenuhi syarat-syarat teknis keselamatan yang diuji oleh pihak yang berwenang. Regulasi ini menganut prinsip *performance-based* (berbasis kinerja), di mana parameter keselamatan seperti ketahanan tekanan dan uji material menjadi tolok ukur, bukan larangan terhadap standar desain tertentu. Dengan demikian, kebijakan pelarangan ISO 11439 justru bertentangan dengan semangat regulasi ketenagakerjaan yang mengutamakan kelayakan teknis hasil pengujian, bukan spesifikasi merek atau nomor standar. Pendekatan regulasi yang ideal adalah: (1) berbasis kinerja (*performance-based*) yang menetapkan persyaratan keselamatan yang harus dipenuhi (seperti ketahanan tekanan, uji hidrostatik, dan ultrasonik), bukan menspesifikasikan standar mana yang harus digunakan [1][2][4][5]; dan (2) mengakui standar internasional yang telah terbukti keselamatannya dan memiliki mekanisme *requalification* yang jelas, seperti ISO 11439 yang didukung oleh ISO 19078 [1][2][3].

Kebijakan larangan ISO 11439 bertentangan dengan semangat regulasi Kemenaker karena: membatasi pilihan teknologi tanpa alasan keselamatan yang valid [1][2][3]; menambah beban birokrasi yang tidak perlu bagi pelaku usaha [15]; dan mengabaikan fakta bahwa ISO 11439 adalah standar keselamatan tertinggi yang diakui secara global [1][18][19].

SIMPULAN

Berdasarkan analisis komprehensif yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Larangan ISO 11439 tidak berdasar secara ilmiah [1][2][3]. Standar ini justru dilengkapi dengan mekanisme *requalification* (ISO 19078) [2] yang mengatur perpanjangan umur pakai berbasis kondisi, sebagaimana diakui oleh UNECE R110 [3], regulasi AS (49 CFR) [4][5][6], dan Brasil (INMETRO) [7].
2. Pemusnahan tabung berdasarkan usia kalender adalah tindakan keliru [2][3][4][5][7]. Praktik internasional mengadopsi pendekatan *condition-based life extension*, bukan *calendar-based disposal* [2][11].

3. Kebijakan ini merugikan ekonomi nasional melalui pemborosan aset, peningkatan biaya investasi, penghambatan pertumbuhan ekonomi, dan pelanggaran prinsip ekonomi sirkular [14][15][16].
4. Kebijakan ini bertentangan dengan regulasi Ketenagakerjaan tentang bejana tekan yang mengutamakan keselamatan teknis daripada spesifikasi standar tertentu [1][2].
5. Akar masalahnya adalah terbatasnya pertimbangan teknis dan akses terhadap informasi standar internasional dalam proses perumusan kebijakan, khususnya ISO 11439 [1] dan ISO 19078 [2].

Tabel 3 menyajikan ringkasan argumen dan bukti pendukung:

Tabel 3 Ringkasan Argumen dan Bukti Pendukung

No	Argumen	Bukti Pendukung	Referensi
1	ISO 11439 adalah standar keselamatan tertinggi	Dirujuk oleh UNECE R110	[1][3][18][19]
2	Tabung tidak otomatis di-scrap	ISO 19078 mengatur <i>requalification</i>	[2]
3	UNECE mewajibkan periodic <i>requalification</i>	UNECE R110 Annex 3A	[3]
4	AS menerapkan <i>condition-based</i>	49 CFR §180.205 & §180.209	[4][5][6]
5	Brasil menerapkan <i>condition-based</i>	INMETRO Portaria No. 133/2022	[7]
6	Pemusnahan berbasis kalender keliru	Bertentangan dengan praktik global	[2][3][4][5][7]
7	Kebijakan merugikan ekonomi	Pemborosan aset, peningkatan CAPEX	[14][15][16]
8	Kebijakan melanggar prinsip ekonomi sirkular	<i>Reuse, refurbishment, remanufacture</i>	[14]

Berdasarkan temuan ini, direkomendasikan agar pemerintah mengevaluasi ulang kebijakan pelarangan penggunaan Cylinder ISO 11439, mengingat potensi dampaknya terhadap pertumbuhan ekonomi, penciptaan lapangan kerja, dan percepatan distribusi gas CNG sebagai substitusi LPG dan BBM

Penulis menyadari bahwa penelitian ini memiliki keterbatasan, terutama karena tidak dilakukan wawancara langsung dengan pembuat kebijakan dan belum adanya data empiris hasil uji *requalification* tabung ISO 11439 pasca-20 tahun di Indonesia. Namun, justru keterbatasan inilah yang menjadi celah kritis yang menunjukkan bahwa kebijakan pelarangan yang bersifat masif dan memaksa tersebut tidak didahului oleh kajian ilmiah yang memadai (*ill-informed policy*), sehingga secara akademik kebijakan tersebut tidak dapat dipertanggungjawabkan secara rasional.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan di atas, penelitian lebih lanjut direkomendasikan untuk:

1. Melakukan studi komparatif mendalam tentang implementasi *requalification* tabung CNG di negara-negara ASEAN yang mengadopsi ISO 11439, untuk memperkaya argumen harmonisasi regulasi di kawasan.
2. Mengembangkan model analisis biaya-manfaat (*cost-benefit analysis*) yang komprehensif untuk membandingkan skenario *condition-based life extension* dengan calendar-based *disposal* dalam konteks spesifik Indonesia, dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan secara terintegrasi.

3. Melakukan riset eksperimental tentang kondisi aktual tabung CNG ISO 11439 pasca-20 tahun di Indonesia, untuk mengisi celah pengetahuan ilmiah yang saat ini masih kosong dan memberikan data empiris bagi perumusan kebijakan berbasis bukti.
4. Mengkaji ulang kerangka regulasi nasional tentang bejana tekan dan tabung gas bertekanan tinggi agar selaras dengan praktik terbaik internasional dan prinsip ekonomi sirkular.
5. Melakukan studi tentang mekanisme transisi kebijakan dari pendekatan berbasis kalender ke pendekatan berbasis kondisi, termasuk analisis kesiapan kelembagaan dan infrastruktur pendukung di Indonesia. Sebagai tindak lanjut praktis dari temuan ini, **direkomendasikan agar pemerintah mencabut larangan penggunaan Cylinder ISO 11439** untuk menjamin pertumbuhan ekonomi, menciptakan lapangan kerja, dan meningkatkan distribusi gas CNG sebagai pengganti LPG dan BBM untuk industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan akademisi dan praktisi industri CNG yang telah memberikan masukan berharga selama proses penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ISO 11439:2013, *Gas cylinders — High pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles*. Geneva: International Organization for Standardization, 2013.
- [2] ISO 19078:2013, *Gas cylinders — Inspection of the cylinder installation, and requalification of high pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles*. Geneva: International Organization for Standardization, 2013.
- [3] UNECE Regulation No. 110, *Uniform provisions concerning the approval of: I. Specific components of motor vehicles using compressed natural gas (CNG) in their propulsion system; II. Vehicles with regard to the installation of specific components of an approved type for the use of compressed natural gas (CNG) in their propulsion system*. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe, 2013.
- [4] 49 CFR §180.205, *General requirements for requalification of specification cylinders*. Washington, DC: US Department of Transportation, PHMSA.
- [5] 49 CFR §180.209, *Requirements for requalification of specification cylinders*. Washington, DC: US Department of Transportation, PHMSA.
- [6] 49 CFR Subpart C, *Qualification, Maintenance and Use of Cylinders*. Washington, DC: US Department of Transportation, PHMSA.
- [7] Portaria INMETRO No. 133, de 23 de março de 2022, *Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Requalificação de Cilindros Destinados ao Armazenamento de Gás Natural Veicular*. Brasília: INMETRO, 2022. (<https://legisjet.com.br/conteudo/federal/portaria-inmetro-n-133-de-23-de-marco-de-2022-dou-de-31-03-2022/#forgotten>)
- [8] ISO 11119-1:2020, *Gas cylinders — Design, construction and testing of refillable composite gas cylinders and tubes — Part 1: Hoop wrapped fibre reinforced composite gas cylinders and tubes up to 450 l*. Geneva: International Organization for Standardization, 2020.
- [9] ISO 9809-1:2019, *Gas cylinders — Design, construction and testing of refillable seamless steel gas cylinders and tubes — Part 1: Quenched and tempered steel cylinders and tubes with tensile strength less than 1100 MPa*. Geneva: International Organization for Standardization, 2019.
- [10] ISO 7866:2012, *Gas cylinders — Refillable seamless aluminium alloy gas cylinders — Design, construction and testing*. Geneva: International Organization for Standardization, 2012.

- [11] ISO 11623:2015, *Gas cylinders — Composite cylinders and tubes — Periodic inspection and testing*. Geneva: International Organization for Standardization, 2015.
- [12] ISO 15500-13:2012, *Road vehicles — Compressed natural gas (CNG) fuel system components — Part 13: Pressure relief device (PRD)*. Geneva: International Organization for Standardization, 2012.
- [13] UN Model Regulations, *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods: Model Regulations*, 22nd ed. New York: United Nations, 2021.
- [14] Liu, W., "Moving towards a circular pressure vessel economy in mobility application in Sweden - How can information exchange help?," Master Thesis, IIIIEE, Lund University, 2024.
- [15] "CNG, RNG & Hydrogen Tanks Market Insights," Research and Markets, 2024.
- [16] Kang, D., Kang, S., Kim, B., & Lee, K., "Condition-based fatigue life monitoring of a high-pressure hydrogen storage vessel using a reduced basis digital twin," *Engineering Structures*, 2025.
- [17] "Analysis of AISI 3140 Steel CNG Cylinder for Buses using ISO 11439," FISITA APAC15 Conference.
- [18] "UNECE GRSG-106-29: ECE R110 Annex 3 & ISO 11439: High pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles," United Nations Economic Commission for Europe, Informal Document GRSG-106-29, 2014.
- [19] "UNECE GRSG-112-38: Justification for harmonizing CNG cylinder requirements in UN Regulation No. 110 with ISO 11439:2013," United Nations Economic Commission for Europe, Informal Document GRSG-112-38, 2016.
- [20] "Fatigue crack growth in on-board NGV cylinder steel," *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 1989.
- [21] Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 22.