SISTEM PEMADAMAN KEBAKARAN AGEN BERSIH: JENIS DAN PERTIMBANGAN ALAM SEKITAR

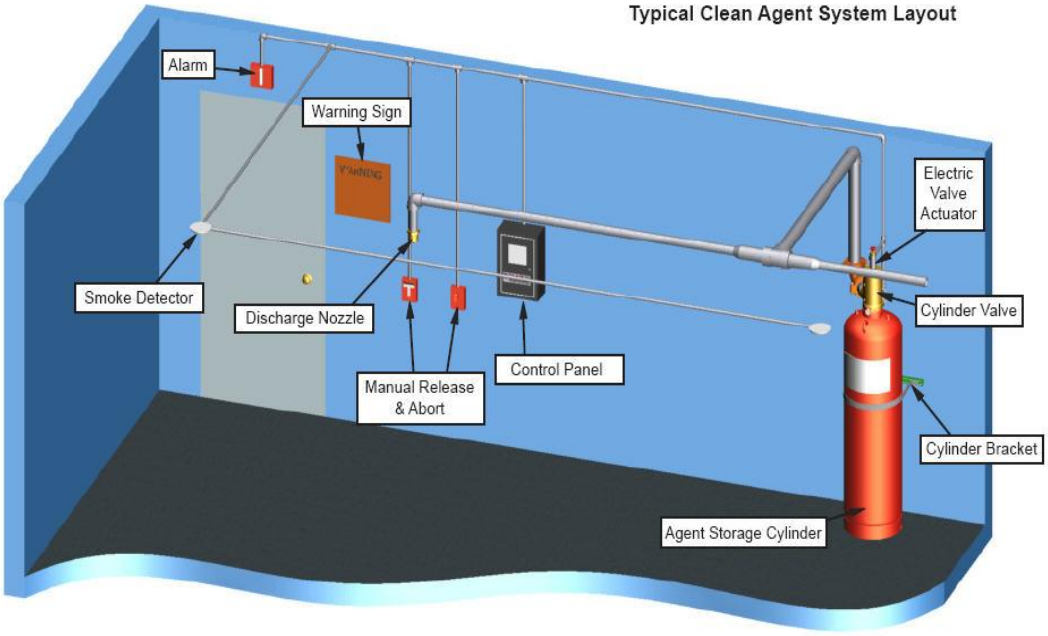
Pengarang: Ir. Dr. Justin LAI Woon Fatt | 25 Mac, 2026

PENDAHULUAN

Sistem pemadaman kebakaran agen bersih yang direka bentuk untuk pembanjiran menyeluruh beroperasi berasaskan prinsip yang lebih kurang sama dengan sistem karbon dioksida (CO_2). Ia sesuai untuk digunakan di kawasan yang biasanya berpenghuni, tertakluk kepada agen khusus yang dipilih. Sistem-sistem ini berupaya memadamkan kebakaran dengan berkesan, di samping bersifat tidak mengalirkan arus elektrik dan tidak meninggalkan sebarang sisa. Selain itu, agen tersebut kekal dalam keadaan gas, membolehkannya tersebar secara sekata dan memenuhi keseluruhan ruang terlindung.

Pemasangan sistem yang tipikal merangkumi silinder simpanan untuk agen bersih, rangkaian paip keluli, muncung pelepasan, peranti pengesanan kebakaran seperti pengesan haba dan asap, serta panel kawalan yang menyelia kawasan terlindung secara berterusan. Sebaik sahaja keadaan kebakaran atau asap dikesan, sistem akan mengaktifkan isyarat amaran yang boleh didengar dan dilihat serta menggabungkan tempoh lengah pelepasan yang telah ditetapkan, bagi memastikan penghuni mempunyai masa yang mencukupi untuk berpindah sebelum agen dilepaskan. Sistem-sistem ini digunakan secara meluas dalam persekitaran seperti bilik pengubah, bilik suis elektrik, bilik penjana kecemasan, dan lokasi lain di mana terdapat peralatan yang sensitif terhadap air [1].

Selaras dengan Undang-Undang Kecil 235 Undang-Undang Kecil Bangunan Seragam *(Uniform Building By-Laws, UBBL)* 1984 (Pindaan 2021), sistem pemadaman kebakaran tetap dikehendaki untuk dilaksanakan sama ada sebagai sistem pembanjiran menyeluruh atau sebagai sistem setempat (perlindungan unit), bergantung pada bahaya tertentu, proses operasi, dan jenis penghunian. Semua pemasangan sedemikian mestilah menerima kelulusan daripada Ketua Pengarah Jabatan Bomba dan Penyelamat Malaysia (JBPM). Bagi sistem agen pembersih, piawaian berkaitan yang terlibat termasuklah NFPA 2001 – Piawaian untuk Sistem Pemadam Kebakaran Agen Pembersih *(Standard for Clean Agent Fire Extinguishing Systems)*, dan MS ISO 14520 – Sistem Pemadam Kebakaran Bergas Menggunakan Agen Bersih *(Gaseous Fire-Extinguishing Systems Using Clean Agents)*.



Gambar 1: Susunan Tipikal Sistem Agen Bersih [2]

JENIS AGEN BERSIH

1. Gas Nadir

Gas nadir (contohnya IG-55, IG-100, dan IG-541) ialah agen bersih yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa serta tidak meninggalkan sebarang sisa selepas pelepasan, sekali gus menghapuskan keperluan untuk kerja-kerja pembersihan. Gas nadir terdiri daripada ga seperti helium, neon, argon, atau nitrogen sebagai komponennya. Gas nadir mempunyai Potensi Penipisan Ozon *(Ozone Depletion Potential / ODP)* yang sifartidak memberikan kesan rumah hijau dan tidak menyumbang kepada pemanasan global, menjadikannya medium pemadaman yang selamat untuk alam sekitar. Agen ini tidak menghasilkan sebarang produk penguraian, bagi memastikan jarak penglihatan kekal jelas selepas pelepasan tanpa pembentukan kabus. Gas nadir adalah tidak menghakis, tidak toksik, dan selamat untuk kawasan berpenghuni. Disimpan sebagai gas mampat di dalam silinder, ia dilepaskan melalui rangkaian paip dan muncung untuk membanjiri ruang terlindung dengan cepat apabila diaktifkan. Ia memadamkan kebakaran dengan mengurangkan kepekatan oksigen ke paras yang menghalang pembakaran sambil kekal selamat untuk penghuni. Gas nadir adalah berkesan terhadap kebakaran Kelas A (bahan api pepejal), Kelas B (cecair dan gas mudah terbakar), dan Kelas E (elektrik), menjadikannya ideal untuk pusat data, arkib, bilik kawalan, dan persekitaran kritikal lain yang memerlukan kedua-dua aspek keselamatan penghuni serta perlindungan peralatan.

2. Halokarbon

Halokarbon (contohnya FK-5-1-12) ialah agen bersih yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mengalirkan arus elektrik yang tidak meninggalkan sebarang sisa selepas pelepasan, sekali gus menghapuskan keperluan untuk kerja-kerja pembersihan dan mengurangkan risiko kerosakan pada peralatan sensitif. Agen halokarbon merupakan bahan yang sebahagian besarnya terdiri daripada satu atau lebih sebatian organik yang merangkumi unsur seperti fluorin, klorin, bromin, atau iodin, termasuklah hidrofluorokarbon (HFC), hidroklorofluorokarbon (HCFC), perfluorokarbon (PFC atau FC), fluoroiodokarbon (FIC), dan fluoroketon (FK). Disimpan sebagai cecair di dalam silinder bertekanan dan dilepaskan sebagai gas, ia memadamkan kebakaran terutamanya melalui penyerapan haba dan gangguan kimia terhadap proses pembakaran. Halokarbon adalah berkesan terhadap kebakaran Kelas A (bahan api pepejal), Kelas B (cecair dan gas mudah terbakar), dan Kelas E (elektrik). Ia juga dianggap sebagai salah satu agen paling selamat untuk digunakan di dalam ruang yang berpenghuni. Kegunaan biasa sistem pemadaman halokarbon merangkumi pusat data, bilik pelayan, hospital, kemudahan pembuatan, industri minyak dan gas, stesen jana kuasa, dan pencawang elektrik.

PERTIMBANGAN ALAM SEKITAR

1. Potensi Pemanasan Global *(Global Warming Potential / GWP)*

- Sistem Gas Nadir: Mempunyai GWP sifar kerana ia terdiri daripada gas-gas yang wujud secara semula jadi serta tidak menyumbang kepada pemanasan global.
- Sistem Halokarbon: Secara amnya mempunyai GWP yang rendah hingga sederhana bergantung pada agen khusus yang digunakan. Agen moden seperti FK-5-1-12 mempunyai GWP yang sangat rendah, iaitu kurang daripada 1, menjadikannya salah satu agen bersih sintetik paling mesra alam yang tersedia pada masa ini [4].

2. Potensi Penipisan Ozon *(Ozone Depletion Potential / ODP)*

- Sistem Gas Nadir: Mempunyai ODP sifar kerana ia tidak mengandungi sebarang sebatian berhalogen yang boleh merosakkan lapisan ozon.
- Sistem Halokarbon: ODP sifar dan tidak menjejaskan lapisan ozon, serta mematuhi piawaian perlindungan alam sekitar yang berkaitan.

3. Jangka Hayat Atmosfera

- Sistem Gas Nadir: Mempunyai kehadiran atmosfera yang berterusan kerana gas-gas ini wujud secara semula jadi, dan tidak bertindak balas, terkumpul atau menimbulkan risiko kepada alam sekitar.
- Sistem Halokarbon: Boleh berbeza-beza bergantung pada jenis agen. Agen yang lebih baharu dan lebih maju seperti FK-5-1-12 mempunyai jangka hayat atmosfera yang sangat singkat, iaitu sekitar 3–5 hari, yang bermaksud ia terurai dengan cepat dan tidak kekal lama di dalam alam sekitar, sekali gus menyokong kemampanan jangka panjang [4]. Sementara itu, agen-agen lama mungkin mempunyai tempoh ketahanan yang lebih panjang di atmosfera dan mengambil masa yang lebih lama untuk terurai.

4. Status Kawal Selia

- Sistem Gas Nadir: Dianggap sebagai pilihan yang kalis masa hadapan dan tidak tertakluk kepada sebarang peraturan fasa penamatan, kerana ia tidak mempunyai sekatan alam sekitar yang berkaitan di bawah piawaian global mahupun tempatan.
- Sistem Halokarbon: Tertakluk kepada peraturan alam sekitar yang berkembang mengikut peredaran masa bergantung pada komposisi kimia khusus agen tersebut. Agen halokarbon tertentu mungkin menghadapi kawalan pengeluaran, inisiatif pengurangan secara berperingkat, atau penelitian kawal selia yang lebih ketat disebabkan oleh potensi pemanasan global atau ketahanan di alam sekitar. Walau bagaimanapun, kebanyakan agen halokarbon moden seperti FK-5-1-12 kekal diluluskan untuk digunakan, disenaraikan dan diiktiraf oleh badan yang diiktiraf (contohnya UL dan FM), serta mematuhi piawaian seperti NFPA 2001 dan MS ISO 14520.

KESIMPULAN

Kesimpulannya, sistem pemadam kebakaran agen bersih yang menggunakan gas nadir dan halokarbon menyediakan penyelesaian perlindungan kebakaran yang berkesan, bebas sisa, dan mesra alam untuk ruang yang sensitif dan berpenghuni. Kedua-dua kategori ini memenuhi piawaian antarabangsa untuk keselamatan dan prestasi, menawarkan pemadaman kebakaran yang pantas tanpa menjejaskan keselamatan manusia, peralatan, atau alam sekitar. Dengan ODP sifar, GWP yang rendah hingga tiada langsung, serta pematuhan kepada NFPA 2001 dan MS ISO 14520, sistem-sistem ini mewakili pilihan yang mampan dan boleh dipercayai untuk aplikasi perlindungan kebakaran moden.

Ir. Dr. Justin LAI Woon Fatt
CEO/ Pengasas
IPM Group

Rujukan:
[1] Mohammad, N,H. (2025). Guide to Fire Protection in Malaysia (Third Edition). Pertubuhan Akitek Malaysia (PAM).
[2] Fire Inspector Co., Ltd. (2014). FM-200 suppression systems. Retrieved on 25th March 2026 from https://www.fire-inspector.com/index.php/en/responsive-joomla-template/88-fm-200-suppression-systems
[3] National Fire Protection Association. (2022). Clean agent system basics. Retrieved on 25th March 2026 from https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/blogs/2022/05/06/clean-agent-system-basics
[4] Fire Fighter Industry Sdn Bhd (n.d.). FK-5-1-12: What is it? Retrieved on 25th March 2026 from https://www.firefighter.com.my/blogs/news/fk-5-1-12-what-is-it

***This Malay translation is for reference only. If the meaning of the Malay translation is inconsistent with the original English version, the original English version shall prevail.*