

Prinsip Keselamatan Secara Intrinsik

Februari 2026



Rajah 1. Persampelan reaktor sebelum ISD*

Alkilasi merupakan tindak balas kimia di mana kumpulan alkil dipindahkan ke dalam molekul. Sebuah reaktor pengalkilan bermangkin di loji telah menghasilkan campuran tiga sebatian (isomer orto, meta dan para). Komposisi produk merupakan spesifikasi kritikal yang perlu dipantau. Pensampelan dijalankan dua kali sehari (sekali bagi setiap syif) di saluran keluar reaktor. Sampel yang diambil adalah panas dan mengandungi bahan berbahaya. Proses pensampelan ini telah mengakibatkan insiden yang memerlukan rawatan pertolongan cemas.

Jurutera telah meneliti data kawalan kualiti statistik bagi sampel tersebut. Keputusan yang diperoleh adalah konsisten dan tidak menunjukkan variasi yang ketara sekiranya kualiti bahan mentah, suhu dan tekanan reaktor dikekalkan. Loji tersebut mengaplikasikan reka bentuk lebih selamat secara intrinsik (Inherently Safer Design, ISD). Kekerapan pensampelan reaktor dikurangkan daripada dua kali sehari kepada sekali seminggu (ISD – Minimum). Amalan pengambilan sampel tambahan telah diperkenalkan apabila berlaku gangguan proses, perubahan kualiti bahan mentah, atau penggantian mangkin. Langkah ini mengurangkan sisa, kos serta meminimumkan pendedahan kepada bahan berbahaya bagi kakitangan yang menjalankan pensampelan dan analisis. Pada masa yang sama, kualiti produk juga tidak terjejas.



Tahukah Anda?

Strategi ISD merangkumi:

- Minimum/ Hapus—Menghapuskan bahan atau aktiviti berbahaya. Mengurangkan inventori bahan berbahaya atau tenaga.
- Ganti—Menggantikan bahan atau proses berbahaya dengan alternatif yang mengurangkan atau menghapuskan bahaya tersebut.
- Sederhana—Menggunakan bahan berbahaya dalam jirim yang kurang berbahaya atau di bawah keadaan yang kurang berisiko.
- Mudah—Mereka bentuk proses, peralatan dan prosedur untuk menghapuskan kerumitan yang tidak perlu.
- ISD tidak terhad kepada reka bentuk. Prinsip ISD boleh diterapkan sepanjang kitaran hayat proses kimia. Proses atau prosedur boleh dipermudahkan dan bahan berbahaya boleh dihapus atau diganti dengan bahan yang lebih selamat dari kilang perintis hingga pengeluaran.

Apa yang Boleh Anda Lakukan?

- Apabila anda terlibat dalam aktiviti mengenalpasti bahaya dan langkah keselamatan— seperti Analisis Bahaya Proses (PHA), siasatan insiden, semakan keselamatan pra-permulaan, Analisa Keselamatan Kerja (JSA) atau semakan keselamatan loji, usahakan penerapan prinsip ISD bagi menghapuskan atau mengurangkan bahaya, dan bukannya terus mencari langkah keselamatan tambahan.
- Sebarang pilihan ISD yang dikenal pasti hendaklah disemak melalui prosedur Pengurusan Perubahan (MOC) sebelum pelaksanaan. Sebarang perubahan meskipun bertujuan menghapuskan atau mengurangkan bahaya, berpotensi memperkenalkan bahaya baru atau meningkatkan magnitud bahaya sedia ada.
- Rujukan: Ganeshmani N. Inherently safer design: Success stories. *Process Saf Prog.* 2025; 1-7. doi:10.1002/prs.70007

Lebih Selamat secara intrinsik – menghapuskan bahaya daripada menguruskannya!