

**ASPEK KESALAHAN MANUSIA DALAM KECELAKAAN
THREE MILE ISLAND UNIT 2**

Sinisius Suwanto, Robertus Indrawanto, Anthony S.

ABSTRAK

ASPEK KESALAHAN MANUSIA DALAM KECELAKAAN THREE MILE ISLAND UNIT 2. Kecelakaan nuklir yang terjadi di PLTN *Three Mile Island* pada Maret 1979 adalah kecelakaan nuklir parah karena menyebabkan kerusakan sebagian bahan bakar dan teras reaktor. Meskipun demikian zat radioaktif yang dilepaskan oleh bahan bakar tidak sampai keluar ke lingkungan karena struktur *containment* mampu menahannya. Makalah ini mengupas rangkaian kejadian kegagalan baik kegagalan komponen maupun kegagalan manusia dalam merespon kondisi transien yang terjadi. Defisiensi sistem instrumentasi di ruang kendali utama dan kurang mampunya/ terlatihnya operator dalam mengatasi kondisi darurat adalah faktor penting penyebab kecelakaan. *Lesson-learned* dari kecelakaan Three Mile Island membuahakan berbagai modifikasi dan bahkan perubahan beberapa komponen pokok keselamatan. Parameter keselamatan harus ditampilkan di ruang kendali utama untuk mengevaluasi kondisi selama reaktor beroperasi dan untuk membantu operator mengantisipasi tindakan yang diperlukan jika terjadi kondisi transien. Persyaratan tambahan lain adalah perlunya simulator untuk melatih kemampuan operator terutama dalam menghadapi kondisi transien.

Kata kunci : Kecelakaan, keselamatan, transien

ABSTRACT

NUCLEAR ACCIDENT OCCURRED AT THREE MILE ISLAND UNIT-2 on March 1979 was considered as a severe nuclear accident causing most of fuels and core components melting. Nevertheless no radioactive material was released to the environment due strong containment structure. This paper discussed failure sequences occurred by both component malfunction and human error failed to respond a reactor transient. Control room's instrumentation system deficiency and lack of operator ability to operate the reactor were main cause of the accident. Lesson learned from this accident entailed several modification even component/ structures changing especially relate to safety. Safety parameters should be displayed at the control room in order to do guide to operators to act and respond in a right manner. Additional requirement was availability of simulator as a structure and place to train operator mainly on emergency or transient simulation

Key Words : transient safety accident

PENDAHULUAN

Dampak peristiwa kecelakaan instalasi Nuklir *Three mile Island* USA pada tahun 1979 merupakan awal kemunduran bagi industri nuklir, hal ini menjadi penghambat pertumbuhan pembangunan pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Oleh karena pemerintah Amerika mengeluarkan kebijakan menunda program Nuklir sampai ditemukan desain PLTN dengan sistem keselamatan yang lebih terjamin^[1].

Dari hasil investigasi diketahui bahwa penyebab kecelakaan instalasi nuklir *Three Mile Island* bersumber dari kegagalan main *feed water pump* yang berfungsi untuk mengalirkan air sekunder ke mesin pembangkit uap. Peristiwa ini mengakibatkan tekanan dan temperatur pada pendingin primer naik dan memicu *pilot operated relief valve (PORV)* membuka secara otomatis sesuai desain sistem keselamatan, sehingga tekanan pendingin primer berkurang. PORV yang per desain harus menutup kembali ternyata tetap membuka. Kejadian ini menyebabkan air pendingin keluar melalui PORV menuju ke tangki drainase. Level permukaan air pendingin di tangki reaktor berkurang dan panas peluruhan yang ditimbulkan dari bahan bakar tidak dapat dibuang, akibat lanjut adalah keseluruhan bahan bakar meleleh.

Dalam kecelakaan ini operator tidak mampu mendiagnosa penyebab kecelakaan atau merespon secara tepat terhadap reaktor yang padam secara mendadak. Sistem instrumentasi ruang kendali utama (RKU) yang tidak memadai serta kurangnya pelatihan kedaruratan yang

harus dijalani operator adalah penyebab dari peristiwa ini.

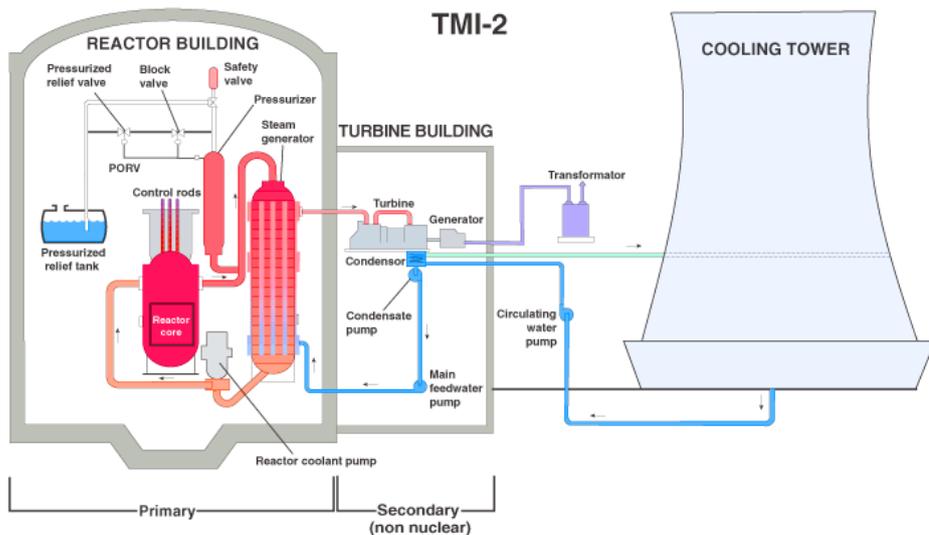
Makalah ini mengkaji rangkaian kejadian atau kegagalan baik kegagalan komponen maupun kegagalan karena faktor manusia yang menyebabkan reaktor daya TMI unit 2 mengalami kecelakaan kerusakan teras dan sebagian bahan bakarnya.

Pada dasarnya prinsip keselamatan pengoperasian PLTN adalah untuk menghindari terjadinya pelelehan bahan bakar di teras reaktor. Bahan bakar yang meleleh akan membebaskan produk fisi yang sifat radiasinya sangat membahayakan kesehatan dan keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan.

Dalam tulisan ini dijelaskan secara umum aspek-aspek penting pengoperasian suatu PLTN yang lalai/ tidak diperhatikan oleh pihak manajemen TMI. Diharapkan tulisan ini dapat menyadarkan komunitas reaktor dan menambah wawasan tentang faktor manusia dalam kaitannya dengan pengoperasian suatu reaktor.

DESKRIPSI

PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir *Three Mile Island unit 2, TMI-2*) yang terdapat di Pennsylvania USA merupakan jenis reaktor air bertekanan (*Pressurized Water Reactor, PWR*) yang mampu membangkitkan daya elektrik sebesar 1000 MWe, tekanan pendingin primer 150 Bar, temperatur rata rata pendingin primer 300°C. Sketsa PWR TMI-2 ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 1. Diagram alir Three Mile Island (TMI) -2

PORV dan *block valve* sebagai komponen yang berfungsi untuk mereduksi tekanan ketika tekanan di bejana reaktor melebihi yang dispesifikasikan pada awalnya dirancang sebagai *non-safety components* hanya berfungsi ketika reaktor sedang beroperasi. *Block valves* dipasang sebagai cadangan ketika PORV mengalami kebocoran. Kedua *valves* tersebut tidak dibutuhkan untuk keperluan *safe shut down* maupun untuk memitigasi akibat kecelakaan yang kemungkinan dapat terjadi. Berdasar pada pengalaman dan perkembangan teknologi pengoperasian reaktor selanjutnya fungsi PORV diubah bahwasanya PORV berfungsi juga untuk memitigasi kondisi transien yang disebabkan oleh pecahnya pipa mesin pembangkit uap (*steam generator tube rupture, SGTR*). Pada kondisi *small break loca (SBLOCA)*, PORV bersama-sama dengan sistem injeksi tekanan tinggi (*high pressure injection, HPI*) berfungsi melakukan *feed and bleed* sampai kondisi transien berakhir.

Kecelakaan TMI-2 yang pada awalnya disebabkan kegagalan mekanik / elektrik *main feed water pump* diperparah

oleh kegagalan PORV untuk menutup kembali. *Main feed water pump* berfungsi untuk mengalirkan pendingin sekunder ke *steam generator* yang bertindak sebagai *heat sink*.

KRONOLOGIS KECELAKAAN

Kecelakaan TMI terjadi ketika reaktor sedang beroperasi 97% daya. Kesalahan berasal dari kegagalan mekanik atau elektrik *main feed water pump* yang bertugas untuk mensuplai air pendingin ke *steam generator*. Peristiwa ini menyebabkan suhu dan tekanan di pendingin primer naik karena perpindahan panas ke sistem sekunder terganggu dan menyebabkan turbin trip dan reaktor padam secara mendadak. Per desain ketika tekanan pendingin primer lebih besar dari 150 bar PORV membuka tetapi sayangnya gagal menutup kembali ketika tekanan di pendingin primer sudah berkurang pada level tertentu. Kondisi PORV yang masih membuka tidak direfleksikan oleh sistem instrumentasi di ruang kendali utama sehingga operator masih berkeyakinan bahwa PORV masih membuka, operator

tidak mengetahui status PORV yang sebenarnya.

Akibat lanjut adalah air pendingin primer keluar melalui PORV yang membuka dan makin lama level air di tangki reaktor turun. Sistem reaktor merespon dengan menginjeksikan air bertekanan tinggi ke tangki reaktor. Ketika air dan uap bersama-sama keluar melalui PORV, level air di pressurizer naik. Kondisi ini direspon oleh operator dengan mengurangi aliran air pendingin primer (operator berfikir bahwa pressurizer tidak boleh penuh dengan air karena pada kondisi tersebut tekanan sistem pendingin primer tidak dapat dikendalikan lagi). Uap yang semakin banyak terbentuk dan terirkulasi di pendingin primer menyebabkan pompa primer bergetar. Kondisi ini direspon oleh operator dengan mematikan pompa primer, aliran paksa berhenti. Operator masih beranggapan bahwa tangki reaktor penuh dengan air. Pada kenyataannya yang terjadi adalah pendidihan air di tangki reaktor dan bahan bakar pada akhirnya kekurangan pendingin dan meleleh.

Tindakan lanjut dari operator adalah menutup block valve yang terletak antara PORV dan pressurizer. Tindakan ini menghentikan laju pengeluaran air pendingin primer melalui PORV.

Akibat kecelakaan yang ditimbulkan adalah sebagian dari teras meleleh dan sekitar 20 ton sisa lelehan bahan bakar dan teras dengan temperatur lelehan sekitar 1130°C.

PEMBAHASAN

Kecelakaan TMI-2 menriger direkomendasikannya beberapa perubahan aspek keselamatan terkait dengan desain, pengoperasian dan proses regulasi suatu reaktor daya. Disain yang memenuhi kriteria keselamatan harus dibarengi dengan pengoperasian yang andal dan selamat serta didukung dengan proses

perijinan/ peraturan yang kuat. Disain yang selamat tidak akan menghasilkan pengoperasian yang selamat jika operator reaktor tidak memiliki skill, pengetahuan yang cukup untuk mengoperasikan reaktor.

Beberapa faktor yang dipercaya merupakan penyebab dari kecelakaan TMI-2 salah satunya adalah kesalahan manusia. Tindakan operator yang tidak mampu merespon kondisi transien dengan tepat dan cepat (yaitu dengan menghentikan injeksi tekanan tinggi) terhadap kondisi transien yang saat itu terjadi (*small break loss of coolant accident, SBLOCA*) menyebabkan bahan bakar kehilangan pendingin dan akhirnya bahan bakar meleleh. Operator dan supervisor merupakan ujung tombak dari keselamatan operasi. Pemahaman akan desain instalasi serta antisipasi terhadap kemungkinan akan adanya gangguan selama reaktor beroperasi harus selalu disadari setiap waktu. Operator harus mempunyai kualifikasi yang memadai, tindakan yang dilaksanakan harus telah terintegrasi di dalam desain, termasuk dalam memanfaatkan semua sistem yang tersedia untuk meminimalkan akibat kecelakaan. Pelatihan yang dilakukan secara berkala merupakan elemen pokok untuk meningkatkan kompetensi dan keahlian sampai pada tingkat yang diharapkan, karena reaktor daya mengimplementasikan teknologi yang kompleks yang membutuhkan personel yang berdisiplin dan berkompetensi tinggi.

Pada saat terjadi kecelakaan TMI-2, banyak sekali alarm yang berbunyi di ruang kendali utama (RKU) membuat para operator dan supervisor kebingungan untuk melakukan tindakan yang tepat. Sistem instrumentasi ruang kendali utama yang tidak memadai serta kurangnya pelatihan kedaruratan yang harus diikuti operator menyebabkan operator tidak mampu mengambil tindakan yang tepat. PORV yang masih membuka tetapi gagal mengindikasikan posisi riilnya di ruang

kendali utama menyebabkan operator tidak mengetahui status keselamatan instalasi. Bahkan ketika injeksi tekanan tinggi (*high pressure injection, HPI*) secara otomatis beroperasi mengalirkan air pendingin ke tangki reaktor, operator masih belum sadar kalau tangki reaktor kehilangan pendingin karena telah terjadi *small break loss of coolant accident (SBLOCA)*. Dilain pihak level air di *pressurizer* menunjukkan pada pada posisi tinggi. Sebenarnya aktifnya HPI untuk mengijeksikan air pendingin ke tangki reaktor dan level air di *pressurizer* yang tinggi adalah dua kondisi yang saling **bertentangan**, dalam arti telah terjadi ketidak normalan (transien). Kondisi ini ditindaklanjuti oleh operator justru dengan menghentikan HPI. Operator khawatir bila *pressurizer* penuh dengan air, tekanan tangki reaktor tidak dapat dikendalikan. Pada kondisi normal, tinggi rendahnya level air di *pressurizer* berfungsi untuk mengendalikan tekanan pendingin primer.

Mengacu kepada kecelakaan TMI-2, NRC merekomendasikan agar pemegang ijin PLTN membentuk divisi pendukung teknis (*Technical Support*) dan *Emergency Management Facilities (EMF)* yaitu fasilitas kedaruratan terdiri dari para ahli dari berbagai disiplin ilmu yang bertujuan untuk membantu operator dalam menjalankan tugasnya. Parameter-parameter keselamatan perlu ditransfer ke pusat pendukung teknis. Dalam hal terjadi transien para ahli berkewajiban membantu merespon dan menentukan tindakan yang tepat untuk menghentikan transien.

Lesson learned dari kecelakaan TMI2 membuahkan berbagai modifikasi dan bahkan perubahan beberapa komponen pokok keselamatan. Beberapa rekomendasi diantaranya adalah bahwa parameter keselamatan harus di tampilkan di ruang kendali utama, untuk mengevaluasi kondisi selama reaktor beropersi dan untuk membantu operator mengantisipasi tindakan yang diperlukan jika terjadi kecelakaan. Prosedur operasi darurat harus

selalu tersedia diruang kendali utama. Para operator harus tanggap apabila parameter system keselamatan operasi yang ditampilkan di ruang kendali mengalami penyimpangan. Parameter sistem keselamatan operasi reaktor meliputi: reaktivitas.

Berbagai tinjauan dilakukan untuk memperoleh desain baru sistem instrumentasi dan kendali oleh desainer PLTN Westinghouse dengan mempertimbangkan beberapa faktor diantaranya: Pengalaman operasi, testing dan kalibrasi, kegagalan manusia, teknologi baru, pengalaman perawatan, pengalaman dari kejadian kecelakaan, dan penyempurnaan pelaksanaan peraturan. Diharapkan dengan keandalan desain sistem instrumentasi dan kendali termodifikasi, kecelakaan reaktor seperti Three Mile Island tidak terulang lagi.

KESIMPULAN

Kecelakaan TMI-2 merupakan kecelakaan nuklir yang disebabkan oleh beberapa faktor. Diantaranya adalah karena kesalahan manusia dan defisiensi sistem instrumentasi di ruang kendali utama. Operator yang disiplin dan berpengetahuan cukup disertai dengan infrastruktur pengoperasian yang lengkap dan andal dapat menjamin keselamatan operasi PLTN.

DAFTAR PUSTAKA

1. **NUCLEAR REGULATORY COMMISSION**, Human Factors Engineering Program Review Model, Rep. NUREG.0711, US Government Printing Office, Washington, DC 91994).
2. **INTERNATIONAL ELECTRO TECHNICAL COMMISSION**, Nuclear Power Plants-Instrumentation Systems Important to Safety-

- Classification, Standard 1226, IEC, Geneva (1993).
3. Modern Instrumentation and control for Nuclear Power Plants: A Guidebook, IAEA, 1999