

Analisis sistem peringatan dini reaktor nuklir dan puspikte Serpong: studi parameter daya reaktor dan parameter pendingin primer terhadap kemungkinan kedaruratan nuklir = Analysis of nuclear reactor early warning system, puspikte Serpong: study of reactor thermal power and primary cooling system parameters toward probability of nuclear emergency

Werdi Putra Daeng Beta, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=99936&lokasi=lokal>

Abstrak

Energi nuklir telah dimanfaatkan di Indonesia untuk berbagai kegiatan. Pemanfaatan energi nuklir harus memperhatikan keamanan dan keselamatan masyarakat dan lingkungan. Dampak lingkungan dari operasi reaktor adalah risiko meningkatnya gross radioaktivitas lingkungan, risiko terlepasnya radionuklida ke lingkungan, risiko pemajanan radiasi pada para pekerja dan pada masyarakat sekitar. Semua risiko tersebut harus dikendalikan pada kondisi yang tidak membahayakan pekerja, masyarakat sekitar dan lingkungan. Oleh karena itu, untuk mengendalikan risiko-risiko tersebut diperlukan sistem peringatan dini.

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengetahui sistem peringatan dini reaktor nuklir dalam menjamin keamanan dan keselamatan masyarakat dan lingkungan. Selain itu ada 3 tujuan khusus, yaitu: (1) Untuk mengetahui pengaruh parameter daya reaktor terhadap kemungkinan kejadian kedaruratan nuklir; (2) Untuk mengetahui pengaruh parameter pendingin primer terhadap kemungkinan kejadian kedaruratan nuklir; dan (3) Untuk mengetahui apakah sistem peringatan dini dapat mencegah pencemaran lingkungan disebabkan oleh kecelakaan nuklir.

Adapun hipotesis claim penelitian ini adalah:

- a) Terdapat hubungan yang positif antara parameter daya reaktor dengan kemungkinan terjadinya kedaruratan nuklir.
- b) Terdapat hubungan yang positif antara parameter pendingin primer reaktor dengan kemungkinan terjadinya kedaruratan nuklir
- c) Sistem peringatan dini reaktor nuklir bekerja secara efisien dan efektif.
- d) Sistem peringatan dini reaktor dapat mencegah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh kecelakaan nuklir.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan simulasi sistem reaktor nuklir. Metode penelitian dilakukan dengan pengamatan atau observasi data lapangan maupun simulasi di laboratorium dan menjalankan program perhitungan permodelan sebaran radionuklida di lingkungan. Sifat penelitian adalah kuantitatif, deskriptif analitik.

Teknik analisis data dilakukan dengan pengkajian keselamatan deterministik (deterministic safety assessment, atau disingkat DSA) berdasarkan spesifikasi teknis dan sistem dengan pengujian 2 variabel bebas yang ditinjau dalam penelitian ini mempunyai nilai deterministik terbesar yang mengakibatkan terjadi

kegagalan sistem; serta dengan menerapkan dua skenario kecelakaan terparah yaitu penyumbatan kanal pendingin elemen bakar (Flow Blockage to Single Cooling Channels) dan pelelehan pelat elemen bakar (Local melting of a Few Fuel Plates) yang terjadi secara berurutan. Kemudian dilakukan perhitungan matematis dan pengkajian kecelakaan yang timbul serta penanggulangan yang mungkin dapat dilakukan dengan berfokus pada penyelamatan manusia dan lingkungan; penetapan serta pengelolaan zona kedaruratan dan zona pendukungnya dalam rangka proteksi terhadap masyarakat dan lingkungan.

Hasil penelitian ini adalah semakin lama reaktor dioperasikan pada daya tinggi maka akan semakin besar peluang untuk terjadinya kedaruratan atau kecelakaan nuklir. Laju alir pendingin primer tetap konstan selama operasi daya tinggi dengan fluktuasi yang dapat diabaikan atau masih dalam batas aman.

Penelitian ini juga berhasil menghitung nilai dosis efektif kolektif pada simulasi kecelakaan pelelehan 6 elemen bakar reaktor (beyond design basic accident, BDBA) dengan asumsi-asumsi yang ketat diperoleh nilai 0,0288 man Sievert. Hal ini berarti bahwa setiap orang yang berada pada radius 0-5 km dari reaktor pada saat kecelakaan akan menerima dosis rata-rata 0,0288 Sv atau 28,8 mSv atau berarti hampir 6 kali dari dosis tahunan untuk masyarakat umum yaitu 5 mSv/ta. Berdasarkan grafik standar efek probabilistik risiko kematian karena kanker pada dosis 28,8 mSv ini diketahui bahwa angka risiko kematian adalah sekitar 2×10^{-3} atau 2 kasus pada setiap 1000 penduduk setiap tahunnya atau 20 kasus per 10.000 penduduk per tahun (Camber, 1992). Artinya jika jumlah penduduk yang terpajan radiasi 176224 orang (sampai dengan radius 5 km) maka ada kebolehtindakan sekitar 176 kasus kematian karena kanker setiap tahunnya. Sistem peringatan dini dalam hal ini adalah benteng pertama (first barrier) yang harus diperkuat dalam rangka pengelolaan lingkungan hidup guna mempertahankan kualitas lingkungan menuju pemanfaatan tenaga nuklir yang aman dan selamat.

Menurut rekomendasi IAEA jika skenario terburuk terjadi maka masyarakat disekitar reaktor pada radius 0.5 - 5 km harus diungsikan sementara (selama 2 hari - 1 minggu) untuk menghindari pemajanan radiasi (IAEA, 2003). Pembatasan atau pengendalian bahan makanan (food restriction zone) karena diduga tercemar oleh auen kecelakaan nuklir yang melalui rantai makanan (produk daging temak, produk susu, vegetasi atau sayuran dan buah-buahan) direkomendasikan dilakukan pada radius 5 - 50 km dari lokasi kecelakaan (IAEA, 2003).

Kesimpulan penelitian ini adalah:

1. Sistem Peringatan Dini adalah bagian yang tidak dapat dipisahkan dari Sistem Kesiapsiagaan Nuklir Nasional. Oleh karena itu, Sistem Peringatan Dini reaktor nuklir dapat bekerja menjamin keamanan dan keselamatan masyarakat dan lingkungan jika didukung oleh sarana dan prasarana pendukungnya termasuk manusia (sumberdaya manusia) sebagai pelaksana penanggulangan keadaan darurat.
2. Parameter laju alir pendingin primer konstan selama operasi daya tinggi, sehingga lebih kecil peluangnya bagi kemungkinan kecelakaan nuklir. Pada kondisi kecelakaan, laju alir pendingin primer menurun hingga melampaui batas aman.
3. Daya reaktor lebih peka bagi kemungkinan kecelakaan nuklir. Semakin lama reaktor dioperasikan pada daya tinggi maka semakin besar peluang untuk terjadinya kedaruratan nuklir.
4. Efektivitas dan efisiensi sistem peringatan dini bergantung pada skenario yang ada dan tim-tim

penanggulangan kedaruratan dalam mengurangi risiko dampak yang timbul, mencegah eskalasi tingkat kecelakaan yang tidak diinginkan serta mencegah penyebaran dampak pencemaran dan kerusakan lingkungan karena kecelakaan nuklir.

Berdasarkan kendala dan keterbatasan penelitian dan pembahasan maka dapat dikemukakan saran sebagai berikut:

1. Mengingat belum ada data baik dalam laporan keselamatan reaktor maupun dokumen-dokumen lainnya maka sebaiknya kecelakaan BDBA dimasukkan ke dalam dokumen keselamatan agar dapat diantisipasi secara dini penanggulangannya.
2. Efektivitas dan efisiensi sistem peringatan dini sebaiknya diukur lebih hati-hati dan dilaksanakan dengan cara latihan penanggulangan kedaruratan secara rutin dengan melibatkan instansi atau lembaga terkait dan mengevaluasinya dengan seksama.
3. Perlu dilaksanakan studi parameter-parameter lainnya selain parameter yang telah diteliti dalam penelitian ini untuk mengetahui untuk kerja sistem peringatan dini secara menyeluruh.
4. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan validasi atau verifikasi model dan studi evaluasi pada rasio percabangan (branching ratio) pemajanan radioaktif ke lingkungan dan bagaimana kerugian ekonomi jika sistem peringatan dini tidak berfungsi dengan baik.
5. Perlu ada sosialisasi tentang penerapan sistem peringatan dini dan potensi bahaya kecelakaan reaktor nuklir kepada masyarakat agar mereka tetap waspada dan bersiap siaga jika potensi bahaya tersebut berkembang dan benar-benar terjadi. Sosialisasi dapat dilaksanakan dengan penyuluhan masyarakat tentang nuklir serta aspek keselamatan masyarakat dan lingkungan; penyebaran brosur-brosur tentang keselamatan nuklir, kedaruratan nuklir dan menyelenggarakan latihan-latihan kedaruratan nuklir yang melibatkan peranserta masyarakat. Sosialisasi ini harus dilaksanakan oleh BATAN, BAPETEN, PEMDA setempat, Badan Koordinasi Penanggulangan Bencana dan Pengungsi (BAKORNAS PBP), Kepolisian, dan instansi terkait lainnya.

Nuclear energy has been utilized for much kind of activities in Indonesia, included nuclear reactor operation. Environmental impacts of its operation are increasing of gross environmental radioactivity, radionuclide release to the environment, and radiation exposure risks to workers and public. All of those risks should be controlled and monitored properly to ensure security and safety of the public and environment. To control and monitor of that risks, early warning system is needed.

General purpose of this research is to recognize the role of early warning system in ensuring security and safety of the public and environment. There are three specific purposes of research, namely: (1) to recognize power reactor parameter influence to probability of nuclear emergency; (2) to recognize influence of primary cooling system parameter to probability of nuclear emergency; and (3) to recognize whether early warning system is able to prevent environmental pollution caused by nuclear accident.

Hypothesis of the research are:

- a) There is a positive relationship between power reactor parameter and probability of nuclear emergency;
- b) There is a positive relationship between primary cooling system parameter and probability of nuclear emergency;
- c) Early warning system works effectively and efficiently.

d) Early warning system of nuclear reactor can prevent environmental pollution caused by nuclear accident.

The type of the research is experimental research laboratory scale, with nuclear reactor simulation system approach. Research methods are observation field data then laboratory simulation and running computer modeling calculation program of radionuclide distribution and release to the environment. The nature of this research are quantitative and analytical descriptive.

Data analytical technique is deterministic safety assessment based on technical specification of the system by testing two independent variables reviewed have big deterministic values which cause system failed. By applying two scenarios of fatal accidents, namely Flow Blockage to Single Cooling Channels and Local melting of a Few Fuel Plates sequentially. Then, mathematical calculation, accident assessment and its anticipation have to be done by focused on saving people and environment; emergency and supporting zones establishment and management in purpose of public and environmental protection. Research results are the longer reactor operation in high power, the bigger probability of nuclear emergency would be happened. In the history of nuclear accident, namely Chernobyl accident, Uni Sovyet, was caused by graphite moderation failure then fuel temperature increased dramatically to initiate power transient leads to core damaged and fuel elements melt down and then widespread of contamination of radionuclide substances to the environment. In this experiment, flow rate of coolant in primay system was constant during high power operation with slightly fluctuation in safety margin, except when accident happened.

This research was successful to calculate collective effective dose of radiation in accident simulation of six fuel elements meltdown (BDBA) with stringent assumptions. Collective effective dose is 0,0288 man Sievert, meaning, everyone within radius of 0-5 km receives average radiation dose of 0,0288 Sv or 28,8 mSv. This means almost six times of yearly radiation dose of the public (5 mSv/year). Based on standard graph (Cember, 1992) of probabilistic death of cancer at dose of 28,8 mSv is 2×10^{-3} or 2 cases per 1000 population per year. It means that there are more than 176 cases per 176224 people (within 0-5 km radius of accident) will die every year. Early Warning System is the first barrier that should be strengthened in purpose of environmental management for maintaining quality of environment on safe and secure utilization of nuclear energy.

According to IAEA's (International Atomic Energy Agency) recommendation, if worse scenario of accident happened, people within radius of 0.5 - 5 km of accident location should be temporary sheltered or evacuated (2 days - 1 week) to avoid radiation exposure (IAEA, 2003). While food restriction zone should be applied, within radius 5 - 50 km from the location (IAEA, 2003).

Based on research results and discussion, it can be concluded as follows:

1. Early Warning System is an integrated part of National Nuclear Emergency Preparedness System. So that, it would be working to ensure security and safety of the public and environment if and only if it is supported by strong management and infrastructures, manpower included as emergency response teams to relieve the situation.
2. Reactor power is more sensitive toward probability of nuclear emergency. So, the longer reactor operated in high power, the bigger probability of nuclear emergency would be happened.

3. Primary coolant flow rate is constant during high power operation, so it has smaller probability of nuclear emergency than the power parameter itself. While in accident, the primary coolant flow rate is dropped exceeding safety margin.
4. Effectively and efficiency of Early Warning System are depending upon applied emergency scenario and alertness of the team personnel to reduce accident's risk and impact, to prevent escalation of the accident and to prevent propagation of environmental pollution and damage because of nuclear accident.

Based on constraints and limitations of the research and the discussion, it can be given some suggestions as follows:

1. Because there is no BDBA data available in safety analysis report and other documents, it would be a wise step to include BDBA accident analysis in the documents. So that people are more prepared in early anticipating the accident if it actually happens. This is to be discussed by BATAN and BAPETEN.
2. Effectively and efficiency of early warning system should be judged cautiously and to be done by emergency response exercises regularly, and to involve other institutions and to evaluate it carefully.
3. It needs to be done the study of other parameters to recognize total performance early warning system.
4. It needs to be done model verification and study of branching ratio of radioactivity exposure to the environment and economic loss identification if early warning system does not function properly.
5. There should be socializations of early warning system application and potential danger of nuclear accident to the public. This is to ensure that the people alert and prepared of the actual danger. Socialization can be done by public counseling of nuclear and its safety aspects; dissemination of information via nuclear safety and emergency brochures; and to arrange nuclear emergency exercises with public involvement. These activities have to be done by BATAN, BAPETEN, local governments, BAKORNAS PBP, Police Department, and other institutions.