

i-NUKLEAR

ILMU . IDEA . INFORMASI



Teknik Nuklear
dalam Penilaian Loji
Pemacu Industri
Negara

Sejarah

Sejarah agensi bermula pada 11 November 1971 apabila satu jawatankuasa yang dikenali sebagai Pusat Penyelidikan dan Aplikasi Tenaga Nuklear (CRANE) ditubuhkan, bagi mengkaji kemungkinan Malaysia mencebur ke bidang teknologi nuklear. Usul ini telah diterima dan diluluskan dalam mesyuarat Jemaah Menteri pada 19 September 1972 yang menyokong cadangan terhadap keperluan Malaysia menuju ke pusat penggunaan dan penyelidikan teknologi nuklear. Pada Ogos 1973, Jawatankuasa Perancangan Pembangunan Negara mencadangkan untuk menamakan pusat ini sebagai Pusat Penyelidikan Atom Tun Ismail (PUSPATI) dan telah diiktiraf sebagai pusat kebangsaan.

PUSPATI telah diletakkan di bawah Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar (MOSTE). Tahun 1983 merupakan detik penting bagi agensi apabila diberikan identiti baru iaitu Unit Tenaga Nuklear (UTN). Serentak dengan itu, UTN telah dipindahkan dari MOSTE ke Jabatan Perdana Menteri (JPM). Ini memberi impak yang besar kepada peranan agensi kerana buat pertama kalinya aktiviti nuklear yang melibatkan perancangan polisi negara dan kegiatan operasi nuklear disatukan di bawah naungan JPM. Namun pada 27 Oktober 1990, UTN telah dipindahkan semula ke MOSTE. Jemaah Menteri dalam mesyuaratnya pada 10 Ogos 1994, telah meluluskan pertukaran nama UTN kepada Institut Penyelidikan Teknologi Nuklear Malaysia (MINT).

Logo baru juga telah diperkenalkan pada 22 Oktober 1994 ketika Hari Pelanggan MINT, yang juga julung kali diadakan. Bagi memberi arah hala yang lebih jelas, visi MINT diperkemas kepada mempertingkat pembangunan dan daya saing ekonomi negara melalui kecemerlangan dalam teknologi nuklear. Pada 13 April 2005 sekali lagi agensi mengalami perubahan entiti apabila digazet dengan nama baru iaitu Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia). Kini Nuklear Malaysia terus melebarkan sayap dalam mengembangkan R, D & C bagi menyokong aspirasi negara.

Peranan

Nuklear Malaysia adalah sebuah agensi di bawah Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI). Nuklear Malaysia juga adalah agensi peneraju penyelidikan dan pembangunan (R&D) sains dan teknologi nuklear bagi pembangunan sosioekonomi negara. Semenjak penubuhannya, Nuklear Malaysia telah diamanahkan dengan tanggungjawab untuk memperkenal dan mempromosi sains dan teknologi nuklear kepada masyarakat, sekaligus menyemai minat dan menyedarkan orang awam akan kepentingan teknologi nuklear dalam kehidupan. Hingga ke hari ini, Nuklear Malaysia kekal penting sebagai sebuah organisasi yang mantap dalam bidang saintifik, teknologi dan inovasi.

Pencapaian cemerlang Nuklear Malaysia adalah bersandarkan pengalaman 51 tahun dalam pelbagai pembangunan S&T nuklear, serta 41 tahun dalam pengendalian reaktor penyelidikan yang bebas kemalangan radiologi dan bersih alam sekitar. Selain itu, hasil R&D yang berpotensi turut diketengahkan ke pasaran sebagai usaha memanfaatkan penemuan inovasi saintifik kepada rakyat dan ekonomi Malaysia. Nuklear Malaysia juga sentiasa memastikan perkhidmatan yang diberikan adalah berkualiti dan bertaraf antarabangsa dalam kelasnya. Kemampuan ini adalah berdasarkan latihan dan disiplin tenaga kerja profesional, infrastruktur, kejuruteraan serta makmal penyelidikan yang lengkap.

Posisi Nuklear Malaysia sebagai pusat penyelidikan unggul telah diiktiraf dan dicontohi oleh agensi-agensi nuklear dari negara-negara jiran, malahan dijadikan model dalam merangka pelan pelaksanaan pembangunan S&T nuklear masing-masing, terutamanya aspek pemindahan dan pengkomersilan teknologi.

Hak cipta terpelihara

Mana-mana bahagian penerbitan ini tidak boleh dikeluar ulang, disimpan dalam sistem dapat kembali, atau disiarkan dalam apa-apa jua cara, sama ada secara elektronik, fotokopi, mekanik, rakaman atau lain-lain, sebelum mendapat izin bertulis daripada Penerbit. Sidang Editor berhak melakukan penyuntingan ke atas tulisan yang diterima selagi tidak mengubah isinya. Karya yang disiarkan tidak semestinya mencerminkan pendapat dan pendirian Agensi Nuklear Malaysia.

isi kandungan

Tinta Ketua Pengarah & Dari Meja Editor	iv
Bual Bicara : Kumpulan PAT – Pakar Teknologi Penilaian Loji	2
Jendela Teknologi : Radioisotop Pemacu Industri Negara	8
Ikon Saintis : Ts. Dr. Mohd Amirul Syafiq: Pakar Pembangunan Standard Antarabangsa bagi Teknik Punca Radioaktif Terkedap dan Penyuruh Radioaktif Industri	12
Fokus Teknologi 1: PipeScanner : Pengesan Mendapan dan Sumbatan Tanpa Musnah Mudah Alih	16
Fokus Teknologi 2 : Pengimbas Turus untuk Industri Minyak dan Gas	20
Fokus Teknologi 3 : Tomografi dalam Perindustrian	24
Fokus Teknologi 4 : Tomografi Mikro Sinar-X (Mikro-CT)	28
Kajian Kes : Teknologi Penyuruh: Langkah demi Langkah Atasi Masalah Industri	32
Kenali Teknologi 1 : Teknik Neutron Teraruh Sinar Gama (NIGPAT)	36
Kenali Teknologi 2 : Teknik Serak Balik Neutron	40
Kenali Teknologi 3 : Pengimbas Mini Berasaskan Teknik Pengecilan Sinar Gama : Peranti Pintar, Kecil-kecil Cili Api	44

PENAUNG

Dr. Rosli bin Darmawan

EDITOR JEMPUTAN

Dr. Muhammad Rawi bin Mohamed Zin
Dr. Nor Pai'za bin Mohamad Hasan
Dr. Shukri bin Mohd

EDITOR KANAN

Habibah binti Adnan

EDITOR

Normazlin binti Ismail

PENULIS

Ts. Dr. Mohd Fitri bin Abdul Rahman
Ts. Dr. Nazrul Hizam bin Yussof
Ts. Dr. Mohd Amirul Syafiq bin Mohd Yunos
Dr. Noraishah binti Othman
Dr. Susan Sipaun
Dr. Hanafi bin Ithnin
Dr. Soleha binti Mohamat Yusuff
Tuan Haji Md Fakarudin bin Ab Rahman
Lahasen@Normanshah bin Dahing
Roslan bin Yahya
Hearie bin Hassan
Mohamad Rabaie bin Shari
Airwan Affandi bin Mahmood
Ahmad Hambali bin Ismail

PEREKA GRAFIK

Norhidayah binti Jait

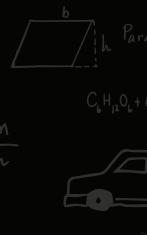
JURUFOTO

Nor Hasimah binti Hashim
Zulhilmy bin Mohamad Latif

DITERBITKAN OLEH:

Unit Penerbitan
Bahagian Pengurusan Maklumat
Agensi Nuklear Malaysia
Bangi, 43000 Kajang,
Selangor Darul Ehsan.

Editorial



Tinta Ketua Pengarah

Industri minyak dan gas adalah salah satu industri yang penting kepada ekonomi negara. Bagi memastikan kecekapan pengeluarannya, masalah yang sering dihadapi industri ini mestilah dapat diatasi dengan efektif khususnya dengan menggunakan teknologi tempatan. Nuklear Malaysia telah berjaya membangunkan teknologi penilaian loji (PAT) yang dapat membantu mengenal pasti kebocoran dan kecacatan sistem perpaipan khususnya untuk industri minyak dan gas. Melalui teknologi berasaskan punca radioaktif terkedap dan teknologi penyurih ini, Nuklear Malaysia menyediakan pelbagai khidmat seperti diagnostik melalui imbasan turus penyulingan, imbasan paip dan paras menggunakan teknik gama dan neutron. Dari makmal ke industri, teknologi ini bukan sekadar untuk sektor minyak dan gas serta petrokimia, tetapi turut digunakan untuk mengesan kebocoran dalam sistem penyejukan dan menguji serta menganalisis bahan atau produk dalam pelbagai industri lain.

Dr. Rosli bin Darmawan
Ketua Pengarah
Agenzia Nuklear Malaysia

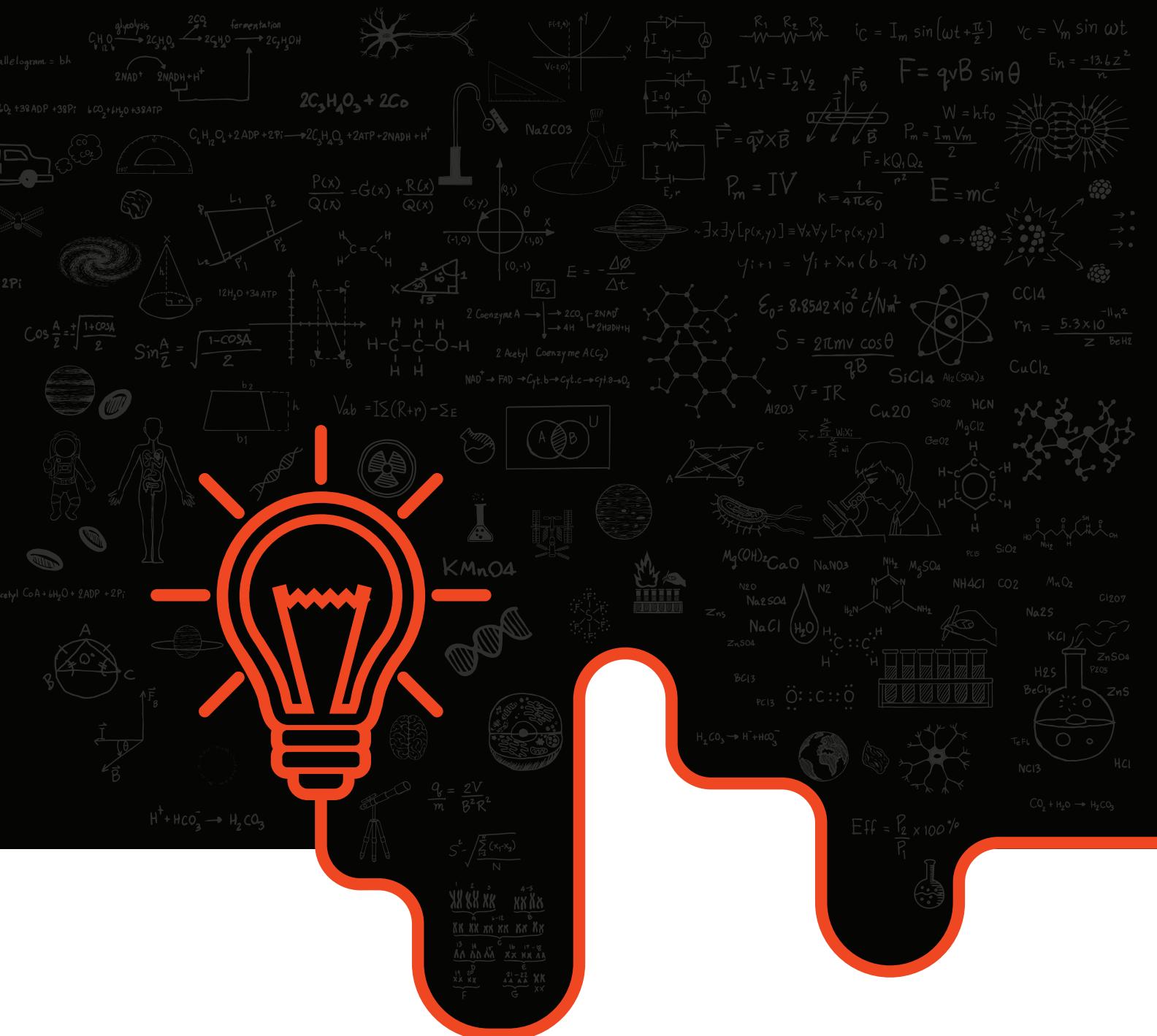


Dari meja editor



Teknologi Penilaian Loji (PAT) adalah salah satu teknologi penting hasil penyelidikan di Nuklear Malaysia. Teknologi PAT ini memberi impak yang besar kepada pembangunan sosioekonomi negara khususnya dalam sektor minyak dan gas. i-Nuklear edisi kali ini mengupas secara terperinci kepelbagaiannya teknik dalam teknologi PAT. Pembaca akan dapat mengetahui aplikasi teknologi ini serta kegunaannya dalam industri negara.

Habibah binti Adnan
Pengarah
Bahagian Pengurusan Maklumat
Agenzia Nuklear Malaysia



Sains hari ini adalah **teknologi** di masa depan

-Edward Teller

KUMPULAN PAT

Pakar Teknologi Penilaian Loji

Oleh : Ts. Mohd Fitri Abdul Rahman, PhD dan Ts. Nazrul Hizam Yussof, PhD

Soalan 1 : Apakah Kumpulan PAT?

Kumpulan Teknologi Penilaian Loji (PAT) adalah kumpulan penyelidikan di bawah Bahagian Teknologi Industri (BTI), Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia). Berteraskan aplikasi teknologi sumber radioaktif terkedap dan teknologi penyuruh dalam industri. PAT juga terlibat memberi pelbagai perkhidmatan termasuk perkhidmatan proses diagnostik melalui imbasan turus penyulingan, imbasan paip, imbasan paras menggunakan teknik gama dan neutron untuk industri di loji petrokimia, loji minyak dan gas, loji rawatan air dan kemudahan lain.

Soalan 2 : Apakah sejarah penubuhan Kumpulan PAT?

Kumpulan PAT ditubuhkan sekitar tahun 1990an. Kumpulan ini diletakkan di bawah Bahagian Teknologi Industri (BTI). PAT pernah diterajui oleh pegawai-pegawai seperti Dr. Jaafar Abdullah, Dr. Susan Maria Sipaun, Ts. Dr. Nazrul Hizam Yusoff dan yang terkini ialah Ts. Dr. Mohd Fitri Abdul Rahman.

Aktiviti utama PAT adalah penyelidikan pembangunan teknologi penggunaan peralatan nuklear untuk industri minyak dan gas. Pelbagai peralatan nuklear telah dibangunkan dan memenangi pertandingan di peringkat kebangsaan dan antarabangsa. Antaranya adalah teknik pengimbas turus untuk paip dan tomografi berkomputer mudah alih. Kumpulan PAT turut memberi khidmat kepada industri minyak dan gas. Antara perkhidmatan yang ditawarkan adalah pengimbas paip, pengimbas turus dan perkhidmatan penyuruh radioaktif untuk kebocoran paip di bawah tanah.



Soalan : Apakah fungsi Pusat Khidmat Kumpulan PAT?

Bahagian ini menyelaras penyediaan perkhidmatan diagnostik melalui imbasan turus penyulingan, imbasan paip, imbasan paras menggunakan teknik gama dan juga neutron. Di samping itu, teknik penyurih juga digunakan untuk memberi perkhidmatan kepada loji petrokimia, minyak dan gas, rawatan air serta kemudahan lain.

Soalan : Apakah khidmat kepakaran yang telah berjaya dikomersialkan?

Terdapat lima khidmat kepakaran kami yang telah berjaya dikomersialkan iaitu:

1. Perkhidmatan dan Perundingan Luaran Pengimbasan Turus (*Column Scanning*)
2. Perkhidmatan dan Perundingan Luaran (Pengesanan Awal Karat di bawah Penebat)
3. Perkhidmatan dan Perundingan Luaran Penyurih Radioisotop Industri
4. Perkhidmatan dan Perundingan Luaran (Imbasan Paip)
5. Perkhidmatan Imbasan Mikrotomografi Sinar-X

Soalan : Boleh kongsikan kejayaan yang telah dicapai oleh kumpulan ini?

Kumpulan PAT telah menghasilkan beberapa inovasi yang telah berjaya memenangi pelbagai anugerah. Antaranya ialah:

1. **Pingat Emas untuk produk, RT-NEMO:** Leak Detection in Underground Pipelines di Malaysia Invention & Innovation Expo (MTE) 2022. Juga memenangi Special Award by Japan Intellectual Property Association (JIIPA).
2. **Pingat Perak untuk produk, Smart Gamma Vessel Scanner – Non-destructive Horizontal Vessel Level Inspection System** di Malaysia Invention & Innovation Expo (MTE) 2022.
3. **Pingat Emas untuk produk, FLEXSI: An Innovative Scanner for Industrial Pipeline Inspection,** Gold Award, SIIF Seoul International Invention Fair, 1 – 4 December 2022.
4. **Pingat Emas untuk produk, MUDSkipper SCAN: Innovative On-site Radiometric Mapping System for Efficient Coastal Erosion Monitoring.** 6th International Innovation, Design and Articulation 2023 (i-IDeATM 2023).





Soalan : Apakah PAT menerima geran penyelidikan?

Ya, PAT juga telah menerima pelbagai geran penyelidikan untuk projek-projek penyelidikannya. Senarai projek seperti berikut:

1. *In-situ Compositional Analysis and Provenance Study of Historic Terengganu Stone (The Inscribed Stone "Batu Bersurat") using Neutron-Induced Prompt Gamma Ray Technique.*
2. *Multi-elemental Analysis in Tin Tailings Processing Plants using PGNAA Technique (IAEA/Coordinated Research Project-F22065)*
3. *GammaScorpion: Mobile Gamma-ray System for Early Detection of Basal Stem Rot in Oil Palm Plantations.*
4. *IAEA MAL 1018 (SUB1): Established Advancement in Technical Capabilities in Radioisotope, Radiation and Nuclear Integrated Technology.*
5. *IAEA MAL 1018 (SUB2): Established Advancement in Technical Capabilities in Advanced Nuclear Technology Through the Application of Radiotracer for Sustainable Industrial Development.*
6. *IAEA TAL-NAPC20201203-008, Development of Standards for Validated Closed Conduits Flowrate Measurement with Radiotracers.*
7. *NM-R&D-22-95 Investigation of Leakage in Underground Pipeline using RTNEMO.*
8. *NM-R&D-22-110 Image Optimization by using Voltage and Filter on 1172 Micro Computed Tomography (Micro CT) System.*
9. *TDF112111509 Project Development of Smart RT-NEMO Capsule for Leak Detection in Underground Pipeline Application.*





Soalan: Apakah peranan PAT dalam pembangunan teknologi nuklear di Malaysia?

Sebagai sebahagian daripada penyelidik Nuklear Malaysia, PAT bertanggungjawab membangunkan teknologi peralatan berdasarkan teknologi nuklear. Teknologi yang dihasilkan ini pula, mestilah berdasarkan kehendak pelanggan agar dapat dimanfaatkan sepenuhnya oleh pihak industri. Sehingga kini, peranan ini telah dilaksanakan dengan penuh komitmen oleh PAT dengan pelbagai teknologi pengimbasan paip dan turus penyulingan khususnya untuk industri minyak dan gas.

PAT turut menjalin kerjasama pendidikan dengan universiti awam dan swasta dengan memberikan latihan dan melatih mereka untuk latihan industri. Penyelidikan PAT juga menjadi tenaga pengajar bagi kursus yang dianjurkan oleh Pusat Kecemerlangan Nuklear Malaysia (CoNE) seperti Kursus Perlindungan Sinaran untuk Pegawai dan *Radiation Safety Awareness*, Kursus IAEA/RCA.

Kumpulan PAT juga terlibat membantu pihak Agensi Tenaga Atom Antarabangsa (IAEA) dengan menyediakan tempat untuk pelatih IAEA menjalankan penyelidikan dan latihan dalam bidang teknologi nuklear. Sehingga kini, PAT telah melatih pelatih dari negara Sri Lanka, Kuwait, Tunisia, Ghana dan Arab Saudi. Pendek kata, pegawai-pegawai PAT adalah antara tulang belakang Nuklear Malaysia sebagai hub latihan dan penyelidikan yang bertaraf antarabangsa.





Soalan : Apakah harapan kumpulan PAT untuk masa akan datang?

PAT amat berharap dapat membantu penyelidik membuat penyelidikan yang berkualiti supaya produk dan teknologi yang dihasilkan dapat membantu masyarakat dan industri serta selamat digunakan oleh pekerja sinaran. Di samping itu kumpulan PAT akan membantu menjadikan Nuklear Malaysia sebagai Organisasi Sokongan Teknikal (TSO) Kebangsaan dalam bidang nuklear dan teknologi berkaitan.

PAT akan memperkuatkan lagi hubungan dan kerjasama dengan organisasi antarabangsa. PAT berharap kumpulan ini akan menjadi rujukan penyelidik tempatan dan antarabangsa khususnya dalam teknologi penilaian loji. Selain itu, PAT berharap menjalin kerjasama serantau dengan universiti tempatan dan antarabangsa, syarikat tempatan dan juga dari IAEA bagi mempromosi pembangunan, penyelidikan dan pengkomersialan produk-produk penyelidikan terkini.



Radioisotop PEMACU INDUSTRI NEGARA

Oleh : Roslan Yahya



Bahan radioaktif terbentuk daripada isotop tidak stabil atau radioisotop. Bahan ini akan mengeluarkan tenaga berbentuk sinaran dalam proses untuk menstabilkan isotop. Sinaran ini tidak boleh dilihat dengan mata kasar namun boleh diukur berdasarkan tenaga dan aktivitinya. Tenaga iaitu jenis sinaran yang dihasilkan oleh bahan radioaktif dan unik bagi setiap radioisotop. Kekuatan tenaga diukur dalam unit elektron Volt (eV). Aktiviti pula ialah kekuatan sinaran yang dihasilkan oleh radioisotop dan diukur dalam unit Curie (Ci). Radioisotop akan menyusut atau mereput bergantung kepada nilai separuh hayatnya. Semakin tinggi separuh hayat sesuatu sumber itu, semakin lama sumber tersebut akan kekal menjadi sumber radioaktif. Radioisotop boleh didapati dalam bentuk punca terkedap dan penyurih.

Punca Terkedap dan Penyurih

Punca terkedap terletak dalam kapsul atau bekas khas supaya lebih selamat dan mengelak daripada berlakunya kontaminasi. Kebiasaannya, punca radioaktif gama boleh wujud dalam bentuk terkedap dan penyurih manakala neutron pula lebih kepada bentuk terkedap sahaja. Penyurih radioisotop pula berada dalam bentuk gas atau cecair. Penyurih boleh bersentuhan secara fizikal dengan bahan lain di sekitarnya dan berisiko besar untuk berlakunya kontaminasi. Namun kewujudannya dalam bentuk yang sedemikian menjadikannya sesuai untuk pengujian lapangan. Teknologi penyurih dan teknologi punca radioaktif terkedap adalah di antara teknologi radioisotop yang banyak kegunaannya dalam industri.

Teknologi Penyurih Radioisotop

Penyurih radioisotop atau '*radiotracer*' mempunyai sifat yang serupa dengan produk, iaitu sama ada dalam bentuk cecair atau gas. Dalam keadaan ini, bahan ini mampu bergabung dengan proses yang terdapat di dalam sistem loji industri dan kemudiannya mudah dikesan dengan menggunakan pengesan sinaran.

Kebiasaannya sumber radioisotop dalam teknik ini dipilih berdasarkan ciri nilai separuh hayatnya yang rendah dan mudah larut dalam medium yang diproses. Sebagai contoh, teknesium-99m yang mempunyai separuh hayat enam jam digunakan dalam medium cecair. Separuh hayat yang pendek menyebabkannya tidak kekal lama dalam medium yang diproses.

Kegunaan Penyurih

Dalam perindustrian, teknik penyurih digunakan untuk memantau proses, mengoptimumkan kecekapan, dan memastikan keselamatan loji. Antaranya adalah termasuk pengesan kebocoran, pengukuran aliran, kajian pencampuran, pengoptimuman proses, penjejakan bahan, kajian pengaratan dan kawalan kualiti.

Teknologi Punca Terkedap

Teknologi punca terkedap pula melibatkan penggunaan radioisotop yang ditempatkan di dalam kapsul khas. Radioisotop disimpan dalam kapsul yang diperbuat daripada bahan tumpat seperti keluli atau logam. Kapsul ini direka khusus bagi melindungi radioisotop di dalamnya daripada berlakunya kerosakan, kebocoran dan pengaratan. Kapsul yang kedap air dan udara ini juga menyediakan perlindungan fizikal terhadap bahan radioaktif serta mengurangkan risiko berlakunya kontaminasi sinaran yang tidak diingini kepada orang awam, pekerja sinaran mahupun alam sekitar.

Manfaat Punca Terkedap

Penggunaan punca terkedap berasaskan sinaran gama biasanya melibatkan teknik transmisi manakala punca terkedap neutron melibatkan teknik serak balik. Bagi punca sinar gama, teknik yang digunakan berasaskan perbezaan ketumpatan pada objek yang dikaji. Sebarang perubahan keamatian sinaran yang dikesan akan merujuk kepada perubahan ketumpatan bagi objek yang dikaji. Penggunaan punca terkedap berasaskan isotop neutron pula akan melibatkan teknik serak balik neutron bagi mengesan kelembapan pada objek yang dikaji. Imbasan turus penyulingan adalah salah satu penggunaan punca terkedap dalam industri minyak dan gas untuk memeriksa keadaan dalaman turus penyulingan. Sinaran dari punca terkedap ini dapat menembusi turus penyulingan dan dengan bantuan pengesan sinaran, profil ketumpatan dapat diperolehi bagi membantu mengenal pasti kedudukan dulang penyulingan dan masalah proses di dalamnya.

Imbasan paip pula menggunakan punca terkedap untuk mengesan kehadiran mendapan dalam sistem perpaipan industri. Apabila lokasi mendapan dikenal pasti, pihak industri dapat merancang penyelenggaraan perpaipan yang efisien agar masalah paip tersumbat dapat dihindari. Imbasan paras dan imbasan kelembapan pula menggunakan punca terkedap neutron berdasarkan prinsip serak balik neutron yang bertindak balas dengan unsur hidrogen dalam bahan atau kawasan yang dikaji. Teknik ini membantu mengenal pasti paras cecair di dalam tangki atau kehadiran kelembapan dalam sesuatu medium. Pengesanan awal dapat mengelak masalah karat yang akan menyebabkan kerugian besar kepada pihak industri.



Proses suntikan penyurih radioaktif



Punca terkedap cesium-137 (Cs-137) di



if ke dalam paip



dalam kapsul logam

Pemilihan dan Kelebihan Punca Terkedap

Punca terkedap biasanya dipilih berdasarkan nilai tenaga penembusan yang tinggi seperti 'cobalt-60', 1173 dan 1332 KeV, atau 'cesium-137', 662 KeV. Separuh hayat masing-masing pula 5.7 dan 30 tahun. Ini bermakna punca ini boleh digunakan untuk kajian bahan komponen industri yang besar dan boleh digunakan dalam jangka masa yang lama sebelum diganti. Kelebihan utama teknologi punca terkedap adalah keupayaannya untuk memberikan dos sinaran yang terkawal serta mudah dibawa dan diubah suai semasa kerja lapangan.

Secara keseluruhan, penggunaan teknologi penyurih radioisotop dan punca terkedap adalah kaedah yang berkesan dalam mengenal pasti masalah dan memahami proses yang berlaku dalam bidang industri. Pemilihan penyurih radioisotop serta punca terkedap yang sesuai serta memenuhi keperluan teknikal, membolehkan teknologi ini dapat memberikan hasil yang boleh dipercayai serta membantu pihak industri untuk lebih memahami proses atau sistem yang mereka miliki.



Pengujian kelembapan pada dinding 'vessel'



Ts. Dr. Mohd Amirul Syafiq: Pakar Pembangunan Standard Antarabangsa bagi Teknik Punca Radioaktif Terkedap & Penyurih Radioaktif Industri

Oleh : Normazlin Ismail & Ts. Mohd Amirul Syafiq Mohd Yunos, PhD

Teknologi punca terkedap dan penyurih radioaktif banyak dimanfaatkan dalam sektor industri terutamanya industri minyak dan gas, industri pembuatan dan petrokimia dan lain-lain. Pengujian menggunakan penyurih radioaktif dan punca terkedap ini kebanyakannya menggunakan prosedur yang dibangunkan sendiri oleh pakar yang membangunkan teknologi berkenaan tanpa prosedur piawai. Hal ini boleh menyebabkan teknik pengujian yang sama digunakan namun menghasilkan keputusan yang berbeza. Bagi mengatasi masalah ini, satu prosedur standard sangat diperlukan.

Idea pembangunan standard antarabangsa bagi penggunaan teknologi punca terkedap dan penyurih radioaktif industri telah dimulakan oleh Bahagian Aplikasi dan Sains Nuklear di bawah Agensi Tenaga Atom Antarabangsa (IAEA) yang berpangkalan di Vienna, Austria. IAEA melalui Program Kerjasama Teknikal (TC) telah membangunkan pelbagai aplikasi teknologi nuklear untuk dimanfaatkan dalam pelbagai sektor dan industri.

Teknik-teknik yang telah berjaya dikomersialkan dan matang memerlukan piawaian antarabangsa untuk menjamin kualiti perkhidmatan dengan harapan semua negara-negara anggota akan sentiasa bekerjasama dengan pihak berkepentingan dalam mengekalkan dan memastikan tahap jaminan kualiti, kebolehpercayaan dan keselamatan produk dan perkhidmatan kerja. Piawaian ini juga akan dapat memastikan pembangunan, pengoperasian dan pelaksanaan perkhidmatan menjadi lebih berkesan dan selamat. Sehubungan dengan itu, pihak IAEA telah memulakan gerak kerja pembangunan standard dengan bantuan pakar-pakar aplikasi nuklear dari negara-negara anggota terpilih dan juga melibatkan Pertubuhan Standardisasi Antarabangsa (ISO) yang merupakan sebuah pertubuhan antarabangsa bukan kerajaan juga turut terlibat dalam pembangunan standard ini.

Nuklear Malaysia melalui Kumpulan Teknologi Penilaian Penilaian Loji (PAT) telah memanfaatkan kepakaran dan aplikasi teknologi sumber radioaktif terkedap dan teknologi penyurih bagi tujuan diagnostik dan penyelesaian masalah dalam industri seperti pengimbangan turus penyulingan, paip, paras, menggunakan teknik gama, sinar-X dan neutron. Sehubungan dengan itu, Unit Sains Fizikal dan Kimia,



Pembangunan standard antarabangsa bagi teknik punca radioaktif terkedap dan penyuruh radioaktif industri



IAEA telah memberi kepercayaan kepada Ts. Dr. Mohd Amirul Syafiq Mohd Yunos, Pegawai Penyelidik Nuklear Malaysia untuk terlibat dalam pembangunan standard antarabangsa ISO sejak tahun 2019. Pihak Jabatan Standard Malaysia (JSM) telah melantik beliau sebagai salah seorang ahli co-opt jawatankuasa standard kebangsaan di bawah jawatankuasa teknikal NSC 08/ TC 1 (Pengukuran Petroleum dan Gas) yang juga bertindak sebagai pakar dalam jawatankuasa teknikal antarabangsa ISO/TC 30/SC 5 (Kaedah Jisim dan Halaju) bagi membangunkan standard ISO/PRF 24460 - Pengukuran Kadar Alir Bendalir Dalam Saluran Tertutup – Kaedah Penyuruh Radioaktif.

Jawatankuasa Teknikal ini bertanggungjawab merangka dan menyediakan dokumen standard serta melakukan aktiviti-aktiviti pengesahan dan penentusahan untuk tujuan penilaian kaedah dan formulasi yang digunakan bagi memenuhi keperluan dan spesifikasi. Antara dokumen standard yang telah selesai dirangka adalah ISO/PRF 24460 - Pengukuran Kadar Alir Bendalir Dalam Saluran Tertutup – Kaedah Penyuruh Radioaktif. Standard antarabangsa ini mentakrifkan pengukuran kadar aliran bendalir fasa tunggal dalam saluran tertutup kerana informasi yang tepat mengenai kadar aliran bendalir (ceair dan gas) dalam sistem perindustrian merupakan keperluan penting bagi industri pemprosesan. Pengukuran kadar alir bendalir biasanya diperlukan bagi tujuan penentukan meter aliran yang dipasang, keseimbangan bendalir, pengukuran keberkesanan pam atau turbin, pengagihan aliran dalam rangkaian paip, kebocoran



ISO 15708:2017	Kaedah Radiasi bagi Tomografi Berkomputer
ISO 23159:2020	Kaedah Pengimbasan Sinar Gama pada Turus Pemprosesan
ISO/WD 6366	Ujian Kebocoran Pengandung Tekanan dan Paip Bawah Tanah dengan Kaedah Penyuruh Radioaktif
ISO/NWIP 22913	Formulasi dan Aplikasi Taburan Masa Mastautin dengan Kaedah Penyuruh Radioaktif
ISO/PRF 24460	Pengukuran Kadar Alir Bendalir dalam Saluran Tertutup-Kaedah Penyuruh Radioaktif



bawah tanah dan sebagainya. Satu kelebihan kaedah penyurih radioaktif industri ini ialah pengukuran boleh dilakukan dalam talian dalam persekitaran industri yang teruk, dilaksanakan semasa proses sedang beroperasi, tanpa gangguan dan dengan ketepatan yang tinggi. Selain itu, terdapat beberapa lagi standard antarabangsa berkaitan dengan Teknologi Penilaian Loji sedang dirangka dengan pemantauan dan tajaan IAEA.

Standard-standard ISO yang dirangka ini mampu memberi sumbangan positif kepada kesejahteraan dan ekonomi negara serta memastikan ciri-ciri penting seperti kualiti, ekologi, keselamatan, ekonomi, boleh dipercayai, kesesuaian, *interoperability*, kecekapan dan keberkesanannya dalam bidang teknologi penilaian loji dapat diiktiraf terutamanya dalam perkhidmatan melibatkan teknik punca radioaktif terkedap dan penyurih radioaktif industri.



PIPESCANNER:

Pengesan Mendapan & Sumbatan Tanpa Musnah Mudah Alih

Oleh : Lahasen@Normanshah Dahing



Sistem pengesan mendapan dan sumbatan tanpa musnah dan mudah alih atau dikenali dengan PipeScanner adalah di antara kemudahan tolok nuklear yang terawal dibangunkan di Nuklear Malaysia. Sistem ini juga adalah yang pertama diperkenalkan di Malaysia untuk tujuan pengimbasan paip. Penyelidikan dan pembangunan tolok nukleonik PipeScanner dirintis oleh sekumpulan pegawai penyelidik awal Nuklear Malaysia sekitar tahun 80-an. Sehingga kini, PipeScanner menjadi pilihan kepada loji-loji yang menghadapi masalah mendapan dan sumbatan dalam sistem perpaipan mereka.

PipeScanner direka bentuk dengan ciri mudah alih dengan teknik pengukuran yang tidak merosakkan dan tidak mengganggu fizikal serta proses yang diimbas. PipeScanner ini juga menggunakan sumber radioisotop jenis terkedap dengan aktiviti yang sangat rendah dalam julat *millicurie* (mCi) sahaja. Tolok ini berupaya mengesan kehadiran dan mengenal pasti lokasi mendapan dan sumbatan di dalam sistem perpaipan sama ada berpenebat atau tanpa penebat. Teknik imbasan transmisi sinar gama yang diguna pakai membolehkan pengukuran in-situ dan cepat dilakukan tanpa perlu menghentikan operasi loji yang sedang beroperasi.



Pipescanner yang mudah alih dan menggunakan radioaktif yang rendah amat sesuai digunakan di dalam pelbagai loji dengan selamat

Masalah Sistem Perpaipan dalam Industri

Kebanyakan industri berat seperti petroleum, petrokimia, stesen penjanaan kuasa, perbekalan air dan lain-lain sejak dulu lagi telah menjadikan saluran paip sebagai medium pengangkutan.

Masalah yang biasa dihadapi dalam sistem perpaipan ialah pembentukan lapisan mendapan atau enapan pada dinding dalaman paip. Biasanya fenomena ini terjadi semasa proses penghantaran produk berjalan akibat dari tindak balas fizikal atau kimia. Tindak balas ini berlaku secara alami dengan skala pembentukannya berkadar dengan masa. Berikut adalah di antara punca yang membawa kepada berlakunya pembentukan mendapan atau enapan di dalam saluran paip;

- **Kewujudan Zarah Pepejal :** Zarah pepejal yang terampai dalam cecair boleh terkumpul dan membentuk mendapan dari semasa ke semasa hingga menjadi sumbatan. Zarah ini boleh terdiri dari pasir, karat, atau bahan cemaran seperti lilin dan minyak.
- **Fenomena Kakisan :** Dinding saluran paip yang mengalami tindak balas kakisan akan menghasilkan sisa bahan kakisan yang boleh menyebabkan pembentukan mendapan.
- **Tindak Balas Kimia :** Terdapat proses tindak balas kimia yang menghasilkan produk sampingan yang tidak larut dan boleh membentuk mendapan bendasing.
- **Produk Jenis Berlilin :** Produk jenis berlilin akan membeku dan bergumpal mengakibatkan mendapan dan menyumbat saluran paip. Proses ini berlaku secara meluas dalam industri minyak dan gas.
- **Bahan Enapcemar :** Dalam industri pemprosesan, bahan enapcemar boleh terbentuk dan menyumbang kepada pembentukan mendapan dalam saluran paip.



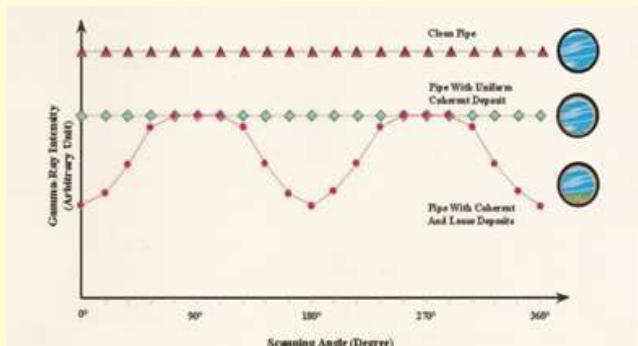
Persediaan dan imbasan saluran paip yang menjadi antara medium utama pengangkutan produk dalam bentuk cecair



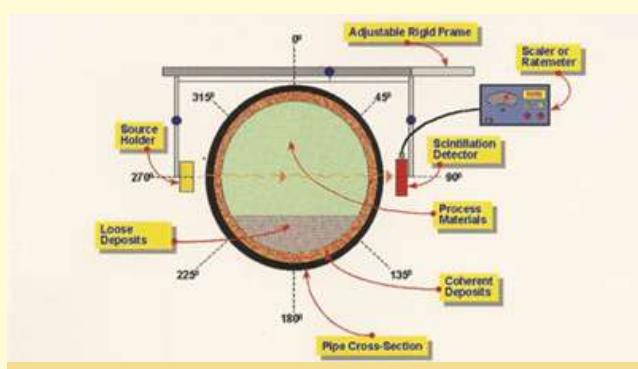
Aktiviti pengukuran dan pengimbasan sistem saluran perpaipan

Pembentukan lapisan mendapan dan enapan ini lama-kelamaan akan menjadi titik sumbatan pada paip jika ia dibiarkan tanpa tindakan pencegahan atau penyelenggaraan. Akibatnya, aliran dalam sistem saluran paip akan menjadi perlahan, boleh tersekat secara tiba-tiba, peningkatan tekanan, kualiti produk dan kecekapan loji terganggu serta kegagalan sistem yang boleh menyebabkan kemalangan.

Walaupun isu mendapan dan enapan yang terbentuk dalam sistem perpaipan adalah sangat kritikal, namun masalah ini tidak boleh diramal atau dikesan kecuali loji atau sistem perpaipan menunjukkan tanda-tanda seperti yang dibincangkan di atas. Oleh sebab itu, untuk masalah pembentukan lapisan mendapan dan sumbatan perlu ditangani seawal mungkin bagi mengekalkan kelancaran dan kecekapan operasi serta memastikan integriti sistem perpaipan sentiasa pada tahap piawaian yang ditetapkan.



Profile dan cirian data hasil pengukuran pada satu titik imbasan dari 0 darjah hingga 360 darjah



Skema kedudukan PipeScanner pada saluran paip yang mana tetapan pengesan dan radioaktif boleh dilaraskan mengikut saiz paip

Kegunaan PipeScanner

PipeScanner adalah salah satu sistem pengimbas paip yang boleh mengesan dan mengenal pasti kehadiran mendapan dalam saluran paip industri pemprosesan. Sistem ini membolehkan maklumat berkenaan cirian sebenar mendapan dan proses dalam saluran paip diperolehi. Di antara kegunaan PipeScanner adalah;

- Mengesan lokasi sumbatan yang wujud di sepanjang paip yang diimbas
- Menentukan ketebalan mendapan di dalam saluran paip atau saluran pengumpulan endapan
- Mengesan zon cecair di dalam saluran paip wap atau suar yang terhasil dari proses pemeluwapan.
- Mengukur kadar ketumpatan aliran bendalir di dalam sistem perpaipan.
- Penilaian dan pemantauan pencairan pemangkinan.

PipeScanner kerap digunakan untuk mengesan dan mengenal pasti mendapan, enapan atau sekatan yang wujud dalam sistem perpaipan dalam pelbagai industri pemprosesan di daratan atau industri petroleum di persisiran.



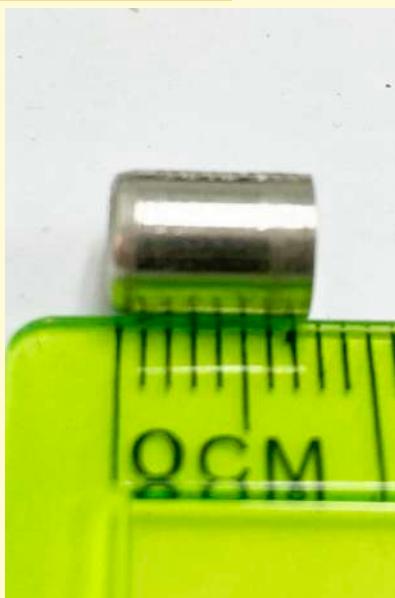
Aktiviti pengukuran dan pengimbasan sistem saluran perpaipan



Asasan boleh dilakukan terus pada paip dengan persediaan yang minimum



Undukan tolok secara transmisi membolehkan pengukuran isipadu dibuat



Mengaplikasikan radioaktif terkedap dengan aktiviti yang sangat rendah



Imbasan boleh diaplakasi pada pelbagai saiz dan jenis paip hanya dengan mlaraskan tetapan pengesan dan sumber radioaktif mengikut saiz paip yang diperiksa

Kelebihan Pipescanner

Pembangunan dan penyediaan khidmat PipeScanner adalah sejajar dengan keperluan kepada teknik pengesanan mendapan yang boleh dipercayai, cepat dengan keputusan yang tepat dan menyediakan data lengkap. Berikut adalah ciri-ciri utama dan kelebihan Pipescanner dalam mengesan dan mengenal pasti mendapan di dalam paip;

- Pengukuran tanpa merosakkan atau mengganggu proses sama ada secara fizikal atau tindak balas kimia.
- Pengimbasan tanpa sentuh, iaitu pengukuran boleh dilakukan tanpa bersentuhan dengan medium di dalam paip. Oleh itu tolok dan data tidak dipengaruhi dengan keadaan yang ekstrim seperti suhu dan tekanan yang tinggi ataukekakisan.
- Kerja-kerja penyediaan paip untuk imbasan ringkas dan tidak rumit
- Penggunaan sumber radioaktif terkedap dengan aktiviti yang sangat rendah dalam julat *millicurie* (mCi) dan mempunyai ciri keselamatan radiologi mengikut piawaian yang ditetapkan.
- Sistem ini mudah dipasang dan dilerakan.
- Sistem ini boleh mengimbas saluran paip berpenebat atau tanpa penebat haba, yang mengalirkan cecair atau gas sama ada dibuat daripada logam atau bukan logam.
- Sesuai untuk pelbagai saiz kerana sistem ini boleh dilaraskan mengikut saiz paip.
- Analisis data yang cepat, tepat dan boleh dipercayai.



PEN
dalam



GIMBAS TURUS PENYULINGAN

Industri Minyak & Gas

Oleh : Ahmad Hambali Ismail

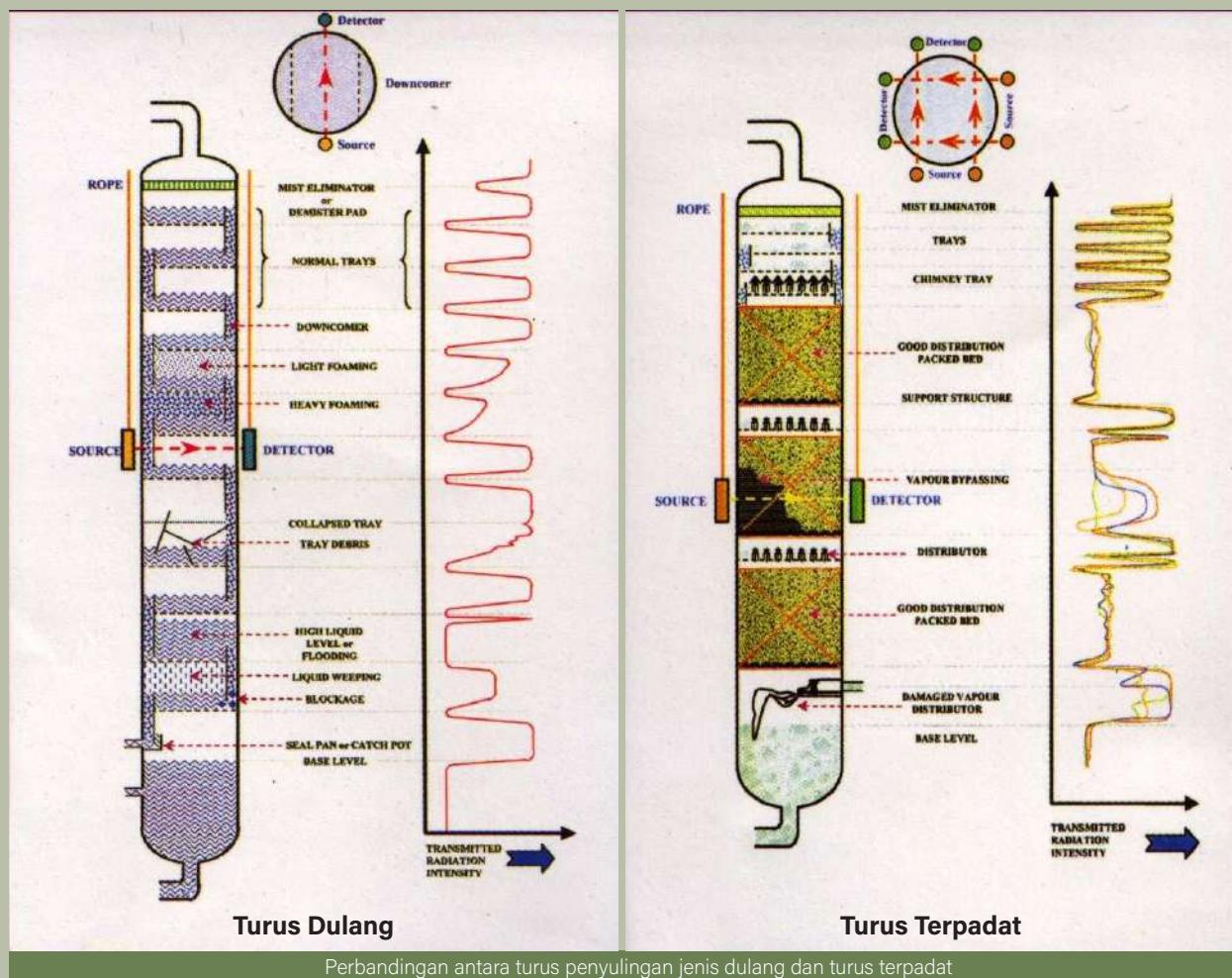
Industri minyak dan gas merupakan salah satu industri yang penting di negara kita. Turus penyulingan ialah salah satu daripada fasiliti penting dalam industri ini. Minyak mentah akan diproses dan ditapis di turus penyulingan untuk memisahkan komponen hidrokarbon yang terdapat dalam minyak mentah tersebut. Turus penyulingan yang digunakan secara meluas dalam industri minyak dan gas ialah turus dulang dan turus terpadat.

Dalam keadaan normal, dulang atau pemedat di dalam turus penyulingan mestilah berada dalam keadaan yang optimum. Ketidaksempurnaan yang terjadi kepada dulang tersebut boleh menjelaskan kualiti dan kuantiti hasil pengeluaran yang

seterusnya akan menyebabkan kerugian besar kepada pemilik loji. Pemeriksaan keutuhan dulang perlu dilakukan tanpa mengganggu operasi penyulingan dengan kaedah pengimbas turus menggunakan sinaran gama.

Teknik Pengimbasan Turus Penyulingan

Teknik pengimbasan turus penyulingan menggunakan bahan radioaktif yang mengeluarkan sinar gama. Sinar gama bertenaga tinggi digunakan kerana mempunyai kuasa penembusan yang kuat berbanding sinaran mengion yang lain. Punca sinaran gama terkedap Kobalt-60 (60Co) dan Sesium-137 (137Cs) serta alat pengesan sinaran sintilasi jenis natrium iodida (NaI) digunakan. Sistem perolehan dan paparan datanya ialah *scaler ratemeter* yang disambungkan kepada alat pengesan sinaran untuk memaparkan data sinaran pada skrin.



Perbandingan antara turus penyulingan jenis dulang dan turus terpadat

Lukisan mekanikal dan jenis bahan bagi komponen secara terperinci berkenaan turus penyulingan seperti dimensi turus serta maklumat dalam turus sangat diperlukan. Maklumat ini penting khususnya untuk menganalisis data bagi mengenal pasti masalah turus tersebut. Ketebalan dinding, garis pusat turus penyulingan dan jenis bahan dulang juga perlu diketahui dengan tepat untuk menentukan bahan radioaktif yang akan digunakan. Pemilihan bahan radioaktif yang tepat dan bersesuaian penting bagi memastikan sinaran gama cukup kuat untuk menembusi turus penyulingan dan seterusnya menghasilkan data yang tepat.

Selain itu, maklumat jenis turus penyulingan sama ada mempunyai dulang atau terpadat serta arah dan jenis penurun yang terdapat dalam turus juga diperlukan. Maklumat ini diperlukan untuk menentukan arah dan kedudukan bahan radioaktif serta pengesan sinaran yang akan digunakan semasa pengimbasan.

Bagaimana Pengimbasan Dilakukan?

Pengimbasan dilakukan dengan meletakkan punca radioaktif di suatu bahagian yang bertentangan dengan alat pengesan sinaran secara selari. Kedua-dua punca sinaran dan alat pengesan sinaran itu digantung pada puncak turus penyulingan menggunakan pita pengukur. Punca sinaran dan alat pengesan sinaran akan diturunkan secara serentak dari puncak turus sehingga ke ketinggian yang paling minima. Bacaan data sinaran akan direkodkan pada setiap beberapa selang jarak. Sebagai contoh, untuk turus penyulingan yang berketinggian 60 meter, bacaan data sinaran akan direkodkan kebiasanya pada setiap 50 milimeter. Jarak ini dipilih untuk memastikan jarak serapat yang boleh antara satu sama lain agar semua bahagian dalam turus itu dapat diimbas tanpa ada yang terlepas. Antara faktor kritikal yang perlu sentiasa dipantau ketika sesi pengimbasan





ng melakukan pemantauan sinaran secara berkala semasa sesi pengimbasan



Proses pengimbasan turus penyulingan



Radas untuk pengimbasan turus penyulingan



Turus penyulingan simulasi pengimbasan

adalah untuk sentiasa memastikan punca sinaran dan alat pengesan sinaran yang diturunkan dari puncak turus berada dalam satu garisan selari antara satu sama lain. Hal ini adalah penting untuk memastikan bacaan data sinaran yang direkodkan adalah tepat kerana ianya akan mempengaruhi proses menganalisis data yang akan dilakukan selepas itu. Data-data yang direkodkan itu kemudian akan diproses dan dianalisis untuk mengenal pasti masalah yang terdapat dalam turus penyulingan. Laporan akhir akan diserahkan kepada pihak loji setelah proses menganalisis dan mengenal pasti masalah selesai. Loji penyulingan simulasii digunakan untuk tujuan latihan dan penyelidikan bagi teknik pengimbasan turus.

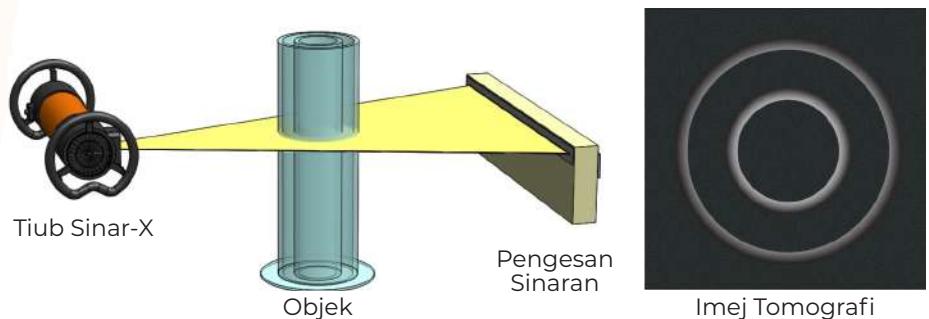


Tomografi DALAM PERINDUSTRIAN

Oleh : Susan Sipaun, PhD, Hanafi Ithnin, PhD, Hearie Hassan,
Mohamad Rabiae Shari & Airwan Affandi Mahmood

Tomografi Berkomputer

Tomografi berkomputer (*Computed tomography-CT*) adalah satu teknik untuk mendapatkan imej keratan rentas dalaman sesuatu objek. Dalam proses CT, objek yang hendak diimbas diletakkan di antara sistem pengesan digital dan punca sinar-X seperti rajah di bawah. Objek tersebut didedahkan kepada sinar-X yang mempunyai tenaga penembusan yang tertentu. Penggunaan tenaga sinar-X yang sesuai akan menghasilkan imej keratan rentas dengan resolusi kontras yang optimum. Imej yang diperolehi memberi gambaran bentuk, struktur dan komposisi dalaman objek tersebut.

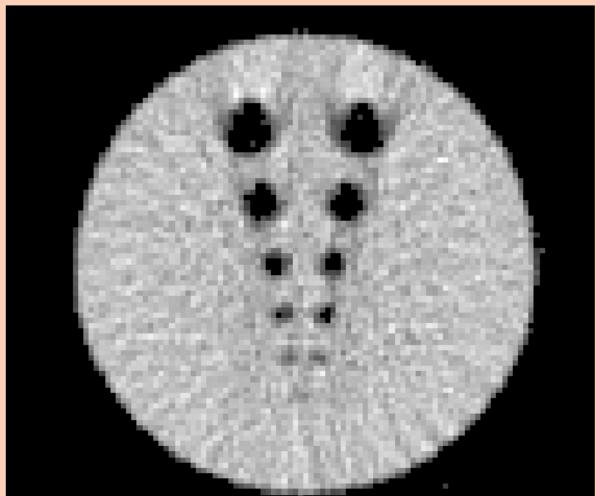


Kebiasaan sistem pengimbasan CT digunakan untuk ujian diagnostik radiologi ke atas pesakit di hospital. Selain itu, pengimbas CT juga digunakan dalam sektor industri dan metrologi. Teknik ini boleh memberikan ukuran ketebalan, mengenal pasti lokasi kerosakan dan seterusnya membantu penilaian keadaan dalaman struktur objek tanpa merosakkan objek yang diimbas.

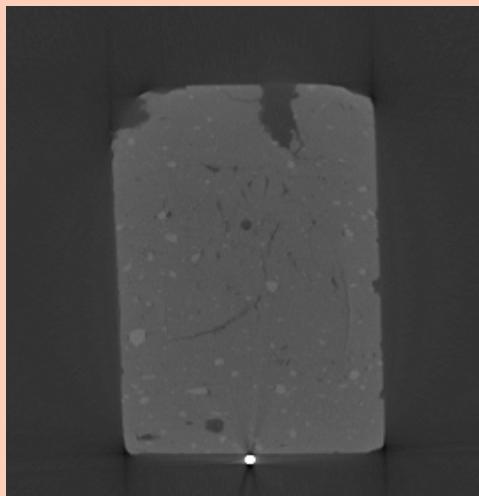
Pengimbas CT Industri

Agensi Nuklear Malaysia telah membangunkan sistem pengimbas CT sinar-X dan gama untuk kegunaan sektor industri dan perladangan sejak dari tahun 2002. Sistem pengimbas CT sinar gama mudah alih telah digunakan untuk mengkaji komponen kilang seperti paip dan juga struktur konkrit. Bagi kerja baik pulih dan pengawasan struktur, pengimbas ini memberikan imej keratan rentas tiang konkrit bangunan bagi melihat keadaan dalam tiang. Bagi objek berketumpatan tinggi, punca sinar gama yang biasa digunakan dalam pengimbas CT adalah Sesium-137 dan Kobalt-60. Manakala objek berketumpatan pula Barium-133 dan Americium-241 digunakan sebagai punca sinaran.

Selain sistem CT berdasarkan sinar gama, pengimbas CT sinar-X juga telah dibangunkan dan digunakan untuk mengkaji pelbagai jenis bahan dan komponen seperti rajah di bawah :



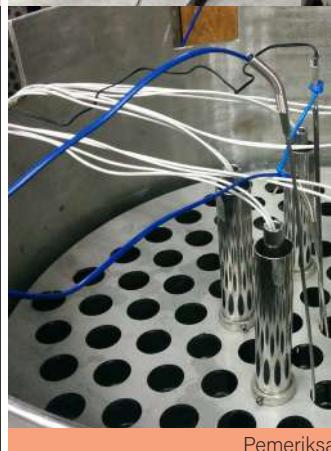
Imej keratan rentas CT sinar gama: sampel silinder perspeks (kelabu) dengan pelbagai saiz lubang (hitam) kelihatan dalam keadaan baik



CT sinar-X: sampel bata (kelabu) dengan lidi besi (putih) kelihatan ada sedikit rekaan di bahagian atas



Pemeriksa



Pemeriksa

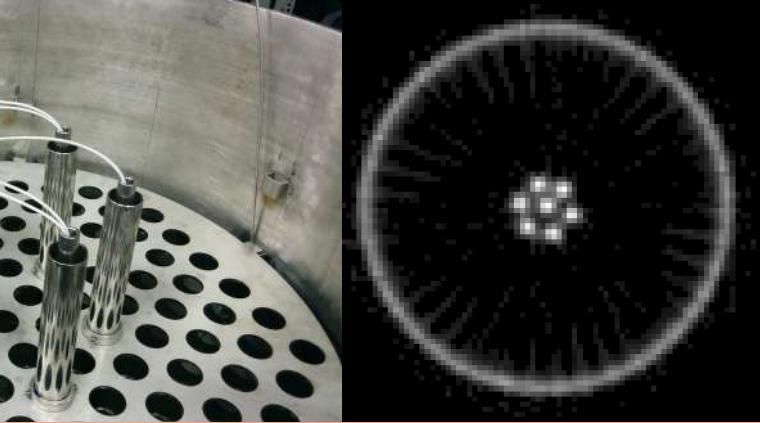


Pemeriksa

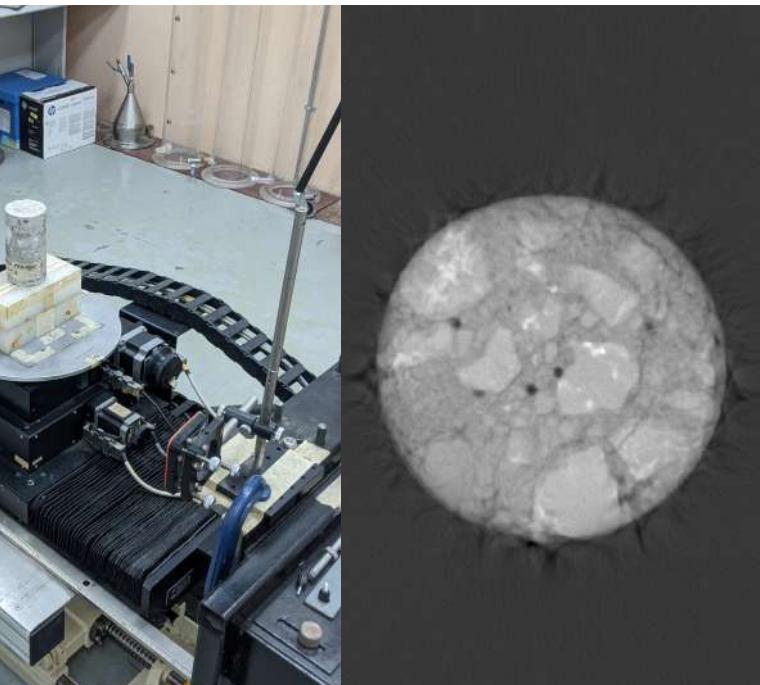
Kelebihan Tomografi Berkomputer

CT memberikan imej digital yang lebih terperinci berbanding kaedah pengimejan radiografi. Teknik ini menghasilkan imej tiga dimensi dan mampu mempamerkan pandangan dari pelbagai sudut. Kelebihan CT adalah seperti berikut:

- Dapat mengimbas bentuk objek yang kompleks dengan lebih terperinci.
- Perincian imej yang dapat menunjukkan kerosakan dan ketakselarangan struktur objek.
- Imbasan dilakukan tanpa merosakkan objek yang dikaji.
- Pengukuran dimensi dan geometri bentuk kerosakan serta ketakselarangan dapat dilakukan dengan tepat.
- Mengesan lokasi kerosakan atau tempat terjadinya ketakselarangan.

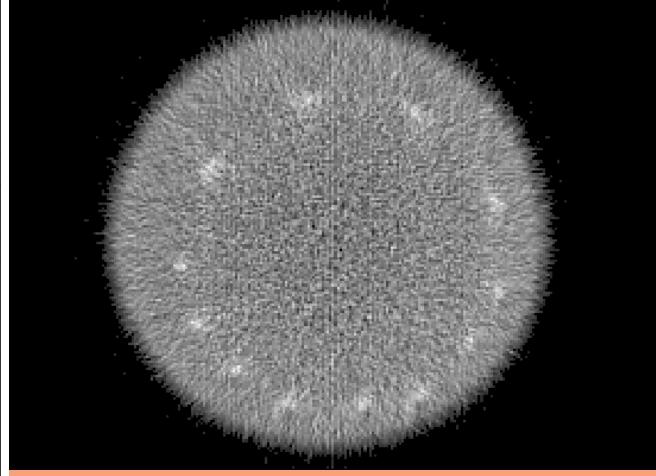


Keadaan keadaan tangki pemanas menggunakan CT sinar gama



Keadaan keadaan sampel konkrit menggunakan CT sinar-X

Jaminan mutu produk adalah salah satu proses penting dalam industri pembuatan dan pengeluaran. Masalah kerosakan bahan dalam komponen produk, terutamanya dalam geometri yang kompleks perlu dikenal pasti dengan segera. Pemeriksaan secara memotong atau memberhentikan proses pengeluaran akan meningkatkan kos dan masa. Justru, pengimejan tomografi merupakan salah satu cara yang mana pemeriksaan tanpa musnah boleh dilakukan secara cepat dan tepat. Pada masa ini, Nuklear Malaysia sedang menjalankan penyelidikan untuk menambah baik sistem pengimbas CT agar dapat meningkatkan kualiti imej yang dihasilkan dan masa pengimbasan objek yang lebih cepat.



Sistem pengimbas CT sinar gama digunakan untuk mengkaji struktur tiang konkrit bangunan

Tomografi Mikro

Oleh : Roslan Yahya

Tomografi berkomputer (*Computed tomography-CT*) adalah satu teknik untuk mendapatkan imej keratan rentas dalaman sesuatu objek. Teknik pengimbasan dalam proses CT dilakukan dengan meletakkan objek yang hendak diimbas di antara sistem pengesan digital dan punca sinar-X. Sinar-X yang mempunyai tenaga penembusan yang tertentu disinarkan kepada objek tersebut. Gambaran bentuk, struktur dan komposisi dalaman objek akan dapat dilihat melalui imej yang dihasilkan.

Sejajar dengan kemajuan teknologi komputer dan kemampuan teknologi pemprosesan data yang semakin meningkat, tomografi berkomputer mikro sinar-x atau lebih dikenali sebagai Mikro-CT telah dicipta. Mikro-CT adalah sistem tomografi yang direka khas untuk mengimbas dan menghasilkan imej keratan rentas objek dengan resolusi tinggi dalam skala mikroskopik. Jika dibandingkan dengan sistem tomografi konvensional, Mikro-CT memiliki kemampuan untuk menghasilkan imej yang lebih terperinci dan tepat berkenaan struktur dalaman objek. Kelebihan ini membolehkan penelitian secara lebih tepat terhadap struktur bahan seperti jaringan biologi, morfologi serta taburan komponen kecil dalam suatu produk dilaksanakan.

Kegunaan Mikro-CT

Mikro-CT telah digunakan secara meluas dalam pelbagai bidang. Dalam bidang biologi, Mikro-CT digunakan untuk mempelajari struktur dan fungsi organisma seperti haiwan kecil dan serangga. Dengan menghasilkan imej keratan rentas objek dalam resolusi tinggi, Mikro-CT membantu penyelidik dalam menganalisa morfologi, hubungan antara bahagian dan fungsi organisma dalam skala mikroskopik.

Manakala dalam bidang arkeologi, teknologi Mikro-CT memiliki peranan penting untuk pemeliharaan dan pemulihan bahan bersejarah. Mikro-CT membolehkan ahli arkeologi memperolehi imej dalaman objek seperti artifak, fosil dan sebagainya tanpa merosakkan atau memusnahkan objek tersebut secara fizikal. Hal ini dapat membantu dalam mempelajari struktur dalaman, taburan bahan serta kerosakan dalaman yang tidak terlihat pada bahagian luar bahan bersejarah yang berharga.

Sinar-X (Mikro-CT)





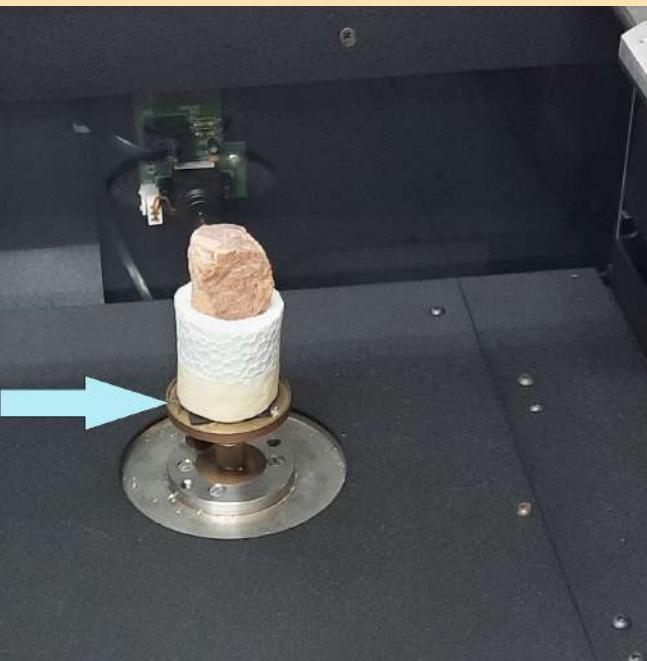
Sistem Mikro-CT di Agensi Nuklear Malaysia

Mikro-CT turut digunakan untuk menguji dan menganalisis bahan serta produk dalam industri seperti pengujian bahan bagi memeriksa ketahanan dan kekuatan bahan dengan melihat struktur dalamannya dalam resolusi tinggi. Dalam pengujian produk pula, Mikro-CT digunakan untuk memeriksa kualiti, integriti serta kesesuaian komponen dalam pembuatan produk tersebut. Dengan kemampuannya yang tinggi dalam menghasilkan imej keratan rentas objek dengan resolusi mikroskopik, Mikro-CT telah membuka pintu bagi penemuan dan pemahaman lebih lanjut tentang struktur dan pencirian bahan serta organisme dalam skala yang lebih kecil.

Prosedur Kerja Mikro-CT

Langkah pengujian sampel dengan menggunakan mico-CT adalah agak mudah. Sampel yang hendak diuji akan ditempatkan pada meja putaran di dalam sistem Mikro-CT. Sinar-x kemudiannya akan dipancarkan menerusi sampel semasa meja tersebut berputar secara perlahan. Sinar-x yang melepas sampel akan memberi maklumat tentang penyerapan sinar-x oleh bahan yang terdapat di dalam sampel tersebut. Semasa meja putaran berpusing, pengesan sinaran akan merekodkan imej tomografi yang terhasil sehingga lengkap satu putaran atau separuh putaran. Himpunan imej radiografi ini kemudian akan menjalani proses penghasilan semula imej keratan rentas dalaman objek tersebut sama ada dalam bentuk 2D atau 3D.

Bahan yang tumpat akan menyerap lebih banyak sinar-X berbanding dengan bahan yang kurang tumpat. Sekiranya bahan tersebut kurang menyerap sinaran, lebih banyak sinaran dapat melepas sampel. Sinaran yang melepas sampel ini seterusnya dikesan oleh pengesan sinaran. Perbezaan kadar penerimaan sinaran pada pengesan sinaran mempengaruhi imej tomografi yang terhasil.



a putaran Mikro-CT bersaiz 2 cm persegi bersama sampel kajian



Proses meletakkan sampel pada meja putaran

Manfaat Mikro-CT

Secara umumnya mikro-CT dapat dimanfaatkan dalam bidang industri. Antaranya ialah:

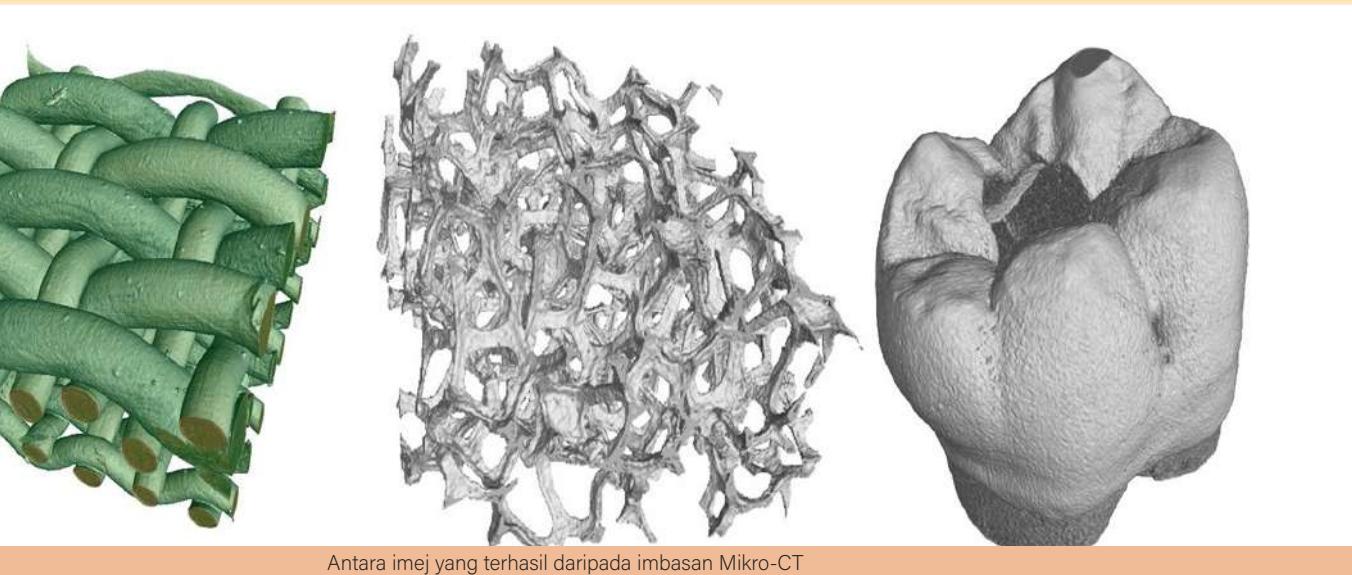
Resolusi Tinggi : Mikro-CT memiliki kemampuan untuk mengimbas objek dengan resolusi tinggi sehingga ke julat beberapa mikron yang menghasilkan visual struktur dalaman objek secara terperinci.

Ujian Tanpa Musnah : Proses pengimbasan Mikro-CT tidak merosakkan atau memusnahkan objek yang diuji, membolehkan objek kajian digunakan semula.

Analisis Kuantitatif : Mikro-CT menghasilkan imej keratan rentas 2D dan 3D yang memungkinkan analisis kuantitatif dibuat terhadap objek. Penggunaan perisian khusus membolehkan pengukuran dimensi dilakukan untuk memperoleh maklumat tentang kepadatan atau porositi bahan yang dikaji

Kepelbagaiannya penggunaan : Mikro-CT dapat digunakan dalam pelbagai bidang seperti biologi, arkeologi, industri, sains bahan, perubatan dan sebagainya.

Masa Imbasan yang Singkat : Tempoh yang diperlukan bagi mengimbas sampel adalah singkat bergantung kepada resolusi dan saiz objek yang diimbaskan. Kebiasaannya proses imbasan dapat diselesaikan dalam tempoh beberapa minit sehingga hampir satu jam sahaja.



Antara imej yang terhasil daripada imbasan Mikro-CT

Teknologi Penyuruh Langkah Demi Langkah Atasi Masalah Industri

Oleh : Noraishah Othman, PhD





Sistem perpaipan banyak digunakan dalam industri berat seperti petroleum, petrokimia, stesen penjanaan kuasa, penyejukan, perbekalan air dan lain-lain. Salah satu masalah yang biasa dihadapi adalah kebocoran paip. Masalah ini boleh menyebabkan kenaikan kos operasi dan penyelenggaraan serta kerugian besar kepada syarikat.

Teknologi penyurih adalah satu teknik pengesanan bahan radioaktif yang mana pengesanan dibuat menggunakan pengesan sinaran yang diletakkan di luar bahagian paip yang diuji. Lubang perlu digali sehingga menyentuh permukaan paip untuk meletak beberapa pengesan sinaran. Bagi setiap 100 meter, satu pengesan sinaran diletakkan. Cecair radioaktif akan disuntik di bahagian hulu saluran paip dan dibiarkan mengalir mengikut cecair primari di dalam paip. Jumlah cecair radioaktif yang disuntik adalah sangat rendah, hanya sekitar 20-30ml untuk aktiviti radioaktif sebanyak 400 mCi. Pengesan sinaran akan dapat mengesan cecair radioaktif yang keluar daripada paip yang bocor. Sebarang perubahan bacaan keamatan sinaran menggambarkan keadaan kadar alir sepanjang paip berbanding kadar alir yang ditetapkan menunjukkan kewujudan potensi kebocoran.

Bahan radioaktif *Technicium-99* (*Tc-99m*) yang disuntik di dalam loji mempunyai separuh hayat 6 jam sahaja. Tenaga penembusannya pula ialah 0.140MeV, lebih rendah berbanding sumber gama industri yang lain seperti *Cobalt-60* yang mempunyai tenaga penembusan tinggi dan separuh hayat yang panjang. Teknik yang dapat mengesan sehingga 0.1% daripada kadar aliran ini dijalankan tanpa menutup loji.



Penjana Molybdenum-99 untuk penghasilan *Tc-99m*



Kajian Kes Kebocoran Paip Bawah Tanah

Loji 3 milik Gas District Cooling (GDC) System Putrajaya Sdn Bhd, telah menghadapi masalah kebocoran paip bawah tanah yang serius. Loji ini telah mengalami kehilangan air yang berterusan pada kadar $4\text{m}^3/\text{sehari}$ dalam tempoh dua tahun. Sepanjang tempoh tersebut, pihak loji terpaksa menggantikan cecair yang hilang secara berterusan bagi memastikan kecekapan sistem penyejukan kawasan Putrajaya. Dimensi paip yang terlibat berukuran 6km panjang dan tertanam pada kedalaman 3-4 meter. Pihak loji telah menggunakan teknik *Direct Current Voltage Gradient* (DCVG) untuk membuat verifikasi kebocoran tetapi tiada penyelesaian. Oleh itu, Nuklear Malaysia telah mencadangkan penggunaan teknologi penyuruh untuk mengatasi masalah ini.

Secara asasnya, pengesan sinaran perlu bersentuhan dengan paip kajian untuk cerapan isyarat radioaktif yang lebih baik. Walau bagaimanapun, dalam kes ini, pihak syarikat tidak dapat menyediakan lubang untuk menempatkan pengesan sinaran. Oleh itu, pengesan sinaran telah diletakkan di dalam ruang *manhole* Kebuk Injap (*Valve Chamber*, VC). Pengesan ini diletakkan dengan bantuan pekerja syarikat yang mempunyai sijil kelayakan *Authorized Gas Tester for Confined Space* yang telah diiktiraf NIOSH.

Suntikan cecair radioaktif dilakukan sebaik sahaja pengesan sinaran tersebut dipasang. Jarak antara pengesan diukur agar halaju antara pengesan dapat dikira dengan tepat.



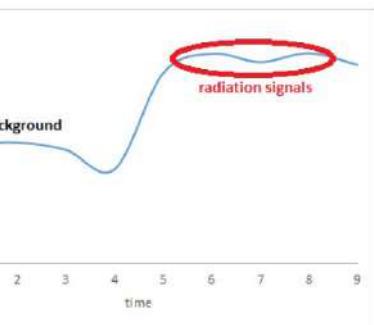
Pegawai PAT dan GDC yang menjalankan kerja perkhidmatan teknologi penyuruh



Kawasan kajian menempatkan 10 buah pe



Cerapan data



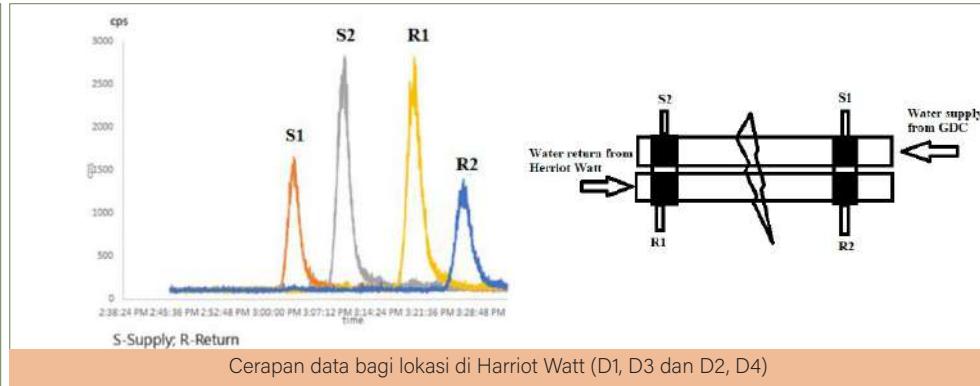
radioaktif di kawasan Marina (D7-D8)



gesan Nal dengan bantuan pekerja GDC



gesan Nal menggunakan Google Map



Rajah di atas menunjukkan data radioaktif yang dicerap untuk lokasi di Harriot Watt. Dua unit pengesan sinaran diletakkan masing-masing di bahagian suapan dan luaran paip untuk mengesan jika berlaku kebocoran. Masa antara dua puncak seperti ditunjukkan dalam graf dicatatkan dan jarak antara dua pengesan sinaran diukur. Halaju diukur sebagai nisbah antara jarak kepada masa. Oleh itu, halaju yang dicatatkan untuk kedua-dua S2S1 dan R1R2 adalah sama yang menunjukkan tiada kebocoran berlaku di lokasi Harriot Watt. Walau bagaimanapun, pihak loji mendapat terdapat lopak air berdekatan yang tidak pernah surut airnya. Mereka telah meminta PAT membuat verifikasi dengan meletakkan pengesan yang disambung dengan *Single Channel Analyzer* (SCA) untuk mencerap data radioaktif sekiranya ada seperti rajah di bawah.



Syarikat GDC juga mendapat terdapat takungan air mati di dalam salah satu kebuk injap (VC) mereka di kawasan D7-D8. Petugas Nuklear Malaysia telah menganalisis sampel air dalam takungan tersebut dan mendapat terdapat kenaikan cerapan data radioaktif berbanding nilai rujukan seperti ditunjukkan dalam Rajah 7. Oleh itu, dapat dirumuskan bahawa kebocoran paip telah berlaku di kawasan D7-D8 dan intervensi dari pihak loji perlu dilakukan dengan kadar segera agar kerugian tidak berterusan. Penggunaan teknologi penyuruh ini telah mengurangkan 70% kos penyelenggaraan dan kerugian pihak loji sebelum ini.



Teknik Neutron Teraruh Sinar Gama (NIGPAT)

Oleh : Lahasen@Normanshah Dahing



Teknik Neutron Teraruh Sinar Gama (*Neutron Induced Prompt Gamma-ray Activation Technique, NIPGAT*) adalah satu teknik analisis bahan tanpa musnah dan mudah alih yang digunakan untuk mengenal pasti unsur-unsur di dalam suatu bahan yang dikaji. NIPGAT menggabungkan dua proses analisis iaitu pengaktifan neutron dan analisis sinar gama pantas.

Analisis Pengaktifan Neutron (APN)

Analisis Pengaktifan Neutron (APN) yang menggunakan reaktor nuklear sebagai sumber neutron, teknik NIPGAT menggunakan sumber neutron mudah alih terkedap dengan aktiviti yang rendah hanya dalam julat mCi (*millicurie*) iaitu seribu kali lebih rendah dari penggunaan *radiography testing* (RT). Sumber neutron yang biasa digunakan adalah *Am Be-241* dan *Californium, Cf-252* untuk mendorong interaksi neutron dengan bahan semasa proses penyinaran atau pengaktifan. Interaksi ini menghasilkan sinar gama yang pantas, yang kemudian diukur dan dianalisis untuk mendapatkan maklumat tentang komposisi dan peratusan unsur dalam sampel. NIPGAT sangat sesuai digunakan untuk menyiasat dan mengenal pasti komposisi, jenis unsur dan jumlah peratusannya di dalam suatu bahan bagi tujuan penentuan ketulenan, asalan dan keradioaktifan.

Bagaimana NIPGAT Berfungsi

Sistem NIPGAT menggunakan pengesan semikonduktor, jenis Germanium berketulenan tinggi (HPGe) dengan keefisienan tinggi untuk mengesan sinaran gama pantas yang terhasil daripada bahan sampel yang disinar dengan neutron. Sumber neutron jenis radioisotop terkedap pula digunakan sebagai sumber tindak balas nuklear atau pengaktifan semasa proses penyinaran ke atas sampel. Sistem Penganalisis Multisaluran (MCA) dengan tentukan di rantau tenaga sehingga 15 MeV diperlukan untuk menganalisis sinar gama yang terhasil dalam bentuk spektrum puncak tenaga. Jenis unsur boleh dikenal pasti dengan menginterpretasi puncak-puncak tenaga yang terdapat pada spektrum dan jumlah peratusan setiap unsur berkenaan dengan pengiraan luas punca pada spektrum yang sama.

Semasa proses penyinaran sampel, neutron yang terhasil akan berinteraksi dengan nukleus atom dalam sampel. Tindak balas ini menyebabkan atom diaktifkan dan memancarkan sinar- γ pantas cirian nukleus atom berkenaan. Sinar- γ pantas yang dipancarkan dikesan dan dianalisis dalam bentuk spektrum puncak tenaga menggunakan penganalisa multisaluran. Sampel yang mengandungi multi-unsur akan memberikan spektrum multi tenaga sinar- γ , iaitu spektrum kompleks yang kebiasaannya mengandungi berpuluhan puncak tenaga.

Penentuan kehadiran dan kepekatan pelbagai unsur dalam sampel boleh dikenal pasti kerana puncak tenaga dan keamatan sinar- γ adalah cirian dan sepadan dengan unsur-unsur dan kepekataannya dalam sampel yang disinar. Oleh itu, NIPGAT boleh menyediakan maklumat secara kuantitatif dan kualitatif tentang komposisi dan jenis unsur dalam sampel, termasuk unsur utama dan penyurih. Di antara beberapa elemen yang boleh dikenal pasti adalah hidrogen (H), karbon (C), oksigen (O), natrium (Na), magnesium (Mg), aluminium (Al), silikon (Si), sulfur (S), klorin (Cl), kalium (K), kalsium (Ca), mangan (Mn), besi (Fe), kuprum (Cu), timah (Sn), cesium (Cs), barium (Ba).



Projek kajian saintifik ke atas Batu Bersurat Piagam Terengganu menggunakan teknik NIPGAT

Walau bagaimanapun, kebolehkesan suatu unsur atau elemen tetap bergantung pada keadaan pengukuran dan sensitiviti pengesanan yang digunakan. Selain itu, keupayaan untuk mengesan unsur tertentu juga berbeza-beza bergantung pada tahap kelimpahan semula jadinya dan kepekatananya dalam sampel yang dianalisis.

Kelebihan dan Keupayaan Teknik NIPGAT

Teknik NIPGAT mempunyai beberapa kelebihan dan keupayaan yang menjadikannya salah satu teknik analisis unsur yang sesuai digunakan dalam pelbagai bidang;

- **Mudah Alih :** NIPGAT adalah satu tolok mudah alih dan boleh dibawa ke pelbagai lokasi dan lapangan. Ini juga membolehkan pengukuran dibuat dalam pelbagai tetapan geometri bergantung pada jenis, saiz dan bentuk sampel.
- **Pengukuran Tanpa Musnah :** Teknik ini tidak merosakkan dan memusnahkan sampel yang dianalisis. Ini bermakna teknik ini tidak membahayakan atau mengubah integriti sampel semasa penyinaran dan analisis dilakukan. Oleh itu, ia menjadikan teknik ini amat sesuai untuk digunakan ke atas sampel atau bahan yang berharga, sensitif dan tidak boleh diganti. Selain itu, ujian dan analisis ulangan ke atas sampel yang sama boleh dilakukan jika ada keperluan di masa depan.
- **Analisis Masa Nyata dan In-Situ :** NIPGAT juga adalah teknik analisis masa nyata atau *in-situ* yang dapat memberikan hasil serta-merta. Keupayaan ini sangat berguna untuk pemantauan pemprosesan, aplikasi kawalan kualiti dan senario keselamatan yang perlu tindakan dan keputusan segera.
- **Sensitiviti :** Teknik ini sangat sensitif dan boleh mengesan unsur walaupun pada kepekatan yang rendah. Selain itu, pengukuran kualitatifnya sangat tepat



Sistem NIPGAT yang mana gambar sebelah kiri adalah sistem mudah alih manakala sebelah kanan alatan untuk kegunaan

dan dapat menentukan komposisi unsur dengan julat punca tenaga sehingga MeV.

- **Penyediaan Sampel yang Minimum :** Penyediaan sampel yang sangat minimum untuk proses penyinaran dan analisis yang lebih cepat dan lebih mudah.
- **Pelbagai Jenis dan Saiz Sampel :** Boleh diaplikasikan ke atas pelbagai keadaan sampel seperti keadaan pepejal, gas dan cecair dan juga boleh dalam pelbagai saiz serta bentuk.
- **Pengukuran Tanpa Sentuh :** Pengukuran boleh dibuat tanpa sentuhan antara peralatan dan sampel. Sangat sesuai untuk sampel-sampel yang sensitif dan mudah rosak.

Secara keseluruhan, kelebihan dan keupayaan teknik NIPGAT ini membolehkannya menjadi salah satu teknik yang serba boleh dan amat bermanfaat untuk para penyelidik dan industri analisis yang memerlukan teknik analisis unsur yang cepat, tepat dan efisien.



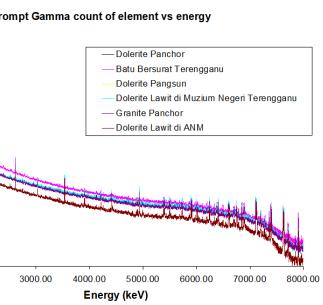
Contoh spektrum sampel batuan dan analisis



Sistem NIPGAT yang mudah alih membolehkan kerja-kerja analisis khususnya jika sampel amat sukar untuk dibawa



n yang biasa digunakan di lapangan
di makmal.



um multi-tenaga puncak yang terhasil dari yang disinar dengan punca neutron (atas) sis batuan yang dijalankan di makmal terbuka PAT (bawah)



sis dilakukan di lapangan
ke makmal



Sumber radioaktif neutron terkedap (kiri) dan pengkolimat sinar neutron (kanan)



Sumber radioaktif neutron terkedap (kiri) dan pengkolimat sinar neutron (kanan)

Aplikasi dan Penggunaan Teknik NIPGAT

Teknik NIPGAT adalah salah satu teknik analisis unsur paling sensitif yang digunakan untuk analisis multi-elemen secara kualitatif dan kuantitatif sama ada untuk kajian saintifik atau khidmat teknikal. Di antara contoh kegunaan adalah;

- Mencegah penyeludupan dan penyalhgunaan bahan letupan dan nuklear dalam bidang keselamatan dan sekuriti.
 - Kajian alam sekitar untuk mencirikan bahan pencemar dan keradioaktifan.
 - Kajian ketulenan dan asalan bahan dalam bidang arkeologi, industri perhiasan, emas dan permata.
 - Kawalan kualiti dalam industri mineral dan galian dan industri pemprosesan petrokimi

Selain itu teknik ini berpotensi untuk dikembangkan untuk kegunaan kritis lain seperti:

- Analisis bahan semikonduktor bagi mengukur kehadiran kekotoran unsur (benda asing) dalam produk semikonduktor.
 - Analisis bahan farmaseutikal untuk mengukur kehadiran kekotoran unsur (benda asing) dalam produk farmaseutikal.
 - Kajian forensik sebagai kaedah tidak merosakkan untuk menganalisis bukti
 - Analisis pemakanan dalam industri makan dan minum serta kesihatan

Secara keseluruhannya, NIPGT adalah alatan atau tolok analisis yang berkuasa dan serba boleh untuk mengenal pasti komposisi unsur bahan, terutamanya apabila keperluan terhadap teknik analisis yang sensitiviti, tepat, tidak merosakkan dan mudah alih diperlukan. Keberadaan teknik NIPGAT dalam bidang analisis bahan adalah sebagai pelengkap kepada teknik-teknik yang sedia ada disamping memberi pilihan kepada pengguna memilih teknik yang memenuhi keperluan dan objektif analisis yang mereka kehendaki.



Aplikasi NIPGAT dalam menganalisis pelbagai jenis sampel

Teknik SERAK BALIK NEUTRON

Oleh : Md Fakarudin Ab Rahman

Pengenalan

Teknik serak balik neutron adalah berasaskan neutron yang mengalami serakan balik selepas berinteraksi dengan sesuatu bahan. Fenomena ini berlaku apabila neutron bertentara rendah berinteraksi dengan nukleus dalam bahan dan menyerakkannya balik. Teknik ini digunakan secara meluas seperti penyiasatan struktur dan sifat sesuatu bahan. Manakala dalam industri minyak dan gas, teknik ini digunakan untuk menentukan perbezaan bacaan kandungan kepekatan hidrogen dalam sesuatu cecair.

Kegunaan Teknik Serak Balik Neutron

- Mengenalpasti pelbagai fasa dan serapan dalam bahan.
- Manakala bagi kajian alam sekitar, teknik serak balik neutron digunakan untuk mengkaji kelakuan air dalam tanah dan batu. Teknik ini membantu penyelidik memahami pergerakan air dan bahan terlarut melalui tanah serta menentukan kandungan dan taburan air dalam pelbagai jenis tanah.

Kegunaan spesifik di dalam industri minyak dan gas adalah seperti berikut:

- **Telaga Minyak :** Teknik serak balik neutron digunakan untuk mendapatkan maklumat tentang formasi batuan di sekeliling lubang gerek dalam industri penggalian minyak. Data yang diperoleh dapat membantu mengenal pasti lokasi tepat minyak dan gas serta untuk membuat anggaran jumlah minyak atau gas yang boleh digali.
- **Pengoptimuman Perolehan Minyak :** Teknik ini digunakan untuk mengoptimumkan perolehan minyak dan gas daripada takungan. Dengan mengukur kehilangan dan ketepuan formasi batuan, jurutera boleh menentukan kaedah pengeluaran yang paling cekap seperti teknik limpahan air.
- **Penilaian Ketumpatan Konkrit :** Penilaian integriti konkrit turut menggunakan teknik ini. Jurutera boleh menentukan sama ada komposisi konkrit yang betul digunakan dan tiada sebarang lompong dalam konkrit tersebut dengan mengukur jumlah taburan neutron diserak balik dari konkrit.

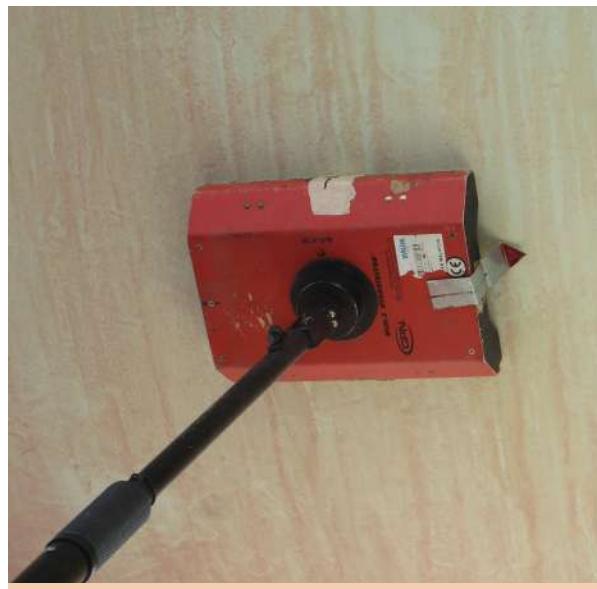




- **Penentuan Aras antara Muka :** Teknik ini digunakan untuk mengenal pasti aras antara muka dua atau lebih fasa bahan di dalam tangki atau reaktor.
- **Pengesanan Kelembapan :** Teknik serak balik neutron berupaya mengesan dan memantau kelembapan di permukaan luar paip berpenebat haba. Maklumat ini boleh digunakan untuk mengenal pasti kawasan berpenebat haba yang berisiko berlaku kakisan.



Mengesan kelembapan di dalam tangki berdinding kembar



Mengesan paras cecair dan pepejal di dalam vessel



Kelebihan Teknik Serak Balik Neutron

Tidak Merosakkan : Teknik ini tidak merosakkan sampel yang dianalisis.

Penembusan : Teknik serak balik neutron boleh menembusi bahan legap yang tidak boleh ditembusi oleh sinaran lain seperti sinar-X dan sinar gama. Kelebihan ini digunakan untuk menganalisis bahan tebal atau berketalaman tinggi.

Sensitif kepada Bahan Berhidrogen Tinggi : Teknik ini sensitif kepada bahan yang mengandungi unsur hidrogen yang tinggi. Ini menjadikan teknik ini boleh digunakan untuk menganalisis bahan organik seperti polimer atau hidrokarbon

Pengendalian Secara Selamat



Mengesan kehadiran gas hidrogen di atap tangki gas



Mengesa



Sistem asas teknik neutron serak balik



engesan kehadiran hidrogen di atas di dalam paip



en paras cecair dan pepejal di dalam vessel/

Langkah dan prosedur keselamatan yang perlu dipatuhi apabila menggunakan teknik serak balik neutron:

- **Perlindungan Sinaran :** Sumber neutron yang digunakan dalam serakan balik neutron mengeluarkan sinaran mengion tahap rendah. Pekerja perlu mematuhi amalan perlindungan sinaran seperti memakai dosimetri dan memantau tahap sinaran di kawasan kerja.
- **Mengendalikan Sumber Neutron :** Sumber neutron yang digunakan hendaklah dikendalikan mengikut piawaian keselamatan yang telah ditetapkan seperti memakai sarung tangan.
- **Perisai :** Tenaga neutron mempunyai kuasa penembusan yang tinggi dan memerlukan perisai untuk mengelakkan pendedahan kepada pekerja. Jumlah dan jenis perisai yang digunakan akan bergantung pada kekuatan tenaga neutron yang digunakan. Perisai yang baik adalah terdiri daripada bahan berhidrogen tinggi seperti lilin, politena dan air.
- **Kawasan Kawalan :** Kawasan di mana teknik serak balik neutron sedang dilakukan hendaklah diklasifikasikan sebagai kawasan kawalan.
- **Latihan Kakitangan :** Pekerja yang terlibat mestilah terlatih dalam prosedur keselamatan sinaran, pengendalian sumber neutron dan penggunaan pelindungan sinaran.
- **Prosedur Kecemasan :** Prosedur kecemasan hendaklah diwujudkan dan dimaklumkan kepada pekerja sekiranya berlaku kemalangan atau kecemasan. Prosedur ini hendaklah termasuk pemindahan, pertolongan cemas dan menghubungi pihak berkuasa yang berkenaan.

Teknik serak balik neutron adalah teknik analisis yang mempunyai banyak manfaat dalam pelbagai bidang dan kajian industri minyak dan gas. Teknik ini memberikan maklumat unik tentang fasa bahan terutamanya perbezaan kandungan hidrogen yang menentukan kualiti produk akhir minyak dan gas. Penggunaan teknik ini dapat membantu mengurangkan kos penyelenggaraan loji industri berat.

PENGIMBAS MINI BERASA SINAR GAMA : PERANTI PI

Oleh : Soleha Mohamat Yusuff, PhD

Teknologi punca terkedap yang menggunakan isotop radioaktif yang diletakkan dalam kapsul khas amat berguna untuk pelbagai industri seperti pengimbas paip industri minyak dan gas, pengesanan kecacatan struktur dan komponen loji. Pengimbas Mini berdasarkan Teknik Pengecilan Sinar Gama yang dicipta oleh penyelidik Nuklear Malaysia turut memanfaatkan teknologi ini. Peranti ini mempunyai rekaan unik rangka berbentuk G dengan panjang sekitar 20 cm, lebar 10 cm dan tinggi 4 cm yang dibuat daripada bahan keluli tahan karat, mudah dibawa, kuat dan tahan lasak.

Ciri-ciri Fizikal dan Keselamatan

Pada kedua-dua hujung rangka G peranti, salah satunya diletak pemegang sumber sinaran gama dan satu lagi ialah pengesan sinaran. Pemegang sumber sinaran gama dan pengesan sinaran mudah dipasang pada ruang yang telah disediakan. Kedudukan yang mempunyai geometri yang betul dapat memastikan lokasi bukaan kecil pemegang sumber dan lokasi pengesan sinaran kekal sama. Penjajaran ini penting untuk mendapatkan keamatan sinaran gama yang tinggi. Jarak di antara pengesan sinaran dan pemegang sumber sinar gama boleh dilaraskan bergantung kepada ketebalan sampel. Imbasan dijalankan dengan meletak sampel di tengah-tengah di antara bukaan kecil sinaran gama dan pengesan sinaran.

Peranti ini direka bentuk dengan mempunyai pemegang punca radioaktif daripada plumbum untuk melindungi pengendalinya dan persekitaran daripada dedahan serta pencemaran sinaran gama yang berbahaya. Pemegang sumber tersebut juga dapat memastikan bahan radioaktif berada dalam keadaan selamat. Terdapat satu bukaan kecil pada pemegang sumber untuk mengawal arah sinaran yang dipancarkan keluar dari pemegang sumber.



Susun atur pengimbas dan s



Susun atur pengimbas dan s



Rangka scanner berbentuk G



Para peserta Kursus Pegawai Perlindungan Sinaran sedang

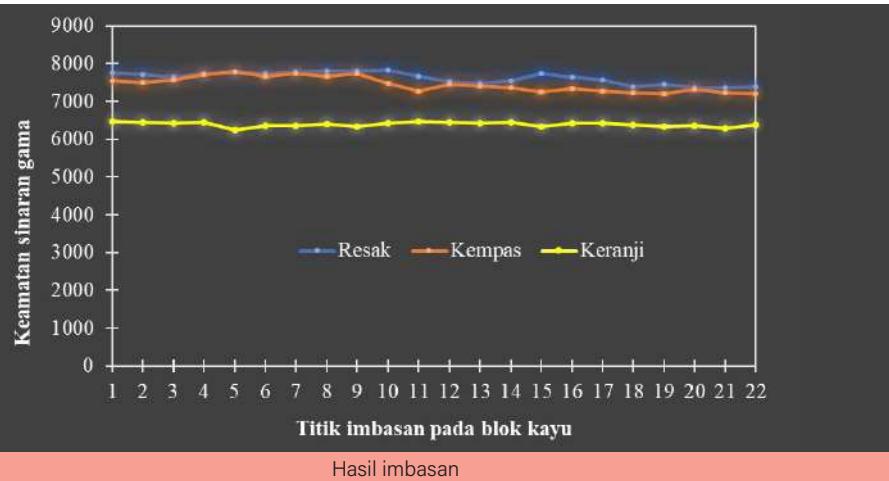
SKAN TEKNIK PENGECELILAN NTAR KECIL-KECIL CILI API



sampel



sampel



Pengimbas mini ini dapat merekod data dengan pantas dan kekal sama tanpa dipengaruhi oleh suhu persekitaran. Penggunaan teknik ujian tanpa musnah tidak akan merosakkan sampel dan boleh digunakan semula.

Secara ringkas, nilai keamatan sinar gama yang diimbaskan lebih rendah apabila sinaran gama menembusi bahan yang berketumpatan tinggi dan sebaliknya untuk bahan berketumpatan rendah. Sebagai contoh, penggunaan pengimbas mini ini telah membuktikan blok-blok kayu yang berasal daripada jenis berbeza memiliki ketumpatan yang berbeza. Pengimbas mini ini juga boleh digunakan sebagai peralatan makmal untuk tujuan pencirian bahan dan pembelajaran.



mendengar penerangan berkenaan peralatan-peralatan yang menggunakan bahan nuklear seperti pengimbas mini berdasarkan teknik pengecilan gama.



TECHNICAL SERVICES IN PAT

01

Micro-CT
X-Ray CT



02

Portable
Gamma CT
GammaCT



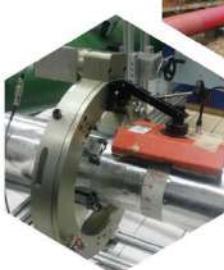
03

Column Scanning
Pipe Scanning



04

Level Scanning
Moisture under
Insulation (MUI)



05

Radiotracer



06

Prompt Gamma
Ray Technique





Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia)

PRODUK

1. Lateks Getah Tervulkan dengan Sinaran
2. Kit Diagnostik Perubatan dan Radioisotop Perubatan
3. Sebatian Polimer untuk Industri Automotif
4. Varieti Baru Tanaman Hiasan dan Pokok Buah-Buahan

RUNDING CARA

1. Keselamatan dan Kesihatan Sinaran
2. Penilaian dan Pencemaran Alam Sekitar
3. Jaminan Kualiti Mikrob
4. Pengurusan Sisa Radioaktif
5. Reka Bentuk Loji dan Kawalan Proses
6. Reka Bentuk Kejuruteraan dan Pembangunan
7. Penasihat Teknologi Nuklear dan Perancangan Dasar

Untuk maklumat lanjut sila hubungi:

Ketua Pengarah
Agensi Nuklear Malaysia (Nuklear Malaysia)
Bangi, 43000 KAJANG, Selangor Darul Ehsan

U/P : Dr. Shukri Bin Mohd
Pengarah
Bahagian Pengkomersilan Teknologi

Tel : 03-8911 2000 Samb. 1608
Faks: 03-8911 2175

E-mail : shukri_mohd@nuclearmalaysia.gov.my
Website: www.nuclearmalaysia.gov.my

KHIDMAT

Penyelesaian Kejuruteraan Untuk R&D

1. Reka Bentuk dan Sistem Automasi
2. Fabrikasi Komponen Kejuruteraan

Pemantauan Alam Sekitar

1. NORM/TENORM
2. Pemantauan Sinaran Tidak Mengion (NIR)
3. Penilaian Impak Bahan Radiologi
4. Pengurusan Sumber Air
5. Pengurusan Sisa Pertanian, Industri dan Domestik

Khidmat Kejuruteraan Teknikal

1. Pemeriksaan dan Ujian Bahan, Struktur dan Loji Industri
2. Pemeriksaan Industri dan Kawalan Proses
3. Teknologi Pertanian
4. Teknologi Perubatan
5. Analisa dan Pernilaian Bahan

Jaminan Kualiti

1. Dosimetri Personel
2. Jaminan Kualiti Perubatan
3. Jaminan Kualiti Industri

Sterilisasi Bukan Kimia

1. Penyinaran Gamma
2. Penyinaran Elektron

Latihan

1. Keselamatan Sinaran dan Kesihatan
2. Sinaran Perubatan
3. Ujian Tanpa Musnah
4. Sains Nuklear dan Kejuruteraan
5. Keselamatan Persekitaran dan Kesihatan
6. Instrumentasi dan Kejuruteraan
7. Pengurusan Teknologi
8. Latihan Antarabangsa





i-NUKLEAR
ILMU . IDEA . INFORMASI



AGENSI NUKLEAR MALAYSIA
Bangi, 43000 Kajang, Selangor Darul Ehsan