



MI-005

## INSPEKSI BELLOWS EXPANSION JOINT SXB-34603D TRAIN 3 MENGGUNAKAN *DYE PENETRAN* DAN METALOGRAFI MIKRO

### *INSPECTION OF BELLOWS EXPANSION JOINT SXB-34603D TRAIN 3 USING DYE PENETRAN AND MICRO-METALLOGRAPHY*

Mudi Haryanto dan Andryansyah

#### ABSTRAK

Pemeriksaan sambungan ekspansi *SXB-34603D Train 3* telah dilakukan. Pemeriksaan dilakukan dengan uji, metalografi *in-situ*, pengukuran kekerasan *in-situ*, dan pengukuran panjang total *expansion joint* tanpa selongsong. Uji *dye penetrant* dilakukan untuk mengetahui diskontinuitas permukaan, seperti retak makro, porositas terbuka, dan korosi. Metalografi *in-situ* digunakan untuk evaluasi kondisi struktur mikro. Pengukuran kekerasan *in-situ* dilakukan untuk menentukan kekerasan logam *bellow*. Pengukuran panjang total bertujuan untuk melihat perubahan dimensi *expansion joint*. Berdasarkan hasil pemeriksaan kerusakan pada permukaan *bellow* tidak ditemukan dan kekerasan pada sambungan ekspansi adalah dalam rentang 127–158 HB. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa sambungan ekspansi *SXB-34603D Train 3* masih dalam kondisi baik. Mengingat bahwa umur desain sambungan ekspansi telah terlampaui, disarankan untuk dilakukan pemeriksaan rutin setiap dua tahun.

**Kata Kunci:** *Bellow*; Sambungan Ekspansi; Inspeksi; *Penetrant*; Metalografi Replika *In-Situ*.

#### ABSTRACT

*Examination of expansion joint SXB-34603D Train 3 has been carried out. Inspection was conducted by dye penetration test, in-situ metallography, in-situ hardness measurement, and total length measurement of expansion joint without sleeve. Penetrant test was to find surface discontinuities such as, macro cracks, open porosity, and corrosion. In-situ metallography was to assess microstructure condition. In-situ hardness measurement was to determine the hardness of metal bellows. Total length measurement was to see dimension changing of expansion joint. The result of the inspection is that there was no failure detected on the surface of the bellows and the hardness of the expansion joint bellows was in*

---

M. Haryanto, & Andryansyah

\*Direktorat Pengelolaan Laboratorium, Fasilitas Riset, dan Kawasan Sains dan Teknologi BRIN, e-mail: mudi001@brin.go.id

@ 2023 Penerbit BRIN

M. Haryanto dan Andryansyah, "Inspeksi bellows expansion joint SXB-34603D Train 3 menggunakan *dye penetrant* dan metalografi mikro," Dalam *Prosiding Seminar APISORA 2021 "Peran Isotop dan Radiasi untuk Indonesia yang Berdaya Saing,"* T. Wahyono, A. Citraresmini, D. P. Rahayu, Oktaviani, dan N. Robifahmi, Eds. Jakarta: Penerbit BRIN, November 2023, ch. 14, pp. 141–150, DOI: 10.55981/brin.690.c655

E-ISBN: 978-623-8372-02-7



*the range of 127–158 HB. Based on the inspection results, it can be concluded that expansion joint SXB-34603D Train 3 is still in good condition. Since the life design of the expansion joint has been exceeded, it would be better to re-inspect it routinely every two years.*

**Keyword:** *Bellows; Expansion Joint; Inspection; Penetrant; In-Situ Replica Metallography.*

## PENDAHULUAN

Sambungan ekspansi adalah bagian penting dari banyak sistem perpipaan untuk menyalurkan fluida dan sering dibuat dari logam bergelombang. Sambungan itu sendiri relatif murah, tetapi konsekuensi dari kegagalan sambungan bisa bernilai cukup mahal.

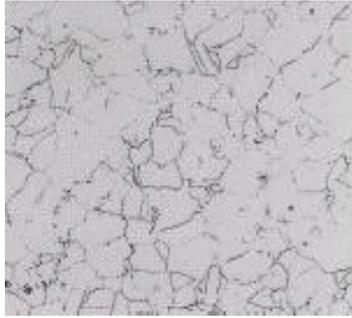
*Expansion joint SXB-34603D Train 3* telah digunakan sejak tahun 1991. Pemeriksaan harus dilakukan pada *expansion joint* untuk memastikan tidak ada cacat terutama retak lelah. Metode pengujian untuk mendeteksi cacat permukaan adalah uji *dye penetrant* dan metalografi *in-situ*. Uji *dye penetrant* dapat digunakan untuk mengetahui retak makro, porositas terbuka, dan korosi [1]. Metalografi *in-situ* dapat digunakan untuk menemukan retakan mikro dan perubahan struktur mikro [2]. Pengambilan foto dilakukan saat pengamatan *in-situ* di bawah mikroskop portabel sebagai bagian dari pengujian metalografi yang bertujuan sebagai dokumentasi.

Sambungan ekspansi *bellow* yang telah diperiksa terbuat dari logam ASTM B168-600 (paduan 600). Kekuatan tarik minimum untuk logam tertentu diberikan dalam standar. Pengukuran kekerasan logam dapat memberikan informasi tentang kelelahan logam karena kekerasan berkaitan langsung dengan kelelahan.

Tujuan inspeksi ini adalah untuk mendeteksi cacat yang pada sambungan ekspansi *bellows* setelah digunakan sejak tahun 1991. Metode pemeriksaan untuk pekerjaan ini adalah uji *dye penetrant*, metalografi *in-situ*, pengukuran kekerasan *in-situ*, dan pengukuran panjang total *expansion joint* tanpa selongsong.

## TEORI

Inti dari sambungan ekspansi adalah elemen *bellow* itu sendiri. *Bellow* yang diperiksa terbuat dari logam ASTM B168-600, yang setara dengan paduan 600. Gambar 1 adalah mikrograf dari logam ASTM B168-600 dalam standar ASM Volume 9, yang menunjukkan adanya batas butir paduan 600.



**Gambar 1.** Mikrostruktur *alloy 600*

### **Pengujian *Dye Penetran***

Inspeksi *dye penetran* dapat digunakan untuk menemukan diskontinuitas permukaan, seperti retakan yang tidak dapat terlihat secara visual. Tahapan pengujian *dye penetran* ada empat proses [3]. Pertama, permukaan dibersihkan. Kedua, *penetran* cair disemprotkan di permukaan yang diperiksa dan kemudian dibersihkan sehingga meninggalkan *penetran* yang terjebak dalam diskontinuitas. Ketiga, pengembang (*developer*) kemudian disemprotkan ke permukaan. Keempat, *penetrant* bermigrasi di dalam diskontinuitas, bereaksi dengan pengembang sehingga menyebabkan perubahan warna yang mengidentifikasi lokasi diskontinuitas.

### **Metalografi *in-situ***

*Expansion Joint*, yang dioperasikan pada suhu rendah dalam waktu yang lama dapat menyebabkan kelelahan atau retak korosi tegangan (*stress corrosion cracking*/SCC) sehingga menyebabkan retak. Penerapan teknik *non-destructive testing* (NDT) menggunakan metode metalografi *in-situ* dapat merekam topografi permukaan logam sehingga kerusakan struktur mikro termasuk adanya retakan mikro dapat diketahui.

Pengujian menggunakan metalografi *in-situ* untuk melihat kondisi struktur mikro komponen dapat dilakukan tanpa memotong bahan komponen dan tidak perlu dibawa ke laboratorium. Proses preparasi di titik pengamatan dilakukan dengan mesin poles portabel dengan kertas ampelas dan dilanjutkan dengan penggunaan pasta intan. Untuk menampilkan butiran logam, solusi etsa digunakan.

Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop portabel untuk mengetahui integritas struktur mikro bahan selama digunakan. Untuk keperluan dokumentasi, foto struktur mikro diambil dengan menggunakan kamera digital.

### **Mengukur *Hardness In-Situ***

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode *Rebound Hammer*. Dalam peralatan ini terdapat sebuah massa, berupa benda keras berbentuk bulat terbuat dari tungsten karbida, yang dipercepat dan ditumbukkan ke permukaan material



yang diuji. Tumbukan menyebabkan penyerapan energi kinetik dari massa yang dipercepat tersebut sehingga menimbulkan deformasi plastis pada permukaan berupa lekukan. Makin besar energi kinetik yang diserap makin besar lekukan yang dihasilkan. Kecepatan setelah dan sebelum tumbukan masing-masing diukur dalam mode non-kontak.

### **Pengukuran Panjang Total**

Pengukuran panjang total dilakukan untuk mengetahui perubahan panjang total dari sambungan ekspansi. Adanya perubahan dimensi dalam arah memanjang atau lateral dapat mengakibatkan perubahan panjang total.

## **METODE PERCOBAAN**

### **Bahan dan Alat**

#### ***Bahan***

- Sambungan ekspansi *bellow* terbuat dari paduan 600 (ASTM B168-600) produk Amerika Serikat.
- Bahan kimia HCL dan HNO<sub>3</sub> diperoleh dari toko kimia
- Ampelas diperoleh toko-toko besi dan bangunan.
- cleaner*, *penetrant*, dan *developer* untuk uji *dye penetrant*.

#### ***Alat***

- Mesin gerinda dan *polishing* (Jerman) berfungsi untuk mengamplas *bellows*. Mikroskop untuk melihat mikrostruktur *bellows*.
- Kamera (Casio, Jepang) untuk merekam gambar mikrostruktur.
- Hardness tester* (Proceeq, Swiss) untuk mengetahui kekerasan *bellows*.

### **Tata Kerja**

Sebelum dilakukan pengujian *penetrant* dilakukan pembersihan dengan kain pembersih untuk menghilangkan debu yang menempel pada *bellows*. Setelah itu, permukaan *bellows* dibersihkan dengan larutan *cleaner*. Selesai pembersihan dengan *cleaner*, tunggu sampai kering, lalu beri *penetrant* dengan larutan *dye penetrant*.

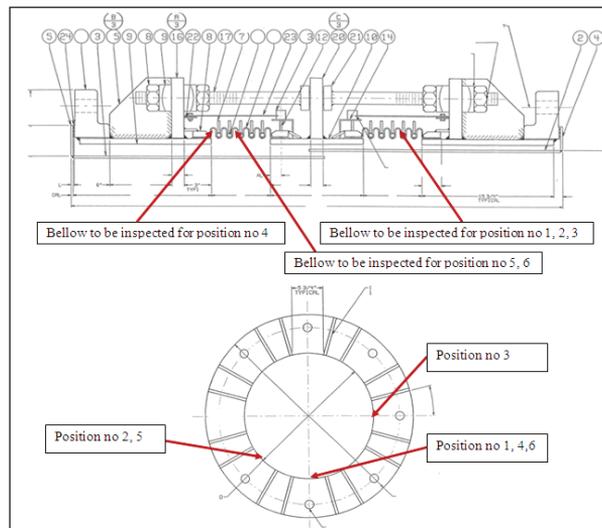
Waktu tunggu (*Dwell Time*) *penetrant* adalah sekitar 10 menit [4] agar cairan *penetrant* meresap ke dalam *bellows*. Setelah waktu tunggu terpenuhi, bersihkan permukaan dengan kain untuk menghilangkan warna merahnya. Kemudian untuk menghilangkan sisa warna merah, *cleaner* disemprotkan pada kain dan diusapkan pada permukaan *bellows* dengan cepat. Ketika permukaan *bellows* sudah benar-benar bersih dari *penetrant*, semprotkan larutan pengembang (*developer*) pada permukaan *bellows*.

Kemudian, *bellows* diamati dan dianalisis bila ada indikasi cacat. Pengamatan dilakukan sampai 60 menit, setelah itu dimensi cacat diukur dan difoto. Pengujian



metalografi *in-situ* dilakukan pada 3 posisi (Gambar 2). Proses pengamplasan terdiri dari lima tahap, yaitu masing-masing secara berurutan dengan menggunakan kertas ampelas dengan *grid* 120, 240, 400, 600, dan 800. Setelah diampelas, permukaan dipoles menggunakan *polisher* dengan *diamond pasta polish 1 mikron*. Setelah dipoles, permukaan digores menggunakan *reagen aqua regia* [5] berupa campuran 3 bagian HCl dan 1 bagian  $\text{HNO}_3$  selama sekitar sepuluh menit. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop portabel untuk mengetahui integritas struktur mikro permukaan bahan setelah dioperasikan. Foto struktur mikro diambil dengan menggunakan kamera digital untuk keperluan dokumentasi.

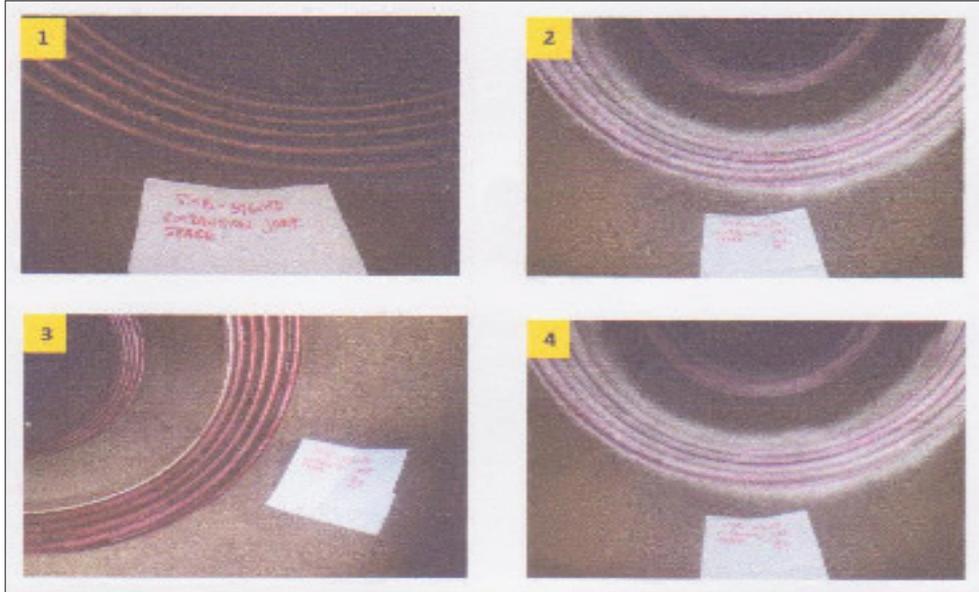
Pengukuran kekerasan dilakukan pada permukaan yang halus. Posisi tersebut sama dengan posisi area uji pengujian metalografi. Pengukuran panjang total dilakukan dengan menggunakan meteran.



**Gambar 2.** Posisi di Mana Metalografi In-situ Dilakukan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tidak ada diskontinuitas, terutama retak, yang terdeteksi dengan uji *dye penetrant*. Hal ini menunjukkan bahwa daerah yang akan diuji bebas dari retakan makro. Gambar 3 menunjukkan hasil uji *penetrant*.

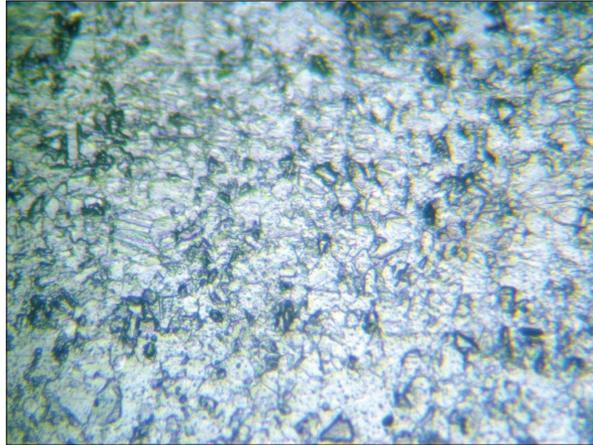


**Gambar 3.** Foto Dokumen Cairan *Penetran*

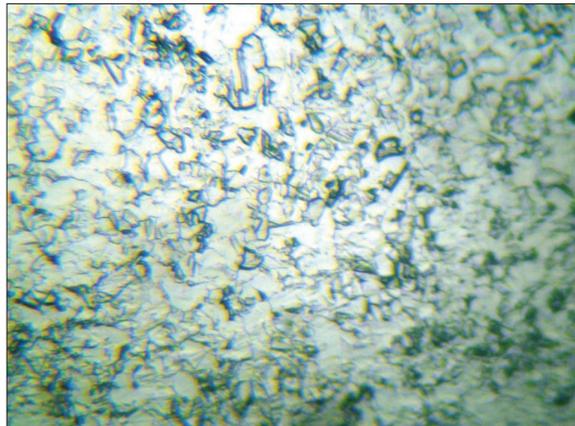
Pemeriksaan di tiga area uji permukaan setelah etsa dengan menggunakan mikroskop portabel menunjukkan bahwa struktur butir masih tetap normal untuk paduan ini dan tidak ada retakan pada batas butir atau kekosongan yang terlihat. Gambar 4 sampai 9 adalah mikrograf yang diambil oleh mikroskop portabel *in-situ*, yang menunjukkan adanya batas butir yang bebas dari rongga dan retakan mikro. Panah merah menunjukkan indikasi proses sensitisasi. Proses sensitisasi diperkirakan akan terjadi pada saat pembuatan *ekspansion joint* karena temperatur operasi dari *ekspansion joint* cukup rendah, Secara umum, hasil pengujian menunjukkan bahwa material *bellows* masih dalam kondisi baik, meskipun sambungan ekspansi telah digunakan melebihi waktu desain. Foto-foto struktur mikro yang ada diambil dari pengujian ini dapat digunakan sebagai referensi pengujian secara berkala setiap dua tahun pengoperasian juga direkomendasikan.

Pengukuran kekerasan pada lokasi yang berbeda menunjukkan bahwa kekerasan material *bellows* adalah 129HB pada posisi 1, 158HB pada posisi 2, 136HB pada posisi 3, 130HB pada posisi 4, 127HB pada posisi 5, dan 145HB pada posisi 6. Data awal nilai kekerasan material untuk komponen ini tidak tersedia maka nilai kekerasan yang didapat ini dapat digunakan sebagai acuan pada pengujian berkala berikutnya. Jika pada pengujian berkala berikutnya didapat nilai kekerasan yang meningkat maka perlu dilakukan evaluasi dengan memperhatikan struktur mikro yang ada.

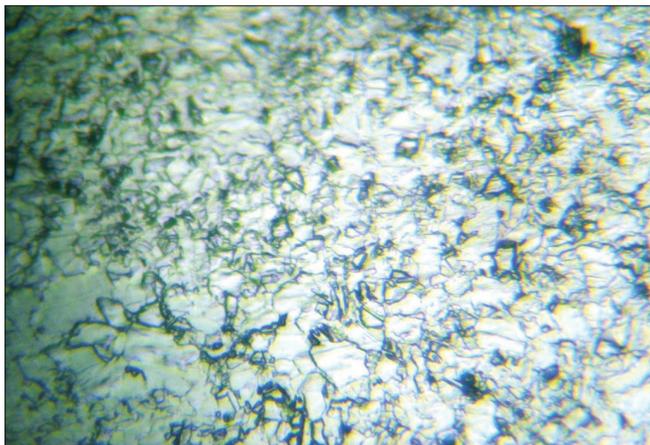
Pengukuran panjang total *ekspansion joint* didapat nilai sebesar 1457mm, 1461mm, 1465mm, 1460mm. Jika pada pengujian berkala berikutnya, nilai panjang total bertambah cukup besar maka perlu dilakukan pengamatan struktur mikro yang ada apakah mulai terbentuk retak mikro.



**Gambar 4.** Mikrostruktur di Posisi 1 (*Optic. Magnification 100X*)



**Gambar 5.** Mikrostruktur di Posisi 2 (*Optic. Magnification 100X*)

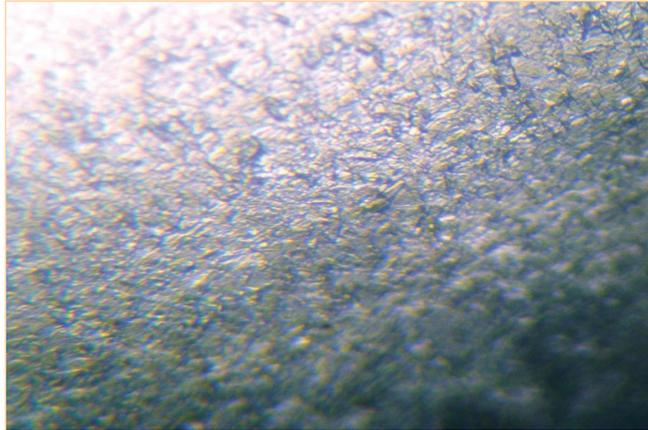


**Gambar 6.** Mikrostruktur di Posisi 3 (*Optic Magnification 100X*)

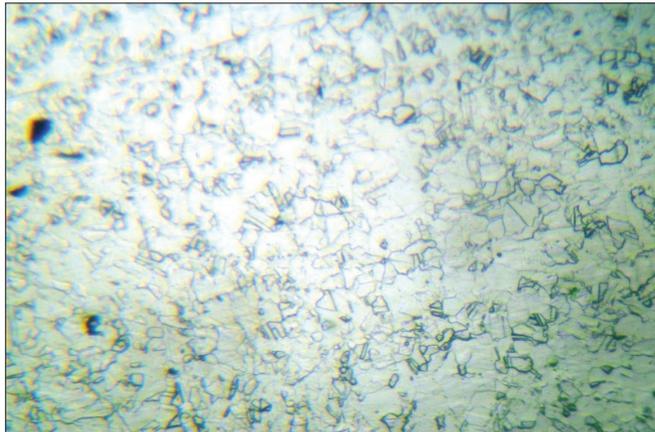


## SEMINAR APISORA 2021

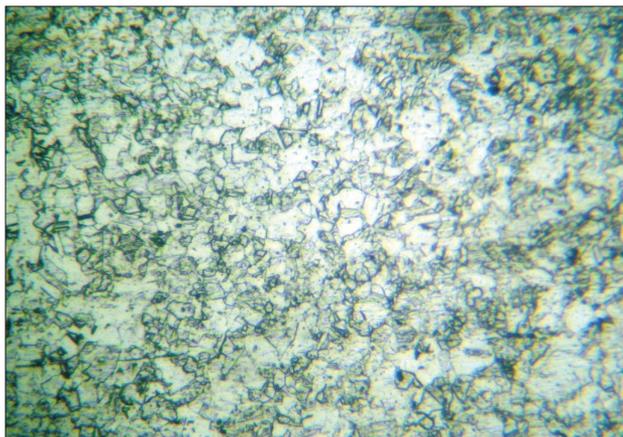
Peran Isotop dan Radiasi untuk Indonesia yang Berdaya Saing



**Gambar 7.** Mikrostruktur di Posisi 4 (*Optic. Magnification 100X*)



**Gambar 8.** Mikrostruktur di Posisi 5 (*Optic. Magnification 100X*)



**Gambar 9.** Mikrostruktur di posisi (*Optic. Magnification 100X*)



## KESIMPULAN

Hasil pengujian menggunakan *dye penetrant* dan struktur mikro tidak menemukan adanya diskontinuitas atau cacat pada permukaan sambungan *bellows* yang dapat menimbulkan kegagalan fungsi *expansion joint*. Data pengujian kekerasan menggunakan peralatan *rebound hammer* menunjukkan bahwa sambungan ekspansi *bellows* masih baik dan dari pengukuran panjang total menunjukkan bahwa dimensi *expansion joint* tidak berubah. Meskipun, secara desain sambungan *expansion joint* telah malampaui masa pakai dan masih dalam kondisi baik, disarankan untuk dilakukan pengujian ini secara rutin, setiap 2 tahun. Hal ini untuk menghindari atau mengurangi risiko kegagalan fungsi dari *expansion joint* saat dioperasikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Bapak Puguh yang telah membantu dalam kelancaran penelitian di Area.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. I. Sumardani dkk., “Defect analysis of carbonsteel pipe welding connections using non-destructive testing with the *penetrant* test method,” *Risenologi (Jurnal Sains, Teknologi, Sosial, Pendidikan, dan Bahasa)*, vol. 5, no. 1, 2020.
- [2] Ilham Hatta, “Aplikasi mikro-analisis dan fraktografi untuk menentukan kualitas produk manufaktur dan penyebab kerusakan suatu komponen,” dalam Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan, ISSN 1411-2213, Serpong, 3 Oktober 2012.
- [3] Pendidikan dan Pelatihan Magnetic Particle & Liquid *Penetrant* Level 2, “NDT Liquid *Penetrant*,” B4T, Bandung 2008.
- [4] M. Haryanto, A. Mardhi, dan Andryansyah, “Analisis uji permukaan las dengan metode *dye penetrant* dan maknetik partikel,” dalam Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir, ISSN:2355-7524, Serpong, 18 November 2020
- [5] Chrisman dan A. P. Bayuseno, “Analisis stress corrosion cracking austenitic stainless steel (AISI 304) dengan metode U-bend pada media korosif HCL1 M,” *Jurnal Teknik Mesin S-1*, vol. 2, no. 1, 2014.



## SEMINAR APISORA 2021

Peran Isotop dan Radiasi untuk Indonesia yang Berdaya Saing