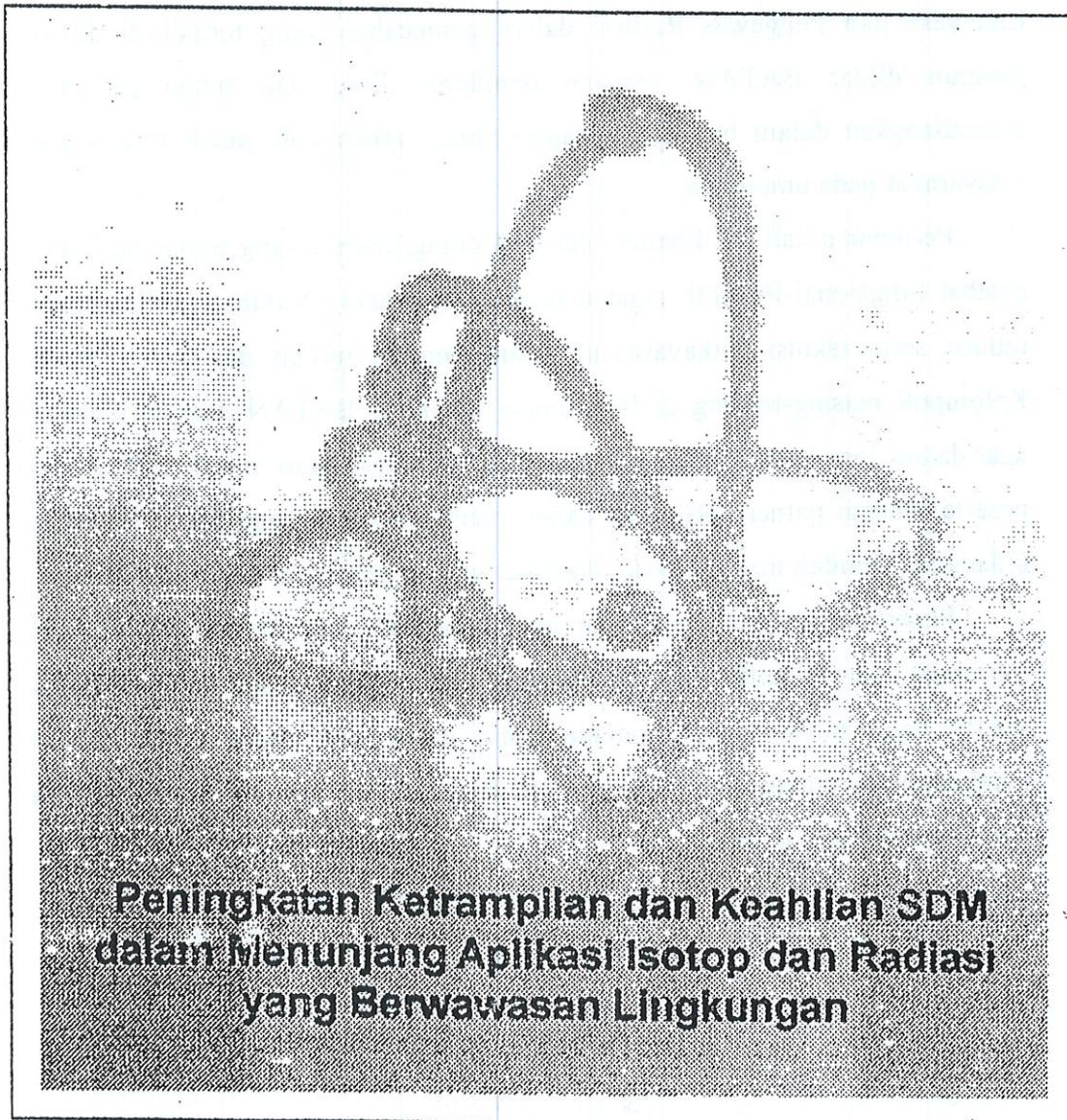


**PERTEMUAN ILMIAH JABATAN
FUNGSIONAL PRANATA NUKLIR,
PENGAWAS RADIASI DAN
TEKNISI LITKAYASA XIV**

Jakarta, 9 Maret 2005



**Peningkatan Ketrampilan dan Keahlian SDM
dalam Menunjang Aplikasi Isotop dan Radiasi
yang Berwawasan Lingkungan**



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI**

Jl. Cinere Pasar Jumat Kotak Pos 7002 JKSKL Jakarta 12070
Telp. 021-7690709 Fax. 021-7691607; 7503270

KATA PENGANTAR

Sebagaimana Pertemuan Ilmiah ke XIV yang diselenggarakan selama 1 hari pada tanggal 9 Maret 2005 oleh Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi (P3TIR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) pada tahun ini bertujuan untuk tukar menukar informasi dan pengalaman sesuai dengan disiplin keilmuan masing-masing. Selain itu, pertemuan kali ini dimaksudkan juga untuk meningkatkan kemampuan para pejabat fungsional Pranata Nuklir, Litkayasa dan Pengawas Radiasi dalam pemecahan yang terjadi di dalam maupun diluar BATAN. Dengan demikian, ilmu dan teknologi yang dikembangkan dalam bidang ini dapat dimanfaatkan oleh pihak terkait dan masyarakat pada umumnya.

Pertemuan kali ini dihadiri oleh 158 orang peserta yang terdiri dari para pejabat fungsional Peneliti, pejabat fungsional Pranata Nuklir, dan Pengawas radiasi serta teknisi Litkayasa juga para peneliti terkait dan para Kepala Kelompok masing-masing di lingkungan P3TIR – BATAN dengan maksud agar dalam sesi diskusi lebih terarah dan memberi banyak masukan bagi para peserta sebagai patner kerjasama dalam membantu penelitian para peneliti di bidangnya. Jumlah makalah yang disajikan adalah sebanyak 44 buah makalah.

Penerbitan risalah pertemuan ini diharapkan dapat menambah sumber informasi dan perkembangan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan teknik nuklir bagi pihak yang membutuhkan untuk menunjang keberhasilan pembangunan dimasa mendatang serta mendapatkan sumber daya manusia yang handal di era globalisasi.

Penyunting

Penyunting : Komisi Pembina Tenaga Fungsional Non Peneliti

1. Drs. Simon Petrus Guru Singa (Ketua)
2. Dr. Ir. Soeranto Human (Anggota)
3. Ir. Suharyono, M.Rur.Sci (Anggota)
4. Drs. Totti Tjiptosumirat, M.Rur.Sc. (Anggota)
5. Drs. Endrawanto, M.App.Sc (Anggota)
6. Drs. Erizal (Anggota)
7. Drs. Harwikarya, MT. (Anggota)
8. Dra. Fransisca A.E. Tethool (Anggota)
9. Drs. Syamsul Abbas Ras, M.Eng (Anggota)

PERTEMUAN JABATAN FUNGSIONAL PRANATA NUKLIR, TEKNISI LITKAYASA DAN PENGAWAS RADIASI XIV 2005 JAKARTA. Risalah pertemuan ilmiah jabatan Fungsional P. Nuklir , P. Radiasi dan T. Litkayasa XIV, Jakarta 9 Maret 2005/Penyunting Simon PGS (dkk) – Jakarta : Badan Tenaga Nuklir Nasional, Puslitbang teknologi Isotop dan Radiasi, 2005.
1 Jil. 30 cm.

No. ISBN 979-3558-05-9

Alamat : Puslitbang Teknologi Isotop dan radiasi
Jln. Cinere Pasar Jumat
Kotak Pos 7002 JKSKL
Jakarta 12070
Telp. 021-7690709
Fax. 021-7691607
Email : p3tir@batan.go.id

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
Laporan Ketua Panitia Pelaksana	vii
Sambutan Deputi Bidang Penelitian Dasar dan Terapan	ix
Tantangan Pembinaan Pejabat Fungsional Pranuk : Peningkatan ketrampilan dan keahlian SDM	
Dr. Asmedi Suropto	1
Peningkatan keterampilan dan keahlian SDM dalam menunjang aplikasi isotop dan radiasi yang berwawasan lingkungan	
Drs. Soekarno Suyudi	10
Uji adaptasi beberapa galur mutan kacang tanah terhadap pupuk npk dan bio-lestari dosis anjuran	
Parno dan Kumala Dewi	13
Meningkatkan produktivitas lahan sawah menggunakan nitrogen berasal dari pupuk kimia dan pupuk hijau	
Nana Sumarna	25
Analisis kandungan tanin dalam hijauan pakan ternak dengan metode total fenol	
Ibrahim Gobel	34
Penggunaan ^{32}P untuk menentukan pengaruh P dari dua sumber berbeda terhadap pertumbuhan tanaman jagung	
Halimah	40
Pengaruh infeksi <i>fasciola gigantica</i> terhadap gambaran darah sapi PO (peranakan ongole)	
Yusneti dan Dinardi	52
Adaptasi dan toleransi beberapa genotipe kedelai mutan di lahan optimal dan lahan sub optimal	
Harry Is Mulyana	59
Pembuatan kurva standar isolat khamir R1 dan R2	
Dinardi dan Yusneti	68
Pengujian daya hasil dan ketahanan terhadap hama dan penyakit galur mutan padi sawah obs 1677/Psj dan obs-1678/Psj	
Sutisna	74
Kurva pertumbuhan isolat khamir R1 dan R2 sebagai bahan probiotik ternak ruminansia.	
Nuniek Lelananingtyas	84
Perbedaan persentase n-berasal dari urea bertanda $^{15}\text{N}(\%^{15}\text{N-U})$ pada kedelai berbintil wilis dan kedelai tidak berbintil CV	
Amrin Djawanans dan Ellya Refina	88

Pengaruh hormon testosteron alami terhadap kelangsungan hidup benih ikan nila gift (<i>Oreochromis niloticus</i>). Sri Utami	100
Penggunaan pangkasan <i>Flemingia congesta</i> sebagai pupuk hijau bagi padi lahan kering Ellya Refina dan Amrin Djawanas	108
Perbedaan pertumbuhan berbagai bagian tanaman dan tanaman antara kedelai berbintil varietas Wilis dengan kedelai tidak berbintil varietas CV Karaliyani	117
Pengaruh iradiasi gamma ⁶⁰ Co terhadap pertumbuhan eksplan batang pada kultur <i>in-vitro</i> tanaman krisan (<i>chrysanthemum morifolium</i>) Yulidar	126
Penggantian tali pengendali sumber kobalt-60 iradiator panorama serbaguna (IRPASENA) Armanu, Rosmina DLT., R. Edy Mulyana, Bonang Sigit T., dan M. Natsir	133
Pembuatan petunjuk pengoperasian prototip renograf add-on card menggunakan perangkat lunak RENO2002 Joko Sumanto	142
Penentuan faktor keluaran berkas foton pesawat pemercepat linier medik elekta Nurman R	155
Teknik isotop dan hidrokimia untuk menentukan intrusi dan pola dinamika aliran air tanah di Kabupaten Pasuruan Djiono Wandowo, dan Alip	164
Rancangan prototip brakiterapi dosis rendah semi otomatis dengan isotop Ir- 192 Tri Harjanto Djoko Trianto, Suntoro, Tri Mulyono Atmojo, dan Syamsurizal R.	176
Respon dosimeter larutan fricke dengan pelarut tridest, limbah air kondensasi, air bebas mineral dan millipure water serta penerapannya dalam layanan iradiasi gamma Tjahyono, Rosmina DLT, Darmono, Prayitno Suroso , Armanu dan M. Natsir	186
Perbandingan penentuan dosis serap berkas elektron energi nominal 9 MeV menggunakan protokol TRS No.277 dan TRS No. 398 Sri Inang Sumaryati	194
Pengaruh dosis iradiasi terhadap berat molekul, kelarutan dan kekuatan tarik khitosan dari kulit udang Maradu sibarani dan Tony Siahaan	202
Studi <i>casting nose picce abgasitutzen</i> menggunakan X-Ray Djoli Sumbogo dan R. Hardjawidjaja	215

Renovasi motor listrik pada instalasi <i>fume hood</i> Wagiyanto	221
Studi filtrasi air melalui " <i>cut off wall</i> " menggunakan isotop I-131 pada bendungan Jatiluhur Pemurnian karbofuran dan karbaryl secara kristalisasi Darma dan Hariyono	228
Identifikasi lokasi bocoran bendungan sengguruh dengan teknik perunut radioisotop AU-198 Alip, Djiono, dan Neneng Laksminingpuri R	237
Aplikasi gas larut dan tidak larut dalam panasbumi N. Laksminingpuri Ritonga, Djiono dan Alip	246
Studi kadar air jenuh dan higroskopis berbagai tipe tekstur tanah menggunakan neutron Simon Petrus Guru Singa	253
Analisis kemurnian radiokimia pada kit radiofarmaka mibi dan sediaan ¹⁵³ Sm-EDTMP Yayan Tahyan, Enny Lestari, Dadang Hafidz, dan Sri Setiyowati	266
Pemurnian karbofuran dan karbaril dengan metoda kristalisasi Elida Djali	274
Penentuan partikel debu udara di PPTN Pasar Jumat Suripto dan Zulhema	282
Dosis minimum sinar gamma yang dapat diukur dosimeter poli(tetrafluoro etilen (TEFLON) dengan alat elektron spin resonan (ESR). A. Sudradjat dan Dewi S.P	291
Perbandingan metode pengabuan dan destruksi basah pada penentuan Pb, Cd, Cr, Zn dan Ni dalam tanaman air (<i>Pistia stratiotes L</i>) Desmawita Gani	300
Pengaruh penambahan antioksidan untuk pembentukan ikatan silang pada polietilen densitas rendah dengan teknik berkas elektron Dewi Sekar Pangerteni	307
Pengawasan NORM pada pelaksanaan program pemeliharaan Bejana Conoco Phillip Inc.Ltd di DPPA, Lapangan Belida, Laut Natuna Aang Suparman	316
Pengaruh dosis iradiasi terhadap berat molekul, kelarutan dan kekuatan tarik khitosan dari kulit udang Dian Iramani	324
Pengukuran pajanan radiasi gamma dan radioaktivitas lingkungan di pabrik pembuatan papan gypsum Wahyudi	332
Penentuan jumlah mikroba dan morfologi sel bakteri hasil isolasi dari tulang alograf Nani Suryani dan Febrida Anas	342

Pemantauan tingkat radioaktivitas air di lingkungan Pusat Penelitian Tenaga Nuklir Pasar Jumat periode Januari – Desember 2003 Prihatiningsih dan Aang Suparman	347
Penentuan dosis sterilisasi pada amnion chorion Febrida Anas dan Nani Suryani	355
Eliminasi mikroba serbuk chlorella dengan radiasi sinar gamma Lely Hardiningsih	364
Pemantauan tingkat radioaktivitas tanah dan rumput di lingkungan Pusat Penelitian Tenaga Nuklir Pasar Jumat periode tahun 2004 Achdiyat dan Aang Suparman	371
Daftar Peserta	379

STUDI CASTING NOSE PIECE ABGASITUTZEN MENGGUNAKAN X-RAY

Djoli Soembogo dan R. Hardjawidjaja
Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi - Batan

ABSTRAK

STUDI CASTING NOSE PIECE ABGASITUTZEN MENGGUNAKAN X-RAY. Studi casting dengan tebal 6,35 mm ini menggunakan mesin X-ray bertegangan tinggi 150 KV untuk 1 tebal dinding (waktu ekspose 6 menit) dan 170 KV untuk 2 tebal dinding (waktu ekspose 8 menit) dengan arus konstan 5 mA, penetrometer *ASTM 1A* posisi source side, SFD = 43 inchi, film medium *AGFA D7* ukuran 14 x 17 inchi². Didapat hasil film radiografi dengan penumbra < 0,002 inchi, densitas 2-2,21, sensitivitas < 2% dan didapatkan cacat *Shrinkage CA level 2*, *Sand* dan *SI level 1*, *Gas Porosity level 2*, *Shrinkage CC level 2* yang masih ditolerir dan dapat diterima karena semua hasil masih dibawah level 3.

ABSTRACT

CASTING OF NOSE PIECE ABGASITUTZEN STUDIED BY USING X-RAY. This casting study of 6.35 mm thickness uses X-ray machine with the high voltage 150 KV for 1 wall thickness (time expose is 6 minutes) and 170 KV for 2 wall thickness (time expose 8 minutes) of constant current is 5 mA, *ASTM 1A* penetrometer of source side position, SFD = 43 inches, *AGFA D7* medium of 14 x 17 inches² dimension. The film radiograph result are unsharpness geometry < 0.002 inche, density 2-2.21, sensitivity < 2% and the defect are *Shrinkage CA level 2*, *Sand* and *SI level 1*, *Gas Porosity level 2*, *Shrinkage CC level 2* that are still tolerance and acceptable because they are still under level 3.

PENDAHULUAN

Mesin X-ray yang berada di laboratorium NDT P3TIR jenis tabung katoda panas (dalam tekanan vakum) bermerk Eresco buatan German dengan tegangan tinggi maksimum 350 KV dan arus konstan 5 mA. Atas pertimbangan mesin X-ray ini sudah berumur lebih 20 tahun, biasa dioperasikan antara 100 – 200 KV, intensitas arus konstan 5 mA, dan mesin X-ray ini menggunakan pendingin air mengalir. Adapun casting *Nose Piece Abgasitutzen* merupakan casting produksi ekspor PT. Metinca Indonesia pesanan *General Electric Canada*.

Prakiraan studi ini adalah diduga terdapat cacat pada casting *Nose Piece Abgasitutzen* akibat proses penuangan bahan. Adapun yang menjadi tujuan studi ini adalah memeriksa benda casting *Nose Piece Abgasitutzen* dengan teknik radiografi X-ray dan cacat yang timbul akibat proses penuangan bahan.

TEORI

X-ray dihasilkan oleh suatu generator X-ray, tabung X-ray merupakan suatu alat untuk menghasilkan elektron bebas, memperlambatnya dan akhirnya menghentikannya. Pada proses penghentian elektron berkecepatan tinggi ini dihasilkan X-ray [1]. Produksi X-ray memerlukan tiga persyaratan dasar yaitu sumber elektron, catu daya tegangan tinggi dan target. Apabila arus elektron dalam tabung X-ray menumbuk sasaran (target), maka elektron tersebut akan langsung berhenti. Tenaga kinetik elektron sebagian besar akan berubah menjadi panas, sedangkan sebagian kecil berubah menjadi X-ray. Pada peristiwa tumbukan

elektron dengan target, terjadi dua interaksi yang menghasilkan dua tipe X-ray, sebagai berikut:

1. X-ray yang dihasilkan akibat perlambatan berkas elektron cepat dalam medan magnet atom anoda yang disebut X-ray kontinu atau X-ray *bremstrahlung* yang mempunyai spektrum kontinu. X-ray kontinu pada umumnya digunakan untuk radiografi.
2. X-ray yang dihasilkan akibat transisi elektron dari orbit tinggi ke orbit rendah dari atom anoda. Transisi elektron ini terjadi setelah adanya kekosongan elektron akibat ditumbuk oleh elektron berkecepatan tinggi. X-ray ini disebut X-ray karakteristik, banyak digunakan pada pengujian analisa spektrografi yang menggunakan teknik difraksi X-ray, dan radiografi yang memerlukan energi rendah.

Efisiensi konversi X-ray selain bergantung pada besarnya tegangan tabung, juga dipengaruhi oleh jenis bahan target yang digunakan. Bahan target yang baik adalah bahan yang mempunyai nomor atom tinggi seperti Tungsten, sehingga akan dapat memberikan hasil efisiensi konversi X-ray yang baik. Efisiensi konversi X-ray [2] dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

$$E = C \cdot V \cdot Z \dots\dots\dots (1)$$

dalam hal ini :

- E = Energi (keV)
- C = Konstanta bahan target (untuk Tungsten $K = 10^{-7}$)
- V = Tegangan tabung (KV) yang dipakai
- Z = Nomor atom target

Untuk mesin X-ray, besar KV yang dipakai disesuaikan dengan tebal bahan, menurut *IIW* [3] besar KV dapat ditentukan dengan memakai persamaan sebagai berikut :

$$KV = A + Bx \dots\dots\dots (2)$$

dalam hal ini :

- KV = Tegangan tinggi mesin X-ray (dalam Kilo Volt)
- x = Tebal bahan dalam mm
- A dan B = Konstanta yang harganya dapat dilihat pada tabel 1. Harga konstanta A, B untuk Aluminium dan Besi dengan tebal 0,5 - 50 mm.

Tabel 1. Harga konstanta A, B untuk Aluminium dan Besi dengan tebal 0,5 - 50 mm

Tebal (mm)	Aluminium		Besi	
	A	B	A	B
0,5 < x < 5	20	5	40	10
5 < x < 50	40	1,5	75	4,5

Penetrameter dihitung berdasarkan ketebalan bahan uji [3, 6] dengan menggunakan persamaan,

$$P = 2\% \times x \dots\dots\dots(3)$$

dalam hal ini : P = dimensi penetrameter

x = tebal obyek bahan yang diuji (inchi atau mm)

kemudian tebal obyek bahan yang diuji dicocokkan pada tabel T-233-2 *ASME section V article 2* tahun 2001 [7].

Sensitivitas film radiografi [6] dihitung berdasarkan persamaan,

$$s = \frac{tk}{x} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

dalam hal ini : S = sensitivitas film radiografi (%)

tk = diameter kawat terkecil yang masih muncul/terlihat (mm)

x = tebal obyek bahan yang diuji (mm)

Penumbra geometri radiografi (*geometric unsharpness of radiograph*) [7] dihitung berdasarkan persamaan yang dikembangkan oleh ASME,

$$u_g = \frac{F.d}{D} \dots\dots\dots(5)$$

dalam hal ini : U_g = penumbra geometri (inchi)

F = dimensi focal spot (inchi)

d = jarak obyek benda uji (posisi *source side*) ke film atau tebal obyek benda uji, jika film berimpit dengan obyek benda uji (inchi)

D = jarak sumber radiasi ke obyek benda uji (inchi)

kemudian U_g hasil perhitungan ini dicocokkan pada tabel T-285 *ASME section V article 2* tahun 2001 [7].

Densitas variasi pada daerah pantauan antara minus 15% dan plus 30% berdasar T-282.2 *ASME section V article 2* tahun 2001 [7].

BAHAN DAN METODA

Studi ini menggunakan (bahan sebagai berikut) benda obyek berupa casting *Nose Piece Abgasitutzen* jenis *carbonsteel* dan film radiografi *AGFA D7* type mediun ukuran 14 x 17 inchi² sebagai perekam gambar. Adapun peralatan yang digunakan berupa peralatan radiografi mesin X-ray, dengan data-data mesin X-ray Eresco As2, arus konstan 5 mA, dimensi *focal spot* 3 mm, proses film secara manual, standar penerimaan *ASTM E192* grade 6, bahan jenis C50E71, tebal 1 t = 6,35 mm, SFD (*Source Film Distance*) = 43 inchi, screen Pb depan/belakang = 0.125 mm (lihat pada Gambar 1. Karakteristik Radiografi). Perlengkapan

radiografi berupa penetrometer *ASTM 1A* 2 buah, nomor identitas benda uji dan nomor posisi yang terbuat dari Pb 1 set, kaset dan screen Pb sebagai pembungkus film, *filter back* dari timah hitam 3 mm, larutan *fixer*, larutan *developer*, dan air sebagai pemroses film *expose*.

Tata laksana kerja (lihat pada Gambar 2. Diagram Alir Tata Laksana Kerja) yang digunakan adalah radiografi menggunakan mesin X-ray dengan tegangan tinggi 150 KV untuk satu ketebalan dan 170 KV untuk 2 ketebalan, posisi penetrometer source side. Pemrosesan film dilakukan secara manual, pada larutan *developer* 5 menit, *stopbath* 1 menit, larutan *fixer* 8 menit, air pembilas 15 menit. Pengeringan film radiografi dilakukan secara alami dengan temperature kamar, hal ini menghindari *water mark* jika menggunakan pengeringan paksa (menggunakan *drier*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar bayangan hitam laten (penghitaman) film dan cacat yang dapat terdeteksi pada film radiografi, dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil uji radiografi X-ray pada *casting Nose Piece Abgasitutzen*.

Nomor posisi 2 dan 3 menggunakan KV = 150 dengan waktu *expose* 6 menit, hal ini karena radiasi X-ray hanya menembus 1 ketebalan dinding (1 t). Tegangan tinggi yang diaplikasikan ini lebih tinggi dari pada persamaan $KV = A + Bx$, dapat digunakan karena mesin X-ray sudah berumur lebih dari 20 tahun sehingga karakteristik komponen elektronik berubah dan bahan target sudah berubah tidak seperti semula sebagai akibat target ditembaki oleh elektron cepat bertegangan tinggi selama lebih dari 20 tahun dalam pemakaiannya.

Nomor posisi 1 dan 4 menggunakan KV = 170 dengan waktu *expose* 8 menit, hal ini dapat dilakukan karena radiasi X-ray menembus 2 ketebalan dinding (2t) sehingga diperlukan energi yang lebih tinggi daripada 1 ketebalan dinding (1 t). Tegangan tinggi yang diaplikasikan ini lebih tinggi dari pada persamaan $KV = A + Bx$, dapat digunakan karena mesin X-ray sudah berumur lebih dari 20 tahun sehingga karakteristik komponen elektronik berubah dan bahan target sudah berubah tidak seperti semula sebagai akibat target ditembaki oleh elektron cepat bertegangan tinggi selama lebih dari 20 tahun dalam pemakaiannya.

Tabel 2. Hasil uji radiografi X-ray pada *casting Nose Piece Abgasitutzen*

Nomor Posisi	Tegangan Tinggi (KV)	Waktu <i>Expose</i> menit	Penumbra Ug (inchi)	Densitas Film	Sensitivitas %	Keterangan [4]
1	170	8	0,00096	2.21	1,8	<i>Shrinkage</i> CA level 2
2	150	6	0,00096	2.1	1,428	<i>Sand</i> dan <i>SI</i> level 1
3	150	6	0,00096	2.2	1,428	<i>Gas Porosity</i> level 2
4	170	8	0,00096	2.15	1,8	<i>Shrinkage</i> CC level 2

Penumbra geometri dari radiografi pada posisi 1 sampai dengan posisi 4 sudah sesuai code T-285 *ASME section V article 2* tahun 2001 untuk tebal bahan uji di bawah 2 inchi adalah maksimum 0,020 inchi.

Densitas film radiografi yang dihasilkan pada posisi 1 sampai dengan posisi 4 sudah

sesuai code T-282 *ASME section V article 2* tahun 2001. untuk sumber radiasi X-ray yang mempunyai range 1,8 – 4, dan dapat diterima untuk dibaca sebagai film radiografi.

Sensitivitas film radiografi yang dihasilkan pada posisi 1 sampai dengan posisi 4 masih dibawah 2% dan sesuai dengan code T-283 *ASME section V article 2* tahun 2001. Sensitivitas ini sangat penting karena berhubungan dengan energi atau tegangan tinggi yang digunakan mesin X-ray sudah sesuai dan energi hamburan dari geometri benda obyek yang dapat dieliminasi. *Filter back* 3 mm juga berfungsi mengeliminasi energi hamburan balik yang tidak diperlukan sehingga meningkatkan sensitivitas film radiografi.

Cacat yang timbul pada posisi 1 dan 4 dominan *shrinkage*, hal ini terjadi dalam proses pembekuan yang mengalami pengkerutan dan kontraksi karena tidak segera diimbangi dengan penambahan bahan umpan lelehan yang cukup, juga dapat timbul bila di dalam bahan terdapat daerah dengan konsentrasi panas yang cukup tinggi dibanding dengan sekelilingnya [5]. Cacat yang timbul pada posisi 2 dominan *sand* dan *slag inclusion (SI)*, hal ini terjadi kesalahan terkait dengan cetakan yang dapat menyebabkan lumatan dan butir pasir bergabung dalam bahan tuangan, juga dapat timbul akibat ketidaksinambungan dalam bahan yang dibentuk oleh *slag* (benda asing) dalam bahan tuangan karena kurang hati-hati waktu menuang dan *skimming* menggunakan pengeruk kotor [6]. Cacat yang timbul pada posisi 3 dominan *gas porosity* (rongga gas) berbentuk bulat dengan berbagai ukuran dengan dinding-dinding terang, biasanya didistribusikan dengan baik dan dibentuk oleh gas di dalam logam akibat terperangkap, rongga yang lebih besar terdapat pada bagian yang berat (yaitu yang terakhir memadat), jika kondisi logam baik sebelum dituang tipe porositas *pinhole* ada kemungkinan terjadi karena penyerapan *hydrogen* dari uap dalam cetakan [6].

KESIMPULAN

Berdasarkan Studi Casting *Nose Piece Abgasitutzen* menggunakan X-ray dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Mesin X-ray yang berumur 20 (dua puluh) tahun masih dapat diaplikasikan dengan tegangan tinggi 150-170 kV, walaupun hasilnya tidak optimal karena tegangan tinggi tersebut melebihi tegangan tinggi persamaan $kV = A + Bx$.
2. Hasil studi X-ray diperoleh cacat *Shrinkage CA* dengan 150 KV dan 170 KV didapatkan cacat *Shrinkage CA* level 2, *Sand* dan *SI* level 1, *Gas Porosity* level 2, *Shrinkage CC* level 2 yang masih ditolerir; sehingga nilai tersebut dapat diterima, karena masih dibawah level 3 (sebagai level kritis).

SARAN

Perlu pengadaan mesin X-ray baru, mengingat mesin X-ray yang ada sudah berumur lebih 20 tahun, sehingga pengoperasian tegangan tinggi lebih optimai sesuai persamaan $KV = A + Bx$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan di NDT P3TIR yang telah membantu dalam terbentuknya makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. **ARIFIN S. KUSTIONO**, Fisika Radiasi, Diktat Kursus Ahli Radiografi, BATAN, 1982.
2. **PUSDIKLAT BATAN**, Sumber Radiasi dan Peralatan Radiografi, Diktat Pelatihan Radiografi, Pusdiklat BATAN, 2000.
3. **RENANINGSIH SETJO**, Pengetahuan Teknik, Diktat Kursus Operator Radiografi, BAFI BATAN, 1990.
4. **ASTM COMMITTEE E-7**, *ASTM Reference Radiographs for Steel Casting Vol I*, Philadelphia, 1916.
5. **J.B. HERSUBENO**, Pengetahuan Metalurgi, Diktat Kursus Operator Radiografi, BAFI BATAN, 1990.
6. **PUSDIKLAT BATAN**, Diktat Ahli Radiografi, Pusdiklat BATAN, 1994.
7. **ASME**, *ASME section V article 2 Radiographic Examination*, New York, 2001