

PENGEMBANGAN TEKNIK REKONDISI TABUNG STORAGE CRYOGENIC UNTUK OPTIMALISASI PROGRAM INSEMINASI BUATAN (*ARTIFICIAL INSEMINATION*)

R. Hari Setyanto¹, Kuncoro Diharjo², Rusdjajanto³

¹Staf pengajar – Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknik UNS

²Staf pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik UNS

³Staf Dinas Peternakan Kabupaten Karanganyar

Keywords :

*Artificial insemination
Cryogenic storage tanks
Leaking tubes
Reconditioning*

Abstract :

Karanganyar district of Central Java as the one of cattle meat production has more than 52,000 ox population, 70% cow and 30% ox. However, the breeders no longer use ox for breeding, meaning that almost 95% of breeding rely artificial insemination techniques. Important equipment and the most easily damaged IB is for cryogenic storage tank. Important equipment and the most easily damaged IB is for cryogenic storage tank. Need of liquid nitrogen storage tank reaches 65 unit with the level of damage to the 14 unit per year, and not have a workshop that is capable of recondition well. Damage from the main tube is tube leak, sponge seal leak closed, and the remaining includes the tube broken neck, broken canister, hanger dropouts. The main purpose of these activities is to develop recondition techniques and the tank so that it is able to (1) reduce the import dependency of the product tanks, (2) reduce the cost of artificial insemination, and (3) the self-help insemination by farmer.

Materials research is a tube container (cryogenic storage tanks) that have been damaged which is then reconditioned. Process improvements were made with surgical tubing, then determined the tools used in the tube division, describes its components, dan selanjutnya analyzed the materials used in the tube. Next, the tube was reconditioned.

The results showed that the main damage on the tube is 30% leaky tube, 50% sponge cover seal is leaking, and the remaining 20% covering broken neck tube, canister broke, broken hanger. Based on the tests, the results of reconditioning on tubes showed that the level of liquid nitrogen leakage will still occur but can be pressed up to the volume of nitrogen was 60% (period of a month).

PENDAHULUAN

Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah sebagai salah satu penghasil Daging Ternak terdapat populasi sapi lebih dari 52.000 ekor dengan komposisi sapi betina 70% dan sapi jantan 30%. Produksi daging sapi pada tahun 2007 adalah 1.131.146 kg. Pada tahun 2008, produksi daging sapi tersebut mengalami peningkatan menjadi 1.131.186 kg. Jumlah sapi yang dipotong untuk mensuplai kebutuhan daging sapi pada tahun 2007 dan 2008 masing-masing adalah 6.888 ekor pada tahun 2007 dan 7.026 ekor pada tahun 2008. Data ini menunjukkan bahwa pada tahun 2008, kebutuhan daging sapi di kabupaten Karanganyar mengalami peningkatan sebesar 0,004% dari kebutuhan daging sapi pada tahun 2007. Jumlah sapi yang dipotong pada tahun 2008 juga mengalami peningkatan sebesar 1,96% dari jumlah sapi yang dipotong pada tahun 2007. Pemenuhan kebutuhan daging sapi tersebut didominasi oleh pemotongan sapi jenis *simental*. Daerah kecamatan yang memproduksi

daging sapi dapat dikatakan merata di seluruh kecamatan. Kecamatan yang menghasilkan produksi daging terbesar pada tahun 2008 adalah kecamatan Gondangrejo, yaitu sebesar 420.049 kg/tahun. Salah satu faktor yang menyebabkan peningkatan kebutuhan daging sapi di kabupaten Karanganyar adalah adanya kesadaran masyarakat akan kebutuhan gizi untuk meningkatkan kecerdasan anak-anak yang berada pada masa pertumbuhan (Dinas Pertanian, 2008).

Selain menghasilkan daging, peternakan sapi juga menghasilkan produk lain yang bergizi tinggi, yaitu susu. Produksi susu sapi di Kabupaten Karang anyar pada tahun 2007 dan 2008 masing-masing adalah 416.304 liter dan 415.154 liter. Berdasarkan data ini, produksi susu pada tahun 2008 dapat dikatakan mengalami penurunan sebesar 0,28%. Penurunan produksi susu ini disebabkan oleh adanya beberapa sapi perah yang sedang dalam masa kering (tidak berproduksi). Namun demikian, produksi susu di kabupaten Karanganyar dapat

dikatakan cukup tinggi. Pemasaran susu sapi di Kabupaten Karanganyar terdistribusi di 2 jalur pemasaran, yaitu pemasaran ke industri susu SGM di Yogyakarta dan pemasaran susu segar secara langsung oleh masyarakat. Berdasarkan data ini, maka potensi peternakan sapi di Kabupaten Karanganyar dapat dikatakan sangat berpeluang untuk berkembang lebih pesat (Dinas Pertanian, 2008).

Untuk pemenuhan kebutuhan daging dan susu sapi, maka perlu adanya pembibitan sapi, baik secara konvensional maupun inseminasi buatan. Pembibitan ternak konvensional umumnya dilakukan dengan mengawinkan antar sapi betina dan pejantan, seperti ditunjukkan Gambar 1. Tingkat keberhasilan pembibitan ternak cara ini adalah hanya sekitar 50%. Padahal, setiap proses pengawinan sapi secara alami ini pun memerlukan biaya sebesar Rp. 50.000 per sekali kawin. Rendahnya tingkat keberhasilan pembibitan ternak sapi dengan kawin alami ini menjadi penyebab rendahnya populasi ternak sapi di Kabupaten Karanganyar. Untuk meningkatkan populasi sapi secara signifikan, proses kawin alami sapi diganti dengan program Inseminasi Buatan yang memiliki tingkat keberhasilan lebih tinggi (70%) (Dinas Pertanian, 2008).



Gambar 1. Mengawinkan sapi secara alami (Dinas Pertanian, 2008).

Pada tahun 1983 di Kabupaten Karanganyar, program pembibitan ternak sapi sudah dilakukan dengan metode Inseminasi Buatan dengan biaya bantuan pemerintah 100%. Program ini merupakan program murni dari pemerintah dalam rangka mendongkrak peningkatan populasi sapi di dalam negeri. Setelah program tersebut berhasil, sejak tahun 1993 hingga sekarang program Inseminasi Buatan ternak sapi di kabupaten Karanganyar dilakukan secara swadana. Biaya untuk satu kali suntikan Inseminasi Buatan adalah Rp. 50.000 (Dinas Pertanian, 2008). Meskipun biaya ini memberatkan, namun program Inseminasi Buatan Swadana (IBS) ini merupakan satu-satunya langkah yang harus ditempuh untuk membawa peternak menjadi mandiri. Saat ini seiring dengan adanya krisis ekonomi global, program IBS ini menjadi masalah karena biaya operasional yang ditanggung

oleh pemerintah meningkat sangat tajam. Peningkatan biaya tersebut disebabkan oleh ketergantungan yang sangat tinggi akan produk impor sarana Inseminasi Buatan, khususnya fasilitas pengawet sperma sapi *cryogenic storage tank*. Oleh karena itu, perlu dicari strategi menurunkan biaya peralatan Inseminasi Buatan sapi agar biaya inseminasi menjadi lebih murah. Hal ini dapat dilakukan dengan mengembangkan teknologi rekondisi dan manufaktur *cryogenic storage tank*, yang selama ini belum dapat dipecahkan.

Perlengkapan terpenting dan yang paling mudah rusak untuk Inseminasi Buatan sapi adalah *cryogenic storage tank*, yang masih diimpor dari luar negeri dengan harga yang mahal (Rp. 23.000.000). Kebutuhan *cryogenic storage tank* mencapai 65 unit dengan tingkat kerusakan 14 unit per tahun, dan belum ada bengkel yang mampu merekondisi dengan baik. Padahal harga setiap unitnya adalah Rp. 23.000.000, artinya pemerintah harus membelanjakan secara rutin sebesar 350 juta rupiah per tahun untuk pembelian 14 unit *cryogenic storage tank* yang rusak dan harus impor karena belum ada produksi dalam negeri. Dengan demikian, untuk menghilangkan biaya impor pembelian *cryogenic storage tank* perlu dikembangkan teknik rekondisi (perbaikan) *cryogenic storage tank* yang rusak. Keberhasilan kegiatan ini akan menghemat Rp. 350.000.000 bagi Pemda Karanganyar. Namun dalam skala nasional, maka keberhasilan ini akan membawa penghematan impor *cryogenic storage tank* dalam jumlah yang berlipat ganda.

METODE PENELITIAN

Pembedahan dan analisis kerusakan pada tabung *cryogenic*

Pembongkaran tabung kontener dengan menggunakan *slitting saw* dengan gigi 48 teeth/Inchi dengan bahan *Bi metal HSS titanium coated* dengan *cutting fluid Tap matic™* atau *WD40™*. Pola pemotongan dengan mengikuti kampuh (*seam*) lama, membuang dan membersihkan bahan sekat panas, memeriksa tabung dalam (*inner wall*), dan mencatat kerusakan yang terjadi untuk bahan analisis Metalurgi.



Gambar 2. Model *Cryogenic Storage Tank* yang digunakan saat ini.

Setelah dilakukan pembedahan tabung (container), maka dapat diketahui susunan tataletak komponen yang berada dalam tabung, kerusakan utama yang terjadi pada tabung, dan posisi pemotongan yang tepat pada tabung.

Pembuatan Alat Bantu *welding turn table*

Alat ini digunakan sebagai pencengkeram tabung untuk memudahkan dalam pembedahan tabung sehingga diperoleh presisi pemotongan yang baik, selain itu, alat bantu ini dapat digunakan juga sebagai pegangan tabung pada saat akan melakukan rekondisi dengan cara pengelasan tabung (gambar 3).



Gambar 3. *welding turn table*

Analisis Bahan Paduan (*Alloy Almunium*) Material Tabung

Analisis dan identifikasi spesifikasi dan karakteristik material, struktur sirip penguat (*reinforment rib*) dilakukan dengan uji komposisi unsur dengan menggunakan spektrometer peka bahan aluminium. Selanjutnya hasil uji komposisi unsur ini akan dijadikan acuan penentuan jenis plat aluminium yang paling tepat untuk digunakan sebagai bahan tabung *Cryogenic Storage Tank*. Bahan ini diprediksi memiliki elastisitas yang cukup tinggi sehingga tahan terhadap suhu operasi rendah (-30°C). Untuk pembuatan tabung pengganti dilakukan di Sub Kontraktor bengkel DETE Sheet Metal SOLO dengan mesin tekuk dan *vessel dome forming*.

Penguraian Seluruh Detil Komponen

Tahap ini meliputi kegiatan menganalisis pembebanan yang terjadi terhadap tekanan serta suhu dingin Nitrogen cair, membuat desain komponen pengganti berbahan Plastik dan membuat *Plastic Mould* dan proses *Injection Moulding* bersama Sub Kontraktor ATMI SOLO.

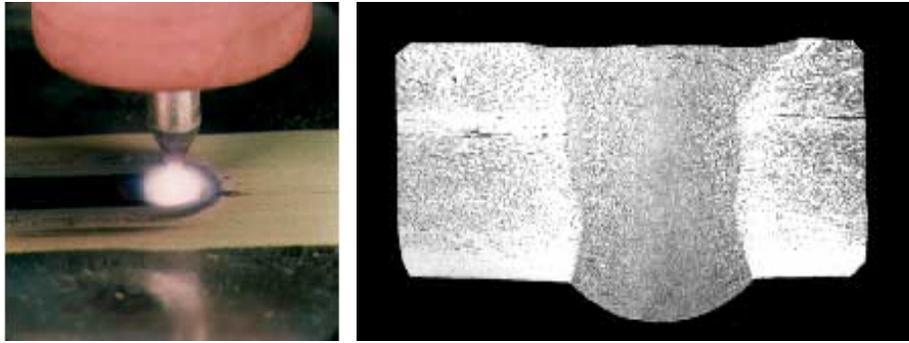


Gambar 4. Penampang sisi atas *Cryogenic Storage Tank*

Rekondisi dengan aplikasi teknologi *Interpulse Welding*

Ferritic cryogenic steels adalah baja paduan rendah nikel yang dibuat khusus untuk bekerja aman pada suhu di bawah 0°C, mempunyai sifat ulet dan tahan benturan pada suhu rendah. Kandungan nikel sekitar 1.5% - 9%, beberapa baja carbon-manganes dengan kristal halus mungkin juga dioperasikan pada temperatur - 50°C. Baja jenis ini biasanya digunakan dalam industri minyak, gas dan petrokimia. digunakan untuk transport dan penyimpanan LPG pada temperatur hingga -100°C dan hingga -196°C untuk baja nikel 9%. Baja ini juga digunakan proses produksi dan penanganan gas seperti gas asam-arang (CO₂) dan oksigen (O₂).

Pemilihan baja untuk suatu aplikasi tertentu tidak hanya mempertimbangkan temperatur tetapi juga mempertimbangkan aspek tebal yang diperlukan konstruksi dan resiko terhadap karat. Aplikasi baja menuntut sifat mekanis terutama keuletan pada zona sambungan las di mana pengaruh panas bahan tambahan dan logam induk menyisakan stress konstruksi (Delany, 2005). Pada rekondisi dan pembuatan tabung dan perpipaan kriogenik perlu kecermatan penyetelan parameter las dan pemilihan bahan tambahan.



Gambar 5. Penampang Kampuh Pengelasan

Pengaruh nikel berlaku juga pada teknik pengelasan MAG (GMAW), *flux cored* (FCAW) dan juga *submerged arc* (SA). Ini merupakan batas umum menurut ketentuan *NACE International ISO15156-2/MR0175*.

Baja 1.5% Ni dan 2.5%Ni dapat disambung dengan elektroda 2.5% Ni dan dapat menghasilkan keuletan untuk kondisi -60°C , dengan pengelasan dan perlakuan panas lanjutan *post weld heat treated* (PWHT). Perlu diperhatikan, bagaimanapun kekuatan *tensile strength* pada PWHT untuk TIG dan MAG *weld metal* turun mencapai minimum logam induk, MAG *weld* memakai gas pelindung ($>20\%$) CO_2 jadi lebih sensitif, gas pelindung argon dipakai untuk las TIG.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kerusakan pada Tabung *Cryogenic Storage Tanks* (Kontener)

Tabung *cryogenic storage* yang yang sudah bongkar secara manual (gambar 6), maka tahap selanjutnya adalah menganalisis kerusakan pada komponen yang ada pada bagian dalam tabung. Kerusakan yang sering terjadi lebih disebabkan karena faktor manusia (penyuluh) dalam menggunakan tabung tersebut. Berdasarkan analisis teknis, kerusakan tersebut sering terjadi pada :

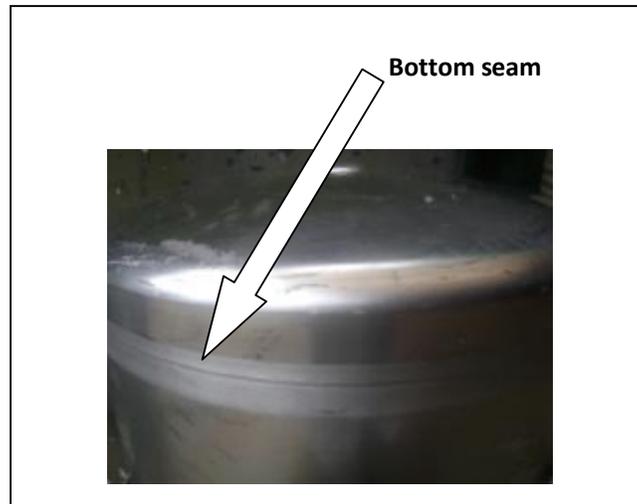
- a. Tabung bocor, 30%
- b. *Sponge seal* tutup bocor, 50%
- c. Kerusakan pada *neck tube* retak, *canister* patah, dan *hanger* putus; 20%



Gambar 6. Tabung yang sudah dibongkar

Kebocoran yang terjadi pada tabung, disebabkan retaknya kampuh (las) pada *bottom seam* (gambar 7) maupun *neck seam* tidak sempurna atau karena

faktor usia, tetapi bisa juga karena rendahnya suhu nitrogen (-147°C) yang menyebabkan keretakan pada sambungan tabung.

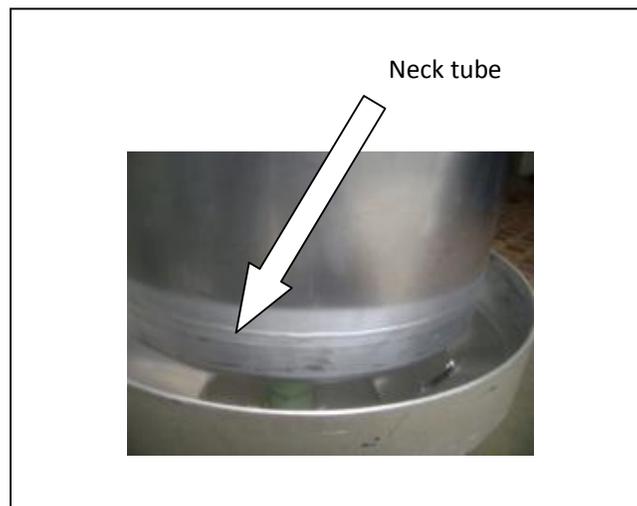


Gambar 7. *Bottom Seam*

Kebocoran pada sponge seal tutup, merupakan kerusakan yang memberikan presentase yang tinggi. Kebocoran tersebut terjadi dikarenakan benturan pada *cryogenic storage tank* (kontener), dan keterlambatan dalam pengisian N_2 cair. N_2 cair yang disyaratkan untuk diisi kembali jika volume N_2 pada tabung mendekati telah mendekati 60%. Dalam hal

ini jika terlambat dalam pengisian, maka akan terjadi perubahan suhu yang ekstrim pada *sponge seal*, sehingga lama kelamaan akan terjadi kebocoran.

Neck tube (neck seam) retak (gambar 8), *canister* patah, dan *hanger* putus, ini juga disebabkan adanya perubahan suhu yang ekstrim pada saat tutup tabung dibuka.



Gambar 8. *Neck Tube*

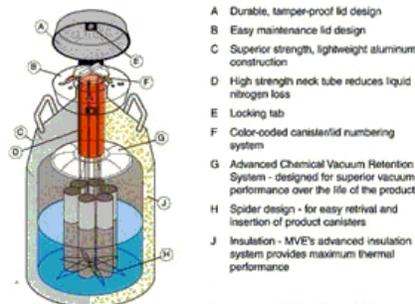
Mengurai seluruh detil komponen, menganalisis pembebanan yang terjadi terhadap tekanan serta suhu dingin nitrogen cair

Tahapan ini dilakukan setelah permasalahan kerusakan pada tabung telah diketahui, maka langkah selanjutnya adalah memotong tabung bagian luar dengan presisi yang tinggi. Hal ini dilakukan

agar pada saat direkondisi telah dilakukan, maka pada saat memasang tabung (seperti semula) tidak mengalami kesulitan dan kualitas sambungan dapat terjaga dengan baik. Untuk memperoleh hasil pemotongan yang presisi, tabung dipasang pada *welding turn table* (gambar 9).



Gambar 9. Kontener siap potong dan telah Dipotong
 Detil komponen yang ada dalam tabung, antara lain, yaitu: seperti yang terlihat pada gambar 10.



Gambar 10. Detil Komponen Kontener

Hal tersebut di atas menunjukkan bahwa perlu dicari material aluminium alloy di pasaran. Identifikasi dan analisis spesifikasi dan karakteristik material, struktur sirip penguat (*reinforment rib*) dilakukan dengan uji komposisi unsur dengan menggunakan spektrometer peka bahan aluminium. Selanjutnya hasil uji komposisi unsur ini akan dijadikan acuan penentuan jenis plat aluminium yang paling tepat untuk digunakan sebagai bahan tabung *Cryogenic Storage Tank*. Bahan ini diprediksi

memiliki elastisitas yang cukup tinggi sehingga tahan terhadap suhu operasi rendah (-30°C). Sebagai acuan, berbagai jenis aluminium alloy yang tersedia di pasaran ditunjukkan pada tabel 1, yang mana material tersebut tersedia di pasaran dan dapat menahan suhu dingin mencapai 70°C.

Perbaikan yang dilakukan, dapat mendekati pada kondisi semula. Hasil uji coba lapangan, dalam satu bulannya maksimum kehilangan nitrogen cair sebesar 40%.

Tabel 1. Jenis bahan aluminium alloy

Trade Name	MSRR	AMS	NI	Cr	Co	Fe	TI	Al	Others
AL	MSRR 9500/30							Bal	10.5Zn-9.0Si-3.5Cu
4047	MSRR 9500/31	AMS 4185						Bal	12.0Si
4043	MSRR 9500/32	AMS 4190						bal	5.25Si
3103 NG3	MSRR 9500/33							Bal	1.2Mn
RR 250	MSRR 9500/34		1.00		0.25		0.20	Bal	5Cu-0.25Mn-0.25Sb
4145 Alcubeaze	MSRR 9500/35	AMS 4184						bal	10.0Si-4Cu
99.5Al (1050A)	MSRR 9500/41							Bal	Commercially pure
BSL51 (contact VBC)	MSRR 9500/43							Bal	Use VBS Alloy 0043
5556A	MSRR 9500/44			0.13			0.13	bal	5.25Mg-0.80Mn
2319	MSRR 9500/45	AMS 4191					0.15	Bal	6.30Cu-0.30Mn-0.18Zr-0.10V
A356 LM8 (contact VBC)	MSRR 9500/46	AMS 4181						Bal	Two standards exist, contct VBC
RR50	MSRR 9500/47		1.00			1.00	0.20	bal	

Rekondisi Cryogenic Storage Tank dengan Aplikasi Teknologi Interpulse Welding

Rekondisi kontener yang pertama kali harus diperhatikan adalah pertimbangan dalam penggunaan tabung dalam, sebab tabung ini bersentuhan langsung dengan N₂ cair dan merupakan tempat mencelupkan straw semen sapi.

Tabung yang digunakan pada bagian ini merupakan material baja paduan. *Ferritic cryogenic steels* adalah baja paduan rendah nikel yang dibuat khusus untuk bekerja aman pada suhu dibawah 0°C,

mempunyai sifat ulet dan tahan benturan pada suhu rendah. Kandungan nikel sekitar 1.5% - 9%, beberapa baja carbon-manganeze dengan kristal halus mungkin juga dioperasikan pada temperatur -50°C. Baja jenis ini biasanya digunakan dalam industri minyak, gas dan petrokimia. digunakan untuk transport dan penyimpanan LPG pada temperatur hingga -100°C dan hingga -196°C untuk baja nikel 9%. Baja ini juga digunakan proses produksi dan penanganan gas seperti gas asam-arang (CO₂) dan oksigen (O₂) (Tabel 2).

Tabel 4.2. Jenis-jenis bahan *steel alloy*

Steel Type	Specification (Plate)	Minimum service temp °C	Typical storage/processing application
Fine grained Al, C/Mn steel	EN10028-3 P460NL2	-50	Ammonia, propane (LPG)
1.5% Ni steel	EN10028-4 15NiMn6	-60	Ammonia, propane, carbon disulphide
2.5% Ni steel	ASTM A203 GrB	-60	Ammonia, propane, carbon disulphide
3.5% Ni steel	ASTM A203Gr E EN10028-4 12Ni14	-101	Carbon dioxide, acetylene, ethane
5% Ni steel	EN10028-4 X12Ni5	-130	Ethylene (LEG)
9% Ni steel	ASTM A353/A553Tp1 EN10028-4 X8Ni9	-196	Methane (LNG), oxygen, argon
Austenitic stainless steel	ASTM 304L EN10088-1 1.4305	-273	Nitrogen, hydrogen, helium

Pemilihan baja untuk suatu aplikasi tertentu tidak hanya pertimbangkan temperatur tetapi juga mempertimbangkan aspek tebal yang diperlukan konstruksi dan resiko terhadap karat. Aplikasi baja menuntut sifat mekanis terutama keuletan pada zona sambungan las dimana pengaruh panas bahan tambahan dan logam induk menyisakan stress konstruksi²⁾. Pada rekondisi dan pembuatan tabung dan perpipaan kriogenik perlu kecermatan penyetapan parameter las dan pemilihan bahan tambahan.

Pengaruh nikel berlaku juga pada teknik pengelasan MAG (GMAW), *flux cored* (FCAW) dan juga *submerged arc* (SA). Ini merupakan batas umum menurut ketentuan NACE International ISO15156-2/MR0175.

Baja 1.5% Ni dan 2.5%Ni dapat disambung dengan elektroda 2.5% Ni dan dapat menghasilkan keuletan untuk kondisi -60°C. dengan pengelasan dan perlakuan panas lanjutan *post weld heat treated* (PWHT). Perlu diperhatikan, bagaimanapun kekuatan *tensile strength* pada PWHT untuk TIG dan MAG *weld metal* turun mencapai minimum logam induk, MAG weld memakai gas pelindung (>20%) CO₂ jadi lebih sensitive, gas pelindung argon dipakai untuk las TIG.

KESIMPULAN

1. Kerusakan utama pada *Cryogenic Storage Tanks*, berupa; 30% tabung bocor, 50% *sponge seal* tutup bocor, 20% sisanya meliputi kerusakan pada *neck tube* pecah, *canister* patah, *hanger* putus.
2. Material yang digunakan pada *cryogenic storage tank*, yaitu pada tabung bagian dalam menggunakan baja paduan yang dapat menahan tekanan kritis 33,999 bar, suhu kritis -147°C, dan kerapatan kritis 314,03 kg/m³. Tabung bagian luar menggunakan material aluminium paduan, yang dapat menahan suhu hingga -30°C.
3. Hasil dari rekondisi, tabung kontener (*cryogenic storage tank*) dalam satu bulannya maksimal kehilangan N₂ cair sebesar 40%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Kementerian Resit dan Teknologi atas bantuan pembiayaan melalui program Insentif Peningkatan Kapasitas Iptek Sistem Produksi TA 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnes, A; Jones, R; Abson, D; and Gooch, T, 1999. *Welding and Fabrication of High Temperature Component for Advanced Power Plant Part 2*, TWI Bulletin, March – April.
- Delany, Fred, 2005. Advanced Joining Processes for Repair in Nuclear Power Plant. Paper Presentation, International Forum on Welding Technologies in Energy Engineering, September 21 – 23, Shanghai, China.
- Dinas Pertanian, 2008. *Laporan Pembangunan Peternakan*, Pemerintah Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah.
- Ensminger and Eugene, M, 1998. *Animal Agricultural Series*, Horses and Journal, Vol 42, o 2 Publishers
- Holmes, Frank, 1999. *Crossing the Line*, Paint Horse journal, vol. 32. No 2,
- Howse, D, 2008. *Novel Joining Technique for Repair in the Power Generation*, Point Cleare Alabama, USA, 26 – 28 June.
- Squires, Edward, Ph,D, Collection and Transportation of Equine Embryos, Second Edition, Interstate Universityy Animal Reproduction and Biotechnology Lab
- Thomas, W and Nicholas, E.D., 1996. Emergency Friction Joining Technology for stainlessSteel and Aluminum Application. Productivity beyond 2000, IIW Asian Pacific Welding Conference, Auckland, New Zealand, February.