



# PROSIDING Seminar Nasional XI SDM Teknologi Nuklir

“Peran SDM dan Riset IPTEK Nuklir  
dalam Peningkatan Aplikasi Teknologi Nuklir  
yang Mandiri dan Berkelanjutan”



SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NUKLIR  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
YOGYAKARTA  
15 SEPTEMBER 2015



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullah wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir 2015 (SDMTN 2015) dapat terselenggara. Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir merupakan seminar tahunan yang diselenggarakan oleh Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dalam rangka berpartisipasi menyumbangkan saran bagi pemecahan masalah-masalah aktual teknologi nuklir terkait sumber daya manusia, riset, pengembangan dan aplikasinya. Seminar yang telah menginjak usia ke-11 sejak pertama kali dilaksanakan ini merupakan perwujudan atas visi STTN-BATAN yang memiliki komitmen pada pengembangan SDM, riset, dan litbang teknologi nuklir melalui tri dharma perguruan tinggi yaitu pendidikan, penelitian, dan pengabdian masyarakat. Berpijak pada cita-cita mulia tersebut, STTN-BATAN berkeinginan untuk dapat memberikan kontribusi nyata melalui penyelenggaraan Seminar Nasional SDMTN 2015.

Tema pada pelaksanaan seminar tahun ini adalah “Peran SDM dan Riset Iptek Nuklir dalam Peningkatan Aplikasi Teknologi Nuklir yang Mandiri dan Berkelanjutan” yang didasarkan pada pertimbangan semakin mendesaknya permasalahan ekonomi yang dihadapi oleh Indonesia dewasa ini. Adapun masalah ekonomi tersebut tidak hanya berdampak pada lambatnya pertumbuhan jumlah lapangan kerja, namun juga lesunya perkembangan Iptek khususnya teknologi nuklir yang mampu mempengaruhi kemandirian bangsa dalam persaingan global di masa mendatang. Sehingga diharapkan pelaksanaan forum ilmiah ini menjadi salah satu upaya untuk mengkaji peran SDM dan Riset Iptek Nuklir dalam peningkatan aplikasi teknologi nuklir yang mandiri dan berkelanjutan.

Dalam seminar ini, terdapat 57 buah makalah (dari 65 judul yang masuk) yang telah direview oleh tim reviewer serta layak untuk masuk ke dalam Prosiding Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir 2015 (ISSN: 1978-0176) dan dipresentasikan pada pelaksanaan Seminar Nasional SDMTN 2015. Pada kesempatan ini, kami selaku ketua pelaksana menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada: Pimpinan Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, tim reviewer, dan segenap panitia pelaksana yang telah berusaha maksimal dan bekerjasama dengan baik hingga terlaksananya acara ini. Ucapan terima kasih kami sampaikan juga kepada Sekretaris Utama BATAN, Bapak Ir. Falconi Margono, MM serta Bapak Prof. Dr. Johan S Masjhur, dr., SpPD-KEMD., SpKN sebagai narasumber dalam seminar kali ini. Apresiasi setinggi-tingginya kami sampaikan kepada seluruh pemakalah dan non-pemakalah, serta semua pihak yang telah berpartisipasi, kami haturkan terima kasih dan mohon maaf atas kekurangsempurnaan dalam pelaksanaan acara ini.

Semoga dengan seminar ini, dapat membuka wacana dan ide-ide baru dalam hal SDM, riset, dan litbang teknologi nuklir dan aplikasinya untuk mengolah potensi yang ada menjadi peningkatan kemandirian yang berkelanjutan dalam rangka menghadapi persaingan global. Selamat berseminar dan kami tunggu partisipasinya pada Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir selanjutnya di tahun 2016.

Wassalamu'alaikum warahmatullah wabarakatuh.

Ketua Panitia,

Dr. Muhtadan, M.Eng.



## **SAMBUTAN KETUA STTN-BATAN**

**Seminar Nasional XI SDM Teknologi Nuklir  
Di Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir - BATAN  
Yogyakarta, 15 September 2015**

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Yang kami hormati Bapak Kepala BATAN.

Yang kami hormati Bapak Sestama dan Para Deputi BATAN.

Yang kami hormati Bapak Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir atau yang mewakili.

Yang kami hormati Bapak Prof. Dr. Johan S. Masjhur, dr, SpPD, KEMD, SpKN dari UNPAD Bandung.

Para Peserta Seminar dan hadirin tamu undangan yang berbahagia.

Salam sejahtera bagi kita semua.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur kepada Allah SWT, karena pada hari ini kita semua telah diberi rahmat dan barokahnya serta kesehatan yang baik sehingga kita semua dapat berkumpul di Auditorium STTN - BATAN Yogyakarta, dalam rangka menghadiri acara Seminar Nasional XI SDM Teknologi Nuklir.

### **Hadirin yang berbahagia,**

Perkembangan pemanfaatan iptek nuklir di bidang industri, litbang dan energi semakin meluas, yang pada akhirnya menuntut hubungan sinergi yang semakin erat antara lembaga litbang, pendidikan, dan industri. Salah satu bentuk hubungan sinergi antar lembaga adalah dengan diskusi dan dialog, sehingga dapat terjadi transfer pengetahuan yang pada akhirnya menghasilkan SDM yang handal dalam bidang iptek nuklir. Dalam rangka penyiapan SDM Teknologi Nuklir dengan tema Peran SDM dan Riset Iptek Nuklir dalam peningkatan Aplikasi Teknologi Nuklir yang Mandiri dan Berkelanjutan.

### **Hadirin yang berbahagia,**

Bapak Kepala BATAN telah berpesan pada kita semua pada saat acara Wisuda STTN bahwa Fakta dan tuntutan zaman membuat kita harus mengubah diri dari kegiatan yang berbasis sumber daya (*resource base*) menjadi kegiatan yang berbasis ilmu pengetahuan (*knowledge base*). Fakta menunjukkan bahwa negara-negara dengan sumber daya alam yang sedikit (Singapore, Korea, Swiss, Belanda) mempunyai tingkat kemakmuran yang lebih tinggi karena mereka mempunyai keunggulan SDM di bidang teknologi.

### **Hadirin yang berbahagia,**

Sebagai informasi STTN sebagai perguruan tinggi kedinasan telah terakreditasi oleh BAN – PT dengan **peringkat B** dan persetujuan dari Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi pada tanggal 20 Maret 2001 dengan 2 Jurusan dan 3 Program Studi, yaitu Jurusan Teknokimia Nuklir dengan 1 Program Studi Teknokimia, dan Jurusan Teknofisika Nuklir dengan 2 Program Studi, yaitu Prodi

---

Seminar Nasional XI SDM Teknologi Nuklir 2015-STTN BATAN

Elektronika Instrumentasi dan Prodi Elektromekanik. Lulusan Diploma IV STTN disiapkan menjadi SDM yang handal dalam bidang iptek nuklir, baik untuk non-energi maupun energi.

Pada kesempatan ini kami ucapkan banyak terima kasih kepada kepala Batan/ Sestama atas kehadirannya sekaligus sebagai pembicara utama dan Prof. Dr. Johan S. Masjhur, dr. SpPd, KEMD, SpKN sebagai pembicara tamu serta peserta seminar dan tamu undangan atas partisipasi dalam seminar SDM nuklir pada hari ini. Kami ucapkan terima kasih kepada segenap panitia pelaksana yang telah bersusah payah dan tanpa kenal lelah dalam melaksanakan kegiatan seminar ini dengan baik.

**Hadirin yang berbahagia,**

Akhirnya dengan hormat mohon kepada Bapak Kepala BATAN/ Bapak Sestama BATAN untuk dapat membuka acara seminar nasional XI SDM nuklir dengan resmi. Selamat berseminar. Semoga Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat dan HidayahNya, sehingga kita dapat melaksanakan tugas dengan sebaik-baiknya. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Ketua STTN-BATAN

Dr. Sutomo Budihardjo, M.Eng



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	1
KATA PENGANTAR.....	6
SAMBUTAN KETUA STTN-BATAN.....	7
SUSUNAN ACARA.....	9
JADWAL SIDANG PARAREL.....	10
ABSTRAK SIDANG ORAL.....	14
OPTIMASI ASSAY KIT IRMA TSH.....	15
Gina Mondrida, Sutari Sutari, Triningsih Triningsih, Veronika Yulianti Susilo.....	15
SINTESIS PIROFILIT-LiFePO <sub>4</sub> SEBAGAI BAHAN KATODA BATERAI.....	
Yustinus Purwamargapratala, Jadigia Ginting.....	
KENDALI KUALITAS SERBUK UO <sub>2</sub> HASIL UJI FUNGSI PILOT CONVERSION PLANT (PCP) DI INSTALASI ELEMEN BAKAR EKSPERIMENTAL.....	
Torowati, Anwar Muchsin, Asminar, Rahmiati, Ngatijo, Lilis W., Banawa Sri Galuh dan Pranjono.....	
A MOTION PATTERN ANALYSIS OF OBJECT TO BE IRRADIATED ON THE DESIGN OF GAMMA IRRADIATOR IZOTOP(TM) FOR PRFN.....	
Achmad Suntoro.....	
SIMULASI DISTRIBUSI SUHU KOLAM IRADIATOR GAMMA 2 MCi MENGUNAKAN FLUENT.....	
Sanda, Kasmudin.....	
A SIMULATION OF RADIAL ABSORBED DOSE OF AN IRIIDIUM-192 SOURCE FOR BRACHYTHERAPY USING MCNP.....	
Kasmudin.....	
RANCANG BANGUN SISTEM INTERLOCK PADA PENGOPERASIAN FUME HOOD UNTUK MENCEGAH KONTAMINASI SILANG.....	
Wayan Widianana, Jakaria, Mulyono, Sofyan Sori.....	
PERANCANGAN MODUL ANTAR MUKA UNTUK DATA LOGGER ANALISA UNSUR DENGAN TEKNIK XRF UNTUK INDUSTRI MENGGUNAKAN PORT USB .....	
Ikhsan Shobari, Wahyuni Z Imran, Rony Djokorayono.....	
KARAKTERISASI LIMBAH HASIL PEMURNIAN Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> DARI BAHAN BAKU LOKAL PASIR BESI.....	
Tria Madesa, Yosef Sarwanto, Wisnu Ari Adi.....	
PRESERVASI PENGETAHUAN NUKLIR DI BATAN.....	
Nata Wijaya and Rhisa Azaliah.....	



PENGENDALIAN PAPARAN RADIASI NEUTRON DI KANAL HUBUNG PRSG – PSTBM PADA SAAT REAKTOR BEROPERASI DI RSG-GAS .....	
Unggul Hartoyo, Nazly Kurniawan, Suhadi, Subiharto .....	
SETTING DAN KALIBRASI INSTRUMEN PROSES PADA TANGKI DI-301 INSTALASI PEMURNIAN DAN KONVERSI .....	
Triarjo, Sugeng Rianto, Dwi Djoko Nugroho .....	
DESAIN SISTEM KELISTRIKAN SEPEDA MOTOR SEBAGAI ALAT BANTU AJAR MAHASISWA .....	
Candra Andita, Totok Dermawan, Budi Suhendro .....	
METODE PENDETEKSIAN TEPI SOBEL DAN CANNY UNTUK PENGUKURAN DIAMETER SERAT NONWOVEN POLYCARBOSILANE .....	
Slamet Pribadi, Pranjono, Triarjo, Deni Mustika, Jan Setiawan .....	
PENGUKURAN KEKASARAN PERMUKAAN PELET $UO_2$ MENGGUNAKAN ALAT ROUGHNESS TESTER TYPE SURTRONIC 25 .....	
Pranjono Pranjono, Banawa Sri Galuh, Lilis Windaryati .....	
RANCANG BANGUN INKUBATOR GUNA MEMAKSIMALKAN PROSES FERMENTASI YOGHURT .....	
Renny Rakhmawati, Kharina Martha Anggraini .....	
DESIGN AND BUILT OF PRODUCTION MACHINE OF SALT AND FRESH WATER FROM SEA WATER BASED ON MICROCONTROLLER .....	
Irianto, Muhammad Yusron .....	
PEHITUNGAN REAKTIVITAS ( $\rho$ ) TARGET PIN PRTF (POWER RAMP TEST FACILITY) DI REAKTOR RSG-GAS .....	
Sutrisno, Purwadi .....	
PENGAMATAN SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO- KRISTAL SEKITAR LAS TIG FILLER AISI 312 PADA PLAT REDUKSI 80% BAJA 15%Cr25%Ni UNTUK BAHAN STRUKTUR REAKTOR .....	269
<sup>1</sup> Agus Hadi Ismoyo, <sup>2</sup> Sri Handika Pratiwi, <sup>1</sup> Parikin, <sup>1</sup> Mohammad Dani .....	269
KALIBRASI ALAT UKUR DENSITAS RADIASI PADA PROSES RADIOGRAFI .....	275
Sujatno and Djoko Marjanto .....	275
RANCANG BANGUN ALAT TERAPI STIMULATOR TERINTEGRASI DENGAN INFRA RED BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMega 32 .....	
Yadi Yunus, Budi Suhendro and Hasbri Basri .....	
RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIK DUA AXIS DENGAN KENDALI BERBASIS ARDUINO UNTUK PERAGA PRAKTIKUM .....	
Suroso, Sujatno, Ruci .....	
SISTEM PENGERING UDANG REBON MENGGUNAKAN HEATER DENGAN KONTROL PI .....	
Sutedjo, Wahana Angga .....	

## PENGAMATAN SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO-KRISTAL SEKITAR LAS TIG FILER AISI 312 PADA BAJA 15%Cr25%Ni UNTUK BAHAN STRUKTUR REAKTOR

A.H. Ismoyo<sup>1</sup>, S. H. Pratiwi<sup>2</sup>, Parikin<sup>1</sup> dan M. Dani<sup>1</sup>

1) Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju Badan Tenaga Nuklir Nasional

Email: [agus\\_hismoyo@batan.go.id](mailto:agus_hismoyo@batan.go.id)

2) Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sumatra Utara

Email: [srihandikap@yahoo.com](mailto:srihandikap@yahoo.com)

### ABSTRAK

**PENGAMATAN SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO-KRISTAL SEKITAR LAS TIG FILLER AISI 312 PADA BAJA 15%Cr25%Ni UNTUK BAHAN STRUKTUR REAKTOR.** Penelitian teknik pembentukan bahan dengan proses pengerolan dan pengelasan ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik sifat paduan Baja 15%Cr25%Ni yang dirancang untuk material struktur PLTN ini, apakah terjadi perubahan struktur mikro, kristalinitas dan sifat mekanik yang signifikan di sekitar lasan. Pengaruh proses pengelasan terhadap baja 15%Cr25%Ni hasil canai panas. Kemudian dianalisis dengan pengujian sifat mekanik, struktur mikro dan struktur kristal. Proses pengerolan panas dilakukan pada 1100 °C dan proses pengelasan menggunakan mesin las TIG-GTAW (Gas Tungsten Arc Weld). Pengamatan sifat mekanik dilakukan dengan uji kekerasan mikro Vickers, uji struktur mikro dilakukan dengan mikroskop optik, sedangkan struktur kristal diamati dengan uji difraktometer sinar-X. Hasil uji kekerasan di daerah HAZ adalah 136,89 HV, di lasan adalah 122,10 HV dan di daerah based metal adalah 105,84 HV. Data struktur mikro menunjukkan di daerah HAZ terjadi peristiwa pengasaran butir yang berfasa austenite dan adanya migrasi karbon (black band), pada based metal berstruktur austenite yang tidak homogen dan ada inklusi karbida sedangkan pada inti lasan (weldcore) berstruktur dendritik kolumnar arah kristal (texturing) terlihat jelas akibat pengaruh proses pengerolan dan penempaan panas. Pola difraksi memperlihatkan kecenderungan terbentuk fasa  $\gamma$  dan tidak terdapat fasa kedua pada daerah sekitar las serta terjadi pergeseran dan pelebaran puncak akibat proses perlakuan panas pada saat pengelasan pada bidang (111) di daerah HAZ, based metal dan inti lasan (weldcore) berturut-turut pada  $2\theta=43,79^\circ$ ;  $2\theta=43,85^\circ$  dan  $2\theta=43,90^\circ$ .

Kata Kunci: baja Fe15%Cr25%Ni, reduksi 80%, las TIG, filer AISI312, strukturmikro, struktur kristal.

### ABSTRACT

#### **STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES, MICRO-CRYSTALS STRUCTURE AROUND TIG WELDING USING FILLER AISI 312 ON THE 15%Cr25%Ni STEEL FOR REACTOR STRUCTURE**

**MATERIAL.** Research in the material forming techniques with the hot rolling and welding process is performed to determine the characteristic properties of steel 15% cr25% Ni alloys. The analysis was performed by investigation of the mechanical properties, microstructure and crystal structure. Hot rolling was processed at 1100 ° C and TIG welding process by GTAW (Gas Tungsten Arc Weld) methode. Observations of the mechanical properties using micro Vickers hardness machine and the microstructures were observed with an optical microscope, while the crystal structure observed by X-ray diffraction machine. The result of the hardness in HAZ is 136.89 HV, weldcore is 122.10 HV and based metal is 105.84 HV. The microstructure in HAZ shows eventually austenite phase and grain coarsening while the migration of carbon (black band), the base metal has also austenite structure and it is not homogeneous and there are separately carbide inclusions, while the core of welds has columnar structure (dendritic) and crystal directions (texturing) clearly visible due to the effect of the process hot rolling. There is  $\gamma$ - phase diffraction only showed on the pattern and no formation second phase at the area around the weld, as well as the shift and peak broadening on the plane (111) in the HAZ, based metal and weldcore:  $2\theta = 43.79^\circ$ ;  $2\theta = 43.85^\circ$  and  $2\theta = 43.90^\circ$  respectively, effect of the heat treatment when weldingprocess.

Keywords: 15%Cr25%Ni steels, reduction of 80% plates, TIG-welding, AISI 312 filler, mikrostructure, crystal structure.

## PENDAHULUAN

Sintesis baja ini dilakukan diharapkan dapat diaplikasikan sebagai kandidat bahan struktur reaktor HTGR ( High Temperature Gas Reaktor) maupun GT-MHR ( Gas Turbin Modular Helium Reactor), terutama untuk turbin blade, turbin disk maupun mur dan baut untuk sambungan. Turbin blade maupun turbin disk pada reaktor ini harus aman beroperasi selama minimal 60.000 jam dan kekuatan tariknya harus lebih besar atau sama dengan 225 MPa pada temperature operasi 850°C setelah beroperasi 60000jam[1]. Oleh kebutuhan baja yang memiliki keunggulan khusus sebagai kandidat bahan struktur karena itu Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM) BATAN telah merancang dan membuat serial paduan baja austenitik (A) dan feritik (F) non standar secara mandiri untuk keperluan tersebut [2]. Baja serial A dan F ini akan diterapkan sebagai bahan struktur reaktor. Sampai saat ini telah dibuat dua buah serial baja austenitik (A1&A2) dan baja feritik (F1&F2).

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7% sesuai tingkatannya. Dalam proses pembuatan baja akan terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang akan tertinggal di dalam baja seperti mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium (V), dan unsur lainnya. Berdasarkan komposisi dalam prakteknya baja terdiri dari beberapa macam yaitu: Baja Karbon ( Carbon Steel ), dan Baja Paduan ( Alloy Steel ). [3]

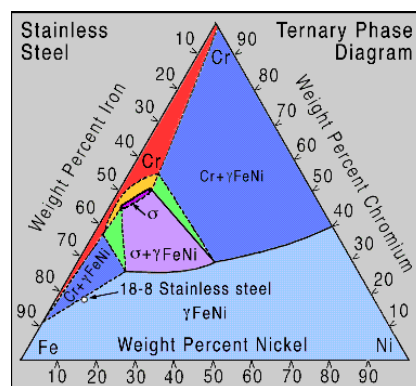
Berdasarkan tinggi rendahnya presentase karbon di dalam baja, baja karbon diklasifikasikan sebagai berikut[4]. Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon antara 0,10 - 0,30 %. Baja karbon ini dalam perdagangan dipasarkan dalam bentuk plat baja, baja strip dan baja batangan. Baja karbon menengah adalah baja yang mengandung karbon antara 0,30% - 0,60% C. Baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat - alat perkakas bagian mesin juga dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya. Sedangkan baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kadar karbon antara 0,60% - 1,7% C. Baja ini mempunyai tegangan tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material *tools*. Beberapa aplikasi dari baja ini adalah dalam bentuk mata bor, sling, kabel baja, pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong.

Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik dalam bentuk pelat, lembaran, pipa, batang dan sebagainya, hal tersebut yang mendorong terciptanya teori paduan baru pada baja. Baja paduan merupakan baja yang dipadu

dengan unsur lain seperti ; Nikel (Ni), Silikon (Si), Molybdenum (Mo), Mangan (Mn), Krom (Cr) dengan tujuan untuk meningkatkan sifat dan karakteristik mekanik dari baja tersebut. Oleh karena dipadu, sifat dan karakterisasinya pun tergantung pada unsur paduan dan komposisinya. Misalnya; untuk mendapatkan resistansi yang baik terhadap korosi, baja dapat dipadu dengan unsur Krom (Cr) dan sering disebut dengan baja tahan karat [5].

### 2.1 Baja Tahan Karat Austenitik

Baja tahan karat austenitik yang disintesis adalah baja paduan yang memanfaatkan keefektifan unsur paduan Fe-Cr-Ni. Baja tahan karat dengan kadar krom 13% sampai 27% akan meningkatkan sifat ketahanan korosi karena keberadaan unsur krom dalam paduan ini akan membentuk krom oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) pada permukaan paduan sebagai lapisan pelindung sehingga tidak terbentuk karat pada bagian paduan yang lebih dalam. Baja tahan karat austenitik memiliki kandungan 18%Cr dan 8%Ni dengan ketahanan korosi yang lebih baik [6], namun mempunyai kelemahan yaitu kerentanannya terhadap korosi antar butir pada temperatur (500–900)°C yang disebabkan oleh presipitasi krom karbida pada batas butir. Baja tahan karat austenitik mempunyai struktur kristal fcc. Baja tahan karat austenitik tidak dapat dikeraskan dengan cara perlakuan panas tetapi dikeraskan dengan cara pengerjaan dingin (*cold working*). Baja tahan karat austenitik mempunyai beberapa kelebihan di antaranya : bersifat non magnetik, mampu bentuk baik, ketahanan korosi tinggi, serta memiliki sifat keuletan dan ketangguhan yang sangat baik.



Gambar 1. Diagram Fasa Fe-Ni-Cr pada Temperatur 900°C

Baja tahan karat austenitik mengandung 16-26%Cr, 6-22%Ni. Jenis baja ini paling umum digunakan dalam dunia industri. Sifat *weldability* yang paling baik dengan proses *welding* umumnya. Baja tahan karat austenitik pada umumnya memiliki struktur fase tunggal. Struktur ini selama *welding* dapat membentuk kristal ferrit didalam *weld metal*



dan HAZ. Pembentukan ferrit ini mempunyai keuntungan yaitu mencegah terjadinya *hot cracking*, sedangkan kerugiannya yaitu ketahanan korosinya akan berkurang. Jenis baja tahan karat ini merupakan yang paling mudah dilas dibandingkan dengan baja tahan karat lainnya. Baja tahan karat austenitik mempunyai koefisien muai panas yang tinggi dan konduktifitas panas yang rendah dibandingkan dengan baja karbon atau baja tahan karat ferritik. Sehingga baja tahan karat austenitik ini lebih mudah mengalami kontraksi dan distorsi. Namun demikian, masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan *welding jigs*.

Pembentukan baja 15%Cr-25%Ni menjadi bahan struktur siap pakai dibuat melalui beberapa tahapan proses antara lain; permesinan, pengerolan dan pengelasan. Hipotesis awal diasumsikan bahwa pada tahap rol-las menimbulkan perubahan struktur mikro, kekerasan yang signifikan serta terjadinya pelebaran dan pergeseran puncak pola difraksi pada fasa – fasa yang terbentuk.

Proses rol merupakan proses destruktif akan menimbulkan tegangan sisa (*residual stresses optimum*) [7] yang berguna untuk membentuk ingot baja menjadi plat atau lembaran sesuai ketebalan yang diinginkan. Proses las dalam penyambungan logam, mampu mereduksi/menghilangkan tegangan sisa pada daerah HAZ (*heat affected zone*) yang merupakan daerah yang terpengaruh panas oleh perlakuan pengelasan. Seperti kita ketahui bahwa adanya tegangan sisa dapat menyebabkan kegagalan (kekuatan) mekanik pada suatu konstruksi, tegangan sisa dapat terjadi akibat pengerjaan mekanik dan atau akibat thermal shock karena pemberian temperatur yang tinggi (~1000°C) kemudian secara tiba-tiba didinginkan secara mendadak [8]. Kegagalan komponen konstruksi umumnya terjadi pada tempat-tempat yang berkonsentrasi tegangan sisa sangat besar misalnya sambungan (*intercept*, batas butir) dan cacat (*defects*) bahan; ada pengotor (*impurities*) yang dapat memicu terjadinya inisiasi retakan (*crack initiations*). Salah satu daerah lasan yang harus diperhatikan adalah HAZ (*heat affected zone*) yang merupakan daerah terpengaruh panas oleh perlakuan las. Kegagalan terbesar komponen konstruksi umumnya bermula dari sambungan antar komponen khususnya pada daerah terpengaruh panas (HAZ). Pada daerah ini bahan mengalami (terjadi) perubahan struktur dan sifat, yang dapat berakibat fatal bila diabaikan. Penelitian berkesinambungan perlu dilakukan untuk mengamati pengaruh proses pengelasan terhadap struktur mikro, kekerasan serta pelebaran dan pergeseran puncak pola difraksi, apalagi pada bahan untuk keperluan khusus seperti bahan struktur reaktor nuklir untuk PLTN.

Salah satu bahan struktur reaktor nuklir yang digunakan pada penelitian ini adalah baja tahan

karat tipe austenitik A2. Baja austenitik A2 adalah baja non standar yang merupakan baja *low carbon* ramuan mandiri yang dibuat dengan teknik *casting* di Pusat Penelitian Telimek LIPI Bandung. Baja tipe ini merupakan baja tahan karat yang memiliki ketahanan korosi tinggi dan sifat mampu las yang lebih baik dibandingkan dengan baja tahan karat lainnya. Komposisi unsur-unsur yang terdapat dalam baja tipe A2 ini adalah Fe 57.74%, Cr 15.42%, Ni 25.01%, Mn 0.32%, Si 0.96%, C 0.34 %, dan beberapa pengotor (*impurities*) yang sangat minor [9]. Selanjutnya bahan struktur ini disebut baja 15%Cr-25%Ni. Penambahan unsur krom pada baja tersebut untuk mendapatkan ketahanan korosi yang baik dan unsur nikel untuk menambah kekuatan dan ketangguhan baja sebagai bahan struktur reaktor.

Pada penelitian ini akan dianalisis sifat mekanik, struktur mikro dan struktur kristal di sekitar lasan TIG dengan filler AISI 312 pada plat baja austenitik yang di rol panas [10] dengan reduksi 80% bahan baja 15%Cr25%Ni bersifat non magnetik. Apakah ada perubahan yang signifikan sifat mekanik, struktur mikro dan struktur kristal di sekitar lasan TIG pada plat yang di rol panas dengan reduksi 80% bahan baja 15%Cr25%Ni yang telah dibuat. Tujuan penelitian mengamati sifat mampu las (*weldability*), mampu bentuk dan mampu mesining bahan *via* sifat mekanik (kekerasan), struktur mikro dan struktur kristal.

## TATA KERJA

Mula mula baja 15%Cr25%Ni hasil pengecoran dicanai panas ( hot rolling) pada temperature 1100 °C, dengan reduksi ketebalannya mencapai 80% (dari ketebalan 20 mm menjadi 4 mm), kemudian sampel dipotong dengan dimensi: 28mm x 8mm x 5mm. Selanjutnya kedua sampel disambung dengan metoda pengelasan ( las TIG-GTAW), dengan parameter pengelasan arus 50 amper, tegangan 40 volt, kampuh double V sudut 45°, filler AISI-312 dan menggunakan gas pelindung Argon ). Parameter LAS TIG secara lengkap seperti pada table berikut ini:

Tabel 1. Parameter Las TIG  
Parameter LAS TIG

Parameter LAS TIG	
Proses Pengelasan	: GTAW
Dimensi material	: 28 x 8 x 5 mm
Gas Pelindung	: Argon
Arus	: 50 A
Tegangan	: 40 V
Kampuh	: Double V (Sudut 45°)
Filler	: AISI 312

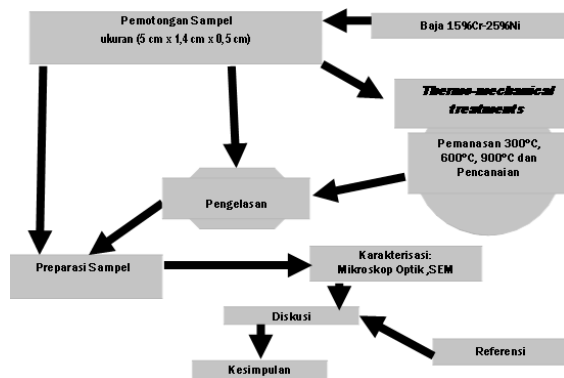
## TATA KERJA

Gambar 1 berikut ini berturut-turut adalah gambar foto sampel sebelum dilakukan pengelasan, pada saat proses pengelasan dan hasil setelah proses pengelasan.



Gambar 1. Sampel uji las TIG dengan filer AISI312.

Tahapan berikutnya sampel hasil pengelasan dilakukan pengamatan sifat mekanik dilakukan uji kekerasan mikro dengan menggunakan alat *Hardness Vickers Testing Machine*, uji struktur mikro dilakukan dengan mikroskop optik dan SEM, sedangkan struktur kristal diamati dengan uji difraktometer sinar-X. pengamatan sifat mekanik, struktur mikro dan struktur Kristal dilakukan terutama pada inti lasan, daerah HAZ dan daerah base metal. Dan secara keseluruhan tahapan pekerjaan penelitian ini dapat dinyatakan secara skematik dalam Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Struktur mikro.** Struktur mikro daerah *weldcore* (lihat gambar 3) yaitu berupa struktur dendrit columnar. dengan bentuk memanjang karena logam cair mendapat pendinginan yang amat cepat (*solidification*), seperti struktur produk cor. Daerah yang berwarna terang merupakan daerah yang kaya akan nikel, sedangkan daerah gelap merupakan daerah yang mengandung sedikit nikel.

Pada daerah *weldcore* terjadi proses dimana logam filler yang cair bercampur dengan logam induk yang dipanaskan sampai temperatur cair. Pada inti lasan baja terjadi pemanasan sampai temperature cair, 1300 °C kemudian didinginkan secara cepat oleh lingkungan udara pada temperature ruangan 30 °C, maka akan terjadi penataan ulang atom-atom penyusun kisi kristalnya menjadi tidak teratur dan terjadi kristal kecil-kecil yang kemudian membentuk dendritik. Apabila pertumbuhan dendrit ini saling bersentuhan satu dengan yang lain maka terbentuklah butiran logam dan batas butir. Sedangkan di daerah HAZ yang berdekatan dengan inti lasan terjadi proses pendinginan yang lambat, maka akan terjadi penataan ulang atom-atom penyusun kisi kristalnya menjadi lebih teratur dan terjadi pertumbuhan kristal yang semakin besar yang kemudian membentuk butir yang ukurannya lebih besar daripada ukuran butir logam induk (*base metal*), pada daerah HAZ yang berdekatan dengan logam induk (*base metal*), terjadi proses pendinginan yang agak cepat, maka akan terjadi penataan ulang atom-atom penyusun kisi kristalnya membentuk butir yang ukurannya lebih kecil daripada ukuran butir di daerah HAZ yang berdekatan dengan inti lasan seperti tampak pada foto Gambar 3 struktur mikro di bawah. Hal ini sesuai dengan data hasil uji mekanik bahwa kekerasan di inti lasan adalah 122,10 HV lebih tinggi dari pada kekerasan di logam induk (*base metal*) adalah 105,84 HV. Kekerasan pada daerah HAZ yang berdekatan dengan inti lasan adalah 98,25 HV. Faktor utama yang mempengaruhi naik turunnya/besar kecilnya kekerasan baja adalah ukuran butir. Semakin kecil ukuran butir berarti semakin banyak batas butirnya, semakin tinggi kekerasan baja. Karena batas butir berfungsi sebagai penghambat pergerakan dislokasi.

Base Metal

HAZ

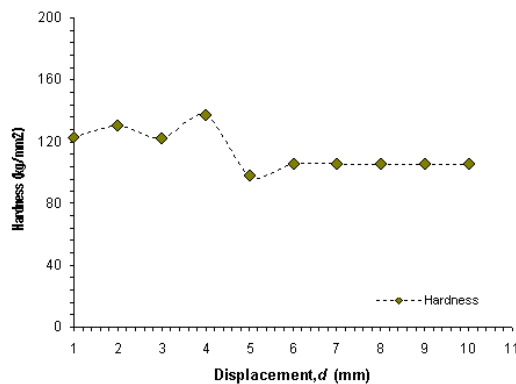
Weldcore

Gambar 3. Struktur mikro sampel uji las TIG dengan filer AISI 312.

**Kekerasan.** Dari grafik Gambar 4 di bawah, tampak bahwa nilai kekerasan pada daerah inti



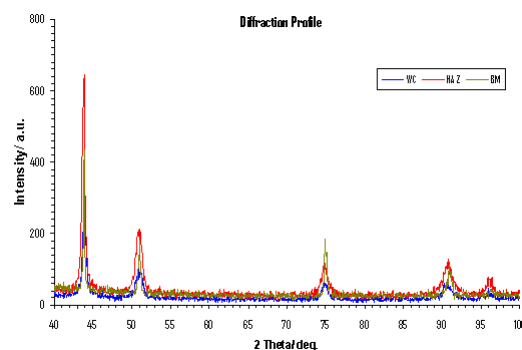
lasan (*weld core*) adalah 122,10 HV lebih tinggi daripada daerah base metal dengan kekerasan 105,84 HV dan di daerah HAZ yang berdekatan dengan inti lasan adalah 98,25 HV, hal ini terjadi karena pada daerah las terjadi proses perlakuan panas dan pendinginan cepat yang mengakibatkan terjadinya perubahan struktur mikro dengan ukuran butir yang sangat halus, sehingga menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dari pada daerah logam induk (*base metal*) kekerasan di daerah HAZ yang berdekatan dengan inti lasan. Proses pendinginan cepat menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi dan bersifat getas (*brittle*). Daerah *base metal* merupakan daerah yang tidak terkena pengaruh panas sehingga tidak terjadi perubahan kekerasan maupun struktur mikro. Sedangkan pada daerah HAZ memiliki kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan *weld core*, karena daerah ini mengalami proses pendinginan yang sangat lambat sehingga menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro dengan ukuran butir yang lebih besar, seragam dan teratur dibandingkan butir daerah *base metal*. Nilai kekerasan yang paling rendah terdapat di daerah HAZ yang berdekatan dengan inti lasan adalah 98,25 HV, hal ini terjadi akibat membesarnya ukuran butir akibat perlakuan panas pada saat proses pengelasan dengan pendinginan yang lambat. Namun, berdasarkan data kekerasan di bawah, pada daerah HAZ terdapat satu nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah *weld core* yaitu sebesar 136,89 VHN, hal ini dapat terjadi akibat adanya black band yang tampak dari data struktur mikro pada daerah tersebut karena adanya migrasi karbon yang terkonsentrasi.



Gambar 4. Kekerasan sampel uji las TIG dengan filer AISI 312.

**Struktur Kristal.** Dari data difraktogram XRD baja 15%Cr-25%Ni pada Gambar 5 memperlihatkan adanya fasa  $\gamma$  (*austenit*). Fasa  $\gamma$  terbentuk karena baja 15%Cr-25%Ni memiliki kandungan Ni sebesar 25%, cukup tinggi yang mengakibatkan cenderung membentuk struktur kisi kristal kubus berpusat muka (*fcc=face centre*

*cubic*). Atau berfasa utama austenit ( $\gamma$ ). Pada bahan pelat hasil proses rol yang disambung dengan cara pengelasan TIG dengan filer AISI 312 memperlihatkan semua puncak berfasa- $\gamma$  (*austenit*), tidak ada fasa lain. Hasil pola difraktogram pada *base metal* baja 15%Cr-25%Ni memiliki struktur kristal *fcc* dengan parameter kisi  $a=b=c=3,59 \text{ \AA}$ . Terdapat lima buah refleksi yang merupakan puncak khas struktur austenitik, berturut-turut adalah bidang: (111), (200), (220), (311) dan (222) masing-masing pada sudut  $2\theta = 43,87^\circ, 51,02^\circ, 74,91^\circ, \text{ dan } 90,97^\circ$ . Pengujian difraksi sinar X dilakukan pada daerah *base metal*, HAZ dan *weld core*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa secara keseluruhan pola difraktogramnya hampir sama. Hanya pergeseran puncak. Pergeseran puncak ini terjadi akibat adanya proses perlakuan panas pada saat proses pengelasan (*welding*) yang menyebabkan terjadinya normalisasi tegangan tarik dari proses sebelumnya akibat *rolling*.



Gambar 5. Profil difraksi sinar-X sampel uji las TIG dengan filer AISI 312.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan tulus hati penulis berterima kasih pada Bapak Kepala BSBM dan Bapak Kepala PSTBM atas koordinasinya, Ir. Joko Hadi Prayitno, M.Eng., Drs. Bambang Sugeng, M.T. dan Rohmad Salam, A.Md. yang telah ikut andil dalam pengambilan data penelitian ini.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan tersebut diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut. Bahwa pengaruh proses pengelasan terhadap baja 15%Cr25%Ni hasil canai panas adalah tidak terlalu signifikan setelah dianalisis dengan pengujian sifat mekanik, struktur mikro dan struktur kristal. Proses pengerolan panas dilakukan pada  $1100^\circ\text{C}$  dan proses pengelasan menggunakan mesin las TIG-GTAW (Gas Tungsten Arc Weld). Pengamatan sifat mekanik dilakukan dengan uji kekerasan mikro Vickers, uji struktur mikro dilakukan dengan

mikroskop optik, sedangkan struktur kristal diamati dengan uji difraktometer sinar-X. Hasil uji kekerasan di daerah HAZ adalah 136,89 HV, di lasan adalah 122,10 HV dan di daerah based metal adalah 105,84 HV perubahan sifat mekanik hanya pada kisaran kurang dari 10 %.. Data struktur mikro menunjukkan di daerah HAZ terjadi peristiwa pengasaran butir yang tetap berfasa austenite dan adanya migrasi karbon (*black band*) , pada based metal tetap berstruktur austenite yang tidak homogen dan ada inklusi karbida sedangkan pada inti lasan (*weldcore*) berstruktur dendritik kolumnar arah kristal (*texturing*) terlihat jelas akibat pengaruh proses proses pengerolan dan penempaan panas. Pola difraksi memperlihatkan kecenderungan terbentuk fasa  $\gamma$  dan tidak terdapat fasa kedua pada daerah sekitar las serta terjadi pergeseran dan pelebaran puncak akibat proses perlakuan panas pada saat pengelasan pada bidang (111) di daerah HAZ, based metal dan inti lasan (*weldcore*) berturut-turut pada  $2\theta=43,79^\circ$ ,  $2\theta=43,85^\circ$  dan  $2\theta=43,90^\circ$ . Hal ini menunjukkan bahwa material ini sangat baik untuk diproses pembentukan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. R. Couturier, C. Escaravage, High Temperature Alloys For The HTGR Gas Turbine: Required Properties and Development Needs, CEREM, CEA-Grenoble, (2010) pp. 163-166.
2. N. Effendi (2010), Austenitic Type Stainless Steel Production By Foundry Technology, Urania, Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir, PTBBN-BATAN: 16 (2), 2010, hal. 69-77.
3. D. Buckthorpe, R. Couturier, B. van der Schaaf, B. Riou, H. Rantala, R. Moormann, F. Alonso, and B-C Friedrich, Material for the High Temperature Alloys For The HTGR Gas Turbine: Required Properties and Development Needs, Transaction SMiRT 16, Washington D.C ( August 2001), paper #1943 pp. 1-8.
4. William D. Callister, Jr. and David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering, SI Version, John Wiley & Sons, Inc. (2011), pp 319-335
5. James F. Shackelford, Introduction to Materials Science For Engineers, Third Edition, Maxwell Macmillan International Publishing Group, New York (1992), pp 236-248
6. N. Effendi, A.K Jahja and Tri Darwinto, Corrosion Experiment on Non Standard Austenitic Steel A1 in Reactor Coolant Water, Urania, Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir, PTBBN-BATAN: 17 (3), 2011, hal. 160-169
7. A.K Jahja, N. Effendi (2010) and M. Rivai Muslih, Texture Measurements by Neutron Diffraction for A1 Non Standard Steel Bars, Jusami, Indonesian Journal of Materials Science, PTBIN-BATAN:13 (1), 2011, hal. 34-38.
8. Tri Darwinto and A.K Jahja, Micro and Crystal Structure Analysis of New Ferritic, Jusami, Indonesian Journal of Materials Science, PTBIN-BATAN: 11(3), 2010, hal. 202-206.
9. N. Effendi, A.K Jahja, Bandriana and Wisnu Ari Adi, Some Data of Second Sequence Non Standard Austenitic Ingot A2, Urania, Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir, PTBBN-BATAN: 18 (1), 2012, hal. 48-58.
10. Bandriyana, A.H. Ismoyo dan Parikin (2012), Perubahan Kekerasan Strukturmikro akibat Proses Rol dan Las Pada Paduan ZrNbMoGe untuk Material Kelongsong PLTN, Prosiding Seminar Nasional Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, Yogyakarta, hal. 70-75.

## TANYA JAWAB

### Pertanyaan

Apakah struktur mikro di daerah HAZ ada perubahan yang signifikan?

### Jawaban

Kalau dilihat dari data struktur mikro tidak ada perubahan ukuran butir tetapi ada perubahan pita gelap yang diduga terjadi migrasi lambat.