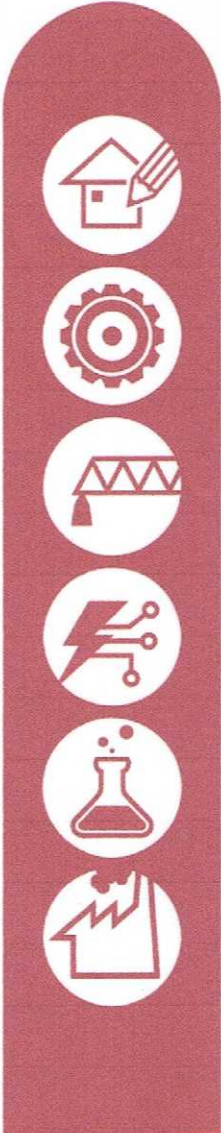


ISSN : 1412 - 9612

PROSIDING



Simposium Nasional
Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri

RAPI XV 2016

Proses, Bahan, dan Energi Ramah Lingkungan:
Solusi Berkelanjutan Untuk Menghadapi Perubahan Iklim

7 Desember 2016
Hotel Alila, Surakarta



**PANITIA SIMPOSIUM NASIONAL
REKAYASA APLIKASI PERANCANGAN DAN INDUSTRI (RAPI) XV**

Penanggung Jawab	Sri Sunarjono, PhD
Panitia Pengarah	Herry Purnama, PhD Dr. Dhani Mutiari Achmad Kholid Al Ghofari, MT Tri Widodo Besar Riyadi, PhD Mochamad Solikin, PhD Umar, MT Suryaning Setyowati, MT Rois Fatoni, PhD Hafidh Munawir, MEng Ir. HM. Satya Joewana Soepartono, ST. MM Ir. Harsono Wuryanto, MSc Dr. Ir. Kartono Wibowo, MM. MT Ir. AY. Hari Susilo
Ketua	Tri Widayatno, PhD
Wakil Ketua	Hari Prasetyo, PhD
Sekretaris dan Publikasi	Eni Budiyati, MEng Agus Supardi, MT Hartini, ST Ismokoweni, SE
Bendahara	Taurista Perdana Syawitri, ST M. BachtiarSuryoPutro, SE
Reviewer	Denny Vitasari, PhD Wisnu Setiawan, PhD Eko Setyawan, PhD Joko Sedyono, PhD Fajar Suryawan, PhD Nurul Hidayati, PhD
Seksi Acara, Perlengkapan, Dekorasi dan Dokumentasi	Nur Hidayati, PhD Agus Dwi Anggono, PhD
Seksi Sponsorship	Ika Setyaningsih, MT

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Kata Pengantar	ii
Sambutan Dekan Fakultas Teknik	iv
Sambutan Rektor UMS.....	v
Panitia Penyelenggara	vi
Daftar Isi.....	vii

A. PROSES INDUSTRI BERKELANJUTAN

A38 - IMPLEMENTASI PROSES ADSORBSI DALAM MENINGKATKAN KUALITAS MINYAK CENGKEH BAGI KLASTER MINYAK ATSIRI KAB. BATANG	1
Widayat, Hadiyanto dan Hantoro Satriadi	
A76 - RECOVERY LOGAM PERAK DARI LIMBAH CAIR BEKAS PENCUCIAN FOTO RONTGEN: KARAKTERISASI ELEKTROKIMIA	8
Tri Widayatno, Linggar T. Gupita, Senja Imaswati, dan Pahlawani Novitasari	
A86 - PENGUJIAN KARAKTERISTIK PERPINDAHAN PANAS DAN FAKTOR GESEKAN PADA PENUKAR KALOR PIPA KONSENTRIK DENGAN TRAPEZOIDAL-CUT TWISTED TAPE INSERT.....	15
Endra Dwi Purnomo, Indri Yaningsih, Agung Tri Wijayanta	
A87 - PENGARUH PITCH LOUVERED STRIP INSERT TERHADAP PENINGKATAN PERPINDAHAN PANAS PADA PENUKAR KALOR PIPA KONSENTRIK	23
Martina Anantya Susanti, Indri Yaningsih, Agung Tri Wijayanta	
A89 - MENINGKATKAN EFISIENSI PROSES ELEKTROPLATING PERAK DEKORATIF MENUJU UMKM YANG RAMAH LINGKUNGAN	31
Tri Widayatno, Hamid	
A90 - PEMANFAATAN LIMBAH AMPAS PATI AREN MENJADI BIOETANOL SECARA ENZIMATIS METODE KONVENSIONAL DAN SSF (Simultaneous of saccarification and fermentation)	37
Dewi Astuti Herawati, Evelyta Kusumawardhani, Nony Puspawati	
A91 - REVERSE ENGINEERING OUTER REAR BUMPER MOBIL ESEMKA RAJAWALI R2	46
Sanurya Putri Purbaningrum, Agus Dwi Anggono, Supriyono	

B. OPTIMISASI SISTEM INDUSTRI

B16 - PERENCANAAN PRODUKSI <i>AGREGAT</i> PADA <i>FAMILY</i> PRODUK INTERIOR MINIBUSGUNA MENGOPTIMALKAN PERSEDIAAN DAN BIAYA PRODUKSI	51
---	----

Imam Sodikin, Lutfiyah Hasinah

B39 - RANCANG BANGUN ALAT PENGILING DALAM PROSES PRODUKSI KERUPUK LEGENDAR DI UKM SINAR KOTA SEMARANG58
Meny Suzery, Widayat, Hadiyanto dan Hantoro Satriadi

B48 - ALAT PENCETAK ADONAN KUE KERING DENGAN SISTEM PNEUMATIC PADA UKM PRODUSEN KUE65
Fauzani Ulul Rohman, Muhammad Sanusi, Gamma Kartika

B49 - KINERJA SISTEM KONTROL BERBASIS MIKROKONTROLER UNTUK PEMANTAUAN SEJUMLAH PARAMETER FISIS PADA ANALOGI *SMART GREEN HOUSE*.....70
Arief Goeritno, Bayu Arief Prakoso, Bayu Adhi Prakosa

B53 - BEBAN KERJA FISIK KARYAWAN INDUSTRI BATIK TRADISIONAL77
Jazuli, Tita Talitha, Ratih Setyaningrum, Peni Widyastuti

B55 - PERFORMANSI ALTERNATOF FASE-TUNGGAL DENGAN ROTOR MAGNET PERMANEN FLUKSI RADIAL.....83
Arief Goeritno, Alfian Hidayat, Marjuki

B63 - PERANCANGAN DAN PEMBUATAN GRIPPER SEBAGAI KOMPONEN ROBOT 6-AXIS PADA PROSES OTOMATISASI PRODUCT HANDLING MESIN PLASTIK INJEKSI.....96
Muhammad Hidayat, Muhammad Agus Syahroni, Syahril Ardi

B73 - PERAMALAN KEBUTUHAN SOLAR UNTUK KRP KIJANG INNOVA PADA DIVISI SCM PT XYZ104
Etika Muslimah, Muhammad Luthfi Saqqo

B78 - USULAN PERBAIKAN SISTEM PERSEDIAAN BAHAN BAKU PADA *ZUPPA ICE CREAM* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *KNOWN PRICE INCREASES*.....111
Halton Novanta , Y.M. Kinley Aritonang

B79 - USULAN PERBAIKAN SISTEM ANGKUTAN KOTA BOGOR UNTUK MENGURANGI KEMACETAN118
Robby Hartono, Bagus Made Arthaya, Alfian

B88 - AUDIT ENERGI DENGAN PENDEKATAN METODE *AHP (ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS)* UNTUK PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK (Studi Kasus:PT. ABC).....126
Ratnanto Fitriadi, Yanuarti Werdaningsih

C. DESAIN DAN MANAJEMEN PRODUK

C7 - EVALUASI KUALITAS PRODUK *PUSH UP DETECTOR* DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN ERGONOMI135
Ch Desi Kusmindari, Yanti Pasmawati, Ari Muzakir

C9 - EVALUASI IKLIM KESELAMATAN KERJA DENGAN MENGGUNAKAN METODE NOSACQ-50 DI PT. PRIMARINDO ASIA INFRASTRUKTUR, TBK. 143
Paulus Sukapto, Harjoto Djojosebroto, Bonita

C18 - PENGARUH DESAIN KATUP UDARA PADA KARAKTERISTIK PENCAMPURAN UDARA MOTOR BENSIN 150
IGA Uttariyani, Budi Rochmanto dan Hari Setiapraja

C32 - RANCANG BANGUN KARDUS *PACKAGING* LAPTOP MULTI FUNGSI DENGAN MENGGUNAKAN DATA ANTROPOMETRI (RABU ANTER KAPACK LATIF) 156
Mohamad Danny Haryanto, Muhammad Luthfi Saqo

C35 - PENERAPAN METODE *QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT* (QFD) PADA PENGEMBANGAN PRODUK *LOCKER* 162
M Kumroni Makmuri, Amiluddin Zahri

C37 - DESAIN LINGKUNGAN FISIK BAGI OPERATOR BAGIAN PEMERIKSAAN.. 170
Yanti Pasmawati, Christofora Desi Kusmindari, Paulus Sukapto, Johanna Renny Octavia

C43 - TANGKI (FUEL TANK) BAHAN BAKAR GAS UNTUK SEPEDA MOTOR: SEBUAH STUDI NUMERIK 178
Agung Premomo, Eko Arif Syaefudin , Febriyanto, Wardoyo, Riza Wirawan

C67 - INKUBATOR BAGI KEWIRAUSAHAAN DI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA 183
Suranto, Muhtadi, Totok Budi Santosa

C77 - USULAN INOVASI BERDASARKAN KELOMPOK PRODUK PADA *FOOD PROCESSOR* 190
Jefvie Lois, Catharina Badra Nawangpalupi, Romy Loice

C85 - RANCANG BANGUN MEJA KERJA PENGRAJIN PERAK DENGAN PENDEKATAN ERGONOMI DAN KAIZEN UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS 198
Endang Widuri Asih, Sunarsih, Yuliana Rahmawati

D. PEMBANGUNAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

D3 - PENGELOLAAN BANGUNAN YANG RAMAH LINGKUNGAN (*GREEN CONSTRUCTION*)DALAM KONTEKS TEKNIK SIPIL 205
Maksum Tanubrata, Ika Gunawan

D46 - KAMPINA: KAMPUNG PRODUKTIF RAMAH ANAK SEBAGAI KOMPONEN PEMBENTUK KETAHANAN KOTA (*RESILIENT CITY*) Studi kasus: Desa Walen, Simo, Boyolali 211
Arlis Hardiyanto, Muhammad Sanusi, Redhita Ria Permatasari

D50 - PENANGANAN PREVENTIF TERHADAP ANCAMAN TANAH LONGSOR DI PERMUKIMAN BUKIT SELILI – SAMARINDA.....219
Zakiah Hidayati , Mafazah Noviana

E. INFRASTRUKTUR BERKELANJUTAN

E6 - VIRTUAL EMISSION IN HIGH SPEED RAIL PROJECT227
Robby Yussac Tallar , Harry Wiguna

E34 - KELAYAKAN TARIF BATIK SOLO TRANS (BST) DITINJAU DARI ABILITY TO PAY (ATP) DAN WILLINGNESS TO PAY (WTP)233
Gotot Slamet Mulyono, Nurul Hidayati dan Maharannisa Widi Lestari

F. MANAJEMEN AIR DAN SUMBER DAYA AIR

F10 - EFISIENSI PELUNAKAN AIR SADAH MENGGUNAKAN BENTONIT TERAKTIVASI DENGAN METODE PERTUKARAN ION.....240
Eka Sulistyaningsih

G. MANAJEMEN DAN REKAYASA BANGUNAN

G33 - DISAIN PANJANG LAS PADA SAMBUNGAN LAS GESER EKSENTRIS DENGAN METODE BAGI-DUA (BISECTION).....246
Kamaludin

G52 - INVESTMENT ANALYSIS OF STANDART INNS BECOME THREE STARS ..256
Anik Ratnaningsih, Fery Susanto

G72 - ADAPTASI IKLIM PADA HUNIAN RUMAH TINGGAL YANG MENGHADAP MATAHARI265
Vippy Dharmawan , Nanik Rachmaniyah

G80 - IDENTIFIKASI LINGKUP KERJA KONSULTAN MANAJEMEN KONSTRUKSI PADA DOKUMEN KONTRAK UNTUK MENGURANGI RISIKO KETERLAMBATAN PADA PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT TINGGI DI DKI JAKARTA271
Lusiana Idawati, Manlian Ronald A. Simanjuntak, Paulus Kurniawan

G81 – IDENTIFIKASI FAKTOR-FAKTOR UTAMA PENYEBAB KETERLAMBATAN PELAKSANAAN KONSTRUKSI PROYEK *BUDGET HOTEL* DI JAKARTA279
Lusiana Idawati, Manlian Ronald A. Simanjuntak, Fahmi

G83 - LASEM HERITAGE CENTER SEBAGAI UPAYA PELESTARIAN KAWASAN HERITAGE DI LASEM.....285
Esnan Pramono dan Dhani Mutiari

H. PRESERVASI DAN KONSERVASI

H41 - KONSERVASI SPASIAL DAN PSIKOLOGI PADA PERMUKIMAN MIGRAN MADURA KELURAHAN KOTA LAMA - MALANG..... 294
Damayanti Asikin, Antariksa dan Lisa Dwi Wulandari

H51 - NILAI-NILAI TRADISI DAN BUDAYA KERATON SEBAGAI ELEMEN PEMBENTUK STRUKTUR RUANG PERMUKIMAN BALUWARTI SURAKARTA YANG DIBANGUN PADA MASA PAKU BUWANA III (1749-1788M) 302
Tri Hartanto, Tony Atyanto Dharoko dan Yoyok Wahyu Subroto

H64 - KONSEP *COURTYARD* PADA PERMUKIMAN MULTI-ETNIS HISTORIS DI KOTA LAMA GRESIK SEBAGAI KONSEP KEARIFAN LOKAL BERDASARKAN PERSPEKTIF POST-KOLONIAL 310
Dian Ariestadi, Antariksa, Lisa D. Wulandari dan Surjono

I. REKAYASA MATERIAL

I14 - ANALISA SIFAT MEKANIS PISTON BEKAS HASIL PROSES TEMPA..... 318
Kurniawan Joko Nugroho, Ahmad Haryono

I24 - PEMANFAATAN LIMBAH BULU AYAM SEBAGAI MATERIAL PEMBUAT PANEL AKUSTIK..... 323
Ansarullah, Ramli Rahim, Asniawaty

I29 - PENGARUH *CRYOGENIC TREATMENT* TERHADAP KARAKTERISTIK KEAUSAN MDI (*MARTEMPER DUCTILE IRON*)..... 328
✓ Agus Suprpto, Agus Iswantoko, Ike Widyastuti

I30 - PENGARUH KETEBALAN *CORE* MELINTANG PADA REKAYASA DAN MANUFaktur BAHAN KOMPOSIT *HYBRID SANDWICH* TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN BENDING 335
Agus Hariyanto

I31 - TINJAUAN VARIASI DIAMETER BUTIRAN TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG KAPUR (STUDI KASUS TANAH TANON, SRAGEN)..... 341
Qunik Wiqoyah, Anto Budi L, Lintang Bayu P

I54 - FATIGUE ENDURANCE AND HARDNESS CHARACTERIZATION OF DLC (DIAMOND-LIKE CARBON) COATING ON HQ 805 SUBSTRAT 349
Viktor Malau, Priyo Tri Iswanto, Winda Sanni Slat dan Didy Suharlan

I56 - PENGARUH PENGGUNAAN PASIR PANTAI YANG DIBERI PERLAKUAN DAN SUBSTITUSI CANGKANG BUAH SAWIT TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR 357
Donny F. Manalu, Indra Gunawan dan Joko Eko Susilo

I84 - MORFOLOGI SERAT PELEPAH TANAMAN SALAK HASIL PROSES BIOPULPING MENGGUNAKAN KULTUR *PHANEROCHAETE CHRYSOSPORIUM* DAN *TRAMETES VERSICOLOR* 365
Triastuti Rahayu, Aminah Asngad, Suparti

PENGARUH CRYOGENIC TREATMENT TERHADAP KARAKTERISTIK KEAUSAN MDI (MARTEMPER DUCTILE IRON)

Agus Suprpto¹, Agus Iswantoko², Ike Widyastuti³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang
Jl. Terusan Raya Dieng 62-64 Malang
EMail: agussuprpto@yahoo.com

Abstrak

Pada umumnya untuk mengatasi masalah keausan logam menggunakan proses heat treatment, case hardening dan penambahan unsur kimia dengan tujuan untuk mengurangi gesekan. Dewasa ini banyak industri mengembangkan penggunaan cryogenic treatment untuk memperbaiki ketahanan aus pada bahan ductile iron sehingga ketahanan ausnya lebih tinggi. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi dampak cryogenic treatment terhadap kekerasan dan ketahanan aus Martemper Ductile Iron (MDI). Metode yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan cryogenic treatment hasil dari proses Martemper Ductile Iron (MDI) dengan pemanasan sampai temperatur Austenit 900°C dan pada temperature tersebut di tahan 30 menit, selanjutnya di celup cepat pada air hangat 40°C, 60°C, 80°C dengan variasi waktu penahanan 60s, 120s, 180s dan didinginkan di udara sampai temperature kamar. Analisa pengujian ini dilakukan dengan metode analitis dan uji keras dengan metode Rockwel dan uji aus. Temuan hasil penelitian: (1). Hasil proses Martemper Ductile Iron (MDI) menunjukkan kekerasan dan ketahanan ausnya meningkat dibanding sebelum proses Martemper, (2). Hasil Cryogenic Treatment menunjukkan kekerasan dan ketahanan ausnya lebih tinggi dibanding hasil proses Martemper.

Kata kunci: *martemper; MDI; cryogenic treatment*

Pendahuluan

Dewasa ini banyak industri mengembangkan penggunaan *cryogenic treatment* untuk memperbaiki ketahanan aus pada *cutting tool, gear*, dan lain-lain (Thamizhmanii, S. *et al*, 2011; Ramji B.R. *et al*, 2010; Kollmer K.P, 2007). *Cryogenic treatment* adalah suatu proses pendinginan suatu bahan baja, *stainless steel* dan lain-lain dari temperatur kamar sampai dengan temperatur -320°F (-196°C) kemudian pada temperatur tersebut ditahan selama waktu tertentu dan dilanjutkan dengan penghangatan sampai temperatur kamar (Singh, S. *et al*, 2012 dan Ramji B.R. *et al*, 2010).

A Suprpto, *et al* (2014) menunjukkan dampak *Cryogenic Treatment* dan *Temper* terhadap umur pahat karbida pada pembubutan Al T-6061 terjadi peningkatan umur pahat sebesar 105% dibandingkan dengan pahat karbida tanpa *treatment*. Hal ini didukung hasil penelitian oleh Suriansyah *et al* (2015) yang menunjukkan pengaruh *cryogenic cooling, martemper and temper treatment* pada FCD-45 terjadi kenaikan kekerasan sebesar 9 % dibanding sebelum mendapat *treatment*. Penelitian *cryogenic treatment* dikembangkan pada material *Austemper Ductile Iron* (ADI) oleh Chang-Yong Kang *et al* (2009) terhadap strukturmikro dan sifat kekerasan, selain itu Suprpto, A., *et al* (2016) juga meneliti dampak *Cryogenic Treatment* terhadap karakteristik keausan pahat ADI (*Austemper Ductile Iron*) terjadi penurunan keausan sebesar 77%.

Metode Penelitian dikembangkan oleh Akinlabi Q *et al* (2013) melalui *Martempered Ductile Iron* (MDI) dengan *Quenching* dalam air hangat diperoleh kekerasan tertinggi HRc 52,9.

Menindak lanjuti penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Chang-Yong Kang *et al* (2009); A Suprpto, *et al* (2016); dan Akinlabi Q *et al* (2013), dalam penelitian ini mengkombinasikan *Cryogenic treatment* dengan proses *Martemper* pada material *Ductile Iron* (MDI), untuk melihat pengaruh sifat kekerasan dan karakteristik keausan MDI (*Martemper Ductile Iron*).

Metode Percobaan

Martemper Ductile Iron (MDI)

- Bahan FCD-45 dipanaskan sampai temperatur *Austenit* 900°C dengan waktu penahanan 1 jam
- Celup cepat pada air hangat 40°C, 60°C, 80°C dg variasi waktu penahanan 60s, 120s dan 180s
- Didinginkan di udara sampai temperature kamar

- Cryogenic treatment MDI
- Pendinginan pada nitrogen cair
- Waktu penahanan pada nitrogen cair bervariasi: 2 jam, 24 jam, 48 jam
- Pemanasan sampai temperatur kamar
- Uji Kekerasan
- Metode Rockwell skala C
- dengan indenter intan dengan beban minor 10 kg dan beban major 150 kg
- Uji Keausan
- Penimbangan berat awal dan berat akhir sampel (g)
- Beban 15 kg, Putaran 750 rpm, Jarak luncur 295 mm
- Waktu pembebanan 5 menit

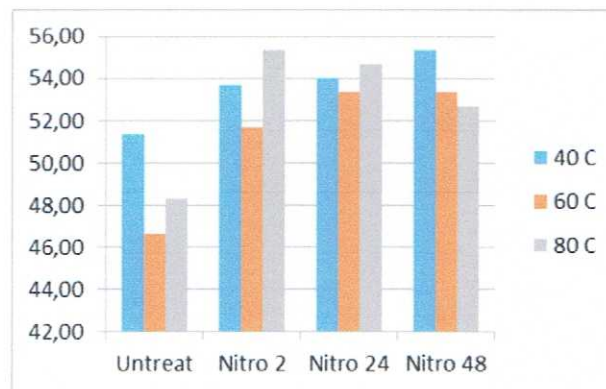
Hasil dan Pembahasan

Kekerasan

Tabel 1. Kekerasan hasil proses Martemper Ductile Iron pada media air hangat dengan variasi temperatur T 40°C, T 60°C, T 80°C dan variasi holding t 60 s, t 120 s, t 180 s dan Cryogenic treatment dengan variasi holding time 2jam, 24 jam dan 48 jam

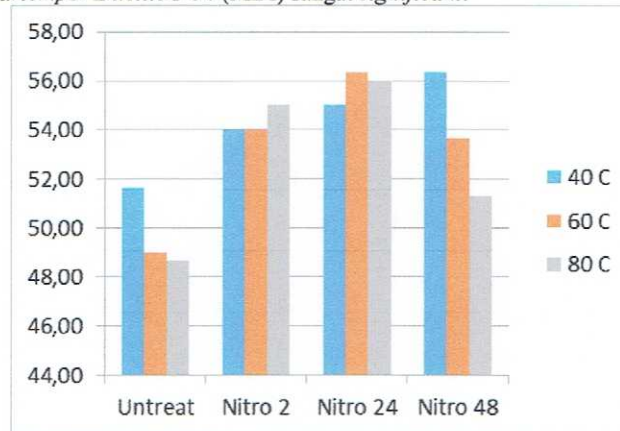
Kondisi		HRc		
		40 ⁰ C	60 ⁰ C	80 ⁰ C
Waktu t 60 second	Untreat	51.33	46.67	48.33
	Nitrogen cair 2 jam	53.67	51.67	55.33
	Nitrogen cair 24 jam	54.00	53.33	54.67
	Nitrogen cair 48 jam	55.33	53.33	52.67
Kondisi		HRc		
		40 ⁰ C	60 ⁰ C	80 ⁰ C
Waktu t 120 second	Untreat	51.67	49.00	48.67
	Nitrogen cair 2 jam	54.00	54.00	55.00
	Nitrogen cair 24 jam	55.00	56.33	56.00
	Nitrogen cair 48 jam	56.33	53.67	51.33
Kondisi		HRc		
		40 ⁰ C	60 ⁰ C	80 ⁰ C
Waktu t 180 second	Untreat	52.00	51.33	49.00
	Nitrogen cair 2 jam	56.00	55.33	56.33
	Nitrogen cair 24 jam	55.33	57.00	51.33
	Nitrogen cair 48 jam	55.67	56.33	42.67

Bahan FCD-45 yang digunakan pada proses Martemper memiliki kekerasannya HRb 88



Gambar 1. Kekerasan hasil proses Martemper Ductile Iron pada media air hangat dengan variasi temperature dan holding t 60 second dan Cryogenic treatment dengan variasi holding time 2jam, 24 jam dan 48 jam

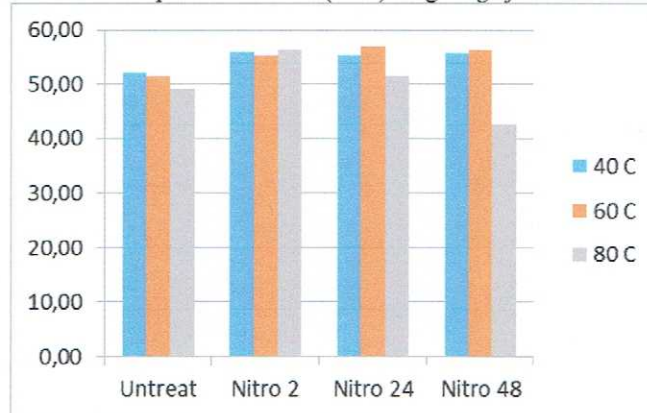
Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan kekerasan hasil proses *martemper* pada air hangat dengan temperatur 40°C dengan *holding time* t 60 second, dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 2 jam, kekerasannya meningkat 4,56 % dibandingkan dengan tanpa proses *Cryogenic treatment* (*Untreat*). Adapun pengaruh *holding time* pada proses *Cryogenic treatment* menunjukkan dengan bertambahnya *holding time*, kekerasannya meningkat. Hasil yang sama ditunjukkan pada proses *martemper* pada temperatur air hangat 60°C dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* dengan bertambahnya *holding time* menunjukkan kekerasannya meningkat, namun bila dibandingkan dengan tanpa proses *Cryogenic treatment* (*Untreat*) peningkatan kekerasannya 10,71% lebih besar dibanding dengan temperatur air hangat 40°C. Sedangkan pada temperatur air hangat 80°C pada proses *martemper* dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* pada Gambar 1 menunjukkan perbedaan yang sangat *significant*, pada saat proses *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 24 jam dan 48 jam terjadi penurunan kekerasan dibandingkan dengan hasil kekerasan pada *holding time* 2 jam. Untuk khusus proses *martemper* tanpa proses *Cryogenic treatment* (*Untreat*) menunjukkan pengaruh temperature air hangat terhadap kekerasan dapat dilihat pada Gambar 1, bahwa semakin tinggi temperaturnya maka kekerasannya turun, namun untuk temperatur air hangat 80°C menunjukkan kekerasannya lebih tinggi dibanding dengan kekerasan hasil proses *martemper* pada temperatur air hangat 60°C, seharusnya kekerasannya lebih rendah. Begitu juga pada proses *martemper* pada temperatur air hangat 80°C dilanjutkan *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 2 jam menunjukkan kekerasannya lebih tinggi dibanding pada temperatur air hangat 60°C dan 40°C, seharusnya kekerasannya lebih rendah. Untuk proses *martemper* pada temperatur air hangat 80°C dilanjutkan *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 24 jam, pola hasil kekerasannya sama dengan *holding time* 2 jam. Khusus untuk *holding time* 48 jam pada proses *Cryogenic treatment*, semakin tinggi temperature air hangatnya maka kekerasannya semakin turun. Jadi pada Gambar 1 menunjukkan bahwa pengaruh *Cryogenic treatment* terhadap kekerasan pada bahan *Martemper Ductile Iron* (MDI) sangat *significant*.



Gambar 2. Kekerasan hasil proses *Martemper Ductile Iron* pada media air hangat dengan variasi temperature dan *holding t* 120 second dan *Cryogenic treatment* dengan variasi *holding time* 2jam, 24 jam dan 48 jam

Gambar 2 dan tabel 1 menunjukkan kekerasan hasil proses *martemper* pada air hangat dengan temperatur 40°C dengan *holding time* t 120 second, dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 2 jam, kekerasannya meningkat 4,51 % dibandingkan dengan tanpa proses *Cryogenic treatment* (*Untreat*). Adapun pengaruh *holding time* pada proses *Cryogenic treatment* menunjukkan dengan bertambahnya *holding time*, kekerasannya meningkat. Untuk proses *martemper* pada temperatur air hangat 60°C dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* dengan bertambahnya *holding time* menunjukkan kekerasannya meningkat, akan tetapi pada *holding time* *Cryogenic treatment* 48 jam terjadi penurunan kekerasan. Untuk *holding time* *Cryogenic treatment* 2 jam dibandingkan dengan tanpa proses *Cryogenic treatment* (*Untreat*) peningkatan kekerasannya 10,20% lebih besar dibanding dengan temperatur air hangat 40°C. Sedangkan pada temperatur air hangat 60°C dan 80°C pada proses *martemper* dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* pada Gambar 2 menunjukkan perbedaan yang sangat *significant*, pada saat proses *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 48 jam terjadi penurunan kekerasan dibandingkan dengan hasil kekerasan pada *holding time* 2 jam dan 24 jam. Untuk khusus proses *martemper* tanpa proses *Cryogenic treatment* (*Untreat*) menunjukkan pengaruh temperature air hangat terhadap kekerasan dapat dilihat pada Gambar 2, bahwa semakin tinggi temperaturnya maka kekerasannya semakin turun. Untuk proses *martemper* pada temperatur air hangat 80°C dilanjutkan *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 2 jam, kekerasannya lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur air hangat 40°C dan 60°C, seharusnya kekerasannya lebih rendah. Hal sebaliknya terjadi pada proses *martemper* pada temperatur air hangat 40°C dilanjutkan *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 24 jam, kekerasannya lebih rendah dibandingkan dengan temperatur air hangat 60°C dan 80°C, seharusnya kekerasannya lebih tinggi. Untuk *holding time* 48 jam pada proses *Cryogenic treatment*,

semakin tinggi temperature air hangatnya maka kekerasannya semakin turun. Jadi pengaruh *Cryogenic treatment* terhadap kekerasan pada bahan *Martemper Ductile Iron* (MDI) sangat *significant* lihat Gambar 2.



Gambar 3. Kekerasan hasil proses *Martemper Ductile Iron* pada media air hangat dengan variasi temperature dan *holding t* 180 second dan *Cryogenic treatment* dengan variasi *holding time* 2jam, 24 jam dan 48 jam

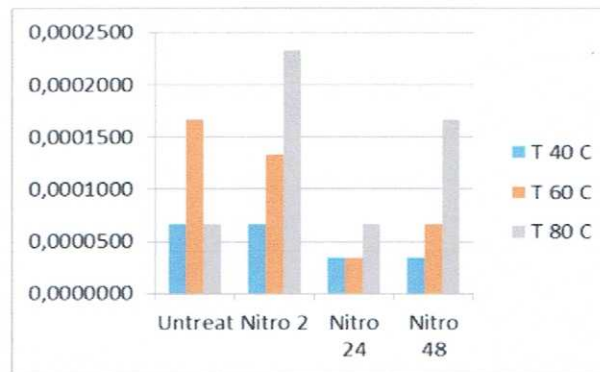
Kekerasan hasil proses *martemper* pada air hangat dengan temperatur 40°C dengan *holding time t* 180 second dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 2 jam, kekerasannya meningkat 7,69 % dibandingkan dengan tanpa proses *Cryogenic treatment* (*Untreat*) ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 1. Namun pengaruh *holding time* pada proses *Cryogenic treatment* menunjukkan dengan bertambahnya *holding time*, perubahan kekerasannya tidak *significant*. Untuk proses *martemper* pada temperatur air hangat 60°C dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* dengan bertambahnya *holding time* menunjukkan kekerasannya meningkat, akan tetapi pada *holding time Cryogenic treatment* 48 jam terjadi penurunan kekerasan. Untuk *holding time Cryogenic treatment* 2 jam dibandingkan dengan tanpa proses *Cryogenic treatment*(*Untreat*) peningkatan kekerasannya 7,79% hampir sama dibanding dengan temperatur air hangat 40°C. Sedangkan pada temperatur air hangat 60°C pada proses *martemper* dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* pada Gambar 3 menunjukkan perbedaannya tidak *significant*, untuk temperatur air hangat 80°C perbedaannya sangat *significant*, pada saat proses *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 24 jam dan 48 jam terjadi penurunan kekerasan dibandingkan dengan hasil kekerasan pada *holding time* 2 jam untuk, *holding time* 48 jam kekerasannya lebih rendah dibanding dengan tanpa proses *Cryogenic treatment* (*Untreat*) . Untuk khusus proses *martemper* tanpa proses *Cryogenic treatment* (*Untreat*) menunjukkan pengaruh temperature air hangat terhadap kekerasan dapat dilihat pada Gambar 3, bahwa semakin tinggi temperaturnya maka kekerasannya semakin turun. Untuk proses *martemper* pada temperatur air hangat 80°C dilanjutkan *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 2 jam, kekerasannya lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur air hangat 40°C dan 60°C, seharusnya kekerasannya lebih rendah. Hal sebaliknya terjadi pada proses *martemper* pada temperatur air hangat 60°C dilanjutkan *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 24 jam, kekerasannya lebih rendah dibandingkan dengan temperatur air hangat 80°C, seharusnya kekerasannya lebih tinggi. Untuk *holding time* 48 jam pada proses *Cryogenic treatment*, semakin tinggi temperature air hangatnya maka kekerasannya semakin turun, untuk temperatur air hangat 60°C seharusnya kekerasannya lebih rendah dibanding dengan temperatur air hangat 40°C . Jadi pengaruh *Cryogenic treatment* terhadap kekerasan pada bahan *Martemper Ductile Iron* (MDI) tidak *significant*, khusus untuk *holding time* 48 jam pada temperatur 80°C kekerasannya lebih rendah dibanding dengan tanpa proses *Cryogenic treatment* (*Untreat*).

Keausan

Tabel 2. Laju Keausan hasil proses *Martemper Ductile Iron* pada media air hangat dengan variasi temperatur T 40°C, T 60°C, T 80°C dan variasi *holding t* 60 s, t 120 s, t 60 s dan *Cryogenic treatment* dengan variasi *holding time* 2jam, 24 jam dan 48 jam

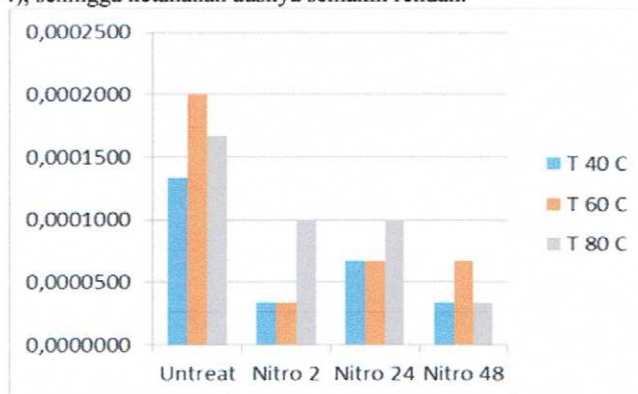
Kondisi		Laju keausan (g/s)		
		40 ⁰ C	60 ⁰ C	80 ⁰ C
Waktu t 60 second	Untreat	0.0000667	0.0001667	0.0000667
	Nitrogen cair 2 jam	0.0000667	0.0001333	0.0002333
	Nitrogen cair 24 jam	0.0000333	0.0000333	0.0000667
	Nitrogen cair 48 jam	0.0000333	0.0000667	0.0001667

Kondisi		Laju keausan (g/s)		
		40° C	60° C	80° C
Waktu t 120 second	Untreat	0.0001333	0.0002000	0.0001667
	Nitrogen cair 2 jam	0.0000333	0.0000333	0.0001000
	Nitrogen cair 24 jam	0.0000667	0.0000667	0.0001000
	Nitrogen cair 48 jam	0.0000333	0.0000667	0.0000333
Kondisi		Laju keausan (g/s)		
		40° C	60° C	80° C
Waktu t 180 second	Untreat	0.0001000	0.0002333	0.0001667
	Nitrogen cair 2 jam	0.0000333	0.0000667	0.0001667
	Nitrogen cair 24 jam	0.0000333	0.0001000	0.0000333
	Nitrogen cair 48 jam	0.0001667	0.0000333	0.0000667



Gambar 4. Laju keausan hasil proses Martemper Ductile Iron pada media air hangat dengan variasi temperature dan holding t 60 second dan Cryogenic treatment dengan variasi holding time 2jam, 24 jam dan 48 jam

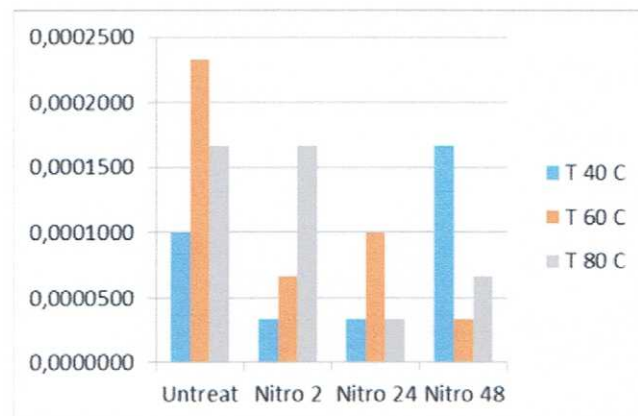
Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 4 menunjukkan pengaruh *holding time* semakin lama (2 jam dan 24 jam) pada proses *Cryogenic treatment* setelah proses *martemper* pada temperatur air hangat dengan 40°C dengan *holding time t 60 second* laju keausannya menurun. Namun untuk holding time 48 jam pada proses *Cryogenic treatment* laju keausannya meningkat. Hal ini didukung dengan hasil kekerasan yang ditunjukkan pada Gambar 1, yang mana kekerasannya semakin meningkat maka laju keausannya semakin rendah, ini menunjukkan bahwa ketahanan ausnya semakin tinggi. Bila dilihat dari pengaruh temperatur air hangat pada proses *martemper* semakin tinggi (40°C, 60°C, dan 80°C), dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* menunjukkan laju keausannya semakin tinggi (Gambar 4), sehingga ketahanan ausnya semakin rendah.



Gambar 5. Laju keausan hasil proses Martemper Ductile Iron pada media air hangat dengan variasi temperature dan holding t 120 second dan Cryogenic treatment dengan variasi holding time 2 jam, 24 jam dan 48 jam

Gambar 5 dan tabel 2 menunjukkan laju keausan hasil proses *martemper* pada air hangat dengan temperatur 40°C dengan *holding time* t 120 second, dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 2 jam, laju keausannya menurun 75 % dibandingkan dengan tanpa proses *Cryogenic treatment* (*Untreat*). Adapun pengaruh *holding time* (24 jam dan 48 jam) pada proses *Cryogenic treatment* menunjukkan dengan bertambahnya *holding time*, laju keausannya menurun, akan tetapi *holding time* 2jam seharusnya laju keausannya lebih tinggi dibanding dengan *holding time* 24 jam dan 48 jam. Adapun pengaruh temperatur air hangat pada proses *martemper* semakin tinggi (40°C , 60°C , dan 80°C), dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* menunjukkan laju keausannya semakin tinggi, ini berbeda pada proses *martemper* dengan temperatur air hangat 80°C , dilanjutkan proses *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 48 jam, hasilnya menunjukkan laju keausannya lebih rendah seharusnya lebih tinggi bila dilihat dari hasil kekerasannya rendah (lihat Gambar 2). Hasil proses *Martemper Ductile Iron* (MDI) menunjukkan Laju keausannya lebih tinggi dibandingkan dengan proses *Cryogenic treatment*, ini menunjukkan ketahanan aus hasil proses *Martemper* lebih rendah dibanding dengan hasil proses *Cryogenic treatment*.

Laju keausan hasil proses *martemper* pada air hangat dengan temperatur 40°C dengan *holding time* t 180 second dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* dengan *holding time* 2 jam, laju keausannya menurun 67 % dibandingkan dengan tanpa proses *Cryogenic treatment* (*Untreat*) ditunjukkan pada Gambar 6 dan Tabel 2. Namun pengaruh *holding time* pada proses *Cryogenic treatment* menunjukkan dengan bertambahnya *holding time*, perubahan laju keausannya meningkat, namun untuk temperatur air hangat dengan 80°C dilanjutkan *Cryogenic treatment* pada *holding time* 24 jam dan 48 jam terjadi penurunan laju keausan. Untuk proses *martemper* pada temperatur air hangat 60°C dilanjutkan dengan proses *Cryogenic treatment* dengan bertambahnya *holding time* terjadi kenaikan laju keausan, akan tetapi pada *holding time* *Cryogenic treatment* 48 jam terjadi penurunan laju keausan. Gambar 6 menunjukkan terjadinya perubahan penurunan laju keausan pada proses *Cryogenic treatment* dibandingkan dengan hasil proses *Martemper Ductile Iron* (MDI). Ini menunjukkan ketahanan aus hasil proses *Martemper* lebih rendah dibanding dengan hasil proses *Cryogenic treatment*.



Gambar 6. Laju keausan hasil proses *Martemper Ductile Iron* pada media air hangat dengan variasi temperature dan *holding t* 180 second dan *Cryogenic treatment* dengan variasi *holding time* 2 jam, 24 jam dan 48 jam

Bahan FCD-45 yang digunakan pada proses *Martemper* memiliki kekerasannya HRb 88, dikonversikan ke HRc diperoleh HRc 9. Adapun hasil proses *Martemper* pada FCD-45 dengan *quenching* dalam air hangat diperoleh kekerasan tertinggi HRc 52 (lihat Tabel 1), hasil ini hampir sama dengan yang dilakukan oleh Akinlabi Q et al (2013) diperoleh HRc 52.9, terjadi peningkatan kekerasan sebesar 478 % dibandingkan dengan kekerasannya FCD-45. Sedangkan hasil *Cryogenic Treatment* pada bahan *Martemper Ductile Iron* (MDI) diperoleh kekerasan tertinggi HRc 57 (lihat Tabel 1), sehingga terjadi kenaikan kekerasan 10 % dibandingkan dengan hasil proses *Martemper*. Hasil *Cryogenic Treatment* pada bahan MDI dibandingkan dengan bahan FCD 45 terjadi peningkatan kekerasan sebesar 533 %.

Laju keausan terendah hasil proses *Martemper* pada FCD-45 dengan *quenching* dalam air hangat diperoleh $v = 0,0000667$ g/s (lihat Tabel 2). Adapun hasil *Cryogenic Treatment* pada bahan *Martemper Ductile Iron* (MDI) laju keausan terendah $v = 0,0000333$ g/s (lihat Tabel 2) sehingga terjadi penurunan laju keausan sebesar 50%, ini menunjukkan ketahanan ausnya meningkat. Hal ini didukung hasil penelitian oleh A Suprpto, et al (2016) yang menunjukkan terjadi penurunan keausan sebesar 77% hasil proses *Cryogenic Treatment* pada pahat ADI (*Austemper Ductile Iron*).

Kesimpulan

1. Hasil proses *Martemper Ductile Iron* (MDI) menunjukkan kekerasan dan ketahanan ausnya meningkat dibanding sebelum proses *Martemper*.
2. Hasil *Cryogenic Treatment* menunjukkan kekerasan dan ketahanan ausnya lebih tinggi dibanding hasil proses *Martemper*.

Daftar Pustaka

- Thamizhmanii S. et al., (2011), "Performance of deep cryogenically treated and non-treated PVD inserts in milling", *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol.49, Issue 2, Desember 2011, p.460-466
- Ramji B.R. et al., (2010), "Analysis of Roughness and Flank Wear in Turning Gray Cast Iron Using Cryogenically Treated Cutting Tool", *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, Vol. 2 (5) pp.414-417
- Kollmer K.P., (2007), "Applications & Developments in the Cryogenic Processing of Materials", Kollmer-The Technologi Interface.htm.2/23/2007
- Singh S. et al., (2012), "Experimental Analysis of Cryogenic Treatment on Coated Tungsten Carbide Inserts in Turning", *International Journal of Advanced Engineering Technology*, Vol.3 (1) pp.290-294
- Agus Suprpto, Agus Iswantoko dan Ike Widyastuti, (2014), "Impact of Cryogenic Treatment and Temper to carbide tool life on turning process for Al T-6061", *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 9 (24) pp. 30643-30650
- Suriansyah S., Pratikto, Agus Suprpto dan Yudi Surya Irawan, (2015), "The Effect Cryogenic Cooling, Martemper And Temper Of Micro Structure And Hardness Ductile Cast Iron (FCD-45)", *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 10 (8) pp. 19389-19400
- Chang-Yong Kang et al, (2009), "Effect of Subzero Treatment on the Microstructure and Mechanical Properties of Austempered Ductile Cast Iron", *Materials Transactions*, Vol. 50 (9) pp. 2207 to 2211
- Agus Suprpto, Agus Iswantoko dan Ike Widyastuti, (2016), "Impact Evaluation of Cryogenic Treatment to Wear Characteristics of ADI Cutting Tool", *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 11(12) pp. 7691-7697
- Oyetunji Akinlabi; Barnabas A. A.; Adewara J.O.T. (2013), "Development of Martempered Ductile Iron by Step-Quenching Method in Warm Water", *Daffodil International University Journal of Science and Technology*, Vol. 8, Issue 2