

## **Analisis Pengaruh Panas pada Baja Kontruksi dengan Pendinginan Air Sungai dan Air Laut terhadap Kekuatan Mekanik**

**Sutrisno, Azmal, Joni Rahmadi**

*Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Pontianak  
Jalan Ahmad Yani Pontianak, Indonesia 78124  
Email: <sup>1</sup>idris\_tris@yahoo.com, <sup>2</sup>azmal72@gmail.com,  
<sup>3</sup>j0nl.rahmadisyamher@gmail.com*

**Abstract:** *Housing, buildings and factories often fire, this can be caused by electric short circuits, explosions of gas stoves. Extinguishing fires can use river water or sea water. This research is expected to get an overview of data about tensile strength, hardness and mechanical properties due to changes in heat temperature and cooling with river water and sea water on steel construction materials with various operational conditions. The materials used are plain reinforcing steel (BJTP), deformed steel and profiled steel (IWF-400) heated in the heating kitchen with variations of 600°C, 700°C, 800°C and 900°C, cooled by river and sea water, carried out Vickers tensile strength and hardness test. The results of the tensile test of BJTP increased by 461.55 N/mm<sup>2</sup>, the highest cooling of river water was 9000C = 345.15N/mm<sup>2</sup>(53.70%), the lowest was 600°C=31.13 N/mm<sup>2</sup> (4.84 %). The highest deformation was 900°C = 345.15 N/mm<sup>2</sup> (53.70%), the lowest was 600°C=31.13N/mm<sup>2</sup> (4.84%). The highest IWF-400 was 900°C = 101.32 N/mm<sup>2</sup> (18.93%), the lowest was 600°C = 10.85 N/mm<sup>2</sup> (2.03%). Vickers BJTP hardness test is the highest for cooling river water 900°C = 35.06 HV (41.32%), the lowest is 600°C = 2.16 HV (2.55%). Deform 900°C = 47.28 HV (53.63%), the lowest 600°C=3.88 HV (4.40%). IWF-400 900°C=15.52 HV (18.89 %), the lowest 600°C=1.66 HV (2.02%). As the temperature increases by cooling seawater and river water, the tensile strength and hardness of the vickers also increase.*

**Keywords:** *BJTP material, deform material, IWF-400 material, sea water, river water*

**Abstrak:** Perumahan, gedung dan pabrik sering terjadi kebakaran, hal ini bisa disebabkan oleh arus pendek listrik, ledakan kompor gas. Memadamkan api bisa menggunakan air sungai atau air laut. Penelitian ini diharapkan mendapatkan gambaran data tentang kekuatan tarik, kekerasan dan sifat mekanik akibat perubahan suhu panas dan pendinginan dengan air sungai dan air laut pada material konstruksi baja dengan berbagai kondisi operasional. Material yang digunakan adalah baja tulangan polos (BJTP), baja deformasi dan baja profil (IWF-400) yang dipanaskan di dapur pemanas dengan variasi 600°C, 700°C, 800°C dan 900°C, didinginkan oleh air sungai dan laut, dilakukan Uji kekuatan dan kekerasan Vickers. Hasil uji tarik BJTP meningkat sebesar 461,55 N/mm<sup>2</sup>, pendinginan air sungai tertinggi 9000C = 345,15N/mm<sup>2</sup> (53,70%), terendah 600°C = 31,13 N/mm<sup>2</sup> (4,84 %). Deformasi tertinggi adalah 900°C = 345,15 N/mm<sup>2</sup> (53,70%), terendah 600°C = 31,13N/mm<sup>2</sup> (4,84%). IWF-400 tertinggi adalah 900°C = 101,32 N/mm<sup>2</sup> (18,93%), terendah 600°C = 10,85 N/mm<sup>2</sup> (2,03%). Uji kekerasan Vickers BJTP tertinggi untuk pendinginan air sungai 900°C = 35,06 HV (41,32%), terendah 600°C = 2,16 HV (2,55%). Deformasi 900°C = 47,28 HV (53,63%), terendah 600°C = 3,88 HV (4,40%). IWF-400 900°C = 15,52 HV (18,89%), terendah 600°C = 1,66 HV (2,02%). Saat suhu meningkat

dengan mendinginkan air laut dan air sungai, kekuatan tarik dan kekerasan vickers juga meningkat.

**Kata Kunci:** Bahan an BJTP, bahan deform, bahan IWF-400, air laut, air sungai

Perumahan dan gedung serta pabrik sering terjadi kebakaran, ini semua bisa diakibatkan oleh konsleting listrik, peledakan kompor gas dan kesengajaan dibakar sendiri. Suhu akibat kebakaran perumahan, gedung dan pabrik bisa mencapai temperatur di atas 600<sup>0</sup>C. Dalam mengatasi atau memadamkan akibat kebakaran biasa menggunakan air sungai jika perumahan, gedung dan pabrik dekat dengan sungai, dan jika dekat dengan laut maka digunakan air laut.

Akibat kebakaran mengakibatkan baja konstruksi sebagai salah satu penopang kekuatan konstruksi perumahan, gedung dan pabrik terjadi perubahan kekuatan mekanik dan sifat mekaniknya. Perubahan ini dipengaruhi oleh panas dan pendinginan dengan air sungai atau air laut.

Menurut Rajan (2011), ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perlakuan panas (akibat panas), yaitu suhu pemanasan, waktu yang diperlukan pada suhu pemanasan, laju pendinginan dan lingkungan atmosfer. Beberapa tujuan *heat treatment* antara lain: a) Meningkatkan keuletan; b) Menghilangkan internal stress; c) Penyempurnaan ukuran butir; d) Meningkatkan kekerasan atau kekuatan tarik dan mencapai perubahan komposisi kimia dari permukaan logam seperti dalam kasus-kasus pengerasan. Faktor atau variabel yang dapat mempengaruhi proses *heat treatment* antara lain: a) Temperatur *heat treatment*; b). *Holding time*; c) Laju pemanasan; dan d) Proses pendinginan (*quenching*).

Lebih dari 75% kegagalan material pada konstruksi mesin adalah akibat kelelahan atau fatik (Timings RL, 1998), dan dalam penggunaannya pengaruh suhu terhadap

material cenderung akan mempengaruhi struktur metalurgi material tersebut yang merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya kegagalan pada material (Faupel, H Joseph, Fisher, E Franklin, 1981). Sedangkan penelitian yang telah dilakukan oleh James Marrow (Marrow J, 2009) pada pengujian impak terhadap baja karbon dan aluminium yang memperlihatkan dua buah skema kurva transisi ulet ke getas antara baja karbon dan aluminium. Hasil dari kedua kurva tersebut menunjukkan perbedaan transisi dari ulet ke getas yang sangat nyata, untuk baja karbon transisi sangat terlihat tajam dibandingkan aluminium.

Penelitian ini diharapkan mendapatkan gambaran data tentang kekuatan mekanik (kekuatan tarik), kekerasan dan sifat mekanik akibat dari perubahan temperatur panas dan pendinginan dengan air sungai dan air laut pada material baja konstruksi dengan berbagai kondisi operasional. Dalam penelitian ini material baja konstruksi yang digunakan adalah material Baja Tulangan Polos (BJTP), Baja Tulangan Ulir (*deform*) dan baja profil (*IWF-400*) dengan dipanaskan didapur pemanas dengan variasi temperatur dari 600<sup>0</sup>C sampai 900<sup>0</sup>C dan didinginkan dengan air sungai dan air laut, kemudian dilakukan pengujian kekuatan tarik dan kekerasan *Vickers*. Data yang diperoleh dari informasi pengujian ini adalah: 1) dapat mengetahui dan menganalisa harga kekuatan tarik (*Tensile Strength*), *Persentase Elongation After Fracture*, dan kekerasan *Vickers*; 2) Dapat mengetahui dan menganalisa perubahan sifat mekanik pada baja.

## METODE

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, dimana bahan atau material yang digunakan adalah material Baja Tulangan Polos (BJTP), Baja Tulangan Ulir (*deform*) dan baja profil (*IWF-400*).

Bentuk sampel untuk pengujian tarik mengacu standar ASTM D 638-03, sedangkan untuk pengujian kekerasan *vickers* berdasarkan standar mesin yaitu Ø16 mm x 20 mm. Pada penelitian ini sampel dibuat masing-masing 3 sampel dengan perlakuan bahan pada temperatur yaitu 600°C, 700°C, 800°C dan 900°C serta bahan tidak dilakukan perlakuan panas.

Pengujian yang akan dilakukan terhadap sampel uji, antara lain uji tarik dan uji kekerasan *vickers* dengan tempat pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Polnep.

Adapun tahap-tahap penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut: 1) Menyediakan material Baja Tulangan Polos (BJTP), Baja Tulangan Ulir (*deform*) dan baja profil (*IWF-400*) sesuai dengan jumlah sampel yang akan dibuat; 2) Pembuatan sampel pengujian tarik dengan ukuran sesuai standar ASTM D 638-03 sebanyak 90 sampel dan untuk pengujian kekerasan *vickers* ukuran dimensi Ø16 mm x 20 mm sebanyak 90 sampel; 3) Melakukan pemanasan sampel pengujian tarik dan pengujian kekerasan *vickers* pada dapur pemanas pada temperatur 600°C, 700°C, 800°C dan 900°C; 4) Melakukan pendinginan dengan pencelupan masing-masing sampel dari dapur pemanas setiap temperatur 600°C, 700°C, 800°C dan 900°C pada air sungai dan air laut; 5) Melakukan pengujian masing-masing sampel sesuai perlakuannya dengan standar pengujian tarik ASTM D 638-03 dan pengujian kekerasan *vickers*; 6) Dari data hasil pengujian tarik dan pengujian kekerasan *vickers* dari masing-masing sampel sesuai perlakuannya, maka dilakukan pengolahan data yang bertujuan

untuk menghitung nilai rata-rata, nilai minimal, nilai maksimal, simpangan Baja Tulangan Polos (BJTP), Baja Tulangan Ulir (*deform*) dan baja profil (*IWF-400*) dengan pemanas pada temperatur 600°C, 700°C, 800°C dan 900°C dan didinginkan dengan air sungai dan air laut; 7) Berdasarkan pengolahan data yang didapat, maka dilakukan pembahasan dengan menganalisa kekuatan dan sifat bahan terhadap pengaruh panas terhadap media pendingin air sungai dan air laut.

## HASIL

Pada pengujian tarik sampel yang dibuat sebanyak 150 buah dan material yang digunakan adalah baja tulangan polos (BJTP), baja tulangan ulir (*deform*) dan baja profil (*IWF-400*) dengan dimensi sampel sesuai standar uji tarik ASTM D 638-03 dan dilakukan proses *normalizing*. Sampel dipanaskan didapur pemanas dengan suhu 600°C, 700°C, 800°C, 900°C dan setiap temperatur suhu tercapai ditahan selama 30 menit. Setiap jenis baja sebanyak 50 sampel dengan 2 jenis pengujian. Dengan media pencelupan air sungai dan air laut. Kemudian dilakukan pengujian tarik dan datanya dapat dilihat pada tabel 1, 2 dan 3.

Berdasarkan tabel 1, 2 dan 3 maka dapat dibuat grafik hubungan kekuatan tarik dan temperatur dengan pendingin air laut (garis warna merah) dan grafik hubungan kekuatan tarik dengan temperatur dengan pendingin air sungai (garis warna biru) dapat dilihat pada gambar 1, 2 dan 3.

Pada pengujian kekerasan *vickers* sampel bahan baja tulangan polos (BJTP), baja tulangan ulir (*deform*) dan baja profil (*IWF-400*) dibuat masing-masing sebanyak 100 buah dengan ukuran dimensi Ø16 mm x 20 mm sesuai standar mesin. Sampel dilakukan proses *normalizing* dengan dipanaskan didapur pemanas suhu 600°C, 700°C, 800°C, 900°C dan setiap temperatur suhu tercapai ditahan selama 30 menit. Sampel

setiap jenis bahan yang telah dipanaskan didinginkan pada air laut dan air sungai. Kemudian dilakukan pengujian kekerasan

*vickers* sebanyak 5 sampel dengan nilai rata-rata datanya dapat dilihat pada tabel 4, 5 dan 6.

**Tabel 1. Data pengujian tarik bahan baja tulangan polos (BJTP) dengan pendingin air laut dan air sungai**

Specimen Number	Tensile Strength ( $\sigma_{mak}$ )(MPa)		Elongation After Fracture ( $\epsilon$ ) (%)	
	Air Laut	Air Sungai	Air Laut	Air Sungai
Tanpa dipanaskan (0 °C)				
Rata-rata	461,55	461,55	19,36	19,36
Standart deviasi	0,89	0,89	2,45	2,45
Dipanaskan suhu (600 °C)				
Rata-rata	484,62	510,48	19,05	19,10
Standart deviasi	0,93	19,78	2,38	0,73
Dipanaskan suhu (700 °C)				
Rata-rata	503,08	548,80	18,76	17,33
Standart deviasi	0,97	11,36	2,24	0,68
Dipanaskan suhu (800 °C)				
Rata-rata	521,55	592,97	18,11	15,29
Standart deviasi	1,00	22,06	1,87	1,10
Dipanaskan suhu (900 °C)				
Rata-rata	526,16	652,18	17,75	12,53
Standart deviasi	1,01	24,04	1,66	0,91

**Tabel 2. Data pengujian tarik bahan baja tulangan ulir (deform) dengan pendingin air laut dan air sungai**

Specimen Number	Tensile Strength ( $\sigma_{mak}$ )(MPa)		Elongation After Fracture ( $\epsilon$ ) (%)	
	Air Laut	Air Sungai	Air Laut	Air Sungai
Tanpa dipanaskan (0 °C)				
Rata-rata	642,76	642,76	17,17	17,17
Standart deviasi	1,98	1,98	0,58	0,58
Dipanaskan suhu (600 °C)				
Rata-rata	685,08	673,90	16,02	16,33
Standart deviasi	30,58	15,27	0,74	0,51
Dipanaskan suhu (700 °C)				
Rata-rata	707,62	764,01	15,42	13,90
Standart deviasi	14,16	33,03	0,21	0,55
Dipanaskan suhu (800 °C)				
Rata-rata	770,52	894,36	13,75	10,45
Standart deviasi	12,46	39,24	0,43	1,13
Dipanaskan suhu (900 °C)				
Rata-rata	846,28	987,92	11,72	7,94
Standart deviasi	17,17	27,32	0,35	0,73

**Tabel 3. Data pengujian tarik bahan baja profil (IWF-400) dengan pendingin air laut dan air sungai**

Specimen Number	Tensile Strength ( $\sigma_{mak}$ )(MPa)		Elongation After Fracture ( $\epsilon$ ) (%)	
	Air Laut	Air Sungai	Air Laut	Air Sungai
Tanpa dipanaskan (0 °C)				
Rata-rata	535,14	535,14	8,54	8,54
Standart deviasi	7,47	7,47	0,43	0,43
Dipanaskan suhu (600 °C)				
Rata-rata	545,99	557,90	8,36	8,17
Standart deviasi	9,03	18,73	0,43	0,45
Dipanaskan suhu (700 °C)				
Rata-rata	567,53	602,15	8,01	7,48
Standart deviasi	12,82	23,19	0,36	0,56
Dipanaskan suhu (800 °C)				
Rata-rata	608,33	626,88	7,37	7,08
Standart deviasi	11,26	23,22	0,42	0,49
Dipanaskan suhu (900 °C)				
Rata-rata	625,17	636,46	7,09	6,92
Standart deviasi	7,12	14,84	0,21	0,41

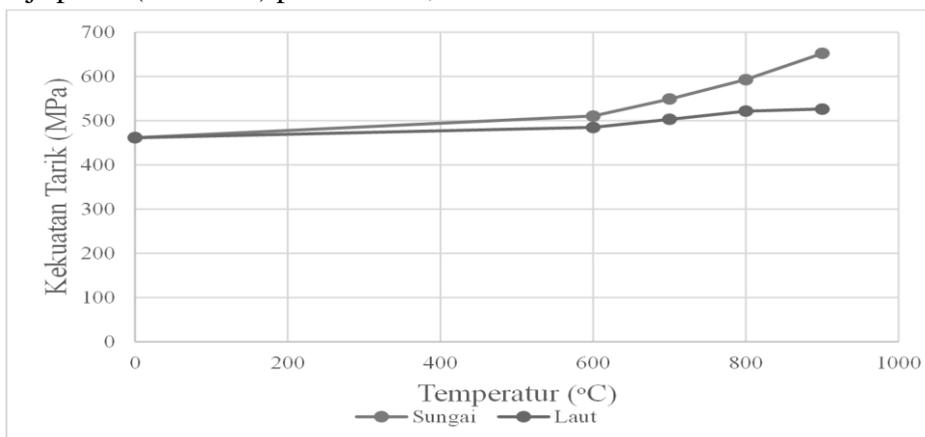
Dari data tabel 4, 5 dan 6 maka dapatlah dibuat grafik hubungan kekerasan *vickers* dan temperatur dengan pendingin air laut (garis warna merah) dan grafik hubungan kekerasan

*vickers* dengan temperatur dengan pendingin air sungai (garis warna biru) dapat dilihat pada gambar 4, 5 dan 6.

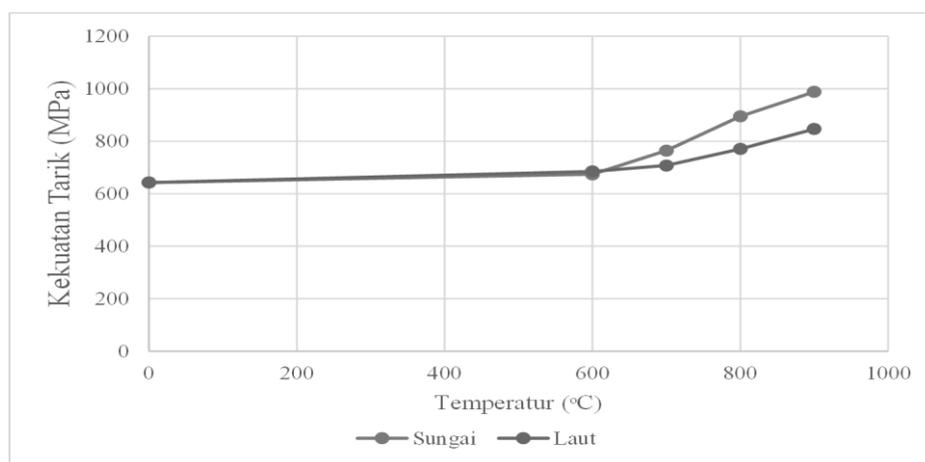
**PEMBAHASAN**

Berdasarkan data pengujian tarik baja tulangan polos (BJTP), baja tulangan ulir (*deform*) dan baja profil (*IWF-400*) pada tabel 1,

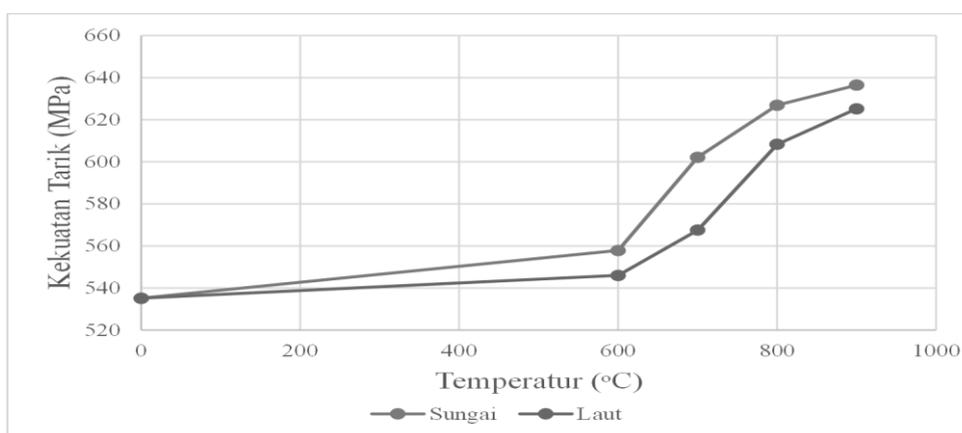
2 dan 3 serta gambar grafik 1, 2 dan 3 maka dapat dilihat bahwa pada proses *normalizing* dengan dipanaskan didapur pemanas suhu 600<sup>0</sup> C, 700<sup>0</sup> C, 800<sup>0</sup> C, 900<sup>0</sup> C dan didinginkan



**Gambar 1. Grafik hubungan kekuatan tarik dan temperatur bahan baja tulangan polos (BJTP)**



**Gambar 2. Grafik hubungan kekuatan tarik dan temperatur bahan baja tulangan ulir (*deform*)**



**Gambar 3. Grafik hubungan kekuatan tarik dan temperatur bahan baja profil (*IWF-400*)**

dengan media air laut dan air sungai ada perubahan kekuatannya. Pada pengujian tarik baja tulangan polos (BJTP) pada tabel 1

dengan pendinginan dengan air laut ada peningkatan kekuatan tarik dari 461,55 N/mm<sup>2</sup> bertambah setiap kenaikan temperatur yaitu

suhu  $600^{\circ}\text{C} = 23,07 \text{ N/mm}^2$  (5%),  $700^{\circ}\text{C} = 41,53 \text{ N/mm}^2$  (9 %),  $800^{\circ}\text{C} = 60,00 \text{ N/mm}^2$

**Tabel 4. Data kekerasan vickers bahan baja tulangan polos (BJTP) dengan pendingin air laut dan air sungai**

Specimen Number	Kekerasan (HV)	
	Air Laut	Air Sungai
Tanpa dipanaskan ( $0^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	84,84	84,84
Standart deviasi	1,02	1,02
Tanpa dipanaskan ( $600^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	87,00	93,84
Standart deviasi	1,15	3,92
Tanpa dipanaskan ( $700^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	93,04	100,90
Standart deviasi	1,76	3,18
Tanpa dipanaskan ( $800^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	95,14	109,02
Standart deviasi	0,72	4,79
Tanpa dipanaskan ( $900^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	97,60	119,90
Standart deviasi	1,42	5,06

**Tabel 5. Data kekerasan vickers bahan baja tulangan ulir (*deform*) dengan pendingin air laut dan air sungai**

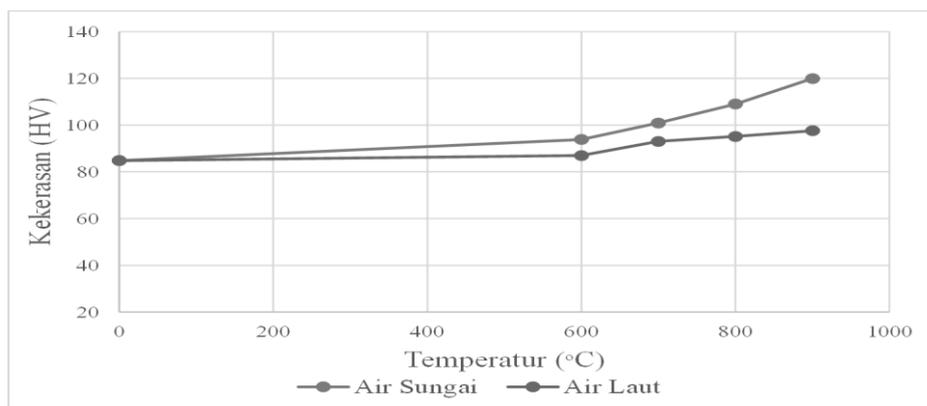
Specimen Number	Kekerasan (HV)	
	Air Laut	Air Sungai
Tanpa dipanaskan ( $0^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	88,16	88,16
Standart deviasi	1,85	1,85
Tanpa dipanaskan ( $600^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	93,92	92,40
Standart deviasi	3,61	1,50
Tanpa dipanaskan ( $700^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	97,02	104,72
Standart deviasi	0,94	3,29
Tanpa dipanaskan ( $800^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	105,68	122,64
Standart deviasi	2,70	5,32
Tanpa dipanaskan ( $900^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	116,04	135,44
Standart deviasi	1,87	2,37

**Tabel 6. Data kekerasan vickers bahan baja profil (IWF-400) dengan pendingin air laut dan air sungai**

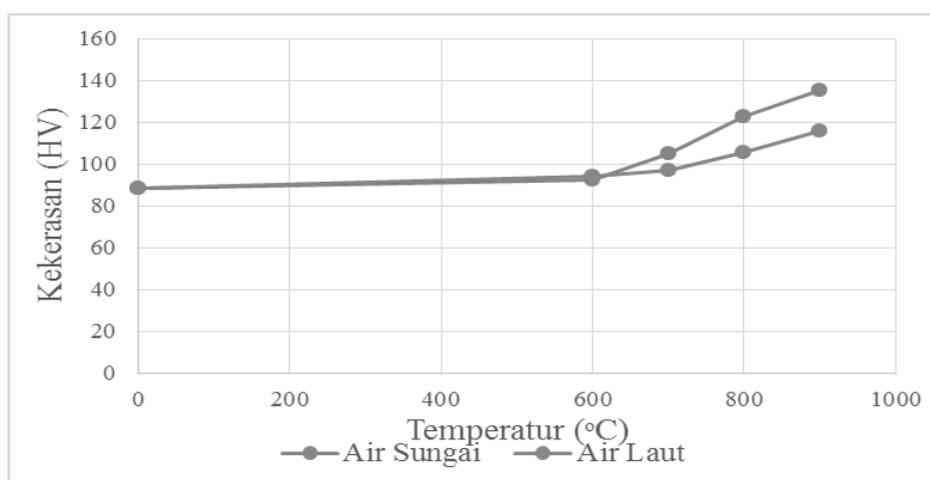
Specimen Number	Kekerasan (HV)	
	Air Laut	Air Sungai
Tanpa dipanaskan ( $0^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	82,14	82,14
Standart deviasi	1,51	1,51
Tanpa dipanaskan ( $600^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	83,80	85,60
Standart deviasi	1,42	1,90
Tanpa dipanaskan ( $700^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	87,14	92,36
Standart deviasi	3,10	1,22
Tanpa dipanaskan ( $800^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	93,38	96,16
Standart deviasi	2,31	1,41
Tanpa dipanaskan ( $900^{\circ}\text{C}$ )		
Rata-rata	95,98	97,66
Standart deviasi	2,52	0,57

(13%),  $900^{\circ}\text{C} = 64,61 \text{ N/mm}^2$  (14%) dan begitu juga dengan pendinginan air sungai peningkatan kekuatan tarik lebih tinggi lagi setiap kenaikan temperatur yaitu suhu  $600^{\circ}\text{C} = 48,93 \text{ N/mm}^2$

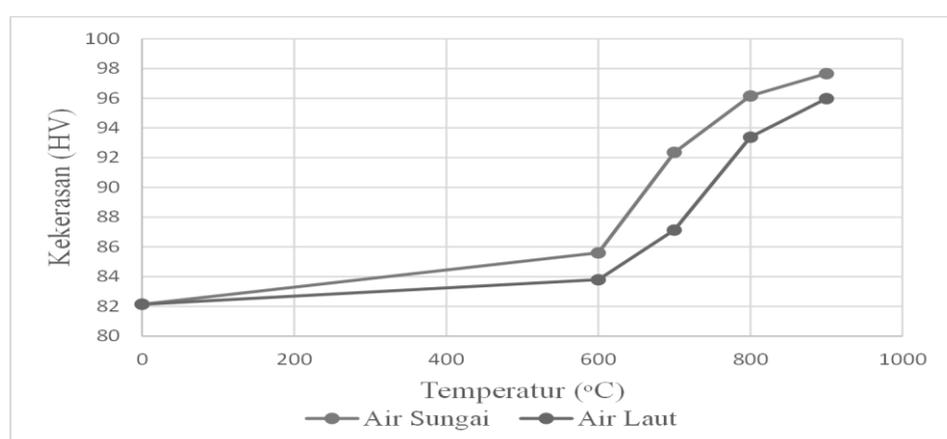
(10,60%),  $700^{\circ}\text{C} = 87,25 \text{ N/mm}^2$  (18,90%),  $190,63 \text{ N/mm}^2$  (41,30%).  
 $800^{\circ}\text{C} = 131,45 \text{ N/mm}^2$  (28,48%),  $900^{\circ}\text{C} =$



Gambar 4. Grafik hubungan kekerasan vickers dan temperatur baja tulangan polos (BJTP)



Gambar 5. Grafik hubungan kekerasan vickers dan temperatur bahan baja tulangan ulir (*deform*)



Gambar 6. Grafik hubungan kekerasan vickers dan temperatur bahan baja profil (*IWF-400*)

Jadi dari data menunjukkan bahwa kekuatan tarik paling tinggi pada pendinginan air sungai pada temperatur  $900^{\circ}\text{C}$  yaitu sebesar

$190,63 \text{ N/mm}^2$  (41,30%) dan paling rendah pada pendinginan air laut pada temperatur  $600^{\circ}\text{C}$  yaitu  $23,07 \text{ N/mm}^2$  (5%). Berdasarkan data

tabel 2 pengujian tarik baja tulangan polos (BJTP) pada air laut nilai rentang standar deviasi berkisar antara 0,93 – 1,01 dan pada air sungai nilai rentang standar deviasi berkisar antara 11,36 – 24,04 Standar deviasi terendah adalah pengujian tarik baja tulangan polos (BJTP) pada suhu 600<sup>0</sup>C pendinginan air laut yaitu 0,93 dan standar deviasi tertinggi pada suhu 900<sup>0</sup>C pendinginan air sungai yaitu 24,04. Rendahnya rentang nilai standar deviasi menunjukkan tingginya keakuratan data dan nilai pengujian tarik yang diperoleh mendekati nilai sebenarnya.

Sedangkan untuk baja tulangan ulir (*deform*) pada tabel 2 dengan pendinginan air laut ada peningkatan kekuatan tarik dari 642,76 N/mm<sup>2</sup> bertambah setiap kenaikan temperatur yaitu suhu 600<sup>0</sup> C = 42,31 N/mm<sup>2</sup> (6,58%), 700<sup>0</sup>C = 64,85 N/mm<sup>2</sup> (10,09%), 800<sup>0</sup>C = 127,75 N/mm<sup>2</sup> (19,87%), 900<sup>0</sup>C = 203,51 N/mm<sup>2</sup> (31,66%) dan pada pendinginan air sungai peningkatan kekuatan tarik lebih tinggi lagi setiap kenaikan temperatur yaitu suhu 600<sup>0</sup>C = 31,13 N/mm<sup>2</sup> (4,84%), 700<sup>0</sup>C = 121,24 N/mm<sup>2</sup> (18,86%), 800<sup>0</sup>C = 252,59 N/mm<sup>2</sup> (39,14%), 900<sup>0</sup>C = 345,15 N/mm<sup>2</sup> (53,70%).

Jadi dari data menunjukkan bahwa kekuatan tarik paling tinggi pada pendinginan air sungai pada temperatur 900<sup>0</sup>C = 345,15 N/mm<sup>2</sup> (53,70%) dan paling rendah pada pendinginan air sungai pada temperatur suhu 600<sup>0</sup>C = 31,13 N/mm<sup>2</sup> (4,84%). Berdasarkan data tabel 2 pengujian tarik baja tulangan ulir (*deform*) pada air laut nilai rentang standar deviasi berkisar antara 12,46 – 30,58 dan pada air sungai nilai rentang standar deviasi berkisar antara 15,27 – 39,24. Standar deviasi terendah adalah pengujian tarik baja tulangan ulir (*deform*) pada suhu 800<sup>0</sup>C pendinginan air laut yaitu 12,46 dan standar deviasi tertinggi pada suhu 800<sup>0</sup>C pendinginan air sungai yaitu 39,24. Rendahnya rentang nilai standar deviasi menunjukkan tingginya keakuratan data dan nilai

pengujian tarik yang diperoleh mendekati nilai sebenarnya.

Pada baja profil (*IWF-400*) dengan pendinginan air laut ada peningkatan kekuatan tarik dari 535,14 N/mm<sup>2</sup> bertambah setiap kenaikan temperatur yaitu suhu 600<sup>0</sup>C = 10,85 N/mm<sup>2</sup> (2,03%), 700<sup>0</sup>C = 32,39 N/mm<sup>2</sup> (6,05%), 800<sup>0</sup>C = 73,19 N/mm<sup>2</sup> (13,68%), 900<sup>0</sup>C = 90,03 N/mm<sup>2</sup> (16,82%) dan pada pendinginan air sungai peningkatan kekuatan tarik lebih tinggi lagi setiap kenaikan temperatur yaitu suhu 600<sup>0</sup>C = 22,76 N/mm<sup>2</sup> (4,25%), 700<sup>0</sup>C = 67,01 N/mm<sup>2</sup> (12,52%), 800<sup>0</sup>C = 91,74 N/mm<sup>2</sup> (17,14%), 900<sup>0</sup>C = 101,32 N/mm<sup>2</sup> (18,93%). Jadi dari data menunjukkan bahwa kekuatan tarik paling tinggi pada pendinginan air sungai pada temperatur 900<sup>0</sup>C = 101,32 N/mm<sup>2</sup> (18,93%) dan paling rendah pada pendinginan air sungai pada temperatur suhu 600<sup>0</sup>C = 10,85 N/mm<sup>2</sup> (2,03%). Berdasarkan data tabel 3 pengujian tarik baja profil (*IWF-400*) pada air laut nilai rentang standar deviasi berkisar antara 7,12 – 12,82 dan pada air sungai nilai rentang standar deviasi berkisar antara 114,84 – 23,22. Standar deviasi terendah adalah pengujian tarik baja profil (*IWF-400*) pada suhu 900<sup>0</sup>C pendinginan air laut yaitu 7,12 dan standar deviasi tertinggi pada suhu 800<sup>0</sup>C pendinginan air sungai yaitu 23,22. Rendahnya rentang nilai standar deviasi menunjukkan tingginya keakuratan data dan nilai pengujian tarik yang diperoleh mendekati nilai sebenarnya.

Jadi meningkatnya temperatur panas dengan pendinginan air laut dan air sungai sesuai dengan gambar grafik 1, 2 dan 3 akan meningkatkan kekuatan tarik bahan baja tulangan polos (BJTP), baja tulangan ulir (*deform*) dan baja profil (*IWF-400*). Diantara kedua media pendingin, air sungai lebih tinggi peningkatan kekuatan tarik dibanding dengan air laut. Namun dengan meningkatnya kekuatan tarik berdasarkan data tabel 1, 2, dan 3

prosentase perubahan panjangnya (*Elongation After Fracture*) semakin kecil setiap peningkatan temperatur. Ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya temperatur dan kekuatan tarik sifat bahan berubah semakin getas.

Pada tabel 4, 5, dan 6 serta grafik 4,5 dan 6 dapat dilihat bahwa maka dapat dilihat bahwa pada proses *normalizing* dengan dipanaskan didapur pemanas suhu 600<sup>0</sup>C, 700<sup>0</sup>C, 800<sup>0</sup>C, 900<sup>0</sup>C dan didinginkan dengan media air laut dan air sungai ada perubahan kekerasan *Vickers* (HV). Pengujian kekerasan *Vickers* baja tulangan polos (BJTP) dengan pendinginan dengan air laut ada peningkatan kekerasan *Vickers* (HV) dari 84,84 HV bertambah setiap kenaikan temperatur suhu 600<sup>0</sup>C = 2,16 HV (2,55%), 700<sup>0</sup>C = 8,20 HV (9,67%), 800<sup>0</sup>C = 10,30 HV (12,14%), 900<sup>0</sup>C = 12,76 HV (15,04%) dan begitu juga dengan pendinginan air sungai peningkatan kekerasan *Vickers* (HV) lebih tinggi lagi setiap kenaikan temperatur yaitu suhu 600<sup>0</sup>C = 9,00 HV (10,61%), 700<sup>0</sup>C = 16,06 HV (18,93%), 800<sup>0</sup>C = 24,18 HV (28,50%), 900<sup>0</sup>C = 35,06 HV (41,32%). Jadi dari data menunjukkan bahwa kekerasan *Vickers* (HV) paling tinggi pada pendinginan air sungai pada temperatur 900<sup>0</sup>C = 35,06 HV (41,32%) dan paling rendah pada pendinginan air sungai pada temperatur suhu 600<sup>0</sup>C = 2,16 HV (2,55%). Berdasarkan data tabel 4 kekerasan *Vickers* (HV) baja tulangan polos (BJTP) pada air laut nilai rentang standar deviasi berkisar antara 0,72 – 1,76 dan pada air sungai nilai rentang standar deviasi berkisar antara 3,18 – 5,06 Standar deviasi terendah adalah kekerasan *Vickers* (HV) baja tulangan polos (BJTP) pada suhu 800<sup>0</sup>C pendinginan air laut yaitu 0,72 dan standar deviasi tertinggi pada suhu 900<sup>0</sup>C pendinginan air sungai yaitu 5,06. Rendahnya rentang nilai standar deviasi menunjukkan tingginya keakuratan data dan nilai pengujian tarik yang diperoleh mendekati nilai

sebenarnya.

Sedangkan untuk baja tulangan ulir (*deform*) dengan pendinginan air laut ada peningkatan kekerasan *Vickers* (HV) dari 88,16 HV bertambah setiap kenaikan temperatur yaitu suhu 600<sup>0</sup>C = 5,76 HV (6,53%), 700<sup>0</sup>C = 8,86 HV (10,05%), 800<sup>0</sup>C = 17,52 HV (19,87%), 900<sup>0</sup>C = 27,88 HV (31,62%) dan pada pendinginan air sungai peningkatan kekerasan *Vickers* (HV) lebih tinggi lagi setiap kenaikan temperatur yaitu suhu 600<sup>0</sup>C = 3,88 HV (4,40%), 700<sup>0</sup>C = 16,56 HV (18,78%), 800<sup>0</sup>C = 34,48 HV (39,11%), 900<sup>0</sup>C = 47,28 HV (53,63%). Jadi dari data menunjukkan bahwa kekerasan *Vickers* (HV) paling tinggi pada pendinginan air sungai pada temperatur 900<sup>0</sup>C = 47,28 HV (53,63%) dan paling rendah pada pendinginan air sungai pada temperatur suhu 600<sup>0</sup>C = 3,88 HV (4,40%). Berdasarkan data tabel 5 kekerasan *Vickers* (HV) baja tulangan ulir (*deform*) pada air laut nilai rentang standar deviasi berkisar antara 0,94 – 3,61 dan pada air sungai nilai rentang standar deviasi berkisar antara 1,50 – 5,32 Standar deviasi terendah adalah kekerasan *Vickers* (HV) baja tulangan ulir (*deform*) pada suhu 700<sup>0</sup>C pendinginan air laut yaitu 0,94 dan standar deviasi tertinggi pada suhu 800<sup>0</sup>C pendinginan air sungai yaitu 5,32. Rendahnya rentang nilai standar deviasi menunjukkan tingginya keakuratan data dan nilai pengujian tarik yang diperoleh mendekati nilai sebenarnya.

Pada baja profil (*IWF-400*) dengan pendinginan air laut ada peningkatan kekerasan *Vickers* (HV) dari 82,14 HV bertambah setiap kenaikan temperatur yaitu suhu 600<sup>0</sup>C = 1,66 HV (2,02%), 700<sup>0</sup>C = 5,00 HV (6,09%), 800<sup>0</sup>C = 11,24 HV (13,68%), 900<sup>0</sup>C = 13,84 HV (16,85%) dan pada pendinginan air sungai peningkatan kekuatan tarik lebih tinggi lagi setiap kenaikan temperatur yaitu suhu 600<sup>0</sup>C = 3,46 HV (4,21%), 700<sup>0</sup>C = 10,22 HV (12,44%), 800<sup>0</sup>C = 14,02 HV (17,07%), 900<sup>0</sup>C = 15,52 HV

(18,89%). Jadi dari data menunjukkan bahwa kekerasan *Vickers* (HV) paling tinggi pada pendinginan air sungai pada temperatur  $900^{\circ}\text{C} = 15,52$  HV (18,89%) dan paling rendah pada pendinginan air laut pada temperatur suhu  $600^{\circ}\text{C} = 1,66$  HV (2,02%). Berdasarkan data tabel 6 kekerasan *Vickers* (HV) baja profil (*IWF-400*) pada air laut nilai rentang standar deviasi berkisar antara 1,42 – 3,60 dan pada air sungai nilai rentang standar deviasi berkisar antara 0,57 – 1,90 Standar deviasi terendah adalah kekerasan *Vickers* (HV) baja profil (*IWF-400*) pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$  pendinginan air sungai yaitu 0,57 dan standar deviasi tertinggi pada suhu  $700^{\circ}\text{C}$  pendinginan air laut yaitu 3,60. Rendahnya rentang nilai standar deviasi menunjukkan tingginya keakuratan data dan nilai pengujian tarik yang diperoleh mendekati nilai sebenarnya.

Jadi dengan peningkatan temperatur panas dengan pendinginan air laut dan air sungai akan meningkatkan kekerasan *Vickers* (HV) bahan baja tulangan polos (BJTP), baja tulangan ulir (*deform*) dan baja profil (*IWF-400*). Diantara kedua media pendingin berdasarkan gambar grafik 4, 5 dan 6 air sungai lebih tinggi peningkatan kekerasan *Vickers* (HV) dibanding dengan air laut. Sehingga dengan meningkatnya kekerasan *Vickers* (HV) berdasarkan data sifat bahan berubah semakin keras.

## SIMPULAN

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan pada penelitian ini dapatlah disimpulkan sebagai berikut: Pertama. Dengan meningkatnya temperatur panas dengan pendinginan air laut dan air sungai, kekuatan tarik dan kekerasan *vickers* pada baja tulangan polos (BJTP), baja tulangan ulir (*deform*) dan baja profil (*IWF-400*) terjadi peningkatan. Diantara kedua media pendingin, air sungai lebih tinggi peningkatan kekuatan tarik dan kekerasan *vickers* dibanding dengan air laut.

Kedua. Dengan meningkatnya kekuatan tarik dan kekerasan *vickers* pada baja tulangan polos (BJTP), baja tulangan ulir (*deform*) dan baja profil (*IWF-400*) akibat pengaruh panas dan pendinginan dengan air laut dan air sungai mengakibatkan perubahan sifat mekanik bahan tersebut menjadi lebih getas dan keras.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada pimpinan Politeknik Negeri Pontianak dan Struktural Jurusan Teknik Mesin yang telah membantu dalam pendanaan dan proses penelitian yang dilakukan hingga penulisan dalam Jurnal Vokasi ini. Tak lupa juga ucapan terima kasih kepada rekan sejawat dan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin serta pengurus Jurnal Vokasi yang telah membantu dalam proses penulisan hingga diterbitkan penulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, Hari. dan Daryanto. (2003). *Ilmu Bahan*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Anonymous. (2010). *Logam Besi*. Diakses tanggal 12 April 2011.
- Book Standard ASTM D638-03. (2003), *Standard Test Method For Tensile Properties Of Plastics*. ASTM International.
- Dietser, George E. Sriatie Djaprie. (1987). *Metalurgi Mekanik Jilid 1 Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Faupel, H Joseph., Fisher, E Franklin. (1981). *Engineering Design*, 2nd ed. New York: John Willey and Sons.
- Marrow J. (2009). *The Materials Science Internet Microscope*, UMIST and University of Manchester, [www.umist.ac.uk/matsci](http://www.umist.ac.uk/matsci).
- Malau, Viktor dan Adhika Widyaparaga. (2008). *Pengaruh Perlakuan Panas*

*Quench dan Temper Terhadap Laju Keausan, Ketangguhan Impak, kekuatan tarik dan kekerasan baja XW 42 untuk keperluan Cetakan Keramik.* Jurnal Media Teknik. No 2. Hal: 186-192.

Purwaningrum, Yustiasih. (2006). *Karakterisasi Sifat Fisis dan Mekanis Sambungan Las SMAW Baja A-287 Sebelum dan Sesudah PWHT.* Jurnal Teknoin. Vol. 11, No. 3. Hal: 233-242.

Sudjana, Hardi. (2008). *Teknik Pengecoran Logam.* Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Surdia T & Saito S. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik.* Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Timings RL. (1998). *Engineering Materials, Volume-I, 2nd Edition* Addison Wesley Longman Limited.