

## Analisis Kekerasan Pada Pipa Yang Dibengkokan Akibat Pemanasan

Pranowo Sidi, M.Thoriq Wahyudi

Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Sukolilo, Keputih, Surabaya 60111

Telp. 031-5947186, Fax.031- 5925524

[E-Mail: pransidi@ppns.ac.id](mailto:pransidi@ppns.ac.id)

### Abstract

*Pipe bending process needs special attention because it makes different mechanical properties. Increasing hardness cause materials brittle. The purpose of this study was to analyze the distribution of force on the part of the pipe as a result of the heating curves and 8000C 6700c with bending angle 900 and 1800. SA 335 is a pipe specimen with the size of outside diameter 44.5 mm and a thickness of 8 mm. At first, the two pipes is heated to the temperature 6700c and 2 other pipes that are heated to 8000C temperature, then 2 pipes bended at each heating temperature 900 and 1800. After that cut pipes to grab third in replication in each condition 4 pipe. From the test results found that the bending angle effect on hardness values. The greater the bending angle, the higher the hardness value.*

**Keywords:** *bending, hardness, pipe, heating.*

### PENDAHULUAN

Perpipaan adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengalirkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain. Ada dua metode yang umum digunakan untuk memberi ukuran suatu pipa, yaitu: NPS (Nominal Pipe Size), banyak digunakan di Amerika Utara, dengan satuannya Inchi dan DN (Diameter Nominal), digunakan oleh negara di daratan Eropa, dengan satuan millimeter[1]. Disamping penamaan ukuran pipa dengan NPS atau DN, maka ada istilah yang selalu tidak ketinggalan ketika disebutkan ukuran pipa, yaitu Sch atau Schedule. Yang perlu diperhatikan disini adalah bahwa tidak selalu ukuran pipa dalam NPS merupakan ukuran diameter luar (OD) yang sebenarnya. Perbedaan antara NPS dengan OD dimulai dari pipa ukuran NPS ¼" sampai ukuran NPS 12"[1]. Sedangkan untuk pipa dengan NPS diatas 12 in, maka NPS yang ditunjukkan adalah sesuai dengan OD dari pipa tersebut

### Pembengkokan Pipa

Pembengkokan pipa yang tidak dilakukan dengan benar, akan menghasilkan bengkokan pipa yang tidak memenuhi standar. Dan tiap material pipa

yang dibengkokan dengan sudut yang berbeda, maka nilai kekerasannya pun berbeda pula. Nilai kekerasan harus sesuai dengan nilai yang di standarkan oleh industri boiler yang bersangkutan. Jika nilai tersebut tidak memenuhi standar, maka material tersebut perlu di berikan heat treatment yang akan membutuhkan waktu yang tidak sebentar. Hal ini yang melatar belakangi penulisan penelitian ini. Dengan memberi pemanasan dengan temperatur yang berbeda sebelum dilakukan pengujian pembengkokan pipa dengan variabel sudut yang berbeda dan dimana pada sudut tertentu material pipa yang di uji apakah masih dalam nilai kekerasan yang di tentukan. Dalam penelitian ini juga diamati perubahan struktur mikro dari material pipa yang telah dipanaskan dengan temperatur yang berbeda dan sudut pembengkokan yang berbeda.

Dalam praktek di galangan sering memerlukan sambungan pipa dengan sudut tertentu, dan sangat mungkin sambungan tersebut tidak tersedia di pasaran [1]. Keadaan ini memaksa kita untuk membuat alat penyambung sendiri yang berupa pipa yang dibelokan sesuai dengan sudut yang kita perlukan.

Teknik pembengkokan pipa ada beberapa macam antara lain sebagai berikut

1. Pembengkokan pipa yang menggunakan pasir untuk mengisi pipa tersebut sebelum pipa dibengkokan. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya pengecilan diameter pada pipa setelah proses pembengkokan.
2. Dengan pemanasan terlebih dahulu yaitu sebelum pipa dibengkokan pipa dipanaskan agar pipa semakin lentur.
3. Pembengkokan dengan menggunakan mandrel. Cara ini tidak perlu mengisi pipa dengan pasir ataupun memanaskannya, tetapi kita langsung bisa melakukan pembengkokan pipa dengan memasukan mandrel kedalam pipa.

#### Material ASME 335 Grade P91

Grade 91 adalah baja jenis *ferritic* dan juga *martensitic* dengan kandungan 9% *Chromium* 1% *Molybdenum* dengan sedikit ditambah *vanadium* dan *columbium* yang berguna mengontrol. Kandungan nitrogen terlarut sehingga kekuatan mulurnya sangat baik dan dapat meningkat tajam dari semula, disamping itu kandungan kadar karbon terlarut sangat kecil menjadi sifat fabrikasinya yang sangat bagus. Material ini banyak digunakan untuk aplikasi pipa proses, pada boiler superheater, tubes reheater pada unit pembangkit, header dan pipa uap untuk penggunaan tempertur tinggi.

Keuntungan memakai material ini adalah karena memiliki kekuatan yang bagus pada temperatur yang relative tinggi serta perilaku *creep* yang sangat baik. Berat jenis yang cukup kecil sehingga dapat mengurangi berat boiler secara keseluruhan serta komponen *piping proses*, ketahanan *thermal fatigue* yang sangat baik dan juga material ini memiliki koefisien perpindahan panas yang baik serta koefisien ekspansi yang cukup rendah.

Salah satu keunggulan akan material ini adalah kekuatan yang cukup baik pada temperatur tinggi sehingga kekuatan *creep* nya pun dipastikan juga akan memiliki sifat yang sama, sebaliknya walaupun kekuatan tinggi namun ternyata keuletan juga cukup

tinggi, perpaduan sifat inilah yang dibutuhkan untuk penggunaan pada temperatur tinggi.

#### Uji Kekerasan

Kekerasan adalah kemampuan suatu bahan untuk tahan terhadap indentasi/ penetrasi atau abrasi. Kekerasan suatu bahan boleh jadi merupakan sifat mekanik yang paling penting, karena pengujian sifat ini dapat digunakan untuk menguji homogenitas suatu material, selain itu dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik yang lainnya

Ada beberapa metode pengujian kekerasan logam antara lain:

- a Metode pengujian Brinel
- b Metode pengujian Rockwell
- c Metode pengujian Vikers

Dalam penelitian ini yang digunakan adalah pengujian kekerasan Vikers. Nilai kekersannya dinyatakan dalam DPH (*Vickers Diamond Pyramidal Kekerasan*) yang dihitung berdasarkan persamaan [2]:

$$DPH = \frac{2P \sin\left(\frac{\alpha}{20}\right)}{d^2} \quad (1)$$

Untuk  $\alpha = 136^\circ$ ; maka

$$DPH = 1,854 \frac{P}{d^2} \quad (2)$$

Dimana:

P = gaya tekan (kg)

D = diagonal indentasi (mm)

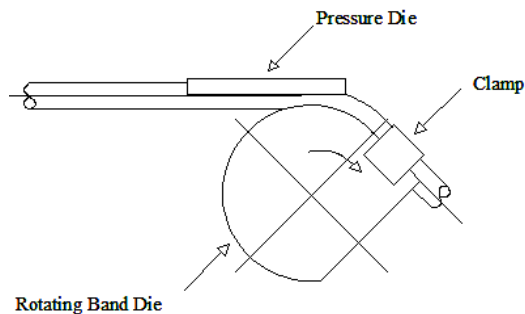
$$= \frac{d_1 + d_2}{2}$$

#### METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan cara eksperimen yaitu:

- a. Pemasanan material di *induction heating*.
- b. Material yang telah dipanaskan kemudian di pasang pada *pressure die*

c. Pembengkokan dengan radius 70 mm, yang sebelumnya mengalami *hot bending* (pemasanasan) terlebih dahulu.



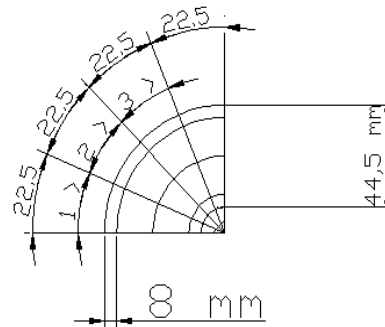
Gambar 1. Skema proses bending C Frame [3],[4].



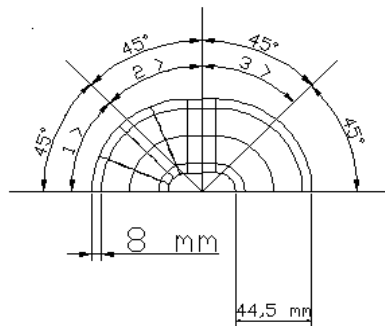
Gambar 2. Mesin Induction Heating

**Pengujian Kekerasan**

Sebelum diuji kekerasan spesimen yang berupa pipa yang dipanaskan dengan suhu 670 °C, 800 °C dan di bengkokan dengan sudut 90° dan 180° terlebih dahulu kemudian dipotong pada bagian belokan pipa. Pemotongan ini dilakukan dengan menggunakan gergaji mesin. Selanjutnya dilakukan kodifikasi spesimen untuk memudahkan identifikasi pada saat pencatatan hasilnya.

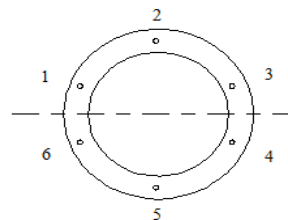


Gambar 3. Pemotongan spesimen a



Gambar 4. Pemotongan spesimen b

**Bagian Atas**



**Bagian Bawah**

Gambar 5. Titik pengujian kekerasan

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

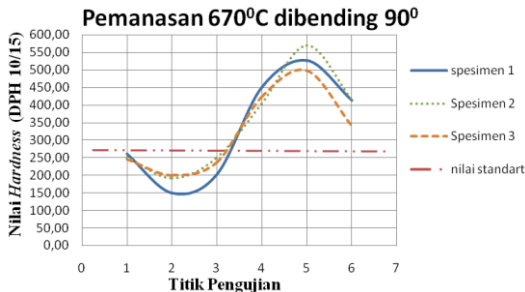
Pengamatan pada permukaan spesimen dengan pemanasan 670 °C dan sudut bending 90°

Gambar 6. di bawah menunjukkan spesimen yang dipotong untuk uji kekerasan yang sebelumnya mengalami pemanasan 670 °C dan di bengkok dengan sudut 90°.



Gambar 6. Spesimen 1, 2, 3 setelah pemanasan 670°C dan sudut bengkok 90°

Untuk melihat nilai *kekerasan* pada pipa yang telah pemanasan 670°C dengan pembendingan 90° akan didapatkan grafik hubungan pemanasan terhadap sudut bending sebagaimana ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Distribusi nilai kekerasan pada spesimen 1, 2, 3 sebagai hasil pemanasan dan pembendingan (titik 1, 2, 3 di extrados dan titik 4, 5, 6 di intrados).

Akibat proses pemanasan 670 °C dan pembendingan 90° pada spesimen mengalami kenaikan nilai kekerasan paling tinggi pada spesimen dua dibandingkan dengan kenaikan nilai *kekerasan* yang dialami potongan spesimen satu dan tiga. Hal ini terjadi karena spesimen dua terletak di Pengujian kekerasan mulai dari *ekstrados* menunjukkan kecenderungan untuk terus naik mulai dari titik pengujian 2, 3, 4 dan mencapai puncaknya di titik pengujian 5 yang terletak pada bagian tengah *intrados*.

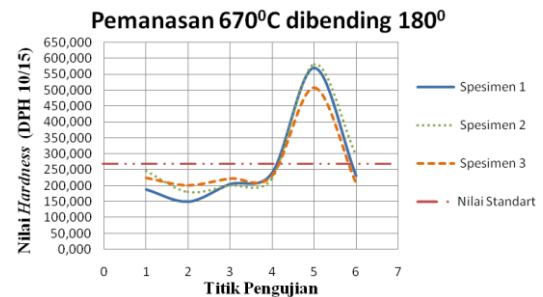
Perbedaan terbesar nilai *kekerasan* sebesar 569.056 DPH dan terkecil 148,785 DPH

**Pengamatan Pada Permukaan Spesimen Dengan Pemanasan 670 °C Dan Sudut Bengkok 180°**

Spesimen dilakukan uji kekerasan yang sebelumnya mengalami pemanasan 670 °C dan di bengkok dengan sudut 180°. Setelah mengalami proses bending dilakukan pengujian kekerasan dan didapat grafik hubungan kekerasan dengan sudut bending 180°C seperti yang ditunjukkan gambar 9.



Gambar 8. Spesimen 1, 2, 3 setelah pemanasan 670°C dan sudut bengkok 180°



Gambar 9. Grafik distribusi nilai kekerasan pada spesimen 1, 2, 3 sebagai hasil pemanasan dan pembendingan (Titik 1,2,3 di extrados, titik 4, 5, 6 di intrados)

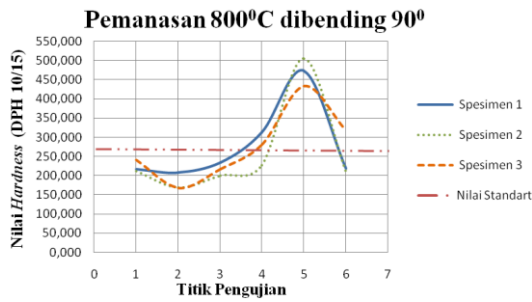
Akibat proses *rotating bending*, pada spesimen mengalami kenaikan nilai *kekerasan* paling tinggi pada spesimen dua dibandingkan dengan kenaikan *kekerasan* yang dialami spesimen satu dan spesimen dua. Pengujian kekerasan mulai dari *ekstrados* menunjukkan kecenderungan untuk terus naik mulai dari titik pengujian 2, 3, 4 dan mencapai puncaknya di titik pengujian 5 yang terletak pada bagian tengah *intrados*. Perbedaan terbesar nilai *kekerasan* sebesar 581,880 DPH dan terkecil 149,208 DPH.

**Pengamatan pada permukaan spesimen dengan pemanasan 800 °C dan sudut bengkok 90<sup>0</sup>**

Spesimen dengan variasi pemanasan 800°C dan sudut bengkok 90°C dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Spesimen 1, 2, 3 setelah pemanasan 800°C dan sudut bengkok 90<sup>0</sup>



Gambar 11. Grafik distribusi nilai kekerasan pada spesimen 1, 2, 3 sebagai hasil pemanasan dan pembendingan (Titik 1,2,3 di extrados, titik 4, 5, 6 di intrados).

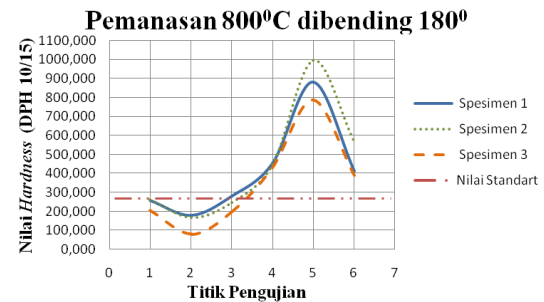
Berdasarkan gambar 11 diketahui bahwa akibat proses *rotating bending* pada specimen dengan radius 70 mm mengalami kenaikan nilai *kekerasan* paling tinggi pada specimen satu dibandingkan dengan kenaikan *kekerasan* yang dialami specimen dua dan specimen tiga. Pengujian *kekerasan* mulai dari *ekstrados* menunjukkan kecenderungan untuk terus naik mulai dari titik pengujian 2, 3, 4 dan mencapai puncaknya di titik pengujian 5 yang terletak pada bagian tengah *intrados*. Perbedaan terbesar nilai *kekerasan* sebesar 505,559 DPH dan terkecil 168,203 DPH

**Pengamatan pada permukaan spesimen dengan pemanasan 800 °C dan sudut bending 180<sup>0</sup>**

Spesimen dengan variasi pemanasan 800°C dan sudut bengkok 180°C dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Spesimen 1, 2, 3 setelah pemanasan 800°C dan sudut bengkok 180<sup>0</sup>



Gambar 13. Grafik distribusi nilai kekerasan pada spesimen 1, 2, 3 sebagai hasil pemanasan dan pembendingan (Titik 1,2,3 di extrados, titik 4, 5, 6 di intrados).

Gambar 13. Menunjukkan hubungan pemanasan pada temperatur 800°C dan sudut bengkok 180°. Akibat proses *rotating bending* pada specimen dengan radius 70 mm mengalami kenaikan nilai *kekerasan* paling tinggi pada specimen dua dibandingkan dengan kenaikan *kekerasan* yang dialami specimen satu dan specimen tiga. Pengujian *kekerasan* mulai dari *ekstrados* menunjukkan kecenderungan untuk terus naik mulai dari titik pengujian 2, 3, 4 dan mencapai puncaknya di titik pengujian 5 yang terletak pada bagian tengah *intrados*. Perbedaan terbesar nilai *kekerasan* sebesar 995.049 DPH dan terkecil 80.974 DPH.

## KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan diatas maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengukuran nilai kekerasan di spesimen no dua paling tinggi. Hal ini disebabkan karena spesimen no dua terletak di tengah-tengah bending yang merupakan puncak dari belokan dan mengalami deformasi plastis tinggi .
2. Distribusi nilai *kekerasan* di *extrados* menunjukkan peningkatan bila diukur mulai dari titik pengujian no dua sampai titik pengujian no lima. Semakin mendekati *intrados* semakin tinggi nilai *kekerasan*-nya. Hal ini disebabkan karena semakin dekat *intrados* semakin tinggi deformasi plastisnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Raswari., 2005, *Teknologi dan Perancangan Sistem Perpipaan*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [2]. Surdi,.Tata., 2005, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- [3]. **ASME** (American Society of Mechanical Engineers) 2010, *Sec II part A, SA 335*, USA.
- [4]. **ASME** (American Society of Mechanical Engineers )*code* (2002), B31, *Process Piping*, USA.