

STUDI KELAYAKAN MATERIAL PIPA PADA DESIGN PROTOTYPE PIPA INDUSTRI**Nasrudin^{1*}, Sumadi¹⁾, Dwi Yuliaji¹⁾**¹Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: penulis1@baru.ac.id

ABSTRAK

Penelitian dilakukan untuk mengetahui maksimal tegangan tarik dari material karbon steel dengan cara dilakukan pengujian tarik menggunakan mesin *Gotech A1-7000 LA10 Servo Control Computer* dengan kapasitas 10 ton, untuk mengetahui apakah material ini sanggup untuk menahan tekanan fluida pompa sebanyak 5 bar, dan melakukan uji komposisi kimia dengan menggunakan mesin *WAS Foundry Master* untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam material karbon steel. Hasilnya yaitu terdapat unsur Carbon (C) sebanyak 0,163%, unsur Silcon (Si) sebanyak 0,166%, unsur Mangan (Mn) sebanyak 0,332% , unsur krom (Cr) sebanyak 0,018% dan unsur-unsur lainnya. Setelah mengetahui hasil dari uji tarik dan komposisi kimia tahapan selanjutnya membandingkan dengan data stand book ASTM A751. Hasil dari pengujian tarik dan komposisi kimia sama dengan data standar ASTM A751 yang dimana hasilnya kita dapat mengetahui material ini termasuk jenis material karbon steel A53. Selanjutnya dari hasil uji tarik dilakukan perhitungan tngangan tarik dari material dan hasilnya material ini mampu untuk menahan tekanan fluida dari pompa sebanyak 5 bar. Hasil dari pengujian ini sudah benar karena material sangat mampu menahan tekanan yang dibutuhkan dan material yang digunakan karbon steel A53/ ASTM A751 yang dimana sesuai dengan aplikasi perpipaan.

Kata kunci : *ASTM A751; Karbon Steel; Komposisi Kimia; Stainless Steel; Tekanan Pompa; Uji Tarik.*

ABSTRACT

The study was conducted to determine the maximum tensile stress of the carbon steel material by means of a tensile test using a Gotech A1-7000 LA10 Servo Control Computer machine with a capacitance of 10 tons, to find out whether this material is able to withstand a pump fluid pressure of 5 bar, and perform a composition test. chemistry using the WAS Foundry Master machine to determine the elements contained in the carbon steel material. The result is that there are 0.163% Carbon (C) elements, 0.166% Silcon (Si) elements, 0.332% Manganese (Mn) elements, 0.018% chromium (Cr) elements and other elements. After knowing the results of the tensile test and chemical composition, the next step is to compare it with the ASTM A751 stand book data. The results of the tensile test and chemical composition are the same as the ASTM A751 standard data, where the results we can find out that this material is a type of A53 carbon steel material. Furthermore, from the results of the tensile test, the tensile stress of the material is calculated and the result is that this material is able to withstand the fluid pressure of the pump as much as 5 bar. The results of this test are correct because the material is very capable of withstanding the required pressure and the material used is carbon steel A53/ASTM A751 which is suitable for piping applications.

Keywords : *ASTM A751; Carbon Steel; Chemical Composition; Stainless Steel; Pump Pressure; Tensile Test.*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan pipa banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan sebagai pendistribusian air minum, minyak maupun gas. Demikian juga dengan kebutuhan air pada rumah tangga, penggunaan pipa ini paling banyak digunakan baik untuk penyaluran air bersih maupun sanitasi. Pipa merupakan sarana

fluida yang memiliki berbagai ukuran dan bentuk penampang. Jenis Material pipa bermacam-macam mulai dari baja, plastik, PVC, tembaga, kuningan dan lain sebagainya. Pipa merupakan salah satu fasilitas pabrik yang sangat penting dalam industri karena pipa merupakan alat transportasi fluida yang akan diproses, maupun produknya. Agar proses dapat berjalan baik dan efisien maka pemilihan material

untuk sistem perpipaan haruslah disesuaikan dengan fluida yang akan dialirkan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka yang akan dikaji dalam penelitian ini yaitu : Melakukan studi literatur material pipa pada *design prototype* pipa industri.

Batasan untuk penelitian ini adalah :

1. Penelitian menggunakan standar ASTM A751
2. Tekanan material max 5 bar
3. Media yang digunakan air bersih
4. Material yang digunakan karbon steel A53

Dari uraian tentang latar belakang dan batasan masalah maka penelitian ini bertujuan :

1. Mendapatkan material pipa yang kuat untuk menahan tekanan 5 bar.
2. Mendapatkan material yang tahan terhadap korosi dan ramah lingkungan.
3. Mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam material pipa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Stainless Steel

Stainless Steel merupakan baja paduan yang mengandung sedikitnya 1.5% krom berdasar beratnya. *Stainless Steel* memiliki sifat tidak mudah korosi sebagaimana logam baja yang lain. *Stainless Steel* berbeda dari baja biasa dari kandungan kromnya. Baja karbon akan terkorosi ketika diekpos pada udara yang lembab. Besi oksida yang terbentuk bersifat aktif dan akan mempercepat korosi dengan adanya pembentukan oksida besi yang lebih banyak lagi. *Stainless Steel* memiliki persentase jumlah krom yang memadai sehingga akan membentuk suatu lapisan pasif kromium oksida yang akan mencegah terjadinya korosi lebih lanjut.

Karbon Steel

Karbon Steel merupakan paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe), karbon (C), dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencairan atau penempelan. Karbon (C) merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Baja merupakan material yang paling banyak digunakan dibidang teknik dalam bentuk pelat, pipa, batang, profil dan sebagainya. Klasifikasi baja karbon menurut unsur karbon (C) yang terkandung dalam baja, yaitu :

a. *Low Carbon Steel (LSC)*

Low carbon steel atau kerap dikenal dengan baja ringan banyak digunakan untuk pipa. Pipa dengan bahan ini memiliki sifat elastis dan mudah dibengkokkan untuk keperluan pemasangan.

b. *Medium Carbon Steel (MCS)*

Pipa baja karbon selanjutnya memiliki bahan *medium carbon steel*. Bahan ini sedikit lebih keras dibandingkan dengan bahan LSC. Karbon yang terkandung pada pipa ini sekitar 0.3-0.6%. Pipa jenis ini banyak digunakan untuk industri besar ketimbang penggunaan rumah tangga karena butuh peralatan khusus untuk memotong atau membelokkannya.

c. *High Carbon Steel (HCS)*

Dari dua bahan sebelumnya, pipa *high carbon steel* lebih keras sehingga tidak bisa digunakan oleh semua orang. Selain itu, harga pipa dari bahan baja ini cenderung lebih mahal sehingga banyak digunakan pada industri besar seperti perminyakan atau gas yang tidak bisa menggunakan pipa lentur yang mudah rusak akibat panas atau bahan kimia.

HDPE

Pipa HDPE atau *high density polyethylene* adalah pipa plastik bertekanan yang mulai banyak digunakan untuk pipa air dan pipa gas rumah tangga. Bahan dasarnya adalah polymer minyak bumi, yaitu *polyethylene (PE)*. Pipa yang dibuat dari bahan (material) *Polyethylene* dapat menekan biaya produksi dan pipa HDPE ini sangat efektif digunakan sebagai solusi masalah perpipaan di kota, industri, maritim, pertambangan, tempat pembuangan sampah, irigasi dan pertanian. Penggunaan pipa HDPE sudah diuji dan terbukti efektif untuk diletakkan diatas tanah, dikubur, dipasang pada gedung maupun dipergunakan di laut.

Pipa Galvanis

Pipa galvanis adalah pipa yang terbuat dari besi namun diberikan lapisan seng sebagai zat kimia yang berfungsi untuk mencegah korosi. Dengan adanya lapisan ini, pipa galvanis akan lebih awet meskipun disimpan pada ruangan dengan suhu yang lembab sekalipun. Proses pelapisan seng ini dilakukan dengan merendam bahan baja ke dalam lelehan seng, proses ini disebut dengan *galvanisasi hot dip*.

Standar Perpipaan

1. ASME (*American Society of Mechanical Engineers*)

ASME adalah salah satu standar organisasi yang tertua dan berkembang di Amerika. ASME

memiliki sekitar 600 kode dan standar, mencakup banyak bidang teknis, seperti komponen boiler, lift, peralatan pengukuran aliran fluida dalam saluran tertutup, crane, alat-alat perkakas, alat pengencang, mesin-mesin perkakas dan lain sebagainya.

2. ASTM (American Society for Testing and Materials)

American Society for Testing dan Material (ASTM), adalah sebuah organisasi standar internasional yang mengembangkan dan menerbitkan konsensus standar teknis sukarela untuk berbagai bahan, produk, sistem, dan jasa.

3. API (American Petroleum Institute)

American Petroleum Institute (API) adalah asosiasi perdagangan terbesar AS untuk industri minyak dan gas bumi dalam bidang produksi, perbaikan, distribusi, dan banyak aspek lain dari industri perminyakan. API menerbitkan lebih dari 200.000 eksemplar publikasi setiap tahunnya.

Proses Pembuatan Pipa baja

1. Pipa *Seamless Steel*

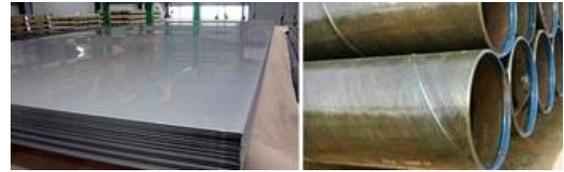
Proses pembuatan pipa yang dibuat tanpa pengelasan yaitu pipa yang dibentuk dengan menusuk batang besi silinder untuk menghasilkan lubang pada diameter pipa dalam. Dalam praktek pembuatannya *Seamless pipe* memang merupakan pipa yang dibentuk tanpa pembuatan sambungan sama sekali, sehingga tidak ada bagian dari pipa yang pernah terganggu atau berubah materialnya akibat panas pengelasan.



Gambar 1. Pipa *seamless steel*

2. Pipa Baja *Welded*

Proses pembuatan pipa melalui pelat baja dengan sambungan las yaitu pelat baja tersebut dibentuk menjadi pipa dengan melengkungkan pipa tersebut ke arah sumbu pendeknya dengan roll pembentuk (*shaper roll*) sehingga membentuk celah pipa. Celah pertemuan kedua sisi pelat strip tersebut kemudian dilas memanjang sehingga membentuk pipa tanpa celah.



Gambar 2. Pipa baja *welded*

3. Pipa baja *ductile*

Proses pembuatan pipa yang dibentuk dengan cara *casting sentrifugal* logam campuran panas.

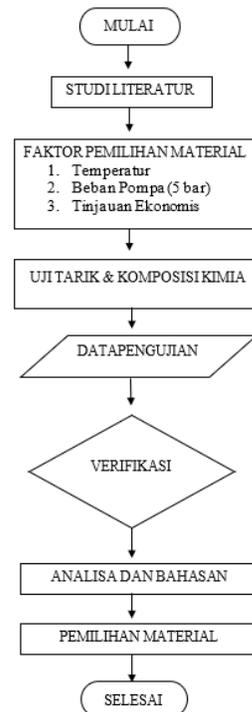


Gambar 3. Pipa baja *ductile*

3. METODE PENELITIAN

Diagram Alir

Metode penelitian ini dilakukan sesuai langkah-langkah diagram alir (*flow chart*) sebagai berikut :



Gambar 4. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Spesifikasi Material Karbon Steel Dan Stainless Steel

Karbon Steel dan Stainless Steel adalah dua bentuk baja paduan. Material ini paling banyak digunakan dalam dunia migas, industri dan manufaktur lainnya dikarenakan material ini memiliki kekuatan dan ketahanan dalam mengalirkan suatu fluida. Perbedaan utama antara baja karbon dan baja tahan karat adalah dalam unsur utamanya, pada baja karbon unsur utamanya yaitu karbon dan dalam baja stainless unsur utamanya yaitu Kromium (Cr). Berikut ini adalah tabel beberapa perbandingan antara karbon steel dan stainless steel.

Tabel 1. Perbadingan kriteria karbon steel dan stainless steel

Mechanica prperties	Karbon Steel	Stainless Steel
Weld ability	Mudah dilas	Mudah dilas
Availibility	Banyak	Banyak
Cost	Murah	Relatif mahal
Life Time	Awet	Awet
Proses manufaktur	Mudah Diproses	Mudah diproses

Pemilihan material

Beberapa material harus ditentukan untuk mendapatkan material pipa yang tepat sesuai kebutuhan. Kriteria-kriteria dibawah ini dapat digunakan dalam pemilihan material untuk pipa :

1. *Mechanical properties*, termasuk ketahanan untuk menahan *static load*, *dynamic load* dan elastisitas dalam proses manufaktur.
2. *Weld ability*, kemudahan dan kekuatan material pipa dalam proses pengelasan.
3. *Corrothion resistance*, kemampuan material dalam menahan korosi.
4. *Cost*, berhubungan dengan biaya yang harus dikeluarkan per satuan ukuran material.
5. *Availibility*, terkait dengan ketersediaan dan suplai material pada pasaran, sebagai pertimbangan volume cadangan dan biaya.

Setelah mempertimbangkan dalam kriteria-kriteria pemilihan material dari kedua material antara karbon steel dan stainless steel, maka material yang akan digunakan pada penelitian ini adalah material karbon steel A53. Karena material jenis ini memiliki sifat (*workability*) yang baik, mudah diperoleh dan harganya relatif lebih ekonomis.

Pengujian tarik

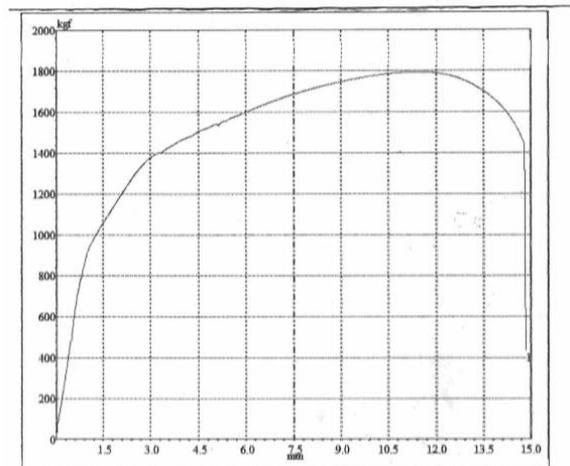
Dalam penelitian ini, pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari material karbon steel. Pengujian tarik ini dilakukan menggunakan mesin *Gotech AI-7000 LA 10 Servo Control Computer System Universal Tensile Machine*, dengan kapasitas 10 Ton.

Tabel 2. Hasil uji tarik material karbon steel A53

Kode Sample	Dimensi ukur (mm)	Luas (mm ²)	Panjang ukur (mm)	Kuat tarik (Mpa)	Batas luluh (Mpa)	Regangan %
karbon steel A53	10,76	39,06	50	451	196	21,52

Grafik Tegangan Regangan

Dalam pengujian tarik material dapat dihasilkan grafik tegangan regangan dari material karbon steel A53. Karena peningkatan beban aksial yang terjadi secara bertahap, maka perpanjangan total atas panjang diukur pada setiap kenaikan beban dan dilanjutkan hingga terjadi kegagalan spesimen.



Gambar 5. Grafik tegangan regangan

Pengujian Komposisi Kimia

Untuk mengetahui persentase unsur kimia yang terkandung di dalam spesimen, dilakukan pengujian dengan menggunakan mesin *WAS Foundry Master*. Unsur-unsur yang terkandung di dalam baja sangat mempengaruhi sifat mekanis dari baja yang bersangkutan. Jenis-jenis baja pada umumnya ditentukan berdasarkan unsur karbon yang terkandung di dalam material baja tersebut.

Tabel 3. Komposisi kimia material karbon steel A53

Kode sample	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)
Karbon steel A53	0,163	0,166	0,332	0,024	0,015	0,018	<0,005

Kode sample	Ni (%)	Al (%)	Cu (%)	Nb (%)	Ti (%)	V (%)	Fe (%)
Karbon steel A53	0,002	0,013	2	2	<0,002	<0,002	bal

Unsur-unsur yang terkandung dalam material karbon steel A53 yaitu sebagai berikut :

a. Karbon (C)

- Merupakan unsur pepadu yang paling efektif, terutama dalam kombinasinya dengan unsur-unsur pepadu lainnya.
- Merupakan pembentuk austenit dan karbida yang sangat kuat.
- Dapat meningkatkan sifat mampu di keraskan (*hardenability*).
- Merupakan unsur pepadu yang sangat efektif dan paling murah untuk menguatkan baja sebagai *engineering material*.

b. Silikon (Si)

- Merupakan bahan *deoxidizer* yang sangat kuat. Oleh karena itu silikon juga ditambahkan ke dalam elektroda atau kawat las. *Welding -grade steels* biasanya mengandung sekitar 0,15 – 0,50%.
- Merupakan ferit yang sangat kuat dan juga untuk menguatkan baja.
- Mangan (Mn)
- Untuk mengikat sulfur membentuk *manganese sulfida* sehingga dapat mengurangi efek *hot short cracking* (retak akibat pada suhu tinggi).
- Dapat mengikat karbon membentuk karbida mangan (Mn_3C) yang dapat meningkatkan kekuatan dan ketangguhan baja.
- Dapat memperbaiki sifat pengerjaan panas
- Dapat berfungsi sebagai bahan *deoxidizer* dalam proses peleburan baja (walaupun

pengaruhnya lebih rendah dibanding Si dan Al)

c. Phospor (P)

- Seperti halnya unsur S, unsur P juga tidak dikehendaki dalam baja dan pabrik pembuat baja selalu berusaha untuk menurunkan kadar P.
- Kadar P yang rendah dapat meningkatkan kuat tarik baja tetapi memberi pengaruh tidak baik terhadap proses pembentukan dingin, karena sifatnya getas.
- Unsur P dapat menurunkan ketangguhan terutama pada suhu rendah.

d. Sulfur (S)

- Semua baja komersial selalu mengandung unsur S sebagai *trace elemen*. Unsur S masuk ke dalam baja ketika proses peleburan (melalui bahan bakar atau melalui bijih besi)
- Kadar S max yang di izinkan untuk kebanyakan spesifikasi adalah 0,050% kualitas baja yang lebih baik dapat mengandung 25% S max dan bahkan dewasa ini teknologi mutakhir dapat menghasilkan baja dengan kadar 0,010% S atau lebih rendah.
- Unsur S merupakan unsur yang tidak di inginkan ditinjau dari aspek las. Hal ini disebabkan karena unsur S mudah mengikat unsur Fe menjadi FeS yang memiliki titik cair lebih rendah di banding titik cair baja, sehingga menimbulkan efek *hot shortness* (retak dalam keadaan panas).
- Jika kadar S tinggi maka harus berhati-hati untuk tidak melakukan pengelasan dengan *acid fluxes*. *Acid slags* cenderung menahan sulfur di dalam logam las, sedangkan *basic slags* dapat menyerap sulfur dari logam cair dan menahannya di dalam *slags* (terak)
- Penambahan unsur S bermanfaat pada "*free machine steel*". Kadar S pada baja tersebut dapat mencapai 0,20% (ini bukan jenis baja untuk di las).

e. Chrom (Cr)

- Salah satu unsur pepadu yang sangat penting dalam baja, terutama dalam hal meningkatkan *hardenability* dan pada kadar yang tinggi dapat memberikan sifat ketahanan korosi (seperti baja stainless)

- Dapat dengan mudah membentuk karbida yang kompleks dalam baja dan merupakan pembentuk ferit yang kuat. Peningkatan kadar Cr dalam besi murni, fasa gama (austenit) tidak terbentuk.
 - Semua baja yang mengandung Cr dapat di las bila kadar karbon di dalam baja tersebut 0,15% C.
- f. Molebdenum
- Biasanya di tambahkan dengan kadar 1/2 - 1% ke dalam baja yang kandungan kromnya sampai dengan 10%.
 - Mo seperti halnya Si dan Cr merupakan pembentuk ferit yang kuat dan pada paduan fe-Mo, kadar 8% Mo dapat membentuk fasa ferit (bcc) seluruhnya dari suhu kamar sampai dengan titik cairnya (secara total menekan fasa gamma).
 - Merupakan pembentuk karbida yang kuat dan penambahan 0,25 – 0,50% Mo akan meningkatkan *hardenability* yang cukup berarti.
 - Penambahan 1/2 – 1 1/2% Mo kedalam baja krom (dengan Cr < 10%) dapat meningkatkan kekuatan suhu tinggi dan ketahanan *creep*.
 - Penambahan Mo kedalam baja stainless dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi sumuran (*pitting corrosion*).
- g. Nikel (Ni)
- Merupakan pembentuk austenit yang sangat kuat dan pada paduan Fe-Ni, dengan kadar 25% Ni dapat meniadakan seluruh fasa ferit (bcc).
 - Dalam jumlah sampai dengan 4%, Ni dapat memperbaiki kekuatan baja tetapi sebanding dengan penurunan tingkat keuletannya.
 - Dapat memperbaiki kekuatan *impact* suhu rendah baja.
 - Ni dapat larut secara sempurna kedalam Fe (baik dalam keadaan padat maupun dalam keadaan cair) tidak membentuk karbida dan memiliki afinitas yang lebih rendah dari besi terhadap oksigen.
- h. Tembaga (Cu)
- Dalam jumlah sekitar 0,25% dapat meningkatkan ketahanan korosi cuaca dari baja struktural.
 - Tembaga merupakan pembentuk austenit yang sedang dari pada kadar yang rendah, tidak menimbulkan efek negatif pada pengelasan.
- Sekitar 0,5% Cu dapat larut kedalam baja pada suhu kamar.
- i. Titanium (Ti)
- Pembentuk karbida yang sangat kuat dari dalam paduan baja sering muncul sebagai karbida. Jika unsur ini larut kedalam baja maka akan meningkatkan *hardenability*, tetapi dalam bentuk karbida maka akan meningkatkan karbon sehingga dapat mengurangi *hardenability*.
 - Pembentuk ferit tetapi kegunaannya yang sangat penting dalam baja stainless adalah sebagai penyetabil karbida sehingga dapat mengurangi efek sensitasi pada baja stainless.
- Vanadium (V)
- Merupakan pembentuk ferit, mudah membentuk karbida dan meningkatkan *hardenability*.
 - Juga dapat meningkatkan *solution hardening* pada ferit dan austenit.

Pencocokan material karbon steel A53 dengan Stand Book ASTM A751

Setelah dilakukan pengujian tarik dan komposisi kimia selanjutnya dilakukan pencocokan dengan *Stand Book* ASTM A751. Di bawah ini tabel standar material menurut *Stand Book* ASTM A751.

Tabel 4. Standar material karbon steel A53 menurut ASTM

Material	Spec No	Min Tensile Strength (Mpa)	Min Yield Strength (Mpa)	Max Temperature Fluid (°C)
karbon Steel	A53	310	172	746

Tabel 5. Hasil uji tarik material karbon steel A53

Kode Sample	Dimensi ukur (mm)	Luas (mm ²)	Panjang ukur (mm)	Kuat tarik (Mpa)	Batas luluh (Mpa)	Regangan (%)
karbon steel A53	10,76	39,06	50	451	196	21,52

Setelah mencocokkan hasil dari tabel 4 dan tabel 5 maka material karbon steel A53 ini sudah memenuhi spesifikasi dari material menurut *stand book* ASTM A751 tentang standar material pipa.

Standar uji komposisi kimia material karbon steel A53 menurut ASTM A751 dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Komposisi kimia material karbon steel A53 menurut ASTM A751

Kode sample	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)
Karbon steel A53	0,30	0,20	1,20	0,05	0,45	0,40	0,15

Kode sample	Ni (%)	Al (%)	Cu (%)	Nb (%)	Ti (%)	V (%)
Karbon steel A53	0,40	0,002	0,40	0,02	0,20	0,08

Tabel 7. Komposisi kimia material karbon steel A53

Kode sample	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)
Karbon steel A53	0,163	0,166	0,332	0,024	0,015	0,018	<0,005

Kode sample	Ni (%)	Al (%)	Cu (%)	Nb (%)	Ti (%)	V (%)	Fe (%)
Karbon steel A53	0,002	0,013	2	2	<0,00	<0,00	<0,002

Setelah mencocokkan hasil dari tabel 6 dan tabel 7 maka material karbon steel A53 ini masuk ke dalam kategori baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,163%.

Spesifikasi material karbon steel A53

Setelah dilakukan pengujian tarik maka diketahui hasil dari kekuatan tarik material komposisi kimia yang terkandung dalam material karbon steel A53 yaitu mengandung unsur karbon (C) sebesar 0,163%. Maka material ini dapat diklasifikasikan ke dalam baja karbon rendah.

Baja karbon rendah dengan kandungan karbon yang rendah menjadikannya memiliki sifat elastis dan mudah dibentuk dalam proses pemasangan atau manufaktur. Keuletan dan ketangguhannyapun sangat baik. Selain itu *Carbon steel pipe* (ASTM A53) bahan yang digunakan untuk pipa ini tidak berbahaya sehingga bisa digunakan untuk berbagai sektor termasuk untuk mengalirkan air bersih.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Untuk memilih material pipa terbaik, maka harus mempertimbangkan jenis fluida yang akan dialirkan, suhu dan tekanan fluida, serta kondisi lingkungan dimana pipa akan dipasang.
2. Hasil dari pengujian tarik material ini sudah masuk ke dalam spesifikasi standar perpipaan sesuai ASTM A51 yaitu sebesar 451 Mpa.
3. Hasil dari pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa pipa karbon steel ini tergolong kedalam baja karbon rendah dengan kadar karbon 0.163%.
4. Material dengan kandungan karbon yang rendah menjadikannya memiliki sifat elastis dan mudah dibentuk dalam proses pemasangan atau manufaktur.

REFERENSI

Alfi Rohman, “ANALISIS LAJU KOROSI PIPA BAJA KARBON STEEL DAN STAINLESS STEEL”, 2019, UNIVERSITAS ISLAM MAJA PAHIT.
 Ashby, Mischael F, 1999. *Material selection in Mechanical Design. 2nd Editions. England, Pergamon Press Ltd.*
 ASTM A53 Grade A and B Standar Pipe Schedule 40

Handbook *American Society of Material Engineers*. ASME. *Ferrous Material Specifications*, 1998.

Handbook *American Society of Material Engineers*. ASME. *Properties and Selection of Metals, 8th Editions*.

Incropera, F.P. dan DeWitt, D.P., 1981, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 2nd edition, John Wiley & Son, New York.

Sularso dan Tahara, H., 2006, *Pompa dan Kompresor, Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Yeni Hardika, “*PEMILIHAN BAHAN BAJA UNTUK SISTEM PERPIPAAN DALAM INDUSTRI MIGAS*”, 2017, POLITEKNIK NEGERI LHOKSEUMAWE.