

RANCANG BANGUN MESIN LAS BERBAHAN BAKAR HIDROGEN

R Kharis Wasista

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
khalistik@gmail.com

Yunus

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
brilian818@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan mesin las dengan bahan bakar hidrogen yang di ambil dari air. Mesin menggunakan proses elektrolisis air dengan katalisator tertentu (KOH). Hasil pembakaran gas HHO atau gas hidroksi menghasilkan air murni sehingga proses pengelasan ini ramah lingkungan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode rancang bangun dengan pengujian performa mesin las hydrogen. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini adalah temperatur dan panjang lidah api dari mesin las berbahan bakar hidrogen ini. Peneliti menguji sebanyak lima kali dalam pengujian pengukuran panjang lidah api maupun temperatur pada arus 20, 30 dan 40 ampere. Pengukuran rata-rata temperatur tertinggi yang terukur dalam waktu satu menit pada arus 40 ampere yaitu 310° C. Sedangkan temperatur terendah rata-rata terukur pada arus 20 ampere yaitu 281,6°C. Sedangkan penelitian terhadap panjang lidah api menghasilkan pengukuran terpanjang didapat pada 40 ampere dengan rata-rata 1,14cm. Pengukuran terpendek api didapat pada arus 20 ampere dengan rata-rata sebesar 0,82cm.

Kata kunci : Las gas, *oxyhydrogen welding*, elektrolisa air

Abstract

The research of this time about to invented hydrogen fuel welding machine and the fuel source is from water. This machine use water electrolysis process with katalisator (KOH). Result of burning HHO gas or oxyhydrogen gas produce pure water so this process is environment friendly. metode of research is develope research with performance test of hydrogen fuel welding machine. Result of this research is flame temprature and measure flame size from hydrogen fuel welding machine. Researcher test five times at measuring flame size and flame temprature at current 20,30 and 40 ampere. Highest average measuring flame temprature at one minute with current 40 ampere is 310° C. While lowest average temprature with current 20 ampere is 281,6°C. Research about measure flame size has longest flame size at current 40 ampere with average 1,14 cm. Measure shortest flame size at current 20 ampere with average is 0,82cm.

Keyword : gas welding, *oxyhydrogen welding*, electrolysis water

PENDAHULUAN

Pada era serba teknologi ini teknik pengelasan sangat diperlukan untuk berbagai proses pengerjaan industri seperti, pemotongan logam dan penyambungannya, konstruksi bangunan baja, dan konstruksi permesinan yang memang tidak dapat dipisahkan dengan teknologi manufaktur.

Salah satu teknologi dalam pengelasan gas adalah teknologi las oksihidrogen. Las ini menggunakan bahan bakar murni hidrogen dan dibantu oleh oksigen. Penggunaan las oksihidrogen merupakan teknologi las yang paling rendah emisi. Campuran pembakaran oksihidrogen secara stokiometri akan menghasilkan air murni. Bahan bakar dari las oksihidrogen dapat dihasilkan dari elektrolisa air, penambangan gas alam, mengalirkan uap air melalui besi panas dan lain-lain. Stanley A. Meyer telah menemukan generator gas *hydroxy* dengan menerapkan arus pulsa *train*. Generator

gas ini diberi nama *Water Fuel Cell (WFC)* dan pembuatannya dijelaskan dalam buku *The Birth of New Technology Water Fuel Cell*. Pulsa *train* digunakan untuk menekan molekul H₂O sampai terpecah menjadi H₂ dan O₂. (Maulani, 2013:3) Energi dekomposisi elektrokimia pada air relatif tinggi karena molekul air memiliki struktur yang stabil pada suhu kamar. Kira-kira, tegangan minimal 1.23V diperlukan untuk diterapkan pada sebuah molekul air pada kondisi laboratorium untuk melepaskan ikatan antara hidrogen dan atom oksigen. Namun, tingkat tegangan jauh lebih tinggi digunakan dalam sel elektrolisis industri. Kelebihan tegangan disebut sebagai "*overpotential*" dari reaksi proses.

Definisi elektrolisis menurut Sudirman (2008): Elektrolisis merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Elektrolisis air yaitu suatu proses pemecahan molekul air menggunakan arus DC. Penggunaan arus listrik DC untuk menguraikan air menjadi unsur-unsur pembentuknya, yaitu H₂ dan O₂.

Gas hidrogen muncul di kutub negatif atau katoda dan oksigen berkumpul di kutub positif atau anoda di mana untuk menampung gas di butuhkan alat Generator Elektroliser.

Generator elektroliser adalah alat untuk memecah molekul air menggunakan elektroda positif dan negatif. Terdapat beberapa jenis generator elektroliser diantaranya jenis plat, tabung, spiral, batang dan lain-lain. Pada penelitian sebelumnya antara elektroda plat dan tabung telah terbukti pada penelitian “Pemanfaatan Air Dan Nahco Dengan Menggunakan Metoda Elektrolisis Untuk Efisiensi Bahan Bakar Bensin Dan Peningkatan Kualitas Gas Buang Kendaraan Bermotor” (Diana Fitriah dkk,2009). Dari penelitian tersebut bahwa hasil terbaik adalah pada elektroda plat dengan volume elektrolit 270 ml (Diana Fitriah,2009:10). Dalam penelitian las bahan bakar hidrogen ini dibutuhkan elektrolisa dengan hasil produksi gas hidrogen dan oksigen yang banyak.

Hidrogen dan oksigen yang dihasilkan pada elektrolisa apabila dibakar dapat menghasilkan nyala api tinggi. Berdasarkan hasil uji coba, nyala api “Kompor Air” akan berbeda tergantung dari besar arus yang digunakan. Semakin besar arus yang digunakan maka api akan semakin besar, dimana semakin besar arus yang digunakan maka jumlah gas HHO yang dihasilkan akan semakin banyak (Tjatur,2011:5). Sehingga, apabila arus yang digunakan besar, maka nyala api akan besar. Pada penelitian tentang panjang lidah api teruji bahwa produksi gas HHO untuk pencampuran air dan KOH dengan menggunakan proses elektrolisis mencapai hasil terbaik pada larutan KOH sebesar 50 gram dan variasi tegangan 12 Volt pada waktu produksi 480 detik dengan volume gas sebesar 1000 ml dan panjang nyala api 2,16 cm (Tasrudin,2014).

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian yang bersifat experimental ini akan dilaksanakan di laboratorium GARNESA. Penelitian menggunakan alat-alat yang berada di dalam kampus UNESA Jurusan Teknik Mesin.

Tempat dan Waktu Penelitian

Obyek penelitian ini adalah temperatur dan panjang lidah api yang telah dipengaruhi oleh variasi ampere pada inverter DC mesin las bahan bakar hidrogen.

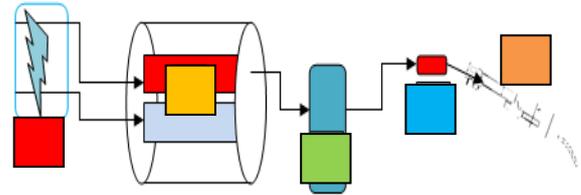
Metode penelitian

Metode penelitian ini adalah rancang bangun untuk mendapatkan peralatan las berbahan bakar hidrogen. Penjelasan detail dari tiap tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

Review sistem suplai gas hidrogen

Sistem suplai mesin las berbahan bakar hidrogen pada dasarnya bekerja berdasarkan prinsip elektrolisis air yang

ditambahkan katalis tertentu (KOH sebanyak 20% berat air) dengan menggunakan sepasang elektroda yang dialiri arus listrik dari sumber tegangan inverter DC. Elektroda yang pertama sebagai kutub positif atau anoda dan elektroda yang kedua sebagai kutub negatif atau katoda. Gas hidrogen dan oksigen inilah yang digunakan untuk bahan bakar mesin las ini.



Gambar 3.1 Sistem Suplay Gas Hidrogen

Keterangan:

- Inverter DC
- Reaktor jenis plat
- Tabung separator gas cair
- Flashback arrestor
- Torch las

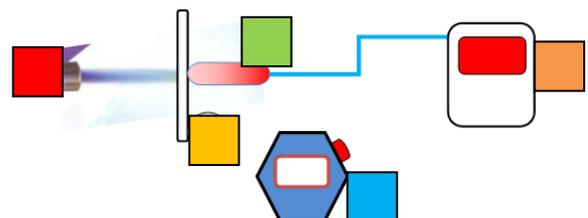
Rancang bangun reaktor elektroliser jenis plat

Pada penelitian ini dikembangkan sebuah prototipe reaktor elektroliser jenis plat yang terusun dari 32 plat SS304 sebagai elektroda, dengan luas elektrode 112,71 cm² dan sebagai katalis digunakan KOH 20% dari berat air. Pemilihan SS304 sebagai elektrode didasari pada mudahnya material ini didapatkan dipasaran, harganya yang lebih murah jika dibanding dengan SS316L.

Uji Peforma Alat

Penelitian ini adalah penelitian experimental untuk menguji performa alat yang dilakukan di laboratorium. Model penelitian dirancang sedemikian rupa sehingga temperatur dan ukuran panjang lidah api yang dihasilkan dapat teramati dan terukur. Metode pengujian temperatur dan ukuran panjang lidah api dari mesin las berbahan bakar hidrogen ini menggunakan beberapa komponen dan alat ukur.

Berikut ini adalah alat yang digunakan beserta gambar metode pengujiannya.



Gambar 3.2 Skema Pengujian Temperatur

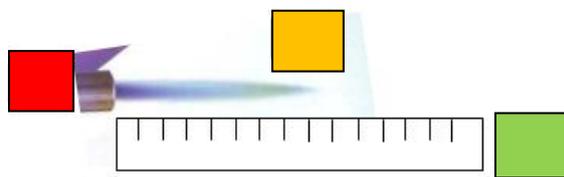
Keterangan :

- Torch las
- Plat aluminium ukuran 50mm x 50mm x 3 mm
- Termokopel sensor tipe K

- Kontrol dan display temperatur LCD
- Stopwatch

Pengujian dilakukan dengan menggunakan termokopel temperatur digital untuk mengukur suhu dari lidah api mesin las berbahan bakar hidrogen. Jarak antara plat aluminium dengan ujung torch ditentukan satu cm. Kemudian ukur temperatur dengan bantuan stopwatch. Pengukuran dibatasi interval waktu satu menit. Perhitungan pada stopwatch dilakukan pada saat api menyala dan jarak telah terukur satu cm. Perhitungan stopwatch dihentikan apabila waktu telah menunjukkan waktu satu menit. Temperatur di uji dengan variabel 20, 30 dan 40 ampere dengan satuan derajat celcius.

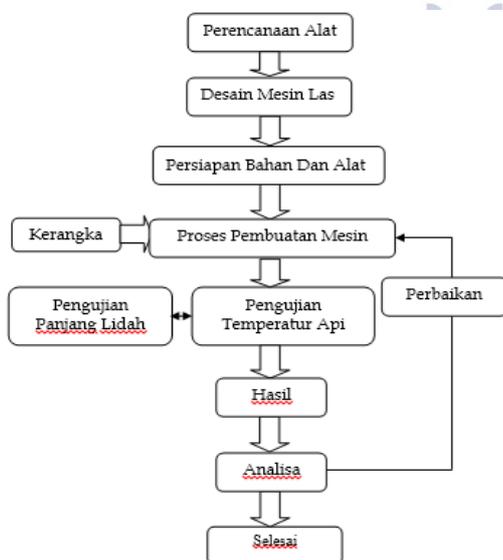
Penelitian untuk mengetahui panjang lidah api pada ujung torch membutuhkan penggaris. Pengukuran dihitung mulai ujung torch hingga ujung lidah api menggunakan satuan centimeter (cm). Pengukuran dilakukan dengan mengukur lidah api dengan variabel arus pada inverter DC 20, 30 dan 40 ampere. Berikut metode pengukuran lidah api.



Gambar 3.3 Skema Pengujian Panjang Lidah Api
Keterangan :

- Torch
- Lidah api hidroksi
- Penggaris

Kerangka Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alur Perencanaan Dan Pembuatan Mesin Las Berbahan Bakar Hidrogen

Tahap Pendahuluan

Mesin las berbahan bakar ini merupakan penyempurnaan dari penelitian sebelumnya. Dimana pada hasil penelitian sebelumnya hanya membahas tentang gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan melalui elektrolisa. Pada penelitian kali ini membuat bagaimana cara agar gas hidrogen dan oksigen dari hasil elektrolisa mampu dimanfaatkan menjadi pengganti bahan bakar asitilin dalam pengelasan. Dimana gas asitelin menghasilkan polutan CO₂ sedangkan pembakaran gas hidrogen dan oksigen selalu menghasilkan air yang mana pembakaran tersebut tidak menghasilkan polusi. Diharapkan dari proses pembuatan mesin las berbahan bakar hidrogen ini dapat menjadi referensi dan pengembangan teknologi baru yang ramah lingkungan.

Tahap Persiapan

Pada tahap kedua dalam melaksanakan penelitian ini adalah persiapan dengan langkah-langkah yang harus dilaksanakan yaitu mengidentifikasi masalah dan penelusuran pustaka. Masalah yang akan diteliti adalah berapa banyak gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan oleh mesin las berbahan bakar hidrogen. Mesin las berbahan bakar hidrogen ini mempunyai bagian yang penting yaitu inverter DC ,tabung elektrolisa, tabung separator gas cair, selang, flashback arrestor, dan torch las. Berikut ini adalah desain awal mesin las berbahan bakar hidrogen.

Tahap Perancangan Dan Pembuatan

Pada tahap ketiga dalam melaksanakan penelitian ini adalah perancangan mesin las berbahan bakar hidrogen dengan instrumen pendukung yaitu membuat tabung elektrolisa, tabung separator gas cair, selang, flashback arrestor, dan torch las.

Proses perancangan dan pembuatan mesin las berbahan bakar hidrogen ini terdiri dari dua proses. Proses membuat kerangka tetap dan kerangka kerja yang akan dijelaskan pada halaman berikut.

Kerangka tetap

Kerangka tetap berfungsi sebagai landasan dan penyangga peralatan elektrolisa beserta peralatan pengamanan lainnya. Komponen ini terbuat dari plat dan akrilik yang dikerjakan dengan proses penekukan plat dan pengeboran pada akrilik. Kerangka tetap menggunakan casing komputer yang ditutup dengan akrilik.

Alat yang digunakan

- Jig saw
- Mesin bor
- Mata bor M 6 (6 mm)
- Tang
- Kunci pas
- Kikir
- Amplas

Bahan yang diperlukan

- Akrilik ukuran 100 cm X 100 cm
- Mur baut dan ring M 6 20
- Karet
- Lem silikon

Proses pembuatan kerangka tetap

Kerangka tetap menggunakan casing komputer yang dimodifikasi dengan penutup akrilik. Akrilik di potong seukuran bagian depan, atas dan bawah casing komputer. Akrilik dibor 6 mm pada bagian samping sebanyak 4 buah per sisinya. Lubangi dengan bor 6 mm sama pada bagian akrilik yang telah di bor tadi. Pasang semua bagian tersebut menjadi satu dengan menggunakan mur dan baut M 6. Setelah terpasang berbentuk balok, pasang stiker setiap sisi yang diperlukan.

Kerangka Kerja

Kerangka kerja mesin las berbahan bakar hidrogen berupa kumpulan dari beberapa komponen seperti tabung elektrolisa, separator gas cair, *flashback arrestor*, selang, torch las dan mesin inverter DC. Masing masing alat tersebut mempunyai fungsi dan desain yang berbeda. Agar semua komponen tersebut dapat di rangkai dan berfungsi maka perlu desain yang detail. Desain detail tersebut dapat dilihat pada lampiran skripsi. Perhitungan mesin las berbahan bakar hidrogen Kerangka kerja pada mesin las berbahan bakar hidrogen ini adalah gabungan dari beberapa komponen. Komponen tersebut telah di jelaskan beserta desainnya dibawah ini.

• Tabung elektrolisa

Tabung elektrolisa berfungsi sebagai reaktor penghasil gas hidrogen dan oksigen. Syarat dari tabung elektrolisa adalah tahan temperatur tinggi dan anti karat. Semua hal tersebut dikarenakan tabung harus mampu menahan minimal arus sebesar 100 ampere dan tahan korosi karena cairan elektrolisa mengandung KOH yang bersifat korosif. Bahan yang dipilih adalah *stainless steel* 304L dimana bahan ini mampu memenuhi syarat diatas.

• Selang

Selang berfungsi menyalurkan cairan elektrolisa dan gas hidrogen oksigen hasil elektrolisa hingga ke torch. Selang terbuat dari bahan plastik berbalut nilon agar tidak mudah terlipat.

• Air elektrolisa

Air elektrolisa merupakan bagian yang penting dalam penelitian ini. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air suling (*destiled water*) yang dicampur dengan katalisator KOH 20 %. Pencampuran menggunakan metode persen berat dengan perhitungan dibawah ini

$$\text{Berat katalisator KOH (gram)} = \frac{\text{berat air suling (gram)} \times 20\%}{100}$$

• Tabung separator gas cair

Tabung separator gas cair berfungsi sebagai penghentian laju api apabila terjadi gas hidrogen dan oksigen terbakar di dalam selang. Perlu diingat bahwa gas hasil elektrolisa adalah gas yang mudah terbakar. Tabung separator terbuat dari tabung *stainless steel* 316L yang tahan korosi.

• *Flashback arrestor* pengaman gas hidrogen

Flashback arrestor berfungsi sebagai penghentian laju api apabila terjadi gas hidrogen dan oksigen terbakar di dalam torch sebelum mencapai ujung tip torch.

• Torch

Torch menggunakan torch las asitelin dengan besar nozzle tip 0,5 mm dan hanya 1 jalur yang difungsikan. sementara jalur lain ditutup menggunakan *napple close*.

• Inverter DC

Inverter DC berfungsi sebagai sumber listrik DC dari proses elektrolisa air. Pada kutub positif elektrolisis air menghasilkan oksigen dan pada kutub negatif menghasilkan hidrogen. Inverter DC yang sanggup mengeluarkan arus hingga 40 ampere dengan beda potensial 55 volt adalah inverter las. Peneliti memilih inverter las DC dikarenakan unjuk kerja tinggi dan sanggup digunakan dalam waktu yang lama.

Bahan yang diperlukan.

- 32 buah *Stainless steel* 304 L plat tebal 0,5mm
- Napple kuningan ukuran 3/8 in
- Stopper berbahan Polyetilen
- Longdrat M 6
- Karet seal
- Selang transparan braided
- Tabung pemanas dispenser

Proses pembuatan

Unit dari kerangka kerja merupakan rakitan dari beberapa komponen yang tersusun antara lain

• Tabung elektrolisa

Tabung elektrolisa yang terbuat dari plat 0,5mm tersusun secara seri dengan 32 plat stainless steel 304L dengan ukuran yang tertera pada lampiran.

• *Flashback arrestor*

Flashback arrestor terbuat dari napple kuningan yang didalamnya terdapat saringan kawat *stainless steel* dan batu saring partikel gas yang disusun didalam tabung besi dan ditutup oleh napple kuningan. Ukuran detail alat tertera pada lampiran.

• Tabung separator gas cair

Tabung separator cair terbuat dari tabung *stainless steel* 316 yang mempunyai saluran pemisah gas menggunakan zat cair. Tabung menggunakan pemanas dispenser yang telah dimodifikasi jalur masuk dan keluarnya gas beserta jalur masuk dan keluarnya cairan. Ukuran detail alat tertera pada lampiran.

Teknik Analisa Data

Menguji temperatur lidah api mesin las berbahan bakar hydrogen dapat langsung dilakukan apabila mesin telah berfungsi dan terhubung dengan termokopel kit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Performa

Rancang bangun mesin las berbahan bakar hidrogen ini diuji dengan dirancangnya mesin las berbahan bakar hidrogen beserta pengujian suhu dan panjang lidah api pada ujung torch, Hasil penelitian suhu dan panjang lidah api pada skripsi ini menggunakan variasi arus 20, 30 dan 40 ampere dengan uji per materi sebanyak lima buah.

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang akurat digunakan tabel untuk menganalisa kerja dari las berbahan bakar hidrogen ini dengan beberapa alat bantu. Masing – masing alat bantu akan dijelaskan di bawah ini.

• **Stopwatch**

Stopwatch adalah alat untuk mengukur waktu dengan ukuran ketelitian seperseratus detik. Peneliti menggunakan stopwatch digital untuk mengukur waktu pemanasan pada benda kerja saat uji suhu lidah api las bahan bakar hidrogen.

• **Penggaris**

Penggaris digunakan untuk mengukur panjang lidah api pada uji panjang lidah api dengan pengaruh variasi ampere 20, 30 dan 40 ampere. Pengukuran dilakukan agar dapat mengetahui pengaruh panjang lidah api terhadap variasi arus yang digunakan selama

• **Thermokopel digital**

Thermokopel digital adalah alat untuk mengukur suhu lidah api pada pengujian suhu. Alat ini mampu mengukur hingga suhu 1000° celcius. Pengukuran suhu dilakukan dengan bantuan benda kerja. Benda kerja yang digunakan adalah aluminium dengan ukuran 50mm X 50mm X 3mm.

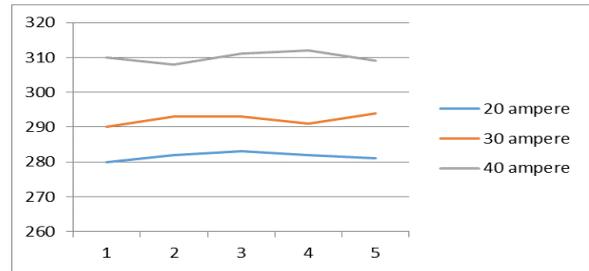
Pengujian temperatur lidah api

Pengujian temperatur ini mengukur berapa derajat celcius lidah api pada alat ini. Uji temperatur pada alat ini sangat penting dikarenakan untuk memanaskan atau melebur benda kerja pada pengelasan. Pengujian ini membutuhkan alat bantu yaitu termokopel, benda kerja, penggaris dan stopwatch.

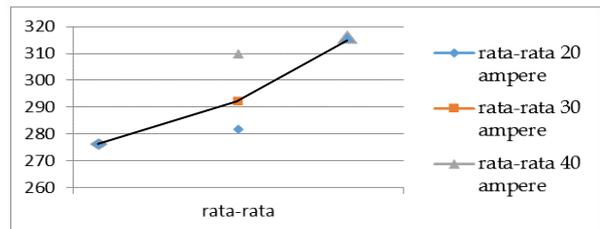
Tabel 4.1 Hasil Experimen Experimen Temperatur Lidah Api Dengan Variasi Ampere

Pengujian	Uji temperatur lidah api		
	20 A	30 A	40 A
Tes 1	280°C	290°C	310°C
Tes 2	282°C	293°C	308°C
Tes 3	283°C	293°C	311°C
Tes 4	282°C	291°C	312°C

Tes 5	281°C	294°C	309°C
Rata-rata derajat celcius	281,6°C	292,2°C	310°C



Grafik 4.1 Hasil Experimen Temperatur Lidah Api Dengan Variasi Arus



Grafik 4.2 Hasil Rata-Rata Experimen Temperatur Lidah Api Dengan Variasi Arus

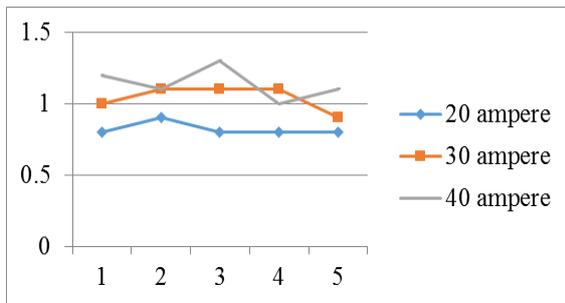
Dari data grafik yang didapatkan di atas dapat diketahui dengan mudah bahwa terjadi tren peningkatan temperatur lidah api yang berbanding lurus dengan semakin bertambahnya arus listrik yang digunakan. Temperatur tertinggi didapatkan pada arus 40 ampere, dengan tercapainya 310 °C . Sedangkan untuk temperatur terendah didapatkan pada arus 20 ampere dengan capaian 281,6 °C.

Pengujian panjang lidah api

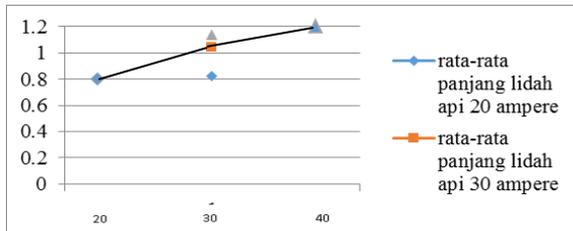
Tidak jauh berbeda dengan pengujian sebelumnya bahwa pengujian dibawah ini untuk mengetahui seberapa panjang lidah api pada ujung torch las ini. Panjang lidah api ini diuji menggunakan alat bantu penggaris dan holder torch. Untuk hasil pengujian dijabarkan di bawah ini.

Tabel 4.2 Experimen Panjang Lidah Api Hidrogen Dan Oksigen Dengan Variasi Ampere

Pengujian	Panjang lidah api (cm)		
	20 A	30 A	40 A
Tes 1	0,80	1,00	1,20
Tes 2	0,90	1,10	1,10
Tes 3	0,80	1,30	1,00
Tes 4	0,80	1,10	1,00
Tes 5	0,80	0,90	1,10
Rata-rata panjang lidah api	0,82	1,04	1,14



Grafik 4.3 Hasil Pengujian Panjang Lidah Api Dengan Variasi Arus



Grafik 4.4 Hasil Pengujian Rata-Rata Panjang Lidah Api Dengan Variasi Arus

Dari data grafik yang didapatkan di atas dapat diketahui dengan mudah bahwa terjadi tren peningkatan panjang lidah api yang berbanding lurus dengan semakin bertambahnya arus listrik yang digunakan. Panjang lidah api tertinggi didapatkan pada arus 40 ampere, dengan tercapainya 1,14 cm. Sedangkan untuk panjang terendah didapatkan pada arus 20 ampere dengan capaian 0,82 cm.

Perancangan mesin las berbahan bakar hidrogen.

Perancangan kali ini akan membahas semua komponen dan perhitungan yang digunakan dalam penelitian. Dalam penelitian ini dijelaskan cara-cara pembuatan mulai dari bahan mentah hingga bisa digunakan secara penuh.

Sistem Perhitungan Volume Isi Reaktor Elektrolisis Jenis Plat Tabung

Diketahui :

- R= 7.85 cm
- T= 12.1 cm

Volume Reaktor elektrolisis :

$$\begin{aligned} V &= \pi \cdot r^2 \cdot t \\ &= 3,14 \times 7,85^2 \times 12,10 \\ &= 2341,19 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Maka volume isi dari reaktor sebanyak 2341.19 cm³

Sistem Perhitungan Volume Isi Tabung Separator Gas Cair

Diketahui :

- R= 5 cm
- T= 17.5 cm
- % pengisian air dalam tabung = 0.75 (supaya cairan tidak sampai keluar hingga ujung torch las)

Volume Isi Tabung Separator Gas Cair

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \cdot (\% \text{ air isi tabung})$$

$$\begin{aligned} &= 3,14 \times 5^2 \times 17,50 \times 0,75 \\ &= 1030,32 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Maka volume isi tabung separator yaitu 1030.32 cm³
Sistem Perhitungan Campuran KOH Air Untuk Reaktor Elektrolisis Jenis Plat

Diketahui :

- V = 2341.19 cm³
- $\rho_{\text{air}} = 1 \text{ gr/m}^3$
- Presetase campuran air dan KOH = 20%

Campuran KOH Air Untuk Reaktor Elektrolisis yaitu

$$V \times \rho_{\text{air}} = \text{massa air}$$

$$\text{massa air} = V \times \rho_{\text{air}}$$

$$\text{massa air} = 2341,19 \text{ cm}^3 \times 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{massa air} = 2341,19 \text{ gr}$$

Setelah mendapat massa air kita masukan dirumus yaitu :

$$\text{Berat Air dari Reaktor} \cdot 20\% = \text{Berat KOH}$$

$$\text{Berat KOH} = \text{Berat Air dari Reaktor} \cdot 20\%$$

$$\text{Berat KOH} = 2341,19 \text{ gr} \times 20\%$$

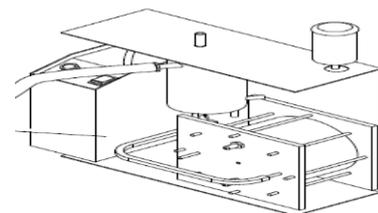
$$\text{Berat KOH} = 468,24 \text{ gr}$$

Jadi Perhitungan yang didapatkan yaitu :

- Volume Isi Reaktor
Elektrolisis Jenis Plat : 2341.19 cm³
- Tabung Separator Gas Cair : 1030.32 cm³
- Campuran KOH Air Reaktor
Elektrolisis Plat : 468.24 gr

Rangka penyangga

Rangka penyangga digunakan untuk meletakkan semua komponen mesin las berbahan bakar hidrogen. Rangka penyangga menggunakan casing komputer berbahan besi yang telah dimodifikasi agar semua komponen dapat terpasang dengan aman. Pemilihan alat ini dikarenakan mudah dalam penggunaan dan melakukan modifikasi mesin las berbahan bakar hidrogen. Tidak menutup kemungkinan dalam proses perbaikan alat ini dilakukan perubahan yang mana memudahkan peneliti dalam melakukan perubahan secara cepat. Berikut gambar lengkap dengan spesifikasi modifikasi casing komputer.



Gambar 4.5 Casing Komputer ATX400 Yang Telah Dimodifikasi

Reaktor elektrolisa

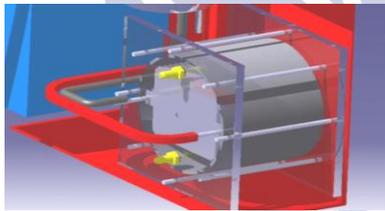
Reaktor elektrolisa berfungsi untuk menghasilkan gas hidrogen dan oksigen (hidroksi) menggunakan arus DC. Penelitian sebelumnya menggunakan reaktor jenis tabung SS304L. Pada reaktor jenis tabung tersebut terjadi masalah dalam kebocoran

seal karet dan output kutub tabung negatif yang terletak dibawah tabung. Beberapa perbaikan telah dilakukan tetapi tetap bocor dan tidak dapat menahan tekanan yang terjadi pada saat elektrolisa berlangsung. Berikut gambar desain dan realisasi reaktor elektrolisa jenis tabung.



Gambar 4.6 Desain Dan Realisasi Reaktor Jenis Tabung

Reaktor jenis tabung lebih rawan bocor dalam penggunaannya. Peneliti memutuskan mengganti jenis reaktor elektrolisis jenis plat. Plat elektrolisa menggunakan SS304L. Terbukti jenis rancangan reaktor elektrolisa jenis 32 plat disusun seri lebih tahan terhadap kebocoran. Dalam proses pembuatan reaktor plat ini lebih rumit dan membutuhkan komponen yang lebih banyak dalam membangunnya. Berikut gambar desain dan realisasi reaktor jenis plat.



Gambar 4.7 Desain Reaktor Elektrolisa Jenis Plat

Tabung separator gas cair

Tabung separator gas cair berfungsi sebagai pengaman tahap ke dua. Pengamanan dilakukan agar gas hasil elektrolisa dapat di amankan apabila gas tersebut terbakar sebelum torch las dan tidak tembus ke reaktor elektrolisa. Tabung terbuat dari bahan SS316L dari tabung pemanas dispenser yang telah dimodifikasi jalur gas dan air elektrolisa masuk, keluar. Berikut desain dan realisasi alat.



Gambar 4.8 Desain Separator Gas Cair

Pengaman *flashback arrestor*

Pengaman *flashback arrestor* digunakan untuk menahan laju api apabila api terbakar di dalam torch. Flashback arrestor terbuat dari napple kuningan dan konektor yang didalamnya terdapat batu saring dan kawat stainless steel yang

dipadatkan agar dapat menahan api dan memadamkannya. Berikut gambar dan realisasinya.



Gambar 4.9 Desain Custom Flashback Arrestor

Torch las

Torch las berfungsi sebagai penyala api hidroksi hasil elektrolisa. Torch las menggunakan torch las asitelin. Torch tersebut menggunakan ujung tip diameter 0,5 mm dengan menutup jalur atas pada torch. Hanya satu jalur yang digunakan untuk gas hidroksi dalam torch ini.



Gambar 4.10 Desain Torch Las Dengan 0,5mm Hole Tip

Selang gas

Selang gas berfungsi mengalirkan gas dan air elektrolisa dari dan keluar reaktor elektrolisa. Selang menggunakan selang nilon transparan dan berpenguat benang terlilit. Sementara selang yang keluar dari tabung separator gas menuju torch menggunakan selang LPG/propane. Berikut gambar realisasinya.



Gambar 4.11 Desain Dan Realisasi Pemasangan Selang

Inverter DC

Inverter DC digunakan untuk proses elektrolisa. Elektrolisa menggunakan variabel arus pada inverter ini. Variabel arus pada inverter ini dapat diatur dari yang terkecil 10 ampere hingga terbesar 120 ampere. Peneliti memilih inverter DC merek lakoni 900w ini karena dapat memilih variable arus 20,30 dan 40 ampere. Pemilihan inverter ini karena kuat dan dapat bertahan dalam waktu lama. Berikut gambar dan pemasangan jalur positif, negatif untuk elektrolisa.



Gambar 4.12 Desain Pemasangan Kabel Positif Dan Negatif

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan serangkaian kegiatan yang telah peneliti lakukan, serta mengacu pada hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Rancangan peralatan las hidrogen dengan komponen utama.
Las ber bahan bakar hidrogen ini terdiri dari Rangka penyangga, Reaktor elektrolisa jenis plat SS304L dengan jumlah 32 plat, Tabung separator gas cair, Flashback arrestor, Torch las dan Inverter DC.
- b. Proses perakitan las hidrogen adalah:
 - Menyiapkan layout desain peletakan komponen.
 - Mempersiapkan lubang dudukan pada rangka penyangga.
 - Memasang reaktor las jenis plat pada posisi kanan bawah.
 - Memasang tabung separator gas cair pada posisi tengah atas.
 - Memasang inverter DC pada rangka penyangga dengan posisi berdiri.
 - Perakitan selang mulai dari tabung pengisi menuju ke reaktor dan tabung separator gas cair.
 - Memasang selang gas dan menghubungkannya dengan torch beserta flashback arrestor.
- c. Ukuran pokok alat
Ukuran pokok alat merupakan ukuran keseluruhan panjang lebar dan tinggi dari mesin las ber bahan bakar hidrogen ini. Realisasi alat terukur dengan panjang total 710mm, lebar 1003mm dan tinggi 557mm.
- d. Hasil uji performa
 - Temperatur rata-rata tertinggi diperoleh pada arus 40 ampere dengan 310° celcius.
 - Temperatur rata-rata terendah diperoleh pada arus 20 ampere dengan 281,6° celcius.
 - Panjang lidah api terukur dengan pengukuran terpanjang pada arus 40 ampere dengan rata-rata 1,14cm.
 - Panjang lidah api terukur dengan pengukuran terpendek pada arus 20 ampere dengan rata-rata 0,82cm

Dengan semakin besar arus yang digunakan pada proses elektrolisa maka diperoleh temperatur api yang tinggi dan panjang lidah api semakin besar.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan simpulan serta kondisi nyata di lapangan, mengenai perancangan las ber bahan bakar air dapat peneliti berikan saran sebagai berikut:

- Sebaiknya menggunakan tipe elektroliser jenis plat berlapis dikarenakan lebih efektif dan lebih mudah mengatasi kebocoran dari pada sistem elektroliser tabung.
- Penelitian mengenai penggunaan mesin las ber bahan bakar air adalah sangat penting untuk mengetahui karakteristik alat tersebut. Disamping itu pada bidang industri perhiasan dibutuhkan las yang mempunyai residu karbon yang rendah sehingga dapat menghasilkan kualitas perhiasan yang murni dalam proses pembuatan maupun proses pembentukan perhiasan.
- Hasil dari penelitian ini bisa dipakai sebagai refensi dalam pengembangan teknologi pengelasan terbaru yang ramah lingkungan baik untuk pengelasan skala kecil (pembuatan perhiasan) maupun skala besar (pengelasan metal industri). Pengembangan teknologi las ber bahan bakar air ini mempunyai kelebihan yaitu residu yang berupa air murni sehingga ramah lingkungan. Desain yang simpel dan ringkas untuk sebuah mesin las paling ramah lingkungan sebagai penambah nilai estetika penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agni, Brilliano DKK. 2013. Studi Eksperimen Pengaruh Pencampuran Gas Hidrogen Dari Generator HHO Tipe Kering Dengan Bahan Bakar Kerosene Pada Distribusi Temperatur Nyala Api Kompor Tekan *Blowtorch*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri ITS.
- Candra, Maulani. 2013. Studi Unjuk Kerja Generator Gas *Hydroxy* Dengan Penerapan Arus Pulsa *Train* Sebagai Sumber Energi. Malang: Fakultas Teknik UB.
- Nurbudi Cahyono, Drs. Subagsono, M.T., Basori, S.Pd.,M.Pd., Pengaruh Variasi Jumlah Plat *Stainless Steel* Dan Variasi Pemasangan Saluran *Brown Gas* Pada Elektroliser Terhadap Torsi Dan Daya Sepeda Motor Supra-X 125r Cw Tahun 2010. Prodi. Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, FKIP, UNS
- Robert L. Mott, P.E. 2004. Elemen – Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Van Vlack, L. H., 1992, “*Ilmu dan Teknologi Bahan*”, Edisi ke-5, Erlangga, Bandung.