# PENGARUH PENGELASAN *TUNGSTEN INERT GAS (TIG)* TERHADAP KOMPOSISI KIMIA LOGAM YANG DIANALISA DENGAN METODA *OPTICAL EMISSION SPECTROMETRY(OES)*
# *(EFFECT OF CHEMICAL COMPOSITION OF TUNGSTEN INERT GAS (TIG) WELDING METAL METHOD ANALYZED BY OPTICAL EMISSION SPECTROMETRY (OES))*

**Mahaputra, Tarmizi**
Balai Besar Logam dan Mesin, Jalan Sangkuriang 12 Bandung (email: putra133@gmail.com)

Naskah diterima 19 September 2013, disetujui 14 Desember 2013

**ABSTRAK**

Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur absorbansi suatu senyawa kimia dengan cara melewatkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu pada suatu prisma. Nilai absorbansi dari cahaya yang dilewatkan akan sebanding dengan konsentrasi larutan tersebut. Metoda pengujian komposisi kimia yang digunakan pada penelitian ini adalah metoda *Optical Emission Spectrometry (OES)*, sedangkan metoda pengelasan menggunakan *Tungsten Inert Gas* (TIG). TIG adalah metode pengelasan yang menggunakan elektroda wolfram (bukan bahan tambah) dimana busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda wolfram dan bahan dasar merupakan sumber panas. Dalam pengelasan, metoda *extended size* digunakan untuk mendukung peng-ujian komposisi kimia dan *added thickness* serta untuk menganalisa pengaruhnya terhadap hasil pengujian komposisi kimia. Hasil pengujian awal, perlakuan *extended size* dan *added thickness* menunjukkan komposisi kimia logam yang diuji tidak mengalami perubahan secara signifikan (%) adalah sebagai berikut: *carbon:* 0,447; *silicon:* 0,499; *mangan:* 0,423; *phospor:* 0,0717; *sulfur:* 0,237; *nickel*: 0,354; *chrom:* 12,4; *molybdenum:* 0,466, dan untuk hasil uji komposisi kimia metoda *extended size (%) carbon:* 0,402; *silicon:* 0,435; *mangan*: 0,406; *phospor:* 0,0810; *sulfur:* 0,0424; *nickel:* 0,320; *chrom: 12,6; molybdenum: 0,463,* sedangkan untuk metoda *added thickness (%) carbon:* 0,428; *silicon:* 0,467; *mangan:* 0,411; *phospor:* 0,0674; *sulfur:* 0,0553; *nickel:* 0,332; *chrom:* 12,6; *molybdenum:* 0,462.

**Kata kunci :** *ptical Emission Spectrometry (OES)*, komposisi kimia, pengelasan, *extended size, added thickness*.

***ABSTRACT***

*Spectrophotometer is an instrument use to measure the absorbance of a chemical com-position by passing light with a certain wavelength at a certain prism. Absorbance values of the light that is passed will be proportional to the concentration of the solution. This research use Optical Emission Spectrometry (OES), a method to testing chemical composition and Tungsten Inert Gas (TIG). TIG is a welding method using a tungsten electrode (not an added substance) an electric arc that occurs between the end of the tungsten electrode and the base material is a heat source. For welding, extended size method used to support testing of chemical composition and added thickness to analyze its effect on the test results chemical composition. The results of the initial test, extended size and added thicknes test indicate that the results of chemical composition of the metal being tested does not significantly change. Here is the initial test result*

*(%) carbon: 0.447; silicon: 0.499; manganese: 0.423; phosphorus: 0.0717; sulfur: 0.237; nickel: 0.354; chrom: 12.4; molybdenum: 0.466, and for the results of the extended size method (%) carbon: 0.402; silicon: 0.435; manganese: 0.406; phosphorus: 0.0810; sulfur: 0.0424; nickel: 0,320; chrom: 12.6; molybdenum: 0.463, the added thickness method (%) carbon: 0.428; silicon: 0,467; manganese: 0.411; phosphorus: 0.0674; sulfur: 0.0553; nickel: 0.332; chrom: 12.6; molyb-denum: 0,462.*

***Keywords :*** *Optical Emission Spectrometry (OES), chemical composition, welding, extended size, added thickness.*

## PENDAHULUAN

Mutu material logam dan paduannya sangat penting bagi kinerja peralatan produksi, fasilitas teknik serta bahan penunjang lainnya. Data pengujian kualitas material yang terbuat dari logam sangat diperlukan dalam pemilihan bahan dan pemeliharaan peralatan industri. Salah satu metoda untuk pengujian kualitas material adalah pengujian komposisi kimia. Pengujian komposisi kimia adalah suatu metoda untuk mengetahui komposisi kandungan unsur-unsur yang terdapat pada suatu material, dimana dari kandungan-kandungan unsur-unsur tersebut dapat diketahui *grade* material tersebut atau termasuk pada kelompok material mana logam tersebut.

Salah satu metoda pengujian komposisi kimia logam adalah dengan metoda *optical emission spectrometry(OES)*. Metoda ini adalah metoda pengujian komposisi kimia dengan menggunakan *optical emission*, cara *burn* atau *spark*. Media untuk melaksanakan proses *burn* atau *spark* ini adalah dengan menggunakan gas yaitu argon UHP. Dikarenakan metoda pengujian komposisi kimia metoda *optical emission spectrometry (OES)* ini menggunakan media gas, maka hasil pengujian komposisi kimia dengan cara ini sangat tergantung kondisi gas yang melakukan *burn* atau *spark* tersebut terjadi kebocoran atau tidak. Hasil pengujian komposisi kimia akan makin tepat jika tidak ada gas yang bocor. Sehingga ada dua faktor yang mempengaruhi hasil uji komposisi kimia dengan metoda ini, yaitu posisi *probe/gun* dari alat uji spektrometer, dimana posisinya tegak lurus sedemikian rupa sehingga tidak ada gas yang bocor dan kondisi ukuran sampel yang cukup untuk menutupi seluruh bagian *probe/gun* sehingga tidak ada gas yang bocor. Untuk faktor yang pertama telah banyak ditanggulangi oleh pabrikan alat uji *optical emission spectrometer* dengan merancang *probe/gun* sedemikian rupa agar gas tidak bocor. Sedangkan untuk faktor kedua yaitu ukuran material, harus dicari metoda yang tepat dan tidak mempengaruhi hasil pengujian. Metoda yang diambil oleh penulis adalah metoda *extended size* dan *added thickness*.

Metoda *extended size* adalah metode penyambungan material yang ukurannya kecil dengan material yang sejenis dengan cara dilas, sehingga ukuran material menjadi makin besar. Metoda *added thickness* adalah metoda dengan penambahan ketebalan material dengan cara dilas. Metoda ini untuk menanggulangi kondisi material yang tipis sehingga ketika diperlakukan pengujian komposisi kimia dengan *optical emission spectrometer*, proses *burn/spark* akan menembus materialnya, sehingga hasilnya tidak menunjukkan komposisi kimia material yang diuji.

Dalam penelitian ini yang menjadi batasan masalah adalah : (a) Penelitian ini menggunakan metoda pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*). Pengelasan TIG adalah pengelasan menggunakan elektroda wolfram yang bukan merupakan bahan

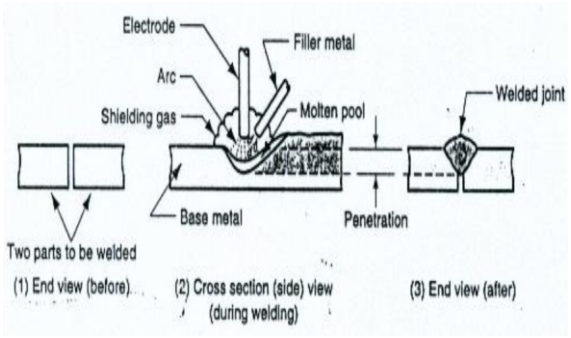
tambahan. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda wolfram dan bahan dasar merupakan sumber panas, untuk pengelasan. Titik cair elektroda wolfram sedemikian tingginya sampai 3410°C, sehingga tidak ikut mencair pada saat terjadi busur listrik, (b) Sampel material yang digunakan pada penelitian ini adalah pelat *stainless steel grade 420F*, (c) Alat uji komposisi kimia yang digunakan adalah *Optical Emission Spektrometrik (OES)* tipe ARC/SPARK merek Oxford, model PMI MASTER PRO. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa hasil uji komposisi kimia material logam pada kondisi awal dan setelah diperlakukan pengelasan untuk *extended size* dan *added thickness*. Pengelasan adalah proses penyambungan material dengan menggunakan energi panas sehingga menjadi satu dengan atau tanpa tekanan. Pengelasan dapat dilakukan dengan pemanasan tanpa tekanan, pemanasan dengan tekanan dan tekanan tanpa memberikan panas dari luar (panas diperoleh dari dalam material itu sendiri) (AWS Welding Handbook, 2005*)*. Disamping itu pengelasan dapat dilakukan tanpa logam pengisi dan dengan logam pengisi. Pengelasan dapat dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu pengelasan lebur (*fusion welding*), pengelasan padat (*solidstate welding*) (ASME Boiler & Pressure Vessel, 2010).

**Pengelasan lebur**

Proses pengelasan lebur menggunakan panas untuk mencairkan logam induk, beberapa operasi menggunakan logam pengisi dan yang lain tanpa logam pengisi. Pengelasan lebur dapat dikelompokkan sebagai berikut (AWS Welding Handbook, 2005*)* :

1) Pengelasan busur (*arc welding, AW*)

Dalam proses pengelasan ini penyambungan dilakukan dengan memanaskan logam pengisi dan bagian sambungan dari logam induk sampai mencair dengan memakai sumber panas busur listrik, seperti ditunjukkan dalam Gambar 1. Beberapa operasi pengelasan ini juga menggunakan tekanan selama proses;




**Gambar 1**. Pengelasan Lebur

2) Pengelasan resistansi listrik (*resistance welding-RW*).

Dalam proses pengelasan ini permukaan lembaran logam yang disambung ditekan satu sama lain dan arus yang cukup besar dialirkan melalui sambungan tersebut. Pada saat arus mengalir dalam logam, panas tertinggi timbul di daerah yang memiliki resistansi listrik terbesar, yaitu pada permukaan kontak kedua logam;

3) Pengelasan gas (*oxyfuel gas welding, OFW*);

Dalam pengelasan ini sumber panas diperoleh dari hasil pembakaran gas dengan oksigen sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu yang dapat mencairkan logam induk dan logam pengisi. Gas yang lazim digunakan adalah gas alam, asetilen, dan hidrogen. Dari ketiga gas ini yang paling sering dipakai adalah gas asetilen, sehingga las gas diartikan sebagai las oksiasetilen.

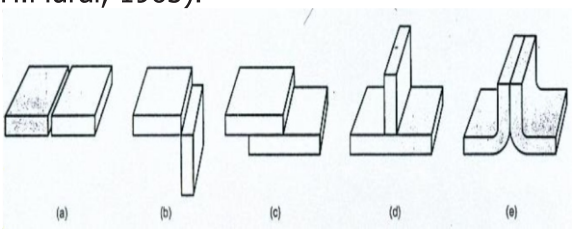
4) Proses pengelasan lebur yang lain;

Terdapat beberapa jenis pengelasan lebur yang lain, untuk menghasilkan peleburan logam yang disambung, seperti misalnya pengelasan berkas elektron (*electron beam welding*), dan pengelasan berkas laser (*laser beam welding*).

**Sambungan Las**

Sambungan las adalah pertemuan dua tepi atau permukaan benda yang disambung dengan proses pengelasan. Terdapat lima jenis sambungan yang biasa digunakan untuk menyatukan dua bagian benda logam, seperti dapat dilihat dalam

Gambar 2 (K. Ishizaki, N. Araki and H.Murai, 1965).




**Gambar 2.** Lima Jenis Sambungan yang Biasa Digunakan Dalam Proses Pengelasan

(a) **Sambungan tumpu (*butt joint*)**; kedua bagian benda yang akan disambung diletakkan pada bidang datar yang sama dan disambung pada kedua ujungnya;

(b) **Sambungan sudut (*corner joint*)**; kedua bagian benda yang akan disambung membentuk sudut siku-siku dan disambung pada ujung sudut tersebut;

(c) **Sambungan tumpang (*lap joint*)**; bagian benda yang akan disambung saling menumpang (*overlapping*) satu sama lainnya;

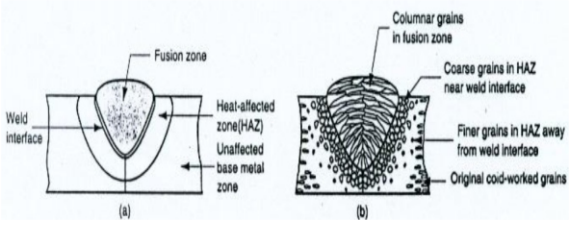
(d) **Sambungan T (*tee joint*)**; satu bagian diletakkan tegak lurus pada bagian yang lain dan membentuk huruf T yang terbalik;

(e) **Sambungan tekuk (*edge joint*)**; sisi-sisi yang ditekuk dari ke dua bagian yang akan disambung sejajar, dan sambungan dibuat pada kedua ujung bagian tekukan yang sejajar tersebut.

**Ciri-ciri Penyambungan Pengelasan Lebur**

Pada umumnya sambungan las diawali dengan meleburnya di daerah sekitar pengelasan. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 3(a), sambungan las yang di dalamnya telah ditambahkan logam pengisi terdiri dari beberapa daerah (*zone*) seperti daerah lebur (*fusion zone*), daerah antarmuka las (*weld interface zone*), daerah pengaruh panas (*heat effective zone, HAZ*), daerah logam dasar tanpa pengaruh panas (*uneffective base metal zone*).

Daerah lebur terdiri dari campuran antara logam pengisi dengan logam dasar yang telah melebur secara keseluruhan. Daerah ini memiliki derajat homogenitas yang paling tinggi diantara daerah-daerah lainnya. Struktur yang dihasilkan pada daerah ini berbentuk butir kolumnar yang kasar seperti ditunjukkan dalam Gambar 3(b).




**Gambar 3.** Penampang Melintang Penyambungan Pengelasan Lebur

Daerah antar muka las merupakan daerah sempit berbentuk pita (*band*) yang memisahkan antara daerah lebur dengan *HAZ*. Daerah ini terdiri dari logam dasar yang melebur secara keseluruhan atau sebagian, yang segera menjadi padat kembali sebelum terjadi proses pencampuran.

*HAZ*, logam pada daerah ini mendapat pengaruh panas dengan suhu di bawah titik lebur, tetapi cukup tinggi untuk merubah mikrostruktur logam padat. Akibat panas yang dialami telah merubah mikrostrukturnya, sehingga sifat mekaniknya mengalami perubahan dan pada daerah ini sering terjadi kerusakan.

Daerah logam dasar tanpa pengaruh panas tidak mengalami perubahan metalurgi, tetapi karena dikelilingi oleh *HAZ* maka daerah ini memiliki tegangan sisa yang besar, sehingga mengurangi kekuatannya. Untuk menghilangkan tegangan sisa tersebut biasa dilakukan perlakuan panas (*heat treatment*) (AWS Welding Handbook, 2005).

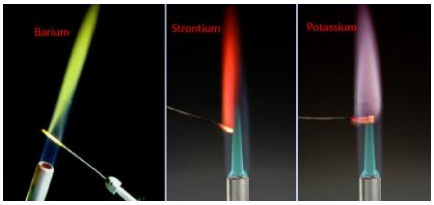
**Las TIG**

Las gas tungsten (las TIG) adalah proses pengelasan dimana busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda tungsten (elektroda tak terumpan) dengan benda kerja logam. Daerah pengelasan dilindungi

oleh gas lindung (gas tidak aktif) agar tidak berkontaminasi dengan udara luar. Kawat las dapat ditambahkan atau tidak tergantung dari bentuk sambungan dan ketebalan benda kerja yang akan dilas.

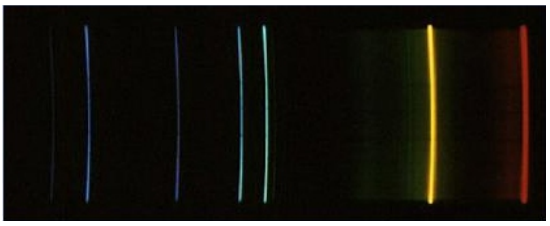
**Pengujian Komposisi Kimia dengan *Optical Emission Spectrometry (OES)***

*Optical Emission Spectrometry (OES)* adalah salah satu metoda untuk menentukan komposisi kimia suatu logam, dalam arti OES dapat menentukan persentase unsur-unsur yang terdapat dalam suatu material logam. Kandungan suatu material logam dapat dideteksi berdasarkan spektrum warna dari suatu material. Karena tiap-tiap unsur akan memiliki sifat fisik khas dalam hal warna spektrumnya. Sebagai contoh untuk unsur Natrium (Na) jika dipanaskan akan mengeluarkan cahaya yang berwarna kuning (pada panjang gelombang sekitar 760 m) yang hanya dikeluarkan oleh unsur Natrium. Dengan demikian cahaya pada panjang gelombang tersebut jelas menunjukan sifat unsur Natrium, dan intensitas cahaya tersebut sebanding dengan jumlah atom Na, yang berarti dengan mengukur cahaya yang dipancarkan tadi, dapat ditentukan jumlah (kadar) dari unsur Natrium tersebut. Pada Gambar 4 mengilustrasikan kondisi tersebut (Karl Slickers, 1989).




**Gambar 4.** Warna Unsur Tertentu Ketika Dibakar

Prinsip OES berkaitan dengan ilmu spektroskopi. Spektroskopi adalah bidang ilmu pengetahuan yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan pengamatan, pengukuran dan penafsiran tentang radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan atau diserap oleh materi. Pada kegiatan spektroskopi, radiasi gelombang elektromagnetik diuraikan menjadi barbagai panjang gelombang yang disebut spektra dan diukur intensitasnya seperti pada Gambar 5. Selanjutnya dari spektra-spektra ini dapat ditafsirkan sifat dari bahan tersebut, dengan demikian spektroskopi dapat dimanfaatkan untuk mengetahui komposisi bahan. Dalam analisa kimia, cara ini biasa disebut analisa spektrofotometri.



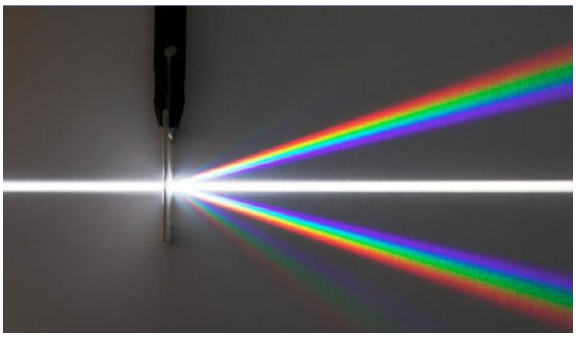
**Gambar 5.** Penampakan Spektrum Berbagai Panjang Gelombang

Bila seberkas cahaya polikromatik melalui sebuah prisma, maka akan diperoleh spektrum yang terdiri dari berbagai warna seperti ditunjukkan pada

Gambar 6. Karena cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda, maka cahaya polikromatik tadi akan didispersikan menjadi spektrum warna ketika keluar dari medium prisma. Selanjutnya apabila sumber cahaya polikromatik tersebut diganti dengan busur elektrik yang diisi dengan suatu senyawa atau suatu unsur tertentu, maka ketika dialirkan listrik senyawa atau unsur tadi akan teratomisasi lalu tereksitasi sehingga memancarkan suatu spektrum yang khas bagi unsur tersebut (The American Society for Testing and Materials, 2012).

Spektrum radiasi gelombang elektromagnetik berasal dari atom atau molekul yang mengalami perubahan pada keadaan susunan elektron yang mengelilingi inti. Apabila suatu atom yang elektronnya dalam keadaan stabil diberi energi maka elektron tersebut akan berpindah ke level enegi yang lebih tinggi sambil menyerap energi yang diterima, selanjutnya apabila energi tersebut dihilangkan maka elektron tadi akan kembali kedalam keadaan semula sambil memancarkan radiasi elektromagnetik. Radiasi yang dipancarkan ini biasanya

terdiri dari berbagai panjang gelombang yang disebut spektrum.



**Gambar 6.** Cahaya Polikromatik yang Melewati Suatu Prisma

Spektrum elektromagnetik adalah sederetan energi sinar yang disusun menurut perubahannya, misalnya bertambahnya nilai panjang gelombang. Spektrum elektromagnetik digolongkan dalam berbagai daerah spektr um. Pada daerah sinar tampak (*visible ray*), mencakup daerah spektrum/panjang gelombang yang paling sempit yaitu sekitar 400 nm sampai dengan 700 nm. Sinar tampak (*visible ray*) ini adalah sinar elektromagnetik yang mendasari analisa Spektrofotometri.

*Optical Emission Spectrometry* (OES) adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk analisa logam secara kuantitatif yang didasarkan pada pemancaran atau emisi sinar dengan panjang gelombang karakteristik untuk unsur yang dianalisa. Sumber dari pengeksitasi dari OES bisa didapat dari nyala api gas atau busur listrik, biasa disebut *arc atau spark*.

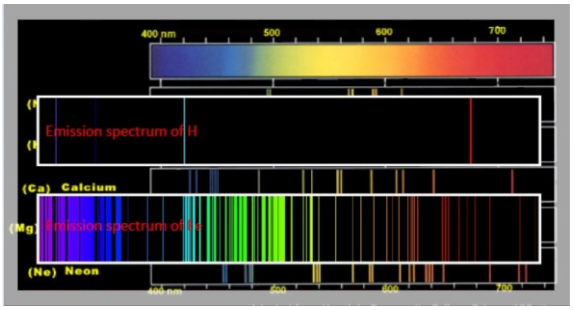
Prinsip dasar dari analisa OES ini yaitu : apabila atom suatu unsur ditempatkan dalam suatu sumber energi kalor (sumber pengeksitasi), maka elektron di orbital paling luar atom tersebut yang tadinya dalam keadaan dasar atau *grou nd state* akan tereksitasi ke tingkat-tingkat energi elektron yang lebih tinggi. Karena keadaan tereksitasi itu merupakan keadaan yang sangat tidak setabil maka elektron yang tereksitasi itu secepatnya akan kembali ke tingkat energi semula yaitu kekeadaan dasarnya (*ground state*). Pada waktu atom yang tereksitasi itu kembali ke tingkat energi lebih rendah yang semula, maka kelebihan energi yang dimilikinya sewaktu masih dalam keadaan tereksitasi akan *dibuang* keluar berupa *emisi sinar* dengan panjang gelombang karakteristik bagi unsur yang bersangkutan (Karl Slickers, 1989).

Untuk sumber pengeksitasi atom suatu unsur diperlukan suatu sumber energi kalor yang mampu mengeksitasikan elektron di orbital paling luar dari atom tersebut ke tingkat energi atom yang lebih tinggi. Pada spektrofotometri emisi nyala, sumber pengeksitasinya adalah nyala api gas, tetapi kelemahan dari nyala api ini adalah energi kalor yang dihasilkannya relatif rendah. Dengan kombinasi gas ini maka unsur-unsur yang dapat dieksitasikan dengan menghasilkan intensitas sinar emisi yang baik biasanya adalah logam-logam alkali (Na, K, Li, Ca dll). Sedangkan untuk mengeksitasikan atom logam-logam yang lebih berat maka diperlukan nyala api dengan kombinasi gas lain yang dapat memberikan suhu lebih tinggi dan juga memberikan energi kalor yang lebih tinggi. Ada suatu jenis sumber pengeksitasi yang mampu memberikan energi kalor dan suhu yang lebih tinggi, yaitu bunga api listrik yang disebut *arc* atau *Spark.* Dalam penelitian ini yang digunakan sebagai sumber pengeksitasi adalah dengan menggunakan gas Argon UHP. Yang dimaksud dengan bunga api listrik atau awan muatan listrik (*electrical discharge*) adalah loncatan muatan listrik antara ujung batang elektroda dan sampel dimana ujung elektroda dan sampel tidak saling bersentuhan dan apabila antara keduanya diberikan tegangan listrik yang tinggi, maka akan terjadi loncatan muatan elektron dan akan menimbulkan tahanan sehingga hal ini akan menimbulkan kalor yang sangat tinggi.

Untuk analisa kuantitatif, dibuat beberapa cuplikan standar unsur X dengan komposisi kimia yang sudah diketahui, kemudian tiap cuplikan standar itu dieksitasi dalam *spark* sehingga diperoleh spektrum emisi X tersebut pada tabung penggandaan foto (*Photo Multi Plier*

*Tube/PMT*). Dari berbagai garis spektrum yang dihasilkan pada foto tersebut, kemudian dipilih salah satu garis yang intensitasnya kuat dan diukur derajat kehitamannya. Semakin tinggi konsentrasi X maka semakin hitam garisnya (dan sebaliknya). Sehingga dapat disimpulkan tingkat kehitaman garis spektrum emisi itu berbanding lurus dengan intensitas (I) garis emisi itu.

Densitometer memberikan langsung nilai intensitas untuk berbagai konsentrasi. Sehingga dapat dibuat kurva hubungan antara intensitas dan konsentrasi pada suatu panjang gelombang yang diukur. Letak suatu garis hitam, yang berasal dari suatu logam, pada film foto, menentukan nilai panjang gelombang yang khas bagi logam yang bersangkutan. Suatu logam tertentu dapat menghasilkan banyak sekali garis hitam pada film foto, dengan intensitas yang berbeda seperti Gambar 7.




**Gambar 7.** Gambar Spektrum Suatu Logam

Penentuan kadar secara kuantitatif dengan analisa OES adalah sebuah metoda yang relatif. Pada dasarnya metoda ini membandingkan intesitas dari sampel yang belum diketahui komposisinya dengan intensitas dari sampel standar yang nilai komposisinya sudah diketahui dengan pasti. Oleh karena itu, untuk menghasilkan analisa yang akurat tergantung dari stabilitas alat dan sampel standar (Seshadri Seetharaman, 2005*)*.

Secara umum persyaratan untuk sampel standar adalah komposisi kimia untuk setiap elemen harus mencakup rentang sampel yang akan dianalisa, struktur kimia dan sifat-sifat secara metalurgis harus sesuai dengan sampel yang akan dianalisa, komposisi kimia untuk setiap elemen harus betul-betul sudah dianalisa dan bersertifikat dari badan yang berhak mengeluarkan sertifikat sampel standar, harus homogen dan bebas dari segregasi, mempunyai base elemen yang sama, jumlah sampel standar harus cukup untuk membentuk kurva kerja (ASM Handbook, 2005).

## METODE PENELITIAN

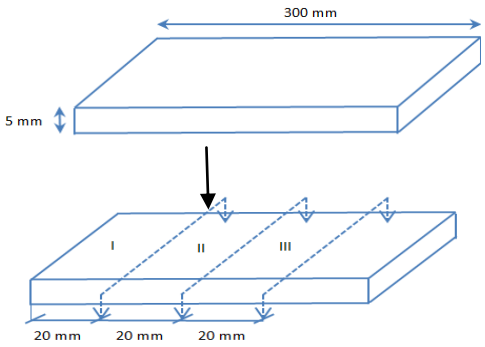
### Bahan dan Alat

Dalam penelitian ini, sampel yang digunakan adalah material *stainless steel* kelas martensitic dengan *grade* 420F, dengan komposisi kimia standar sebagai berikut (dalam %): *carbon*: 0,26-0,40; *silicon*: max 1,00; *mangan*: max 1,25; *phospor:* max 0,060; *sulfur*: min 0,15; *nickel*: ±0,60; *chrom:* 12-14; *molybdenum:* ±0,60, dengan tebal 5 mm, panjang 300mm dan lebar 25 mm. Pertama-tama sampel tersebut diuji komposisi kimianya dengan menggunakan alat uji *Optical Emission Spectrometer (OES)* tipe ARC/SPARK merek Oxford, model PMI MASTER PRO dan media gas Argon UHP. Hasil uji komposisi kimia tersebut adalah sebagai hasil uji komposisi kimia awal ketika belum diperlakukan *extended size* dan *added thickness*. Sedangkan untuk perlakukan material berupa *extended size* dan *added thickness* digunakan pengelasan dengan metoda Las TIG.

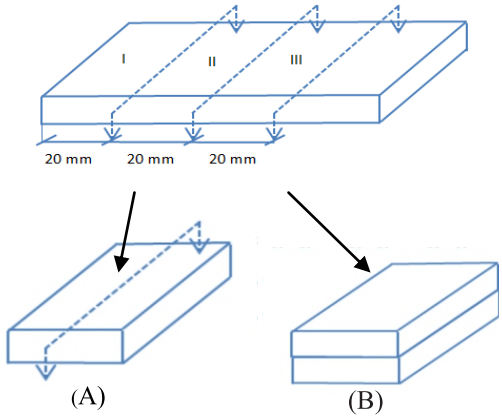
### Metode Percobaan

Pelat yang sudah dipersiapkan kemudian dipotong tiga bagian masing-masing panjang 20 mm. Satu bagian digunakan untuk pengujian komposisi kimia setelah diperlakukan *extended size*, dimana satu bagian dari sampel tersebut diambil untuk dipotong kembali menjadi dua bagian, sehingga ukurannya tidak cukup untuk dilakukan pengujian dengan OES. Selanjutnya bagian yang dipotong tersebut disambung kembali dengan menggunakan pengelasan secara TIG, lihat Gambar 9(A). Pada dua bagian lainnya digunakan untuk analisa metoda *added thickness*. Dimana dua bagian tersebut

disambung secara tumpang tindih sehingga terbentuk seolah-olah ada penambahan ketebalan, lihat Gambar 9(B).




**Gambar 8** Langkah Percobaan 1 (Material Utuh ◊ Dipotong 4 Bagian)




**Gambar 9** Langkah Percobaan 2 (Bagianbagian Potongan ♦ *extended size* dan *added thickness*)

Pada penelitian ini terdapat 7(tujuh) langkah percobaan, yaitu :

1) Preparasi awal sampel.

Langkah pertama adalah preparasi awal sampel untuk dilakukan uji komposisi kimia awal. Sampel sebelumnya diampelas pada bagian yang akan diuji dengan OES. Preparasi ini untuk memastikan bahwa pada permukaan sampel tidak terdapat minyak, grease, kerak-kerak yang dapat mengganggu uji komposisi kimia.

2) Pengujian komposisi kimia sampel awal.

Setelah dipreparasi, sampel diuji komposisi kimia dengan alat *optical emission spectrometer*. Pengujian komposisi kimia dilakukan di laboratorium uji kimia Balai Besar Logam dan Mesin Bandung. Sebelumnya dilakukan kontrol sampel standar untuk memastikan bahwa alat uji tersebut dapat menganalisa komposisi kimia sampel standar, dalam hal ini yang digunakan adalah sampel standar dan program untuk Stainless Steel. Sampel kemudian ditembak dengan OES. Sampel ditembak beberapa kali sampai mendapatkan tiga data komposisi kimia yang stabil. Kemudian tiga data tersebut diambil nilai rata-ratanya. Hasil dari uji ini dijadikan sebagai data nilai komposisi kimia awal material penelitian, untuk dibandingkan dengan nilai komposisi kimia material setelah dilakukan *extended size* dan *added thickness*.

3) Pemotongan sampel tiga bagian.

Selanjutnya sampel awal dipotong, diambil tiga bagian dengan masing-masing panjang 25 mm. Pemotongan sampel menggunakan gergaji potong, tanpa menggunakan panas. Potongan bagian pertama digunakan sebagai sampel untuk diperlakukan metoda *ex-tended size*. Sedangkan dua bagian lainnya digunakan untuk metoda *added thickness*.

4) Pengelasan sampel.

Selanjutnya adalah proses pengelasan. Sampel bagian pertama dipotong kembali menjadi dua bagian, masing-masing panjang 10mm. Pemotongan juga menggunakan gergaji potong tanpa menggunakan panas. Setelah dipotong sampel bagian pertama yang telah menjadi dua bagian tersebut dilas dengan menggunakan las TIG. Sampel ini akan dijadikan sebagai sampel untuk metoda *extended size*. Sedangkan dua bagian sampel lainnya juga dilas dimana salah satu sampel berada di atas sampel lainnya. Pengelasan juga menggunakan las TIG. Sampel ini dijadikan sampel untuk metoda *added thickness*.

5) Preparasi sampel *extended size* dan *added thickness* untuk uji komposisi kimia.

Setelah sampel dilas, terdapat kerak-kerak sisa pengelasan. Kerak-kerak ini dapat mengganggu pengujian komposisi kimia, sehingga harus dihilangkan.

Penghilangan kerak-kerak ini dengan menggunakan gerinda. Setelah dipastikan tidak terdapat kerak lagi, maka sampel siap diuji komposisi kimia.

6) Pengujian komposisi kimia sampel *extended size* dan *added thickness.*

Langkah selanjutnya adalah pengujian komposisi kimia sampel yang telah diperlakukan *extended size* dan *added thickness*. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menembak beberapa kali sampai ditemukan tiga data komposisi kimia yang stabil. Kemudian diambil nilai rata-ratanya. Data hasil uji komposisi kimia ini digunakan sebagai hasil uji komposisi kimia untuk sampel *extended size* dan *added thickness*.

7) Analisa hasil uji.

Langkah terakhir adalah pembandingan hasil uji sampel awal yang tidak diperlakukan apa-apa dengan hasil uji komposisi kimia setelah sampel diperlakukan *extended size* dan *added thickness*. Selanjutnya hasil pembandingan tersebut dianalisa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Komposisi Kimia Sampel Awal

Komposisi kimia sampel awal yang belum diperlakukan *extended size* dan *added thickness* seperti Tabel 1. Dari hasil uji komposisi kimia pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa sampel tersebut paling dekat masuk *stainless steel* kelas *martensitic grade* 420F, dimana sampel standar (*stainless steel* AISI 420F) dengan komposisi kimia (%): *carbon*: 0,26-0,40; *silicon:* max 1,00; *mangan*: max 1,25; *phospor*: max 0,060; *sulfur:* min 0,15; *nickel:* ±0,60; *chrom* : 12-14; *mo-lybdenum*: ±0,60. Sedangkan hasil uji *added thickness* (%): *carbon*: 0,447; *silicon:* 0,499; *mangan:* 0,423; *phospor:* 0,0717; *sulfur:* 0,237; *nickel:* 0,354; *chrom:* 12,4; *molyb-denum:* 0,466.

Hasil uji komposisi kimia tidak persis sama dengan sampel standar dikarenakan sampel yang diuji bukanlah sampel standar dengan kondisi tidak homogen sehingga persentase unsur-unsur di dalamnya tidak sama persis dengan sampel standar, tetapi paling mendekati dan masuk rentang komposisi kimia dari *stainless steel* AISI 420F.

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Awal Material Sebelum Perlakuan *Extended Size* dan *Added Thickness*

| | Fe | C | Si | Mn |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 84,6 | 0,445 | 0,498 | 0,429 |
| 2 | 85 | 0,443 | 0,447 | 0,416 |
| 3 | 84,5 | 0,453 | 0,552 | 0,423 |
| Rerata | 84,7 | 0,447 | 0,499 | 0,423 |
| | P | S | Cr | Mo |
| 1 | 0,0737 | 0,183 | 12,5 | 0,473 |
| 2 | 0,0776 | 0,223 | 12,2 | 0,463 |
| 3 | 0,0639 | 0,305 | 12,5 | 0,462 |
| Rerata | 0,0717 | 0,237 | 12,4 | 0,466 |
| | Ni | Al | Co | Cu |
| 1 | 0,360 | < 0,0010 | 0,0292 | 0,0580 |
| 2 | 0,343 | < 0,0010 | 0,0344 | 0,0532 |
| 3 | 0,357 | < 0,0010 | 0,0325 | 0,0606 |
| Rerata | 0,354 | < 0,0010 | 0,0320 | 0,0573 |
| | Nb | Ti | V | W |
| 1 | 0,0375 | 0,0028 | 0,0846 | 0,114 |
| 2 | 0,0057 | 0,0058 | 0,0748 | 0,100 |
| 3 | 0,0206 | 0,0034 | 0,0652 | 0,0803 |
| Rerata | 0,0213 | 0,0040 | 0,0749 | 0,0985 |
| | Pb | | | |
| 1 | < 0,0010 | | | |
| 2 | < 0,0010 | | | |
| 3 | < 0,0010 | | | |
| Rerata | < 0,0010 | | | |

### Hasil Uji Komposisi Kimia Sampel Setelah Dilakukan *Extended Size* dan *Added Thickness*

Hasil uji komposisi kimia sampel yang telah dilakukan *extended size* seperti Tabel 2. Dari hasil uji pada Tabel 2, tampak bahwa komposisi kimia sampel tersebut juga mendekati sampel standar *stainless steel* kelas *martensitic grade* 420F. Dengan hasil uji (%): *carbon: 0,402; silicon: 0,435; mangan: 0,406; phospor : 0,0810 ; sulfur: 0,0424; nickel: 0,320; chrom: 12,6; molybdenum: 0,463*. Dari hasil uji komposisi kimia tersebut dapat dilihat bahwa perlakuan material secara pengelasan dengan metoda *extended*

*size* tidak terjadi perubahan komposisi kimia secara signifikan. Unsur-unsur utama masih dalam rentang standar sampel *stainless steel* AISI 420F dan komposisi kimianya mendekati kondisi sampel awal.

Untuk hasil uji komposisi kimia sampel yang dilakukan *added thickness*, disajikan dalam Tabel 3. Dari hasil uji, tampak bahwa komposisi kimia sampel yang dilakukan *added thickness* tersebut juga mendekati sampel standar *stainless steel* kelas *martensitic grade* 420F. Dengan hasil uji (%): *carbon: 0,428; silicon: 0,467*; *mangan: 0,411; phospor : 0,0674; sulfur : 0,0553; nickel: 0,332; chrom : 12,6; molybdenum: 0,462.* Dari hasil uji komposisi kimia tersebut dapat dilihat bahwa perlakuan material secara pengelasan dengan metoda *added thickness* tidak terjadi perubahan komposisi kimia secara signifikan. Unsur-unsur utama masih dalam rentang standar sampel. *Stainless steel* AISI 420F dan komposisi kimianya mendekati kondisi sampel awal.

**Tabel 2** Komposisi Kimia Material Setelah Dilakukan *Extended Size*

| | Fe | C | Si | Mn |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 84,6 | 0,402 | 0,480 | 0,414 |
| 2 | 85,4 | 0,407 | 0,471 | 0,390 |
| 3 | 85,1 | 0,397 | 0,355 | 0,408 |
| Rerata | 85,0 | 0,402 | 0,435 | 0,406 |
| | P | S | Cr | Mo |
| 1 | 0,0542 | 0,0132 | 12,9 | 0,475 |
| 2 | 0,0939 | 0,0850 | 12,1 | 0,476 |
| 3 | 0,0948 | 0,0291 | 12,7 | 0,439 |
| Rerata | 0,0810 | 0,0424 | 12,6 | 0,463 |
| | Ni | Al | Co | Cu |
| 1 | 0,336 | < 0,0010 | 0,0366 | 0,0438 |
| 2 | 0,302 | < 0,0010 | 0,0247 | 0,0525 |
| 3 | 0,323 | < 0,0010 | 0,0172 | 0,0511 |
| Rerata | 0,320 | < 0,0010 | 0,0261 | 0,0491 |
| | Nb | Ti | V | W |
| 1 | 0,0077 | < 0,0020 | 0,0782 | < 0,0250 |
| 2 | 0,0100 | < 0,0020 | 0,0630 | < 0,0250 |
| 3 | < 0,0020 | < 0,0020 | 0,0531 | < 0,0250 |
| Rerata | 0,0059 | < 0,0020 | 0,0648 | < 0,0250 |
| | Pb | | | |
| 1 | < 0,0010 | | | |
| 2 | < 0,0010 | | | |
| 3 | < 0,0010 | | | |
| Rerata | < 0,0010 | | | |

**Analisa Perbandingan Komposisi Kimia Awal Terhadap Sampel yang Dilakukan *Extended Size* dan *Added Thickness***

Dari hasil pengujian komposisi kimia terhadap sampel pada kondisi awal ketika sampel belum diperlakukan apa-apa dengan sampel yang sudah dilakukan *extended size* dan *added thickness*, dapat dibandingkan hasil uji komposisi kimianya seperti Tabel 4.

**Tabel 3** Komposisi Kimia Material Setelah Dilakukan *Added Thickness*

| | Fe | C | Si | Mn |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 85,1 | 0,426 | 0,418 | 0,409 |
| 2 | 85,0 | 0,440 | 0,479 | 0,419 |
| 3 | 84,8 | 0,417 | 0,501 | 0,408 |
| Rerata | 84,9 | 0,428 | 0,467 | 0,411 |
| | P | S | Cr | Mo |
| 1 | 0,0768 | 0,0666 | 12,5 | 0,460 |
| 2 | 0,0667 | 0,0208 | 12,5 | 0,455 |
| 3 | 0,0589 | 0,0784 | 12,7 | 0,473 |
| Rerata | 0,0674 | 0,0553 | 12,6 | 0,462 |
| | Ni | Al | Co | Cu |
| 1 | 0,325 | < 0,0010 | 0,0284 | 0,0364 |
| 2 | 0,349 | < 0,0010 | 0,0190 | 0,0373 |
| 3 | 0,321 | < 0,0010 | 0,0449 | 0,0386 |
| Rerata | 0,332 | < 0,0010 | 0,0500 | 0,0374 |
| | Nb | Ti | V | W |
| 1 | 0,0070 | < 0,0020 | 0,0731 | < 0,0250 |
| 2 | 0,0076 | < 0,0020 | 0,0777 | < 0,0250 |
| 3 | 0,0221 | 0,0044 | 0,0796 | < 0,0250 |
| Rerata | 0,0123 | < 0,0020 | 0,0768 | < 0,0250 |
| | Pb | | | |
| 1 | < 0,0010 | | | |
| 2 | < 0,0010 | | | |
| 3 | < 0,0010 | | | |
| Rerata | < 0,0010 | | | |

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa secara umum hasil uji komposisi kimia suatu material ketika diperlakukan kondisi *extended size* dan *added thickness* tidak memiliki perubahan yang signifikan, kecuali unsur sulfur seperti yang diarsir pada tabel di atas yang memiliki perbedaan persentase cukup signifikan, tetapi tidak merubah pengelompokan material secara umum. Perubahan yang terjadi pada unsur sulfur dapat diakibatkan oleh pengaruh gas argon baik yang digunakan ketika pengelasan untuk penyambungan material maupun gas argon ketika menguji dengan spektrofotometer. Gas argon tersebut dapat menimbulkan efek gradien termal,

dimana gas argon dapat memicu pengikatan unsur Mn terhadap unsur S sehingga terbentuk senyawa MnS. Dapat juga diakibatkan oleh tidak homogennya dari material yang diuji.

**Tabel 4.** Perbandingan Hasil Uji Komposisi Kimia

| Unsur | Komposisi Kimia (%) | | |
|---|---|---|---|
| | Sampel Awal | *Extended Size* | *Added Thickness* |
| Fe | 84,7 | 85,0 | 84,9 |
| C | 0,447 | 0,402 | 0,428 |
| Si | 0,499 | 0,435 | 0,467 |
| Mn | 0,423 | 0,406 | 0,411 |
| P | 0,0717 | 0,0810 | 0,0674 |
| S | 0,237 | 0,0424 | 0,0553 |
| Cr | 12,4 | 12,6 | 12,6 |
| Mo | 0,466 | 0,463 | 0,462 |
| Ni | 0,354 | 0,320 | 0,332 |
| Al | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 |
| Co | 0,0320 | 0,0261 | 0,0308 |
| Cu | 0,0573 | 0,0491 | 0,0374 |
| Nb | 0,0213 | 0,0059 | 0,0123 |
| Ti | 0,0040 | < 0,0020 | < 0,0020 |
| V | 0,0749 | 0,0648 | 0,0768 |
| W | 0,0985 | < 0,0250 | < 0,0250 |
| Pb | < 0,0100 | < 0,0100 | < 0,0100 |

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari pembahasan di atas yaitu metoda perlakuan material berupa *extended size* dan *added thickness* dapat digunakan dalam mengantisipasi kondisi sampel yang memiliki dimensi dan ketebalan yang terbatas ketika melakukan pengujian komposisi kimia dengan metoda *Optical Emission Spektro-fotometrik (OES),* dimana hasil uji komposisi kimia antara kondisi awal sampel tanpa diperlakukan apa-apa dengan sampel yang dikondisikan *extended size* dan *added thickness*, perubahan komposisi kimia tidak terlalu signifikan, sehingga hasil uji komposisi kimia relatif tidak berubah. Sehingga metoda extended size dan added thickness dapat digunakan dalam menanggulangi kekurangan dimensi dari material ketika akan diuji komposisi kimia dengan metoda OES. Perlakuan pengelasan TIG pada material logam dalam hal ini material *stainless steel*, tidak merubah komposisi kimia dari material logam tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA


ASM International Handbook Committee., 2005, *ASM Handbook, Volume 1,Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys*, ASM International, pp. 1305-1313, USA.

ASM International Handbook Committee., 2005, *ASM Handbook, Volume 6,Welding, Brazing and Soldering*, ASM International, USA.

ASME Boiler & Pressure Vessel Code., 2010, *Welding and Brazing Qualification*, ASME Three Park Avenue, pp. 33-324, NY, USA

AWS International., 2005, *AWS Welding Handbook, Volume 1,Welding Science and Technology*, AWS International, USA.

AWS International., 2005, *AWS Welding Handbook, Voume 2, Part 1 Welding Pro-cesses*, AWS International, USA.

AWS International., 2005, *AWS Welding Handbook, Volume 4, Part 1 Material and Applications*, AWS International, USA.

Karl Slickers, Dipl.-Ing, 1989, *Automatic Atomic-Emission Spectroscopy*, second edition, Bruhl Druck + pressehaus giessen.

K. Ishizaki, N. Araki and H. Murai, 2005, *Interfacial Tension Theory on The Phenomena of Arc Welding (Chapter 9)*, J.Jpn Weld. Soc, pp.146-153, Japan.

Seshadri Seetharaman., 2005, *Fundamentals of Metallurgy*, Woodhead Publishing in Materials, pp.118, 145-146, Cambridge, England.

The American Society for Testing and Materials., 2012, *ASTM E1086-08, Standard Test Method for Optical Emission Vacuum Spectrometric Analysis of Stainless by the Point to Plane Excitation Technique,* ASTM International, pp. 1-10, PA, USA.