

# *Modul*

MATAKULIAH	: TEORI PENGELASAN LOGAM
KODE MATAKULIAH	: STM 234 (2 SKS TEORI)
SEMESTER	: GASAL
DOSEN PENGAMPU	: RISWAN DWI DJAMIKO, MPD
WAKTU	: 90 MENIT

TOPIK 1 :

## PENDAHULUAN



**JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
TAHUN 2008**

## **DESKRIPSI MATAKULIAH**

Mata kuliah ini mempunyai bobot 2 SKS teori, bersifat wajib lulus dan merupakan prasyarat mata kuliah praktik las dan konstruksi. TEORI PENGELASAN LOGAM ini bertujuan agar mahasiswa mempunyai pengetahuan tentang: 1) Konsep dasar penyambungan logam dengan las; 2) Mesin dan peralatan las ; 3) Variabel pengelasan; serta ; 4) Prosedur pengelasan logam.

## **TUJUAN PEMBELAJARAN**

- 1 Mengetahui konsep dasar pengelasan logam:**
  - a. Menjelaskan pengertian sambungan las
  - b. Menjelaskan Mekanisme penyatuan bahan dan energi las
  - c. Menjelaskan Klasifikasi proses las
  - d. Menjelaskan Faktor yang berpengaruh terhadap sambungan las

## DAFTAR ISI

	Halaman
TUJUAN PEMBELAJARAN .....	i
PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL .....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Pengertian Las .....	1
B. Klasifikasi Proses Las .....	3
C. Reaksi Kimia Selama Proses Las .....	5
D. Melindungi Cairan Logam Las .....	5
E. Perubahan Sifat Logam Setelah Proses Las .....	6
F. Distorsi Sambungan Las Akibat Panas .....	8
G. Ruang Lingkup Pekerjaan Las .....	9
H. Pengaruh Posisi Las .....	10
I. Klasifikasi Bentuk Sambungan Las .....	11
J. Beberapa Variabel Pekerjaan Las .....	12

# 1

## **PENDAHULUAN**

### **A. Pengertian Pengelasan**

Pengelasan merupakan penyambungan dua bahan atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Kelebihan sambungan las adalah konstruksi ringan, dapat menahan kekuatan yang tinggi, mudah pelaksanaannya, serta cukup ekonomis. Namun kelemahan yang paling utama adalah terjadinya perubahan struktur mikro bahan yang dilas, sehingga terjadi perubahan sifat fisik maupun mekanis dari bahan yang dilas.

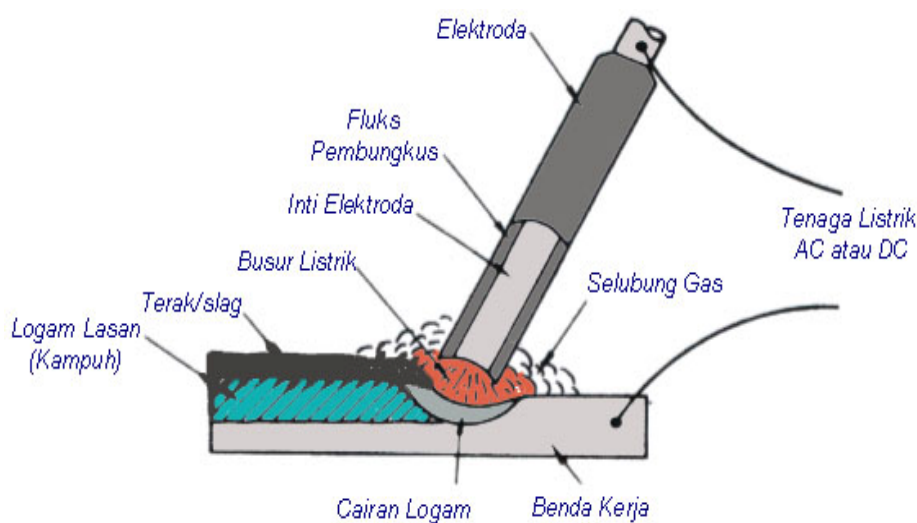
Perkembangan teknologi pengelasan logam memberikan kemudahan umat manusia dalam menjalankan kehidupannya. Saat ini kemajuan ilmu pengetahuan di bidang elektronik melalui penelitian yang melihat karakteristik atom, mempunyai kontribusi yang sangat besar terhadap penemuan material baru dan sekaligus bagaimanakah menyambungnya.

Jauh sebelumnya, penyambungan logam dilakukan dengan memanasi dua buah logam dan menyatukannya secara bersama. Logam yang menyatu tersebut dikenal dengan istilah *fusion*. Las listrik merupakan salah satu yang menggunakan prinsip tersebut.

Pada zaman sekarang pemanasan logam yang akan disambung berasal dari pembakaran gas atau arus listrik. Beberapa gas dapat digunakan, tetapi yang sangat populer adalah gas Acetylene yang lebih dikenal dengan gas Karbit. Selama pengelasan, gas Acetylene dicampur dengan gas Oksigen murni. Kombinasi campuran gas tersebut memproduksi panas yang paling tinggi diantara campuran gas lain.

Cara lain yang paling utama digunakan untuk memanasi logam yang dilas adalah arus listrik. Arus listrik dibangkitkan oleh generator dan dialirkan melalui kabel ke sebuah alat yang menjepit elektroda diujungnya, yaitu suatu logam batangan yang dapat menghantarkan listrik dengan baik. Ketika arus listrik dialirkan, elektroda disentuhkan ke benda kerja dan kemudian ditarik ke belakang sedikit, arus listrik tetap mengalir melalui celah sempit antara ujung elektroda dengan benda kerja. Arus yang mengalir ini dinamakan busur (*arc*) yang dapat mencairkan logam.

Terkadang dua logam yang disambung dapat menyatu secara langsung, namun terkadang masih diperlukan bahan tambahan lain agar deposit logam lasan terbentuk dengan baik, bahan tersebut disebut bahan tambah (*filler metal*). *Filler metal* biasanya berbentuk batangan, sehingga biasa dinamakan *welding rod* (Elektroda las). Pada proses las, *welding rod* dibenamkan ke dalam cairan logam yang tertampung dalam suatu cekungan yang disebut *welding pool* dan secara bersama-sama membentuk deposit logam lasan, cara seperti ini dinamakan **Las Listrik** atau **SMAW** (*Shielded metal Arch welding*), lihat gambar 1.



**Gambar 1. Prinsip Kerja Las Listrik**

Sebagian besar logam akan berkarat (korosi) ketika bersentuhan dengan udara atau uap air, sebagai contoh adalah logam besi mempunyai karat, dan aluminium mempunyai lapisan putih di permukaannya. Pemanasan dapat mempercepat proses korosi tersebut. Jika karat, kotoran, atau material lain ikut tercampur ke dalam cairan logam lasan dapat menyebabkan kekroposan deposit logam lasan yang terbentuk sehingga menyebabkan cacat pada sambungan las.

## B. Klasifikasi Proses Las

Sambungan las adalah ikatan dua buah logam atau lebih yang terjadi karena adanya proses difusi dari logam tersebut. Proses difusi dalam sambungan las dapat dilakukan dengan kondisi padat maupun cair. Dalam terminologi las, kondisi padat disebut *Solid state welding* (SSW) atau *Pressure welding* dan kondisi cair disebut *Liquid state welding* (LSW) atau *Fusion welding*.

Proses SSW biasanya dilakukan dengan tekanan sehingga proses ini disebut juga *Pressure welding Pressure welding*. Proses SSW memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah dapat menyambung dua buah material atau lebih yang tidak sama, proses cepat, presisi, dan hampir tidak memiliki daerah terpengaruh panas (*heat affected zone / HAZ*). Namun demikian SSW juga mempunyai kelemahan yaitu persiapan sambungan dan prosesnya rumit, sehingga dibutuhkan ketelitian sangat tinggi.

LSW merupakan proses las yang sangat populer di kalangan masyarakat kita, sambungan las terjadi karena adanya pencairan ujung kedua material yang disambung. Energi panas yang digunakan untuk mencairkan material berasal dari busur listrik, tahanan listrik, pembakaran gas, dan juga beberapa cara lain diantaranya adalah sinar laser, sinar electron, dan busur plasma. Penyambungan material dengan cara ini mempunyai persyaratan material harus sama, karena untuk mendapatkan sambungan yang sempurna suhu material harus sama, jika tidak proses penyambungan tidak akan terjadi. Kelebihan metode pengelasan ini adalah proses dan persiapan sambungan tidak rumit, biaya murah, pelaksanaannya mudah. Kelemahannya adalah memerlukan juru las yang terampil, terjadinya HAZ yang menyebabkan perubahan sifat bahan, dan ada potensi kecelakaan dan terganggunya kesehatan juru las.

Tabel 1 menunjukkan berbagai macam proses las yang ditinjau dari kelompok SSW dan LSW, disamping itu juga dilihat dari jenis sumber panas yang digunakan beserta kode proses las berdasarkan standar ISO.

## C. Reaksi Kimia Selama Proses Las

Dalam proses LSW bagian dari logam yang dilas harus dipanasi sampai mencair. Pemanasan logam dengan temperature yang sangat tinggi ini dapat mengakibatkan terjadinya reaksi kimia antara logam tersebut dengan Oksigen dan Nitrogen yang ada dalam udara. Jika selama proses las cairan logam las (*welding pool*) tidak dilindungi dari pengaruh udara, maka logam akan bereaksi dengan Oksigen dan Nitrogen membentuk *Oxides* dan *Nitrides* yang dapat menyebabkan logam tersebut menjadi getas dan keropos karena adanya kotoran (*slag inclusions*), sedangkan kandungan unsur Karbon dalam

logam akan membentuk gas CO yang dapat mengakibatkan adanya rongga dalam logam las (*cavity*).

Reaksi kimia lainnyapun bisa terjadi dalam cairan logam las (*welding pool*). Gas Hydrogen dan uap air juga dapat menyebabkan cacat las (*welding defect*). Hydrogen yang bereaksi dengan *Oxides* yang ada dalam logam dasar dapat menyebabkan terjadinya uap yang mengakibatkan terjadinya porositas pada logam lasan.

Tabel 1. Klasifikasi Proses Pengelasan Logam

				Jenis Proses Las	Kode ISO	
WELDING PROCESSES	LIQUID STATE WELDING	Electric Arc Welding	Flash Butt	Stud Welding	781	
				Projection Welding		
			Consumable Electrode	Shelded Metal Arc Welding (SMAW)	111	
				Metal Inert Gas Welding (MIG)	131	
				Metal Active Gas Welding (MAG)	135	
				Flux Cored Arc Welding (FCAW)	114	
			Non Consumable Electrode	Tungsten Inert Gas (TIG)	141	
				Plasma Arc Welding (PAW)	15	
			Resistance Welding		Spot Welding	
					Seam Welding	
		Thermal Welding		Gas Welding	3	
				Laser Welding	-	
		SOLID STATE WELDING	Friction Welding			42
			Cold Welding	Explosive Welding		441
	Ultrasonic Welding			41		
	Forge Welding			43		
	Diffusion Welding			45		

#### D. Melindungi Cairan Logam Las dari Pengaruh Udara Luar

Type energi panas yang digunakan untuk pencairan logam dan teknik perlindungan cairan logam las sangat berpengaruh terhadap perubahan komposisi kimawi dalam deposit logam lasan. Ketika nyala oksidasi dalam las Karbit (*Oxy-acetylene welding/OAW*) akan merubah besi menjadi *Oxides* sehingga deposit las keropos karena *Oxides* tersebut tercampur di dalamnya. Untuk mengelas baja karbon akan lebih baik bila digunakan nyala Netral. Pengelasan logam dengan *OAW*, cairan logam dilindungi dari udara luar oleh reduksi gas hasil pembakaran gas *Acetylene*.

Dalam teknik pengelasan *SMAW*, proses perlindungan logam lasan dilakukan dua tahap. Ketika logam las dalam kondisi cair dilindungi oleh bermacam-macam gas hasil pembakaran elektroda las dan ketika sedang membeku cairan ini dilindungi oleh lapisan terak yang terbentuk dari fluks yang membeku.

Pelindungan deposit logam las dalam pengelasan *Metal inert gas (MIG)* dan *Tungsten inert gas (TIG)*, terjadi karena sifat *inert gas* yang tidak dapat mengikat elemen lain dalam udara sehingga tidak akan terjadi reaksi kimia. Jika las *MIG* menggunakan gas pelindung  $CO_2$ , akan terjadi proses deoksidasi  $CO_2$  ketika terbakar dengan busur listrik, gas ini terpecah menjadi Karbon monoksida ( $CO$ ) dan Oksigen ( $O_2$ ). Oksigen yang lepas tidak bersentuhan dengan logam lasan, sedangkan deoksidisers bereaksi dengan Oksigen membentuk lapisan *slag* yang sangat tipis di atas permukaan deposit logam lasan.

Dalam las *OAW* deposit logam lasan dapat dilindungi dari oksidasi dan pengaruh reaksi kimia lainnya dengan menggunakan *Flux*. *Flux* merupakan gabungan berbagai elemen yang berfungsi meminimalkan terjadinya oksidasi. Komposisi kimia flux bervariasi tergantung jenis logam yang akan dilas.

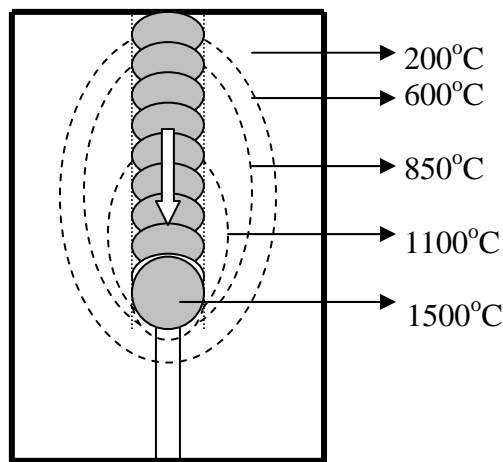
## E. Perubahan Sifat Logam Setelah Proses Las

Pencairan logam saat pengelasan menyebabkan adanya perubahan fasa logam dari padat hingga mencair. Ketika logam cair mulai membeku akibat pendinginan cepat, maka akan terjadi perubahan struktur mikro dalam deposit logam las dan logam dasar yang terkena pengaruh panas (*Heat affected zone/HAZ*). Struktur mikro dalam logam lasan biasanya berbentuk columnar, sedangkan pada daerah *HAZ* terdapat perubahan yang sangat bervariasi. Sebagai contoh, pengelasan baja karbon tinggi sebelumnya berbentuk *pearlite*, maka setelah pengelasan struktur mikronya tidak hanya *pearlite*,

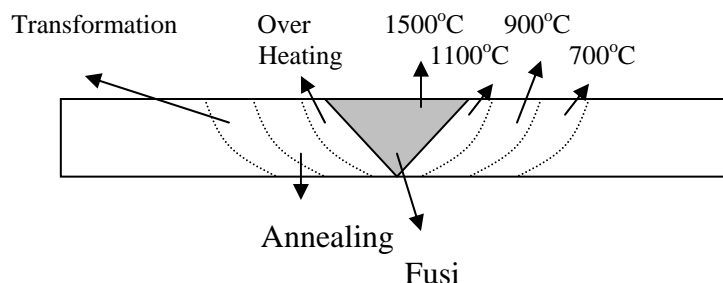


tetapi juga terdapat *bainite* dan *martensite* (lihat Gambar 4). Perubahan ini mengakibatkan perubahan pula sifat-sifat logam dari sebelumnya. Struktur mikro pearlite memiliki sifat liat dan tidak keras, sebaliknya martensite mempunyai sifat keras dan getas. Biasanya keretakan sambungan las berasal dari struktur mikro ini.

Gambar 2 mendeskripsikan distribusi temperatur pada logam dasar yang sangat bervariasi telah menyebabkan berbagai macam perlakuan panas terhadap daerah HAZ logam tersebut. Logam lasan mengalami pemanasan hingga temperatur 1500° C dan daerah HAZ bervariasi mulai 200° C hingga 1100° C (lihat Gambar 3). Temperatur 1500° C pada logam lasan menyebabkan pencairan dan ketika membeku membentuk struktur mikro *columnar*. Temperatur 200° C hingga 1100° C menyebabkan perubahan struktur mikro pada logam dasar baik ukuran maupun bentuknya.



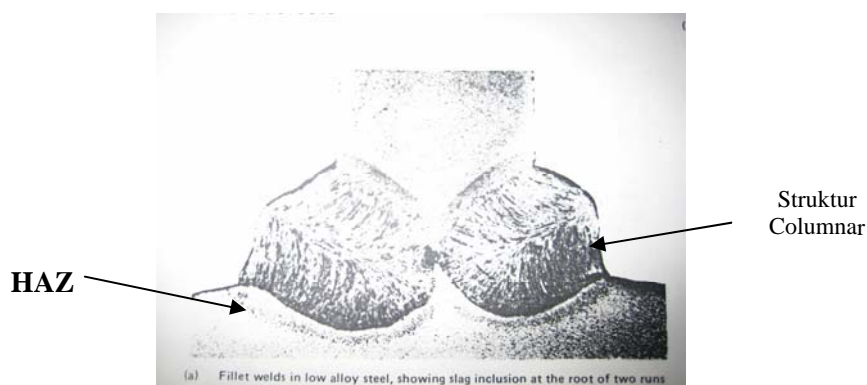
**Gambar 2. Distribusi Temperatur Saat Pengelasan**



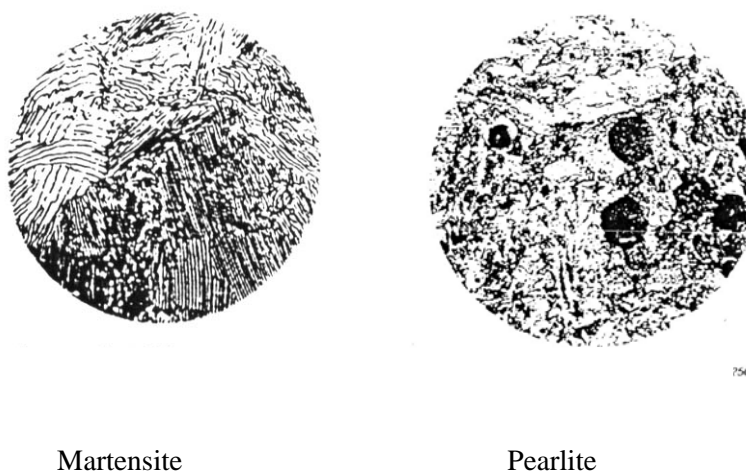
**Gambar 3. Perlakuan Panas Logam Las**

## F. Distorsi Sambungan Las Akibat Panas

Setiap logam yang dipanaskan mengalami pemuaian dan ketika pendinginan akan mengalami penyusutan. Fenomena ini menyebabkan adanya ekspansi dan kontraksi pada logam yang dilas. Ekspansi dan kontraksi pada logam yang dilas ini menurut istilah metalurgi dinamakan distorsi.



**Gambar 4. Struktur Makro Sambungan Las**



**Gambar 5 Struktur Mikro Baja Karbon**

Distorsi dikategorikan menjadi tiga macam, yaitu: 1) distorsi longitudinal, 2) distorsi transversal, dan 3) distorsi angular. Distorsi longitudinal terjadi akibat adanya ekspansi dan kontraksi deposit logam las di sepanjang jalur las yang menyebabkan tarikan dan dorongan pada logam dasar yang dilas. Distorsi transversal terjadi tegak lurus terhadap jalur las yang dapat mengakibatkan tarikan ke arah sumbu tegak jalur las.

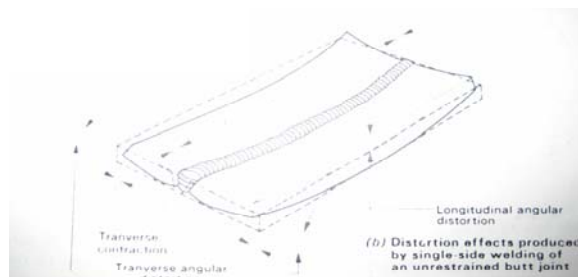
Distorsi angular menyebabkan efek gerakan sayap burung yang biasanya terjadi karena pengelasan di satu sisi logam dasar (lihat Gambar 6).

## G. Ruang Lingkup Pekerjaan Las

Industri manufaktur tidak dapat terlepas dari penyambungan logam. Penyambungan logam dilakukan dengan berbagai tujuan, diantaranya adalah untuk membuat suatu barang yang tidak mungkin dilakukan dengan teknik lain, memudahkan pekerjaan, serta dapat menekan biaya produksi.

Proses penyambungan logam yang banyak digunakan dalam industri manufaktur adalah las. Pengelasan logam merupakan pilihan yang cukup tepat. Pengelasan tidak membutuhkan waktu lama, konstruksi ringan, kekuatan sambungan cukup baik, serta biaya relatif murah.

Penerapan sambungan las sangat luas. Sambungan las banyak digunakan pada konstruksi jembatan, gedung, industri otomotif, industri peralatan rumah tangga, bahkan industri barang dengan bahan plastikpun banyak menggunakan proses las tersebut, lihat gambar 7.

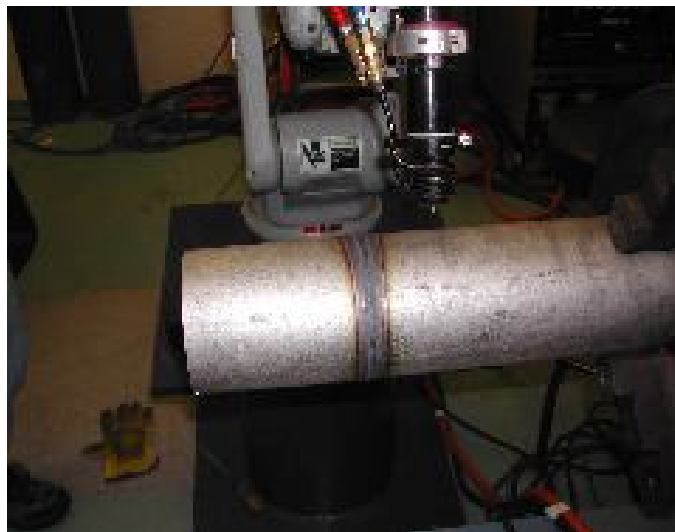


**Gambar 6. Macam-macam Distorsi**

## H. Pengaruh Posisi Proses Las Terhadap Keterampilan Juru Las

Sebagian besar pekerjaan las dilakukan dengan proses LSW (*Liquid state welding*) atau proses las dalam kondisi cair. Proses las yang dilakukan dengan kondisi cair ini, posisi saat pengelasan berlangsung sangat berpengaruh terhadap bentuk deposit logam las yang terbentuk. Tidak semua juru las mahir di semua posisi, posisi di bawah tangan (*down hand*) merupakan posisi yang paling mudah untuk dilakukan, namun

ketika mengelas pipa logam dengan posisi miring akan sangat sulit dilakukan. Juru las yang dapat melakukan pengelasan ini adalah juru las kelas satu yang dilengkapi dengan sertifikat standar internasional.

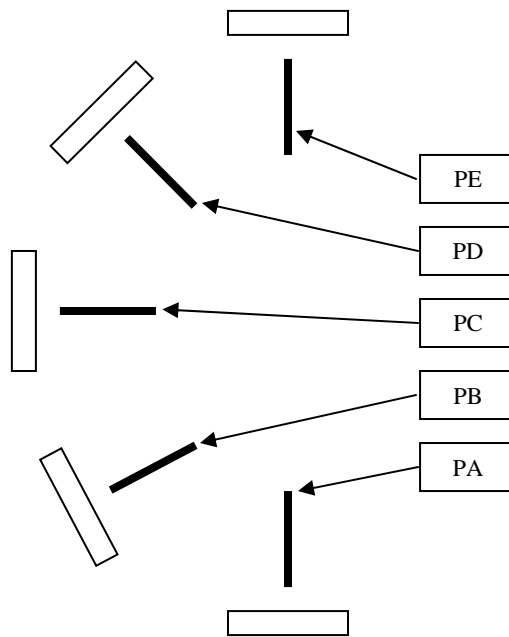


**Gambar 7. Sambungan Las pada Pipa**

Dalam dunia industri posisi las diberi kode tertentu agar pada saat pengelasan dilakukan tidak terjadi kekeliruan menentukan juru las dan prosedur pengelasan. Ada dua sistem pengkodean yang banyak dikenal, yaitu sistem yang ditetapkan oleh *American Welding Society* (AWS) dan sistem *International Standard Organisation* (ISO).

Berdasarkan kode yang ditetapkan oleh AWS, posisi las dikaitkan pada jenis teknik sambungan las, jika sambungan berkampuh (*groove*) maka kode posisinya dengan huruf **G**, untuk posisi *down-hand* 1G, horisontal 2G, vertikal 3G, *over-head* 4G, pipa dengan sumbu horisontal 5G, dan pipa miring 45° 6G. Jika sambungan las tidak berkampuh/tumpul (*fillet*) maka kodenya adalah F, untuk posisi *down-hand* 1F, horisontal 2F, vertikal 3F, dan *over-head* 4F.

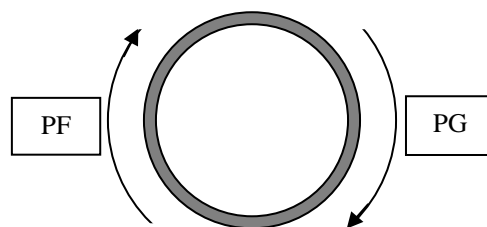
Sistem kode posisi las yang ditetapkan ISO berbeda dengan AWS. Kode posisi las menurut ISO didasarkan pada posisi elektroda saat pengelasan dilakukan, untuk pengelasan plat diberi kode PA, PB, PC, PD, dan PE, sedangkan pengelasan pipa naik PF dan pipa turun PG, lihat Gambar 8 dan 9.



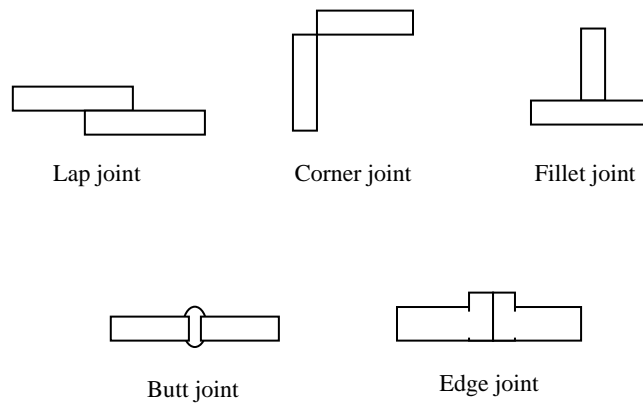
Gambar 8. Kode ISO Posisi Las Flat

## I. Klasifikasi Bentuk Sambungan Las

Ada beberapa bentuk dasar sambungan las yang biasa dilakukan dalam penyambungan logam, bentuk tersebut adalah *butt joint*, *fillet joint*, *lap joint edge joint*, dan *out-side corner joint*. Berbagai bentuk dasar sambungan ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Kode ISO Posisi Las Pipa

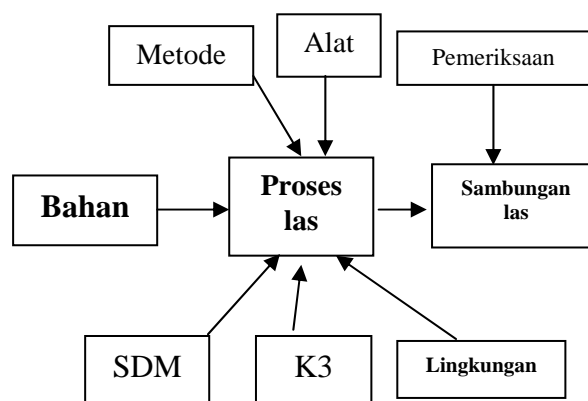


Gambar 10. Berbagai Bentuk Sambungan Las

### J. Beberapa Variabel yang Berkaitan dengan Pekerjaan Las.

Penyambungan logam dengan proses pengelasan tidak dapat dilakukan sembarangan, banyak variabel yang harus diperhatikan agar kualitas sambungan sesuai standar yang dipersyaratkan oleh suatu lembaga internasional yang berkaitan dengan pekerjaan las. Variabel tersebut adalah bahan, proses, metode, keselamatan dan kesehatan kerja, peralatan, sumber daya manusia, lingkungan, serta pemeriksaan kualitas sambungan las. Lihat Gambar 11.

Dalam proses pengelasan logam, bahan yang akan disambung harus diidentifikasi dengan baik. Dengan dikenalnya bahan yang akan dilas, dapat ditentukan prosedur pengelasan yang benar, pemilihan juru las yang sesuai, serta pemilihan mesin dan alat yang tepat



Gambar 11. Variabel yang Berpengaruh pada Pengelasan Logam

Metode pengelasan logam yang meliputi prosedur pengelasan, prosedur perlakuan panas, desain sambungan, serta teknik pengelasan disesuaikan dengan jenis bahan, peralatan, serta posisi pengelasan saat sambungan las dibuat.

Aspek efektifitas, efisiensi proses, dan pertimbangan ekonomis berkaitan erat dengan pemilihan peralatan las. Pengelasan logam stainless steel akan berkualitas bagus jika menggunakan las TIG, namun akan lebih murah bila dilas dengan las listrik, sehingga pemilihan mesin dan peralatan las sebaiknya disesuaikan dengan tujuan pengelasan serta biaya operasionalnya.

Dalam pelaksanaan pekerjaan las dibutuhkan Sumber daya manusia yang memenuhi kualifikasi sesuai standar yang ada. Kualifikasi harus mengikuti standar-standar internasional seperti *International Institut of Welding (IIW)*, *American Welding Society (AWS)*, dan masih banyak lembaga-lembaga internasional di bidang pengelasan logam yang lain. Berdasarkan standar *International Institut of Welding (IIW)*, profesi las terdiri dari *Welding Engineer (WE)*, *Welding Technologist (WT)*, *Welding Practitioner (WP)*, serta *Welder (W)*.

Profesi *Welding Engineer* mempunyai tugas untuk menentukan prosedur pengelasan dan prosedur pengujian. Seorang *Welding Technologist* bertugas untuk menterjemahkan prosedur-prosedur tersebut kepada profesi las yang mempunyai level di bawahnya. Untuk melatih juru las (*Welder*) dibutuhkan seorang *Welding Practitioner* dan yang melakukan pengelasan adalah *Welder* (juru las).

Lingkungan pada waktu pengelasan dilakukan merupakan faktor yang mempengaruhi kualitas las. Pengelasan yang dilaksanakan pada kondisi lingkungan sangat ekstrim, diperlukan prosedur khusus agar kualitas sambungan terjamin dengan baik. Pengelasan kapal yang terpaksa dilakukan di dalam air memerlukan mesin las yang dilengkapi dengan satu unit peralatan yang dapat melindungi elektroda dari sentuhan air. Disamping itu juga dibutuhkan *Welder* yang sesuai dengan pekerjaan tersebut, pengelasan dalam air cukup sulit dilakukan karena adanya tekanan gas pelindung terhadap dinding kapal.

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) juga perlu dipertimbangkan dalam melaksanakan pengelasan. Seorang juru las tidak dapat bekerja dengan baik jika dia tidak menggunakan pakaian dan peralatan keamanan kerja yang pada gilirannya sambungan

las yang dihasilkan akan berkualitas tidak baik. Disamping itu jika peralatan K3 kurang memadai apabila terjadi kecelakaan tidak dapat diantisipasi secara tepat dan cepat.

Sambungan las yang telah dibuat harus diperiksa agar dapat diketahui kualitasnya. Sambungan las harus dibongkar jika terjadi cacat-cacat yang melampaui batas yang dipersyaratkan. Pemeriksaan dilakukan oleh seorang *Welding Inspector (WI)*. Pemeriksaan las menggunakan uji visual, sinar-X, Ultrasonic, serta masih banyak metode lainnya.

#### **K. Daftar Pustaka**

- Dieter, G.E. (1983). *Engineering design: A materials and processing approach*. Tokyo: McGraw-Hill International Book Company.
- Graham E. (1990). *Maintenance Welding*, Prentice-Hall Inc: New Jersey.
- Smith, F.J.M. (1992). *Basic fabrication and welding engineering*, Hong Kong: Wing Tai Cheung Printing Co. Ltd.