

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Kajian Pustaka**

Bayu Agung Setiawan (2015) melakukan rancang bangun dan proyek akhir *engine stand* Toyota yaris, pelaksanaan perakitan telah dilaksanakan agar dalam perakitan komponen EFI Toyota yaris tidak terjadi kesalahan dalam pemasangannya dan komponen EFI dapat terpasang dengan baik dan benar, sehingga sistem EFI pada *engine* Toyota yaris setelah dirakit dapat bekerja secara optimal. Hasil Analisis yang di peroleh setelah melakukan pembuatan *engine stand* Toyota yaris di peroleh dimensi 115 cm x 85 cm x 87 cm. Dari perhitungan manual nilai tegangan yang terjadi pada batang penumpu A sebesar 36,13 N/mm<sup>2</sup>, penumpu B sebesar 17,91 N/mm<sup>2</sup>, dan penumpu C sebesar 22,62 N/mm<sup>2</sup>, Perhitungan sambungan kekuatan las pada tumpuan engine pada rangka sebesar 3,19 Mpa

Diyanto Mira (2012) membuat prototype engine stand mesin diesel komatsu series 114 mengatakan untuk merancang sebuah engine stand perlu dilakukan perhitungan rangka, perhitungan las, dan perhitungan pegas pada rangka engine stand. hasil dari pembuatan engine stand diesel antara lain panjang total (p) = 3750 mm, lebar (b) = 1000 mm, Tinggi (t) = 2173 mm. Desain dari rancangan engine stand ini mampu menahan beban sebesar 1020,75 kg.

Ahmad Mustaqim (2012) melakukan rancangan alat/mesin pengerol pipa dengan dimensi alat/mesin pengerol pipa 700 mm x 500 mm x 700 mm dengan

sistem transmisi yang digunakan adalah gear sprocket dan rantai. Gear sprocket yang digunakan ada 4 buah menggunakan daya motor listrik sebesar 1 HP dengan kecepatan 1400 rpm. Mengatakan untuk Keamanan bagi operator diutamakan seperti pada bagian komponen yang berputar diberi penutup dan bagian rangkaian elektrik di tempatkan pada posisi yang aman yaitu disamping dan ditutup. Rangka mesin terbuat dari bahan dasar plat siku berukuran 40 mm x 40 mm x 4 mm dengan jenis baja St 42. Bahan dasar poros menggunakan besi As St 37 dengan ukuran diameter 1 in.

## **2.2. Pemilihan Bahan dan Proses**

Pemilihan bahan yang ada di sekitar manusia jarang sekali dipikirkan. Orang yang merancang rumah, mobil, *aircraft, clothing, furniture* dan produk lain atau sistem memberikan banyak perhatian untuk memilih bahan yang dipergunakannya. Pemilihan bahan ini dapat membuat atau merusak kelangsungan hidup perusahaan. Plastik terdiri dari ratusan jenis yang kisarannya dari sangat lunak sampai yang benar-benar keras, murah sampai sangat mahal dan transparan sampai yang tak tembus cahaya (Opaque). Kayu juga dapat digunakan dalam banyak variasi, berkisar dari sangat lunak, ringan sampai yang sangat berat dan keras. Logam dikombinasikan dengan unsur logam lain atau non logam yang dikenal sebagai paduan (alloy) termasuk beberapa variasi baja (besi dan karbon), aluminium alloy, brass (copper dan zinc). Baja adalah produksi logam yang paling umum yang dapat ditemukan dalam kerangka mobil, rel dan roda kereta dan lain-lain. (G Niemann, 1996)

### 2.3. Baja Karbon

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti Sulfur (S), Fosfor (P), Silikon (Si), Mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh prosentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu baja. Perbedaan prosentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

#### A. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit.

#### B. Baja karbon menengah

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3%C–0,6%C (*medium carbon steel*) dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah.

### C. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mengandung 0,6%C– 1,5%C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, hampir tidak dapat diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya martensit sehingga membuat baja menjadi getas.

#### 2.3.1. Baja karbon ST 37

Baja karbon rendah (ST 37) memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 %. Baja ini sering dipakai juga untuk konstruksi-konstruksi mesin yang saling bergesekan seperti roda gigi, poros, dll karena sangat ulet. Namun kekerasan permukaan dari baja tersebut tergolong rendah sehingga sebelum digunakan untuk konstruksikonstruksi yang disebutkan di atas, maka perlu dimodifikasi atau memperbaiki sifat kekerasan pada permukaannya. Baja karbon rendah ini tidak dapat dikeraskan secara konvensional tetapi melalui penambahan karbon dengan proses *carburizing*. Jenis baja karbon ST 37 untuk keperluan pembuatan komponen mesin yang distandarkan menurut kekuatan tarik mempunyai kekuatan tarik 37-45 Kg/mm<sup>2</sup>

#### 2.4. Pengertian Sistem Pengecatan

Pengecatan (painting) adalah suatu proses aplikasi cat dalam bentuk cair pada sebuah obyek, untuk membuat lapisan tipis yang kemudian untuk memuat lapisan yang keras atau lapisan cat. Fungsi dari pengecatan itu sendiri dapat dilihat melalui beberapa aspek antara lain. (Gunadi, 2013)

### 2.4.1. Jenis Cat

Dalam proses pengecatan, jenis cat dapat digolongkan menjadi beberapa macam. (Gunadi, 2013)

#### 1. Heat Polymerization (jenis bakar)

Heat polymerization adalah tipe one component yang mengeras apabila dipanaskan pada temperatur tinggi kira-kira  $140^{\circ}\text{C}$  ( $284^{\circ}\text{F}$ ). Cat jenis ini apabila dipanaskan pada suhu antara  $140^{\circ}\text{C}$ , maka suatu reaksi kimia berlangsung di dalam resin, mengakibatkan cat mengering dan struktur hubungan menyilang yang dihasilkan begitu rapatnya sehingga setelah cat mengering seluruhnya cat tidak akan larut oleh thinner .

#### 2. Jenis Urethane (Jenis Two Component )

Cat ini disebut urethane karena alkohol (OH) yang terkandung di dalam komponen utama dan *isocyanate* yang terkandung di dalam hardener bereaksi membentuk struktur hubungan menyilang (cross linking) yang disebut tingkatan *urethane* . Cat ini menghasilkan kemampuan coating yang baik termasuk ketahanan kilap, cuaca, *solvent*, serta tekstur yang halus. Akan tetapi cat ini pengeringannya lambat sehingga diperlukan alat pengering ( drying equipment) untuk mengeringkan dengan benar.

#### 3. Jenis Lacquer (Solvent Evaporation)

Cat jenis ini mengering dengan cepat sehingga mudah penggunaannya, tetapi tidak banyak digunakan sebanyak yang tersebut di atas, karena tidak sekuat cat - cat jenis *two component* yang kini banyak digunakan.

## **2.5. Teknik Penyemprotan**

Kunci keberhasilan dalam pengecatan tergantung pada teknik penyemprotan. Betapa pun bagusnya cat tidak akan menjamin terwujudnya hasil pengecatan yang baik jika tanpa adanya pengetahuan tentang teknik penyemprotan. (Gunadi, 2013)

### **2.5.1. Persiapan Cat**

Beberapa langkah yang harus dikerjakan sebelum pengulasan cat warna pada benda kerja, yaitu teknik mencampur, mengaduk, dan menyaring cat. Sebelum cat disemprotkan ke benda kerja harus diaduk terlebih dahulu agar kekentalannya merata di semua bagian cat (homogen). Pengadukan harus dilakukan karena dalam keadaan diam zat warna (pigmen ) akan cenderung mengendap. (Gunadi, 2013)

### **2.5.2. Pencampuran pengeras cat (Hardener)**

Dalam pencampuran cat dengan hardener kadarnya harus tepat. Apabila kadarnya kurang menyebabkan hasilnya pengecatan mudah retak, kurang mengkilap, kekerasan kurang, daya tahan minyak kurang bagus dan akan mengkerut bila di cat ulang. Jika terlalu banyak menimbulkan ketidak sempurnaan pengeringan, ketahanan air berkurang dan menimbulkan blister bintik air dalam lapisan cat. (Gunadi, 2013)

### **2.5.3. Pencampuran Pengencer Cat ( Thinner)**

Pemakaian *thiner* yang salah menyebabkan sifat, mutu dan daya tahan menjadi berubah atau bahkan tidak bias digunakan sama sekali. Pengenceran akan merubah viskositas dan harus selalu dicek agar hasil pengecatan maksimal. Jika

pemilihan dan pengukuran viskositas cat salah dapat menimbulkan problem, yaitu thinner yang terlalu cepat mengering menyebabkan permukaan kasar, cat berlubang jarum atau berkulit jeruk. Bila terlalu lambat kering cat akan meleleh, warna belang -belang, bekas goresan amplas terlihat, cat tipis dan kering kurang sempurna. Untuk cat yang terlalu kental, permukaan akan menjadi kasar, kering kurang, lubang jarum, bekas goresan amplas terlihat, cat tipis dan penurunan daya kilap. Jika terlalu encer maka menyebabkan cat akan meleleh, warna belang - belang, bekas goresan amplas terlihat, cat tipis dan kering yang kurang sempurna. Viskositas yang dianjurkan untuk top coat antara 16,5 – 19 cc/detik dan cat primer sebesar 20-21 cc/detik. Cat yang telah tercampur selanjutnya diuji kekentalannya dengan viscometer atau mencocokkan warna cat dengan warna pada tutup kaleng atau petunjuk warna (liflet) . *Flow rate* (aliran rata -rata pada fluida) untuk top coat antara 800 -1000 cc/menit. Perbandingan yang terlalu pekat akan menghasilkan warna yang terkesan gelap dari pada warna pada kertas petunjuk dan perbandingan yang terlalu encer memberikan kesan lebih terang. Kemudian campuran disaring, biasanya dengan *filter nylon* dengan ukuran  $\neq 300$  mesh. (Gunadi, 2013)

#### **2.5.4. Operasi Penyemprotan**

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengoperasian spray gun yaitu (Gunadi, 2013):

1. Pengaturan Alat Semprot

Sebelum melakukan pengecatan hendaknya mengatur besar kecilnya aliran cat yang keluar, besar kecilnya angin yang keluar dan besar kecilnya

kembang penyemprotan agar diperoleh hasil yang optimum. Bila penyemprotan tidak dilakukan dengan baik, maka hasil pengecatan tidak akan sempurna. Permukaan menjadi tidak rata, meleleh, kasar, kurang mengkilap dan cacat-cacat lain. Sedangkan tekanan kerja angin untuk pengecatan sebesar 50-60 Psi atau  $4,5 \text{ Kg/cm}^2$

## 2. Gerak Alat Semprot

Gerak alat semprot harus tegak lurus dengan permukaan yang akan disemprot bila tidak akan berakibat kurang rata ketebalan cat yang dihasilkan. Untuk mencapai ketebalan yang sama dapat dilakukan pola tumpang tindih (over lapping) sebesar 50%.

## 3. Kecepatan Gerak Alat Semprot

Kecepatan gerak alat semprot hendaknya stabil, baik dengan arah horizontal maupun vertikal. Jika pelan cat akan meleleh, bila kecepatan gerakannya cepat maka hasil pengecatan kurang rata. Jika kecepatan gerakannya tidak stabil akan dihasilkan cat yang tidak rata dan kurang mengkilap. Kecepatan gerak spray gun harus konstan, yang dianjurkan kira-kira 1200 mm/detik (12 ft/detik).

## 4. Jarak Penyemprotan

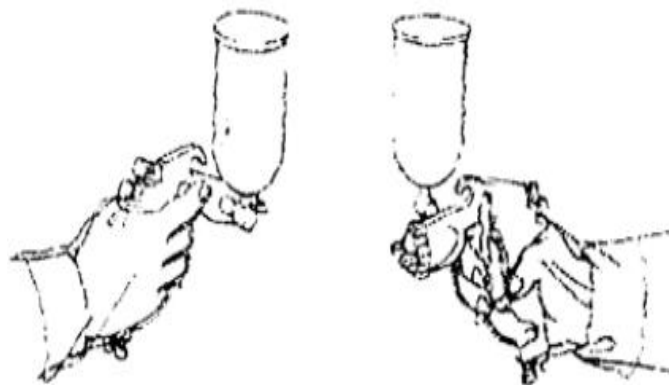
Untuk penyemprotan pada masing-masing cat berbeda, tergantung dari proses obyek yang dicat. Bila terlalu dekat, cat akan meleleh dan bila dilakukan pada pengecatan metalik akan menimbulkan problem belang-belang (partikel metaliknya mengumpul). Bila jaraknya terlalu jauh permukaan akan menjadi kasar. Untuk jarak penyemprotan yang tidak



teratur akan mengakibatkan hasil pengecatan tidak rata dan kurang mengkilap. Jarak spray gun secara umum sebesar 15 -20 cm, untuk jenis Acrylic Lacquer : 15 -10 cm dan Enamel : 20 -25 cm.

## **2.6. Penggunaan Air Spray Gun.**

### **2.6.1. Teknik Memegang Spray Gun**



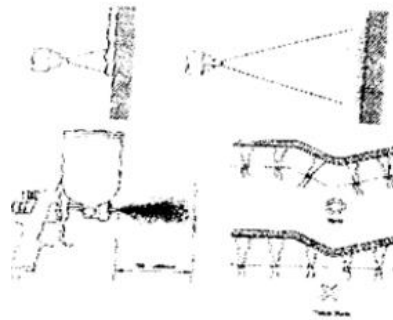
Gambar 2.1. Cara Memegang Spray Gun (Astra Motor, 1995)

Spray gun dipegang dengan tangan kanan. yaitu dengan cara spray gun ditahan dengan ibu jari, telunjuk dan kelingking, sedangkan trigger ditarik dengan jari tengah dan jari manis.

### **2.6.2. Teknik Menggunakan Spray Gun**

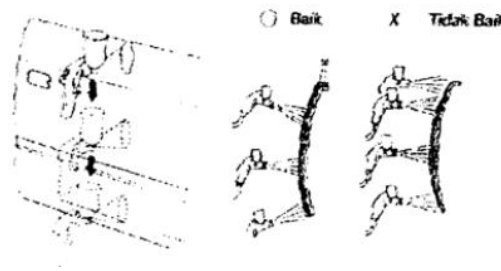
Agar menghasilkan pengecatan yang baik maka gerakan spray gun harus diatur. Beberapa hal yang mempengaruhi gerakan hasil pengecatan :

1. Jarak spray gun yaitu jika terlalu dekat maka cat akan mengumpul dan meleleh. Pada jarak yang jauh maka volume cat yang disemprotkan sedikit sehingga lapisan yang dihasilkan akan tipis dan kasar. Jarak yang ideal yaitu 100-200 mm.



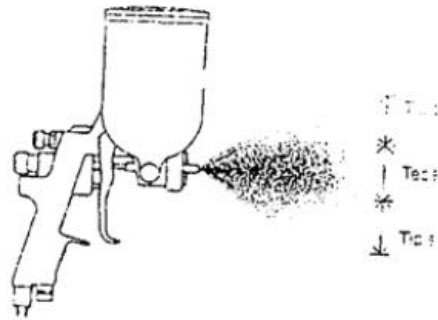
Gambar 2.2. Jarak Penyemprotan (Astra Motor, 1995)

2. Sudut spray gun yaitu spray gun harus tegak lurus pada bidang yang dicat pada saat dilakukan penyemprotan dan dilakukan secara konsisten.

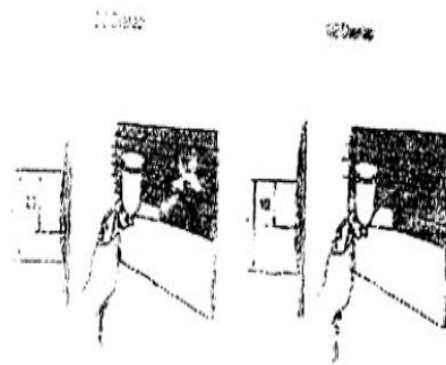


Gambar 2.3. Gerakan Horizontal (Astra Motor, 1995)

3. Kecepatan langkah spray gun yaitu kecepatan gerakan spray gun. Apabila terlalu lambat maka lapisan yang dihasilkan akan tebal dan dapat meleleh, jika terlalu cepat maka akan menghasilkan lapisan yang tipis. Biasanya kecepatan langkah yang baik antara 900-1200 mm/detik.
4. Overlapping (pola tumpang tindih) yaitu agar permukaan penyemprotan rata. Pada saat cat disemprotkan maka bagian tepi lebih tebal daripada bagian tengah sehingga digunakan pola tumpang tindih agar permukaan cat rata biasanya yang dipakai adalah  $1/2$  sampai  $2/3$ .



Gambar 2.4. Bentuk Pengabutan (Astra Motor ,1995)



Gambar 2.5. Gerakan *Over Lapping* (Astra Motor ,1995)

## 2.7. Pengelasan

### 2.7.1. Pengertian Pengelasan

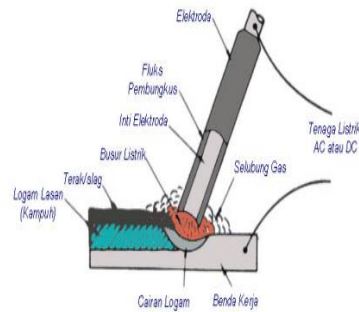
Pengelasan merupakan penyambungan dua bahan atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Kelebihan sambungan las adalah konstruksi ringan, dapat menahan kekuatan yang tinggi, mudah pelaksanaannya, serta cukup ekonomis. Namun kelemahan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

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

Las Busur Listrik atau yang biasa disebut SMAW (*Shielded Metal Arch Welding*) merupakan jenis pengelasan yang menggunakan bahan tambah terbungkus atau elektroda atau yang biasa disebut busur listrik. Busur listrik digunakan untuk melelehkan kedua logam yang akan disambung. Terjadinya nyala busur listrik tersebut diakibatkan oleh perbedaan tegangan listrik antara kedua kutub. Perbedaan tegangan listrik tersebut biasa disebut dengan tegangan busur nyala. Besar tegangan busur nyala ini antara 20 volt sampai 40 volt. Untuk penyalanya, elektroda digesekkan pada logam terlebih dahulu agar terjadi percikan sehingga busur elektroda akan menyala. Setelah elektroda menyala atur jarak dari logam dengan elektroda dan atur pula sudut pengelasannya. Antara ujung elektroda dengan permukaan logam akan terjadi busur nyala. Suhu busur nyala ini biasanya mencapai 5000 ° C.(Riswan D, 2010):

Elektroda RD 260 adalah kawat las tipe *titania* tinggi yang hanya untuk pengelasan vertical /tegak lurus. Kawat las ini memiliki penetrasi yang dangkal dan tidak terdapat *slag inclusion*.



Gambar 2.6. Prinsip Kerja Las Listrik (Riswan D, 2010)

### 2.7.2. 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*. 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. (Riswan D, 2010)

### **2.7.3. 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 (*caviety*).

Reaksi kimia lainnyapun bisa terjadi dalam cairan logam las (*welding pool*). Gas hidrogen dan uap air juga dapat menyebabkan cacat las (*welding defect*). Hidrogen yang bereaksi dengan *Oxides* yang ada dalam logam dasar dapat menyebabkan terjadinya uap yang mengakibatkan terjadinya porositas pada logam lasan. (Riswan D, 2010)

#### **2.7.4. Melindungi Cairan Logam Las dari Pengaruh Udara Luar**

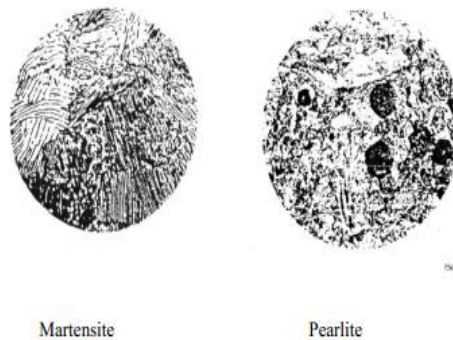
Tipe energi panas yang digunakan untuk pencairan logam dan teknik perlindungan cairan logam las sangat berpengaruh terhadap perubahan komposisi kimiawi dalam deposit logam lasan. Ketika nyala oksidasi dalam las karbit *Oxy-acetylene welding/ OAW* akan merubah besi menjadi *Oxides* sehingga deposit las 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 di lindungi oleh bermacam-macam gas hasil pembakaran elektroda las dan ketika sedang membeku cairan ini dilindungi oleh lapisan terak yang terbentuk dari fluks yang membeku.

#### **2.7.5. 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*. 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

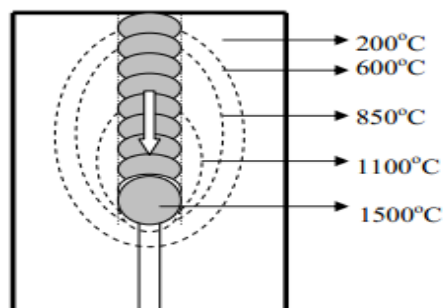
pengelasan struktur mikronya tidak hanya *pearlite*, tetapi juga terdapat *bainite* dan *martensite*.



Gambar 2.7 Struktur Mikro Baja Karbon (G Nieman, 1996)

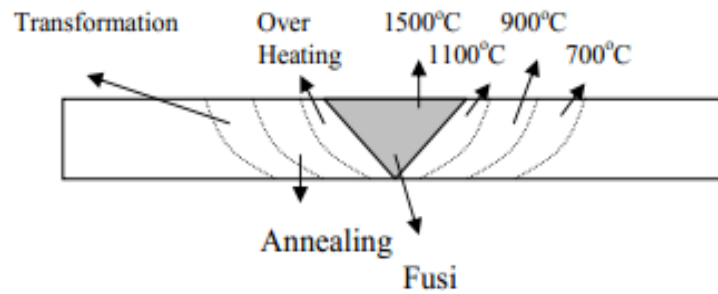
#### 2.7.6. Distribusi Temperatur Pengelasan

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 2.8). 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. (G Nieman, 1996)



Gambar 2.8. Distribusi Temperatur Saat Pengelasan (G Nieman, 1996)

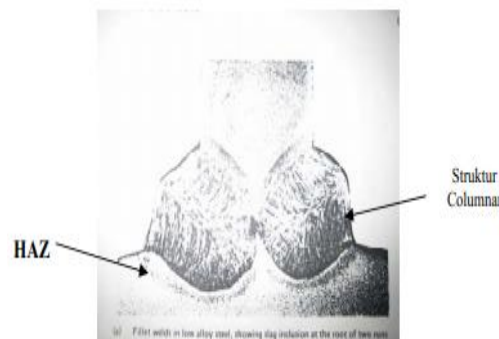




Gambar 2.9. Perlakuan Panas Logam Las (G Nieman, 1996)

### 2.7.6. Distorsi Sambungan Las Akibat Panas

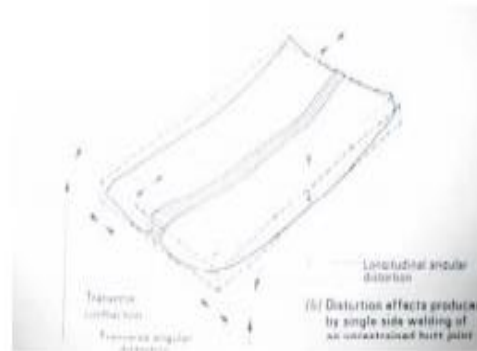
Setiap logam yang dipanaskan mengalami pemuaian dan ketika pendinginan akan mengalami penyusutan. Fenomena ini menyebabkan adanya ekspansi dan kontraksi pada logam yang dilas. Ekspansi dan kontraksi pada logam yang dilas ini menurut istilah metalurgi dinamakan distorsi.



Gambar 2.10. Struktur Makro Sambungan Las (G Nieman, 1996)

Distorsi dikategorikan menjadi tiga macam, yaitu: 1) distorsi longitudinal, 2) distorsi transfersal, 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 transfersal 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. (G Nieman , 1996)

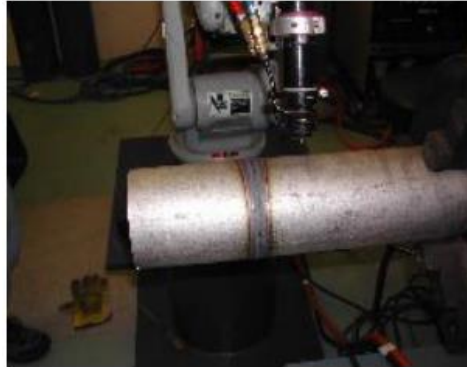


Gambar 2.11. Macam-macam Distorsi (G Nieman, 1996)

### 2.7.7. 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 di lakukan 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. (Riswan D, 2010)



Gambar 2.12. Sambungan Las pada Pipa (Riswan D, 2010)

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

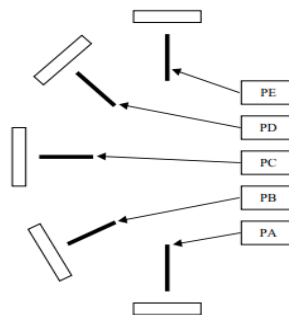
Sebagian besar pekerjaan las dilakukan dengan proses LSW (*Liquid state welding*) atau proses las dalam kondisi cair. Proses las yang dilakukan dengan kondisi cair ini, posisi saat pengelasan berlangsung sangat berpengaruh terhadap bentuk deposit logam las yang terbentuk. Tidak semua juru las mahir di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

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)*.

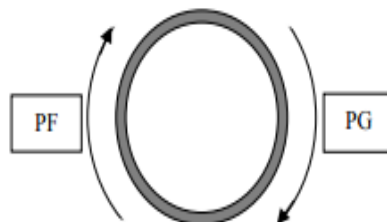
Berdasarkan kode yang ditetapkan oleh AWS, posisi las dikaitkan pada jenis teknik sambungan las, jika sambungan berkampuh ( *groove* ) maka kode posisinya dengan huruf G, untuk posisi down-hand 1G, horisontal 2G, vertikal 3G, over-

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. (Riswan D, 2010)



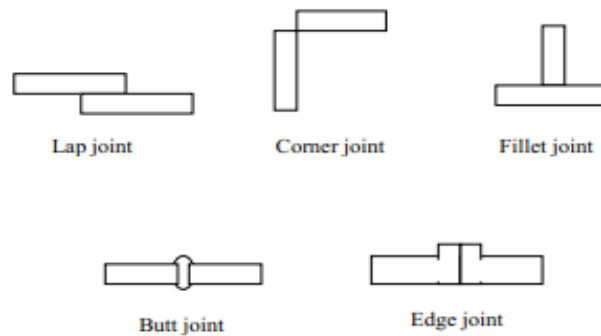
Gambar 2.13. Kode ISO Posisi Las Flat (Riswan D, 2010)



Gambar 2.14. Kode ISO Posisi Las Pipa (Riswan D, 2010)

### 2.7.9. 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 2.15.

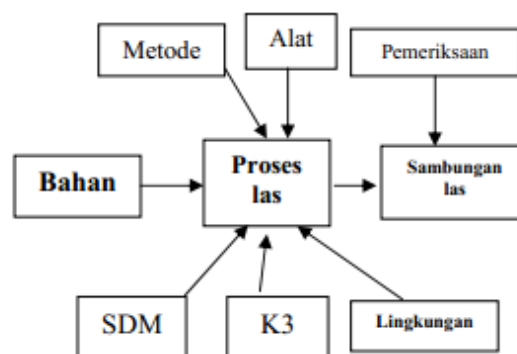


Gambar 2.15. Berbagai Bentuk Sambungan Las (Riswan D, 2010)

### 2.7.10. 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.

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 2.16. Variabel yang Berpengaruh pada Pengelasan (Riswan D, 2010)

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. (Riswan D, 2010)