

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Welding (pengelasan) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan logam induk dan logam pengisi atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu. Pengelasan bukan hanya memanaskan dua bagian logam saja sampai mencair dan membiarkan membeku, Tetapi juga membuat pengelasan menjadi utuh dengan cara memberikan elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai nilai kekuatan yang dikehendaki. Pada pengelasan, kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor yaitu prosedur pengelasan, bahan, elektroda, dan jenis kampuh yang akan digunakan (Syahrani, Mustafa, & Oktavianus, Januari 2017).



Gambar 2. 1 Pengelasan (*Welding*)

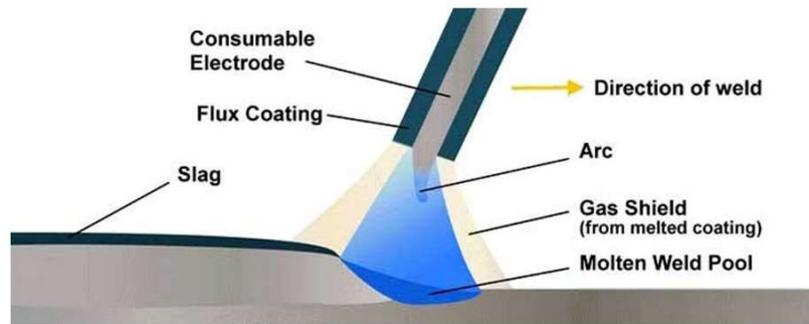
Sumber: (Syahrani, Mustafa, & Oktavianus, Januari 2017)

2.2 Jenis- Jenis Pengelasan

Adapun jenis-jenis pengelasan secara umum terbagi beberapa jenis yaitu sebagai berikut:

1. *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)

SMAW adalah salah satu jenis pengelasan busur listrik, sumber energi panas yang dihasilkan dari energi listrik dirubah menjadi energi panas untuk mencairkan elektroda dan benda kerja. Suhu yang dihasilkan busur listrik mencapai 3300°C , jauh diatas titik lebur dari baja, sehingga dapat mencairkan baja secara cepat. Pengelasan SMAW dapat menggunakan arus listrik bolak balik (AC) maupun arus searah (DC). Kelebihan dari pengelasan SMAW adalah elektroda mudah didapat dalam banyak ukuran dan diameter, kebisingan rendah, dan dapat dipakai dimana saja. Kekurangan dari pengelasan SMAW adalah pengelasan dengan menggunakan elektroda terbatas dikarenakan sampai sepanjang elektroda, pada setiap akan melakukan pengelasan selanjutnya *slag* (kotoran las) harus dibersihkan, dan tidak dapat digunakan untuk mengelas bahan baja *non-ferrous* (Atmaja, Budi, & Komari, Agustus 2019).

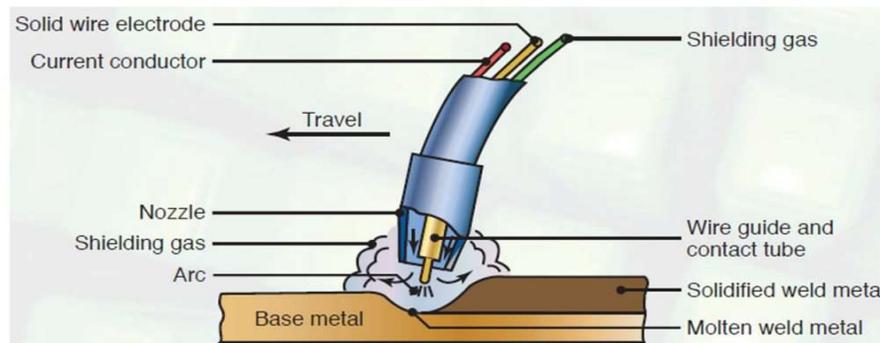


Gambar 2. 2 *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*

Sumber: (Atmaja, Budi, & Komari, Agustus 2019)

2. Gas Metal Arc Welding (GMAW)

GMAW adalah penyambungan dua buah logam atau lebih yang sejenis dengan menggunakan bahan tambah yang berupa kawat gulungan dan gas pelindung melalui proses pencairan. Gas yang digunakan pada pengelasan ini adalah gas *argon*, *helium*, *argon+helium* dan sebagainya. Pada pengelasan GMAW merupakan pengelasan dengan cara pencairan logam. Pencairan logam terbentuk karena adanya busur las yang diantara kawat las dengan benda kerja. Kawat las yang didekatkan dengan benda kerja maka busur las (menghasilkan panas) yang mampu mencairkan kedua logam (kawat las dan benda kerja), sehingga akan mencair secara bersamaan dan membentuk suatu sambungan. Kelebihan dari pengelasan GMAW adalah proses pekerjaan yang sangat cepat dan efisien, tidak menghasilkan slag (terak), dan dapat digunakan semua posisi pengelasan. Kekurangan dari pengelasan GMAW adalah busur yang tidak stabil cacat las *porositi* sering terjadi, dan sewaktu-waktu dapat terjadi *burnback* (Kataren, Budiarto, & Wibawa, Oktober 2019).



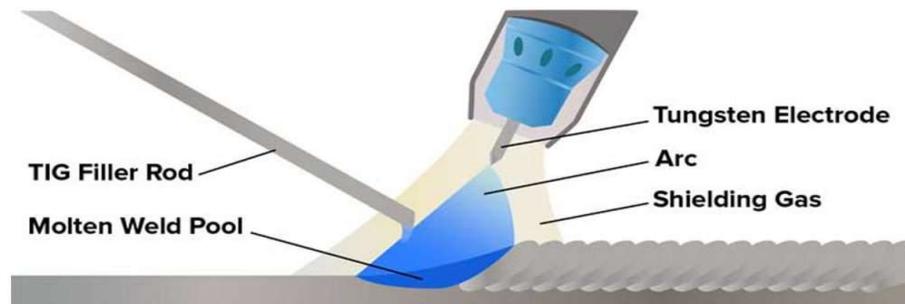
Gambar 2. 3 *Gas Metal Arc Welding (GMAW)*

Sumber: (Kataren, Budiarto, & Wibawa, Oktober 2019)

3. Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

GTAW adalah las busur yang menggunakan busur anatar tungsten elektroda (non konsumsi) dan titik pengelasan. Proses pengelasan ini menggunakan dengan pelindung gas dan tanpa penerapan tekanan. Proses pengelasan ini tanpa menggunakan penambahan *filler metal*. Pengelasan ini sangat di perlukan sebagai alat bagi banyak industri karena hasil las berkualitas tinggi dan biaya peralatan yang rendah. Prinsip panas dari busur terjadi antara elektroda *tungsten* dan logam induk akan meleburkan logam pengisi ke logam induk dimana

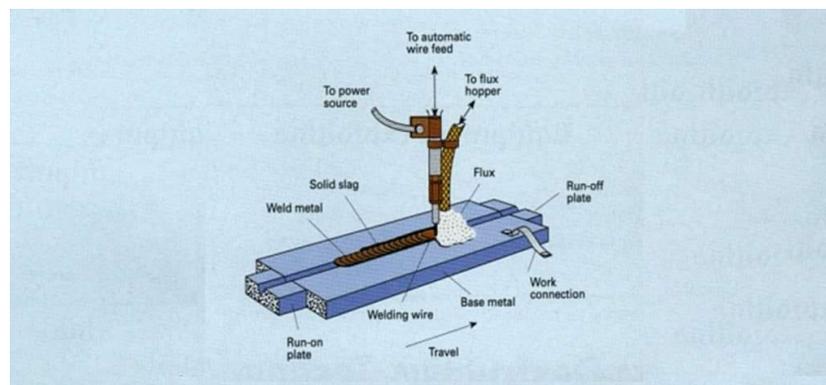
busurnya dilindungi oleh gas *mulia* (Ar atau He). Kelebihan dari pengelasan GTAW adalah dapat menghasilkan pengelasan bermutu tinggi pada bahan- bahan *ferrous* dan *non ferrous*, semua pengotor yang berasal dari *atmosfer* dapat dihilangkan, dan kecepatan gerakan yang lebih rendah dibandingkan SMAW. Kekurangan dari GTAW adalah membutuhkan kontrol kelurusan sambungan yang lebih ketat, laju pengisian lebih rendah dibandingkan dengan proses las lain dan butuh kebersihan sambungan yang lebih baik agar terhindar dari *porositi* dan cacat las (Syahrani, Mustafa, & Oktavianus, Januari 2017).



Gambar 2. 4 Gas Tunsten Arc Welding (GTAW)
 Sumber: (Syahrani, Mustafa, & Oktavianus, Januari 2017)

4. *Submerged Arc Welding (SAW)*

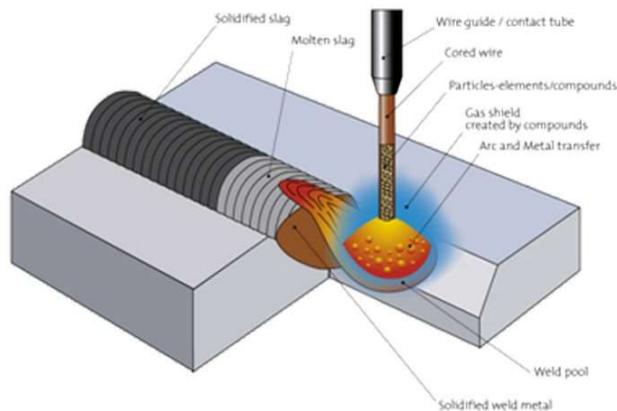
SAW adalah las listrik dengan proses memadukan material yang di las dengan cara memanaskan dan mencairkan metal induk dan elektroda oleh busur listrik yang terletak diantara metal induk dan elektroda. Arus busur lelehan metal di selimuti dengan butiran *flux* diatas daerah yang dilas. Elektroda SAW terbuat dari metal padat (*solid*). Prinsip kerja pada pengelasan SAW hampir sama dengan pengelasan SMAW. Bedanya dari SMAW adalah SAW *flux* tidak di bungkus ke elektroda, menggunakan elektroda kontinyu, arus lebih tinggi sehingga dapat digunakan untuk mengelas benda yang lebih tebal hanya dengan langkah yang sedikit. Kelebihan SAW adalah hasil las lebih halus, kecepatan las relatif tinggi, dan dilakukan secara otomatis (praktis). Kekurangan dari las SAW adalah energi relatif lebih besar, peralatan las dikatakan mahal dan hanya untuk posisi pengelasan horizontal/datar (Naharuddin, Sam, & Nugraha, 2015).



Gambar 2. 5 Submerged Arc Welding (SAW)
 Sumber: (Naharuddin, Sam, & Nugraha, 2015)

5. Flux-Cored Arc Welding (FCAW)

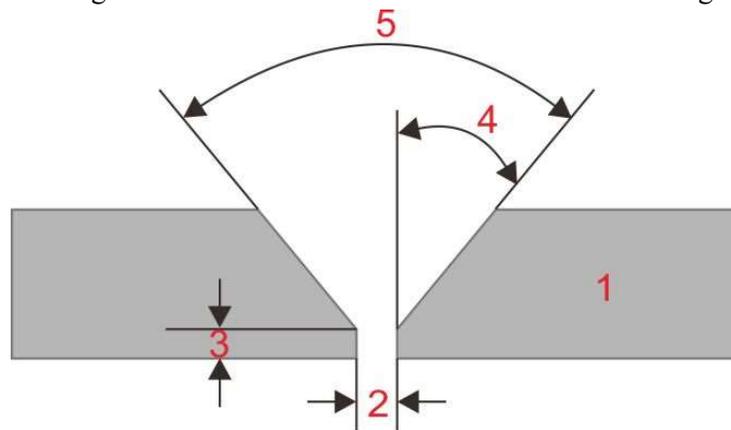
FCAW adalah las busur listrik *fluk* inti tengah atau pelindung inti tengah. Pengelasan FCAW adalah kombinasi pengelasan antara SMAW, GMAW, dan SAW. Sumber energi pengelasan menggunakan arus listrik AC atau DC melalui *trafo*. FCAW memiliki dua jenis variasi yang masing-masing tergantung dari metode gas pelindung yaitu, Gas *Shielded* (FCAW-G) dan *Self-Shielded* (FCAW-SS). Kelebihan FCAW adalah proses pengelasan lebih cepat dibandingkan dengan SMAW, FCAW merupakan jenis mesin las yang otomatis. Kekurangan dari las FCAW adalah harga mesin las FCAW cukup mahal, muncul cacat *porositi* jika terkena angin (Putra Famoesa, S, & Pranata, Juli 2020).



Gambar 2. 6 Flux-Cored Arc Welding (FCAW)
Sumber: (Putra Famoesa, S, & Pranata, Juli 2020)

2.3 Sudut Kampuh

Sudut kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang nantinya diisi oleh logam las (*weld metal*). Awalnya kampuh las adalah gabungan dari las (*weld poll*) yang diisi oleh logam las. Dalam memilih bentuk kampuh las, harus menuju kepada kepada penurunan logam las sampai kepada harus logam terendah dan tidak menurunkan mutu sambungan.



Gambar 2. 7 Sudut Kampuh
Sumber: (Hakim & Imran , Februari 2020)

Menurut (Hakim & Imran , Februari 2020) jenis kampuh las sangat mempengaruhi kekuatan sambungan las. Adapun jenis-jenis kampuh las adalah sebagai berikut:

1. Las 1 kampuh terbuka, kampuh las ini terdapat celah antara plat yang akan dilas. Lebar celah tergantung pada ketebalan plat. Kampuh ini kurang kuat dibandingkan kampuh tertutup.
2. Kampuh V tunggal, pada kampuh ini lebih kuat dibandingkan pada kampuh persegi dan dapat dipakai untuk menerima gaya tekan yang besar, serta lebih tahan terhadap kondisi beban statis.
3. Kampuh V ganda, pada kampuh ini lebih kuat dibandingkan pada kampuh V tunggal, sangat baik untuk kondisi beban statis maupun dinamis serta dapat menjaga perubahan bentuk lengkungan sekecil mungkin.
4. Kampuh V miring tunggal dan ganda, pada kampuh ini dipergunakan untuk beban tekan yang besar. Kampuh ini lebih baik dari pada las persegi, tetapi tidak lebih baik dari sambungan V.
5. Kampuh U tunggal, pada kampuh U tunggal dapat dibuat tertutup dan terbuka. Kampuh ini lebih kuat menerima beban statis dan diperlukan untuk sambungan kualitas tinggi.
6. Kampuh U ganda, pada kampuh U ganda juga dibuat tertutup dan terbuka. Kampuh ini lebih kuat menerima beban statis dan dinamis.
7. Kampuh tumpang (*overlap*), pada kampuh ini sangat sederhana dan mudah, kampuh ini diperlukan untuk menahan tekanan berat, maka pada proses pengelasan harus pada kedua sisi permukaan.
8. Kampuh T, pada kampuh las T memiliki 5 jenis yaitu sebagai berikut:
 - a. Kampuh las T dengan las siku, pada kampuh T dengan las siku dapat digunakan pada tebal plat >12 mm.
 - b. Kampuh las T dengan alur V miring tunggal, lebih kuat terhadap beban tekan yang besar di bandingkan sambungan T dengan las rusuk.
 - c. Kampuh las T dengan alur V miring ganda, pada kampuh ini lebih kuat dari pada sambungan T dengan alur miring tunggal.
 - d. Kampuh las T jalur dengan alur J tunggal. Kampuh ini dipakai untuk beban tekan yang lebih besar dari pada las rusuk, tetapi tidak untuk di menggan ti sambungan las dengan las T dengan alur V miring ganda.
 - e. Kampuh las T dengan alur J ganda, digunakan untuk menahan beban kejut dengan ketebalan plat >30 mm.
9. Kampuh sudut, pada kampuh sudut memiliki 3 jenis yaitu sebagai berikut:
 - a. Kampuh sudut rapat, pada kampuh ini banyak dijumpai pada konstruksi-konstruksi dengan plat tipis kurang lebih 3 mm.
 - b. Kampuh sudut setengah terbuka, pada kampuh ini lebih tahan dibandingkan ikatan rapat, tetapi tidak disarankan untuk menerima gaya *bending*.
 - c. Kampuh sudut terbuka, pada kampuh ini ketebalan plat 6-25 mm memungkinkan dengan cara seperti ini akan perembesan bahan pengisian pada plat-plat yang akan disambung juga mudah dicapai.
10. Kampuh las tepi, pada kampuh ini hanya cocok untuk tebal plat kurang dari 3 mm. Pada kampuh ini hanya digunakan untuk menahan beban kecil dan tidak digunakan untuk tegangan besar.

2.4 Macam-Macam Posisi Pengelasan

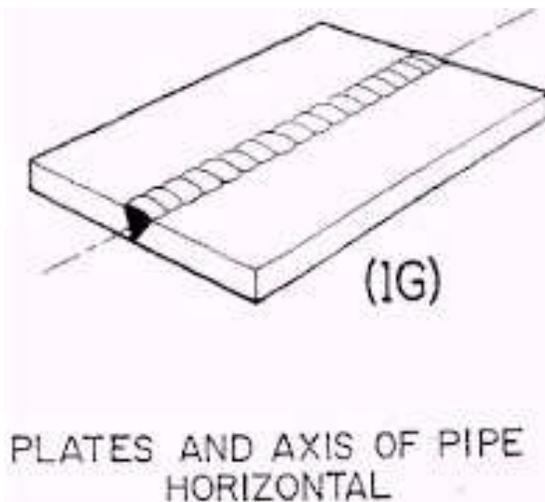
Posisi pengelasan merupakan sebuah posisi untuk seorang juru las terhadap benda yang di las. Menurut (Sunaryo, 2008) Adapun macam-macam posisi pengelasan yaitu sebagai berikut:

1. Posisi pengelasan untuk *Groove Welds Plate*

Adapun posisi pengelasan *Groove Welds Plate* terbagi menjadi 4 yaitu sebagai berikut:

a. 1G (Posisi Pengelasan Datar)

1G merupakan posisi pengelasan yang mudah, dikarenakan material las yang bisa diputar dan dapat mengelasnya dengan lebih leluasa. Oleh sebab itu banyak juru las yang berusaha agar sebisa mungkin semua pengelasan menggunakan pengelasan dengan posisi ini. Hasil pengelasan pada posisi 1 G lebih baik dari pada posisi pengelasan lainnya dari segi visual akan tetapi belum tentu dari segi mekanik.



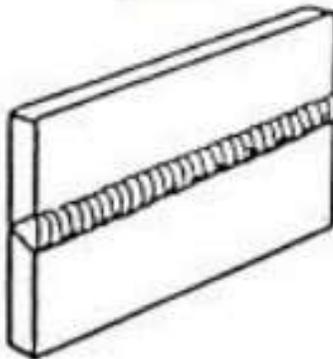
Gambar 2. 8 Posisi Pengelasan Datar (1G)

Sumber: <https://www.pengelasan.com>

b. 2G (Posisi Pengelasan Horizontal)

2G merupakan posisi benda kerja yang horizontal terhadap juru las. Untuk melakukan pengelasan, elektroda digerakkan secara horizontal. Pada posisi ini sangat dipengaruhi oleh gaya gravitasi yang menyebabkan melubernya logam cair ke bawah, sehingga teknik pengelasannya dilakukan secara bertumpuk. Tujuan ditumpuknya logam untuk menindis dan mengurangi peluberaan logam cair akibat gaya gravitasi.

posisi horizontal
2G

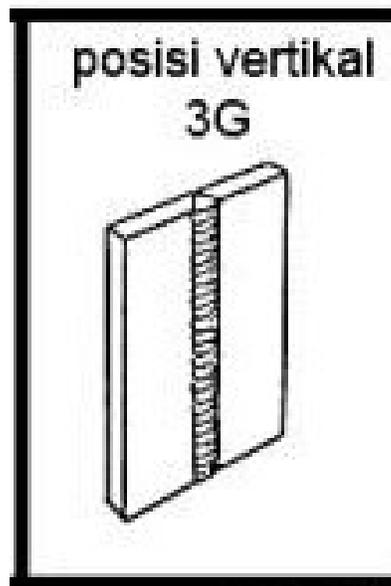


Gambar 2. 9 Posisi Pengelasan Horizontal (2G)

Sumber: <https://www.pengelasan.com>

c. 3 G (Posisi Pengelasan Vertikal)

3G merupakan posisi benda kerja berada di depan juru las, cara menggerakkan elektroda dari bawah keatas (*vertical up*) atau atas kebawah (*vertical down*). Pada posisi pengelasan ini menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi dari pada posisi 1 G dan 2 G. Secara visual, hasil pengelasan posisi 3 G hampir sama dengan posisi 1 G. Posisi pengelasan dapat memberikan hasil kekuatan dan kekerasan hasil las.

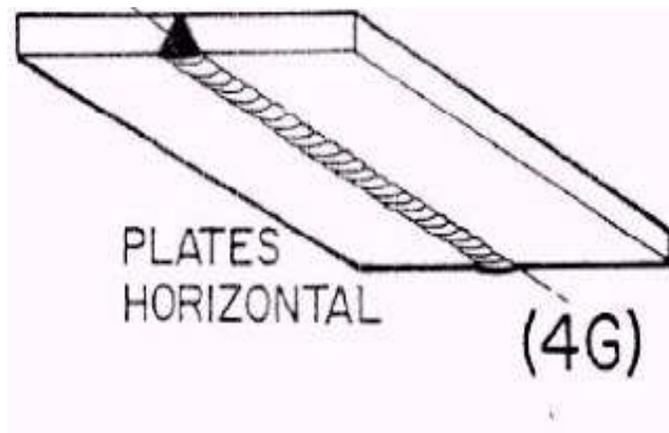


Gambar 2. 10 Posisi Pengelasan Vertikal (3G)

Sumber: <https://www.pengelasan.com>

d. 4G (Posisi Pengelasan *Overhead*)

4G merupakan termasuk kedalam jenis sambungan *but joint*, penyambungan plat dengan plat dengan arah elektroda menghadap ketas.



Gambar 2. 11 Posisi Pengelasan *Overhead* (4G)

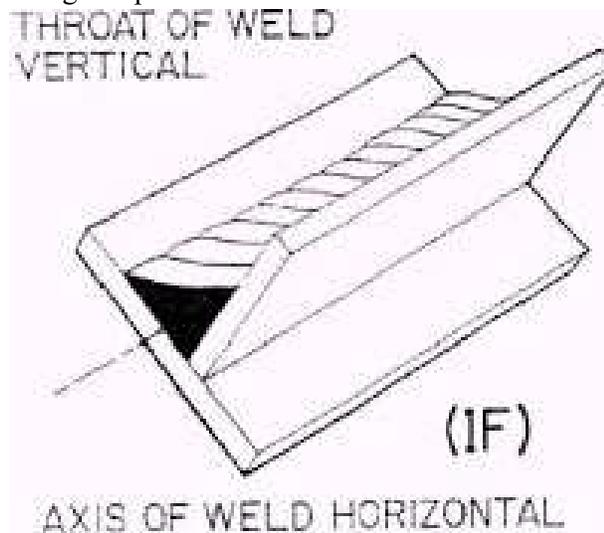
Sumber: <https://www.pengelasan.com>

2. Posisi pengelasan untuk *Fillet Welds Plate*

Adapun posisi pengelasan *Fillet Welds Plate* terbagi menjadi 4 yaitu sebagai berikut:

a. 1F (Posisi Pengelasan Datar)

1F merupakan posisi pengelasan sambungan *fillet* plat dengan plat dengan arah elektroda/kawat las menghadap kebawah

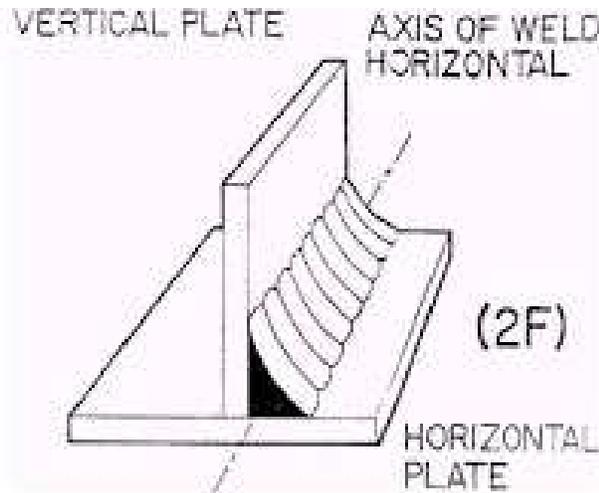


Gambar 2. 12 Posisi Pengelasan Datar (1F)

Sumber: <https://www.pengelasan.com>

b. 2F (Posisi Pengelasan Horizontal)

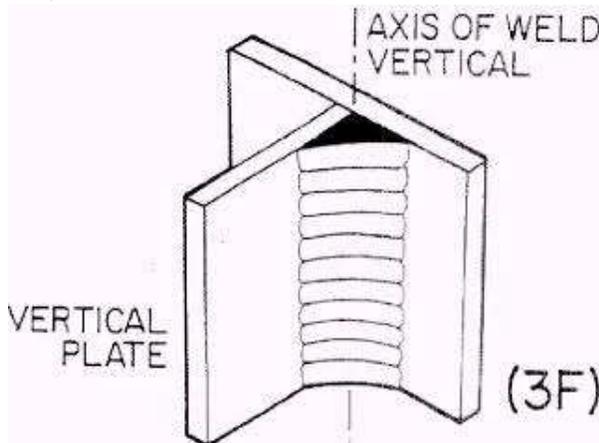
2F merupakan posisi pengelasan *fillet joint* (plat dengan plat) dengan elektroda menghadap kedepan atau mendatar dengan arah gerakan kekanan dan kekiri.



Gambar 2. 13 Posisi Pengelasan Horizontal (2F)
 Sumber: <https://www.pengelasan.com>

c. 3 F (Posisi Pengelasan Vertikal)

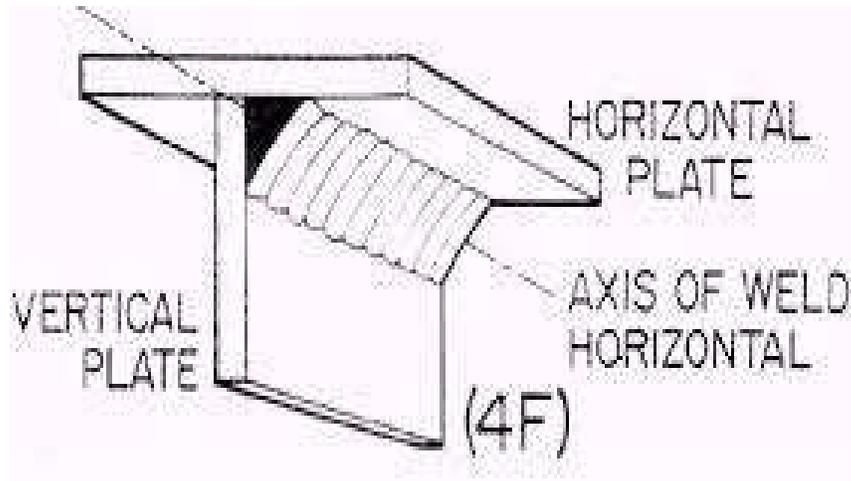
3F merupakan posisi penyambungan plat dengan plat, dengan arah gerakan elektroda kedepan dan jalur pengelasannya dari bawah ke atas (*Uphill*), dan juga sebaliknya dari atas kebawah (*Downhill*).



Gambar 2. 14 Posisi Pengelasan Horizontal (3F)
 Sumber: <https://www.pengelasan.com>

d. 4F (Posisi Pengelasan *Overhead*)

4F merupakan pengelasan dengan bentuk sambungan *fillet* plat dengan plat, dengan arah elektroda las/busur listrik menghadap ke atas.



Gambar 2. 15 Posisi Pengelasan *Overhead* (3F)
 Sumber: <https://www.pengelasan.com>

2.5 Elektroda

Elektroda (kawat las) merupakan benda yang digunakan untuk pengelasan listrik. Busur nyala akan timbul ketika ujung elektroda sebagai pembakar bersinggungan dengan logam induk, kemudian menghasilkan banyak panas untuk melelehkan dan melebur logam pengelasan (Pratiwi & Wibowo, Mei 2019). Secara umum elektroda di bagi menjadi 2 macam yaitu sebagai berikut:

1. Elektroda berselaput atau salutan

Elektroda berselaput merupakan bahan inti kawat yang dilapisi salutan (*flux*) dari bahan kimia tertentu disesuaikan dengan jenis pengelasan. Elektroda jenis ini disebut *Consumable Electrode*, karena bisa habis saat digunakan pengelasan. Kawat las seperti ini biasanya digunakan untuk pada kawat las SMAW (Tarkono, Siahaan, & Zulhanif, September 2012).



Gambar 2. 16 Elektroda berselaput atau salutan
 Sumber: (Tarkono, Siahaan, & Zulhanif, September 2012)

Elektroda berselaput memiliki dua bagian dengan fungsi yang berbeda yaitu sebagai berikut:

a. Bagian inti elektroda

Berfungsi sebagai pengantar arus listrik dan sebagai bahan tambah. Bahan inti dari elektroda terbuat dari logam *ferro* dan non *ferro*, seperti: baja karbon, baja paduan, aluminium, kuningan dan lain-lain.

b. Bagian salutan elektroda

Berfungsi untuk memberikan gas pelindung pada logam yang dilas, melindungi kontaminasi udara pada waktu logam dalam keadaan cair, membentuk lapisan terak (kotoran las) yang melapisi hasil pengelasan dari oksidasi udara selama proses pendinginan, mencegah proses pendinginan agar tidak terlalu cepat, memudahkan penyalaan dan mengontrol stabilitas busur.

2. Elektroda polos

Elektroda polos merupakan jenis elektroda tanpa cairan *flux*. Elektroda ini jenis ini disebut dengan *non consumable electrode* karena tidak bisa mencair saat digunakan pengelasan. Jenis elektroda polos ini terbuat dari bahan logam *Tungsten (Wolfram)* yang mempunyai sifat panas dan tidak bisa mencair (Saputra, Budiarto, & Jokosisworo, Oktober 2019).



Gambar 2. 17 Elektroda polos

Sumber: (Saputra, Budiarto, & Jokosisworo, Oktober 2019)

2.6 Pola Gerakan Elektroda

Pergerakan elektroda las juga dapat mempengaruhi hasil pengelasan. Selain itu, bentuk gerakan elektroda untuk pengelasan sering menjadi pilihan dari tukang las. Cara pergerakan elektroda ada banyak sekali, tetapi tujuan dari memilih pola gerakan elektroda adalah untuk mendapatkan deposit logam las dengan permukaan yang rata, halus, dan menghindari terjadinya takikan dan percampuran terak (Qomari, Solichin, & Hutomo, Oktober 2015). Adapun pola gerakan elektroda pada pengelasan diantara sebagai berikut:

1. Gerakan elektroda *Spiral*/melingkar.
2. Gerakan elektroda Zig-zag.
3. Gerakan elektroda Lurus.
4. Gerakan elektroda U.

2.7 Material

Material merupakan suatu bahan yang akan digunakan untuk proses penyambungan (pengelasan). Ada pun material yang digunakan pada pengelasan adalah sebagai berikut:

1. Baja

Baja merupakan logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon menjadi unsur paduan utamanya. Kandungan karbon pada baja adalah 0,2-2,1% berat sesuai dengan *gradenya*. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai penguat. Unsur paduan yang biasa ditambahkan selain karbon yaitu, Mangan (*manganese*), krom (*chromium*), *vanadium* dan *nikel*. Fungsi untuk menambahkan karbon untuk meningkatkan kekerasan (*Hardness*) dan kekuatan Tarik (*Tensile Strength*), namun disisi lain memiliki kelemahan yaitu membuat baja menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*) (Krohika, 2015).

Menurut (Gunawan, Endriatno, & Anggara, Maret 2017) Adapun berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam yaitu:

a. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*) merupakan baja dengan kandungan karbon 0,3 %. Baja ini bukan termasuk kedalam baja yang keras dikarenakan kandungan karbon yang rendah kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbon yang terdapat di dalam baja tidak cukup untuk membentuk struktur martensit.

b. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) merupakan baja dengan kandungan karbon 0,3-0,6%. Kandungan karbon yang terdapat didalam baja memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras dan kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) merupakan baja dengan kandungan karbon 0,6-1,5%. Baja karbon tinggi ini memiliki kekerasan tinggi namun memiliki keuletan lebih rendah. Pada baja karbon tinggi pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya *martensit* sehingga membuat baja menjadi getas.

2. Baja AISI 1045

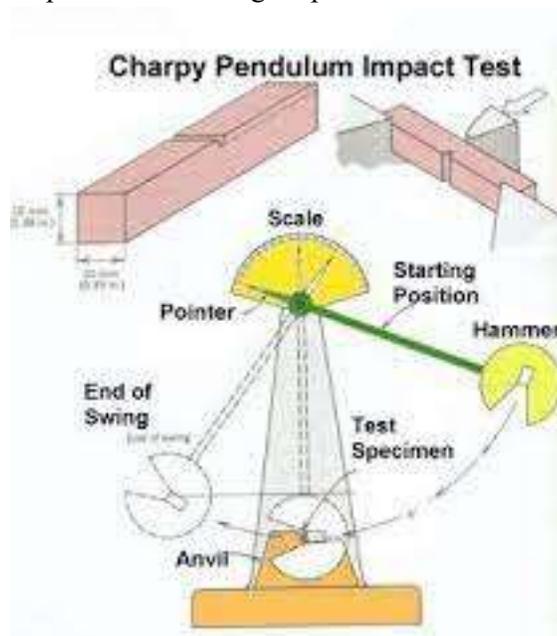
Baja AISI 1045 merupakan baja karbon menengah dengan komposisi karbon berkisar 0,43-0,50 %. Baja AISI 1045 banyak digunakan dipasaran karena memiliki keunggulan. Baja seperti ini banyak digunakan digunakan pada komponen mesin, dikarenakan baja ini mampu menahan keausan. Ketahanan aus didefinisikan sebagai ketahanan abrasi atau ketahanan terhadap pengurangan dimensi akibat dari suatu gesekan. (Rahmadani, et al., Oktober 2020)



Gambar 2. 18 Baja AISI 1045
 Sumber: (Rahmadani, et al., Oktober 2020)

2.8 Pengujian Impak

Pengujian impak adalah pengujian mekanik yang digunakan untuk menganalisis karakteristik bahan seperti kemampuan bahan terhadap benturan dan karakteristik keuletan bahan terhadap perubahan suhu. Uji impak sering digunakan untuk pengembangan bahan struktur material dalam mengukur kemampuan beban kejut. Pengujian uji impak adalah pengujian untuk mensimulasikan material dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan secara tiba-tiba (Muftinur, Haryono, Wijayanto, & Prakoso, 2018). Material uji, dikatakan ulet jika patahan yang terjadi pada bidang patah tidak rata dan tampak berserat-serat. Sedangkan dikatakan getas jika pada bidang patah tampak rata dan mengkilap.



Gambar 2. 19 Alat Uji Impak
 Sumber: (Muftinur, Haryono, Wijayanto, & Prakoso, 2018)

Pada proses pengujian impak, dapat mengetahui sifat ketangguhan material baik dalam kondisi liat, ulet, dan getas. Semakin tinggi harga impak maka keuletan material tersebut semakin tinggi. Jenis impak yang digunakan dalam test impak adalah *charpy test*. Ada dua jenis

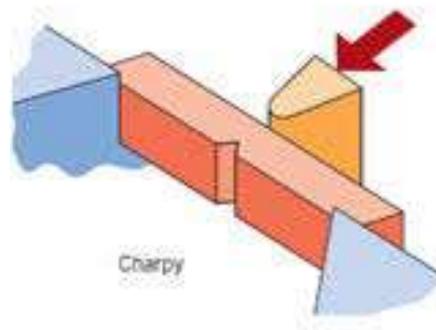
batang uji sesuai standar yang digunakan yaitu tarikan berbentuk V dan tarikan berbentuk U. pengujian ini menggunakan tarikan V, karena dapat *melakolisir energy* patahan.

2.9 Jenis-jenis Uji Impak

Pada umumnya metode charpy banyak digunakan di Amerika sedangkan untuk metode *izod* banyak digunakan di Eropa. Adapun secara umum metode pengujian impak terdiri dari 2 jenis yaitu sebagai berikut:

1. Metode Charpy

Metode *charpy* adalah metode pengujian impak dengan menempatkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan. Adapun pada pengujian *charpy* memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari metode *charpy* yaitu hasil pengujian lebih akurat, pengerjaan lebih mudah dipahami dan dilakukan, menghasilkan tegangan *uniform* di sepanjang penampang dan waktu pengujian lebih singkat. Kekurangan dari metode *charpy* yaitu hanya dapat dipasang pada posisi horizontal, spesimen dapat bergetar dari tumpuan karena tidak dicekam, dan pengujian hanya dapat dilakukan pada spesimen kecil (Wardani, Samantha, & Budiman, 2017).

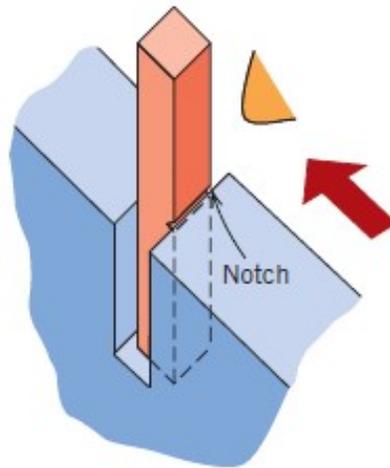


Gambar 2. 20 Metode *Charpy*

Sumber: (Wardani, Samantha, & Budiman, 2017)

2. Metode Izod

Metode *izod* adalah metode pengujian impak dengan menempatkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan searah dengan arah takikan. Adapun pada pengujian *charpy* memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari metode *izod* yaitu tumbukan tepat pada takikan dan spesimen tidak mudah bergeser karena salah satu ujungnya dicekam dan dapat menggunakan spesimen dengan ukuran lebih besar. Kekurangan dari metode *izod* yaitu biaya pengujian mahal, pembebanan hanya pada satu ujung sehingga hasil yang diperoleh kurang baik, hasil patahan kurang baik, dan waktu pengujian cukup panjang karena prosedur pengujian yang banyak (Harijono & Purwanto, 2017).



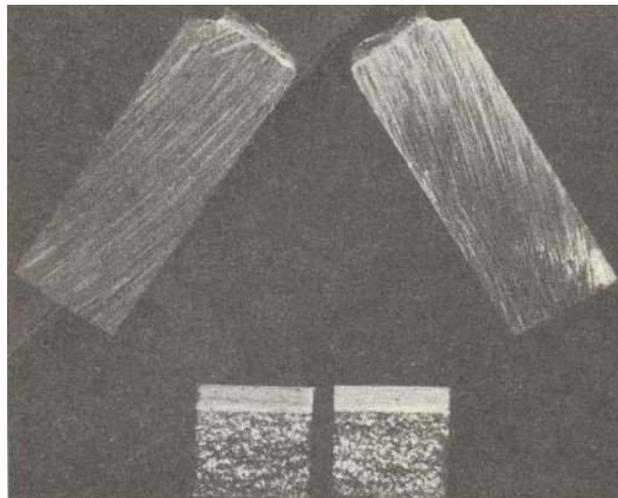
Izod

Gambar 2. 21 Metode *Izod*
 Sumber: (Harijono & Purwanto, 2017)

2.10 Bentuk Patahan pada Uji Impak

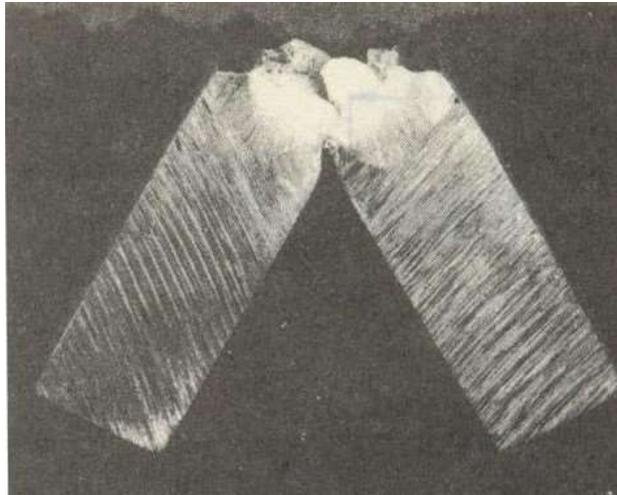
Menurut (Jalil , Zulkifli, & Rahayu, Agustus 2017) secara umum analisis perpatahan uji impak terbagi menjadi 3 jenis yaitu sebagai berikut:

1. Patahan Getas, yaitu patahan yang terjadi pada benda getas seperti besi tuang, dapat dianalisis permukaannya yang rata dan mengkilat, potongan dapat dipasangkan kembali, keretakan tidak di barengi *deformasi*, nilai pukulan rendah.



Gambar 2. 22 Patahan Getas
 Sumber: <https://www.google.com/patahangetas>

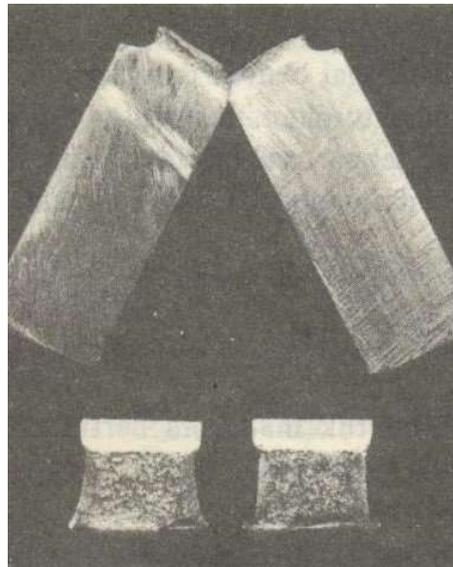
2. Patahan Liat, yaitu patahan yang terjadi pada benda lunak, seperti baja lunak dan tembaga, dapat dianalisis permukaan tidak rata buram dan berserat, pasangan potongan tidak bisa di pasang lagi terdapat *deformasi* pada keretakan, nilai pukulan takik tinggi.



Gambar 2. 23 Patahan Liat

Sumber: <https://www.google.com/patahanliat>

3. Patahan Campuran, yaitu patahan yang terjadi pada bahan yang cukup kuat namun ulet seperti baja temper, gabungan patahan getas dan patahan liat, permukaan masih dapat dipasangkan, ada deformasi pada retakan.

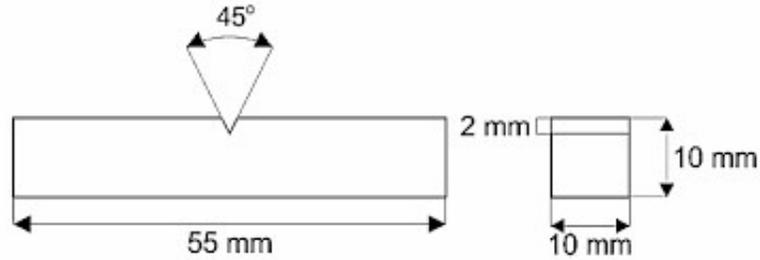


Gambar 2. 24 Patahan Campuran

Sumber: <https://www.google.com/patahancampuran>

2.11 Standar Pengujian (ASTM E23)

Standar ASTM E23 merupakan standar pengujian impak (*charpy* dan *izod*). Tes tumbukan bentukan berlekuk yang menentukan energi yang diserap oleh bahan logam selama kerusakan. Tes ini dilakukan pada beberapa suhu. Tes ini juga menyerap energi ketangguhan dari material dan juga digunakan untuk menentukan perubahan energi yang diserap dalam fraktur pada beberapa suhu (Muftinur, Haryono, Wijayanto, & Prakoso, 2018).



Gambar 2. 25 Standar Pengujian (ASTM E23)
 Sumber: (Muftinur, Haryono, Wijayanto, & Prakoso, 2018)

2.12 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan usaha peningkatan kualitas sebagai metode *off-line quality control*. Metode Taguchi ini bertujuan untuk mendapatkan produk yang lebih tangguh (metode *Robust Design*). Metode ini berusaha untuk mengoptimalkan desain produk dan proses performansi akhir agar sesuai target dan mempunyai nilai variabilitas yang minimum. Metode Taguchi di temukan oleh Dr. Genichi Taguchi, dia adalah seorang *engineer* yang berasal dari Jepang (Arifin & Sulistyawan, Oktober 2017). Menurut (Syach, Nurrohkayati, & Pranoto, Juli 2022) Pada umumnya metode desain eksperimen metode Taguchi dibagi menjadi 3 tahapan utama yaitu sebagai berikut:

1. Tahapan Perencanaan Eksperimen

Tahapan perencanaan eksperimen merupakan tahapan yang terpenting, meliputi perumusan masalah, penetapan tujuan eksperimen, penentuan variable tak bebas, identifikasi faktor-faktor (variable bebas), pemisah faktor control dan faktor gangguan, faktor penentu jumlah level dan nilai level faktor, perhitungan derajat kebebasan, pemilihan *Orthogonal array* dan penempatan kolom untuk faktor dan interaksi ke dalam *orthogonal*

2. Tahapan Pelaksanaan Eksperimen

Tahapan pelaksanaan eksperimen merupakan tahapan yang paling penting dikarenakan pada tahapan ini hasil eksperimen telah di dapatkan, eksperimen dapat direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, dan analisis akan lebih mudah dan dapat menghasilkan informasi positif tentang faktor dan level.

3. Tahapan Analisis Eksperimen

Tahapan analisis eksperimen merupakan tahapan yang melakukan pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam *layout* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk eksperimen.

2.12.1 Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas (*variable respons*) merupakan suatu objek dari suatu produk atau proses. Pada umumnya karakteristik kualitas memiliki suatu target yang ingin dicapai. Menurut (Syach, Nurrohkayati, & Pranoto, Juli 2022) karakteristik kualitas yang terdapat di dalam metode Taguchi adalah sebagai berikut:

1. *Nominal is the Best*

Nominal is the Best adalah karakteristik kualitas yang menuju suatu nilai tertentu. Adapun persamaan dalam *Nominal is the best* adalah sebagai berikut:

$$10\log_{10}\left(\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - m)^2}{n}\right) \dots \dots \dots (2.1)$$

2. *Smaller is Better*

Smaller is Better adalah karakteristik kualitas yang nilainya apabila semakin kecil (nol merupakan nilai idealnya) semakin baik.

Adapun persamaan dalam *Smaller is Better* adalah sebagai berikut:

$$-10\log_{10}\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n y_i^1\right) \dots\dots\dots(2.2)$$

3. *Large is Better*

Large is Better ini adalah karakteristik kualitas yang nilainya apabila semakin besar semakin baik (tak terhingga sebagai nilai idealnya).

Adapun persamaan dalam *Large is Better* adalah sebagai berikut:

$$-10\log_{10}\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right) \dots\dots\dots(2.3)$$

2.12.2 *Desaing of Experiment (DOE)*

Desaing Of Experiment (DOE) merupakan teknik statistik digunakan untuk kajian eksperimen dalam rangka menentukan kualitas produk dan proses. DEO digunakan untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara output (variable respon) dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. DEO memiliki dua jenis variable utama yakni, Variabel Independen (faktor) dan Variabel Dependen (respon), pada variable independen (faktor) terbagi menjadi dua yakni, faktor terkontrol (faktor yang dikendalikan) dan faktor tidak terkontrol (*Noice Factor*). Dalam faktor yang di uji terdapat beberapa level. *Treatment* (perlakuan) merupakan kombinasi level dari faktor yang diuji pada eksperimen. Sedangkan replikasi merupakan banyaknya pengulangan pada percobaan untuk perlakuan yang sama (Muttaqin, 2019).

2.12.3 *Orthogonal Array*

Orthogonal Array adalah bagian dari kelompok percobaan yang menggunakan bagian dari kondisi total. Bagian ini hanya separuh, seperempat atau seperdelapan dari percobaan penuh. Keuntungan *Orthogonal Array (OA)* yaitu mampu untuk mengevaluasi beberapa faktor dengan jumlah tes yang minimum. *Orthogonal Array (OA)* menyediakan kombinasi matriks. Untuk pengujian faktor *Orthogonal Array* dengan 2 dan 3 level yang kemungkinan pengujian *Multiple level*. *Orthogonal Array* terdapat beberapa level dengan tanda-tanda yaitu, level rendah dengan tanda “_” dan level tinggi dengan tanda “+” (Ferdiansyah, Pristiansyah, & Rollastin, 2021). Terdapat penomoran pada *Orthogonal Array*, menurut (Syach, Nurroh kayati, & Pranoto, Juli 2022) yaitu sebagai berikut:

$$L_b(b^c) \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

- L= Rancangan Bujur Sangkar
- a = Banyaknya Eksperimen
- b = Banyaknya level
- c = banyaknya Faktor

2.12.4 *Analysis of Variance (ANOVA)*

Analysis of Variance (ANOVA) merupakan analisis yang mengelola dan menguji data hasil eksperimen. Analisis ini tidak langsung menganalisis data akan tetapi hanya mengukur variabilitas atau variasi dari data yang ada. Pada analisis ini juga dapat mengetahui variasi dari

faktor terkontrol dan faktor gangguan. ANOVA digunakan sebagai metode statistik dalam menginterpretasikan data-data hasil eksperimen. ANOVA juga merupakan teknik perhitungan secara kuantitatif untuk memperkirakan kontribusi pada setiap faktor pada semua pengukuran respon. ANOVA juga digunakan untuk desain parameter yang berguna untuk mengidentifikasi kontribusi faktor, sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan (Yakub, Karmiaji, & Ramadhan, Januari 2016). Adapun menurut (Syach, Nurrohmayati, & Pranoto, Juli 2022) persamaan dalam perhitungan yaitu sebagai berikut:

1. Adapun rumus untuk menghitung jumlah kuadrat adalah sebagai berikut:

$$SSA_1 = \frac{(A_1 - A_2)^2}{N} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$SSB_1 = \frac{(B_1 - B_2)}{N} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$SSE = SS_T - SS_B - SS_C - SS_D - SS_E - SS_{A \times C} - SS_{A \times D} \dots\dots\dots(2.7)$$

2. Adapun rumus untuk menghitung derajat kebebasan adalah sebagai berikut:

$$V_T = N - 1 \dots\dots\dots(2.8)$$

$$V_A = K_A - 1 \dots\dots\dots(2.9)$$

$$V_e = V_T - V_A - V_B - V_C - V_D - V_E - V_F - V_G \dots\dots\dots(2.10)$$

Perhitungan nilai F-Ratio

$$F\text{-ratio} = \frac{Ms \text{ pada masing-masing faktor}}{Ms \text{ Error}} \dots\dots\dots(2.11)$$

3. Adapun rumus untuk menghitung persen kontribusi adalah sebagai berikut:

$$P = \left[\frac{SSA}{SS_T} \right] \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$