

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

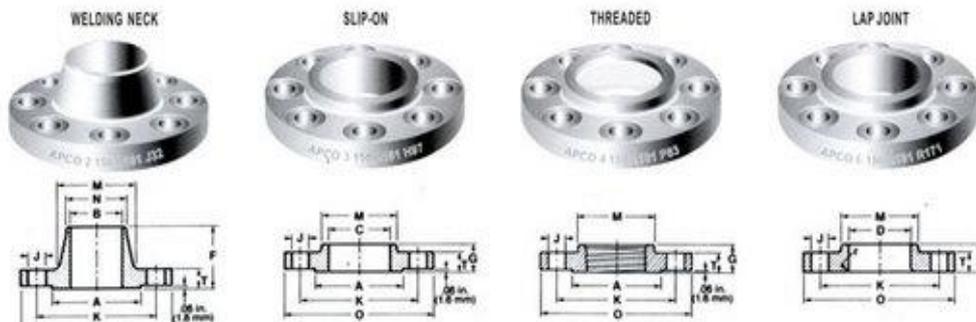
2.1 Flange

Flange adalah istilah untuk salah satu jenis sambungan yang digunakan saat menyambung antara pipa dan elemennya dengan katup, bejana, kolom reaksi, pompa dan lainnya. Beberapa teknik sambungan selain flange adalah menyambung langsung dengan las (welding joint) atau menyambung dengan uliran (threaded joint) seperti menyambung baut dengan mur.

Sambungan yang paling sempurna jika dilihat dari sisi pencegahan bocor dan ketahanan akan tekanan fluida yang mengalir adalah menyambung langsung dengan las. Tetapi dengan las membuat sambungan itu bersifat permanen, yang bukan merupakan hal baik jika sambungan itu butuh dilepas untuk perawatan atau perbaikan. Las juga tidak bisa diaplikasikan jika ada bagian dalam yang tidak tahan akan suhu tinggi yang dihasilkan proses las. Sambungan dengan threaded joint dapat dibongkar pasang, tetapi tidak bisa diaplikasikan untuk sambungan dengan ukuran besar dan bertekanan tinggi. Karena itu, walaupun dengan flange akan menambah berat material dan membutuhkan baut, mur dan gasket, flange tetap banyak digunakan.

Sesama flange direkatkan dengan baut dan mur. Karena adanya kekasaran pada permukaan metal, sambungan metal dengan metal tidak akan mencegah kebocoran. Karena itulah dibutuhkan juga gasket diantara flange untuk menutupi celah-celah kecil dari kekasaran permukaan flange sehingga tidak bocor sama sekali. Tidak seperti pipa yang ketebalannya dapat disesuaikan dengan tekanan fluida yang mengalir, flange mempunyai keterbatasan dari sisi pembuatannya. Karena itu, flange tidak desain satu per satu menurut tekanan fluida, tetapi dikelompokkan menjadi beberapa kelas dan itu sudah distandarisasikan sejak lama. Flange dapat dibagi menjadi kelas 150, 300, 600, 900, 1500, 2500. Ini adalah sebutan kelas yang menunjukkan setinggi apa tekanan yang dapat diaplikasikan. Misalnya untuk suhu kamar dengan tekanan fluida sampai 20 bar

dapat menggunakan kelas 150, tekanan sampai 50 bar menggunakan kelas 300, tekanan sampai 100 bar menggunakan kelas 600 dan seterusnya.



Gambar 2.1 Jenis - jenis flange

Daftar maksimum tekanan yang dapat diaplikasikan menurut suhu dan material disebut dengan Pressure Temperature Rating, atau disingkat dengan PT Rating. Pembagian kelas dan PT rating ini juga dipakai untuk desain katup dan gasket. Standar untuk metal flange biasanya menggunakan ASME B16.5, B16.47 atau MSS SP 44. Untuk gasket menggunakan ASME B16.20 atau B16.21 dan untuk katup menggunakan ASME B16.34.

2.2 Pandangan Umum Tentang Las Oxy-Acetylene

Las (las asetilen) adalah proses pengelasan secara manual, dimana permukaan yang akan disambung mengalami pemanasan sampai mencair oleh nyala (flame) gas asetilin (yaitu pembakaran C_2H_2 dengan O_2), dengan atau tanpa logam pengisi, dimana proses penyambungan tanpa penekanan. Disamping untuk keperluan pengelasan (penyambungan) las gas dapat juga dipergunakan sebagai : preheating, brazing, cutting dan hard facing. Penggunaan untuk produksi (production welding), pekerjaan lapangan (field work), dan reparasi (repair & maintenance). Dalam aplikasi hasilnya sangat memuaskan untuk pengelasan baja karbon, terutama lembaran logam (sheet metal) dan pipa-pipa ber dinding tipis. Meskipun demikian hampir semua jenis logam ferrous dan non ferrous dapat dilas dengan las gas, baik dengan atau tanpa bahan tambah (filler metal).

Disamping gas acetylene dipakai juga gas-gas hydrogen, gas alam, propane, untuk logam-logam dengan titik cair rendah. Pada proses pembakaran

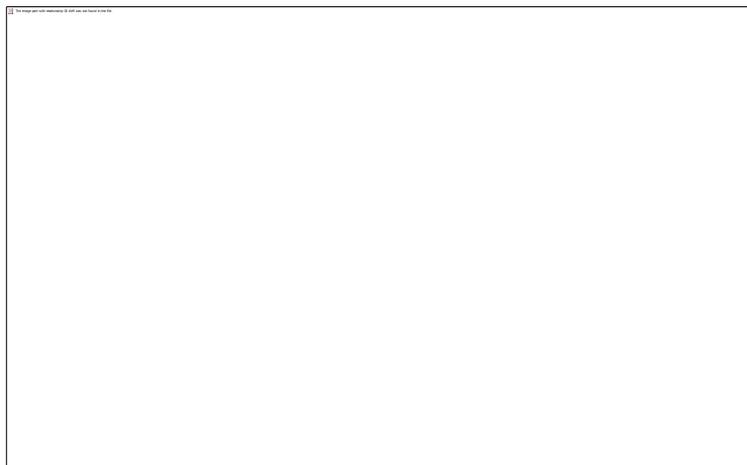
gas-gas tersebut diperlukan adanya oxygen. Oxygen ini didapatkan dari udara dimana udara sendiri mengandung oxygen (21%), nitrogen (78%), argon (0,9 %), neon, hydrogen, carbon dioksida, dan unsur lain yang membentuk gas

2.3 Pengelasan dengan Gas

Kelompok ini mencakup semua proses pemerasan dimana digunakan campuran gas sebagai sumber panas. Nyala gas yang lazim digunakan adalah gas alam, asetilen dan hydrogen dicampur dengan oksigen. Pengelasan oxy-hidrogen merupakan proses gas pertama yang digunakan secara komersil. Suhu maksimum yang dapat dicapai adalah 1980 °C. hydrogen dihasilkan oleh proses elektrolisa air atau dengan mengalirkan uap diatas kokas. Campuran gas yang banyak digunakan adalah proses oksiasitilen dengan suhu nyala 3500 °C.

2.3.1 Nyala oksi asetilen

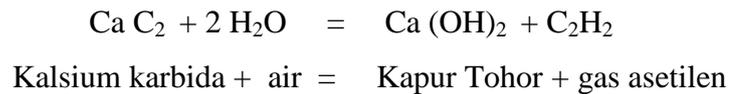
Disini digunakan nyala gas campuran oksigen dan asetilen untuk memanaskan logam sampai mencapai titik cair logam induk. Pengelasan dengan atau tanpa logam pengisi. Oksigen berasal dari proses elektrolisa atau proses pencairan udara. Oksigen komersil umumnya berasal dari proses pencairan udara dimana oksigen dipisahkan dari nitrogen. Oksigen disimpan dalam silinder baja bertekanan 14 MPa. Lihat gambar 2.2 ;



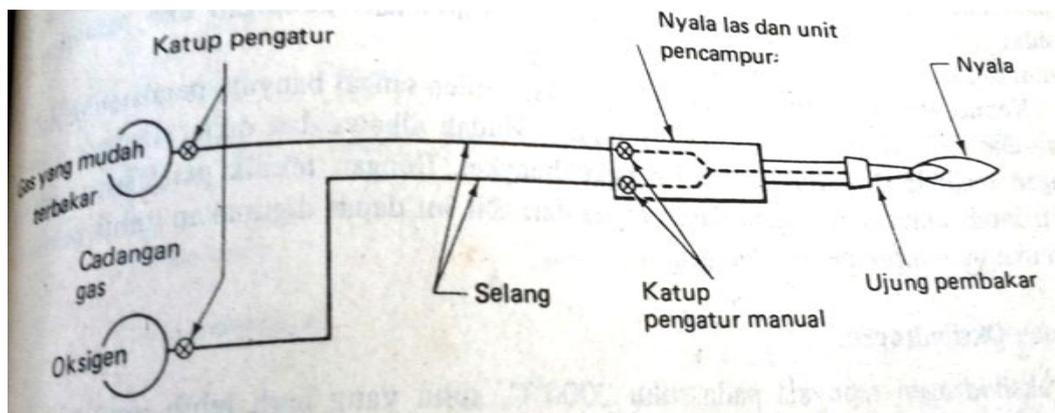
Gambar 2.2 Silinder dan katup pengatur tekanan untuk pengelasan oksiasetilen

Sumber : Teknologi Mekanik II : (B.H. Amstead : hal 168)

Gas asetilen (C_2H_2) dihasilkan untuk reaksi kalsium karbida dengan air. Gelembung-gelembung gas naik dan endapan yang terjadi adalah kapur reaksi tohor. Reaksi yang terjadi dalam tabung asetilen adalah :



Karbida kalsium keras, mirip batu, berwarna kelabu dan terbentuk sebagai hasil reaksi antara kalsium dan batubara. Hasil reaksi ini kemudian digerus, dipilih dan disimpan dalam drum baja yang tertutup rapat. Gas asetilen dapat diperoleh dari generator asetilen yang menghasilkan gas asetilen dengan mencampurkan karbid dengan air atau kini dapat dibeli dalam tabung-tabung gas siap pakai. Agar aman tekanan gas asetilen dalam tabung tidak boleh melebihi 100 KPa, dan disimpan dicampur dengan asetilen. Tabung asetilen diisi dengan bahan pengisi bepori yang jenuh dengan asetilen, kemudian diisi dengan gas asetilen. Tabung jenis ini mampu menampung gas asetilen bertekanan sampai 1,7 MPa. Di bawah ini terdapat skema nyala las dan sambungan gasnya.



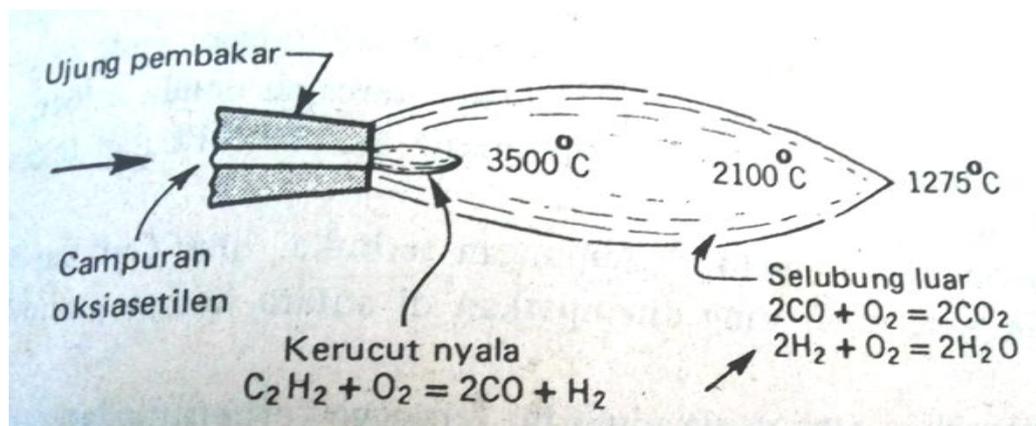
Gambar 2.3 Skema nyala gas oksiasetilen dan cadangan gasnya

Sumber : Teknologi Mekanik II : (B.H. Amstead : hal 169)

Pengaturan perbandingan campuran gas sangat penting oleh karena dengan demikian sifat nyala dapat diatur. Tiga sifat nyala yang dapat yang dapat diperoleh adalah: nyala bersifat reduksi, netral dan oksidasi. Nyala netral diperlihatkan dalam gambar 2. Dan umumnya disunakan pada pekerjaan pengelasan dan

pemotongan. Kerucut nyala bagian dalam pada ujung nyala memerlukan perbandingan oksigen: asetilen sebesar kira-kira 1 : 1 dan merupakan hasil reaksi seperti tertera pada gambar. Kerucut ini dikelilingi oleh selubung nyala luar yang berwarna kebiru-biruan. Oksigen yang diperlukan nyala ini berasal dari udara. Suhu maksimum setinggi 1300-3500°C. tercapai pada ujung nyala kerucut.

Bila terdapat kelebihan asetilen tampak nyala akan berubah. Akan dijumpai tiga daerah dan bukannya dua. Diantara kerucut yang menyaladkan selubung luar akan terdapat kerucut antara yang berwarna keputih-putihan yang panjangnya ditentukan oleh kelebihan asetilen nyala ini, yang dikenal dengan nyala reduksi atau nyala karburasi digunakan dalam pengelasan logam monel, **nikel**, berbagai jenis baja dan bermacam-macam bahan pengerasan permukaan non ferrous.



Gambar 2.4 Nyala netral dan suhu yang dapat dicapai pada ujung pembakar

Sumber : Teknologi Mekanik II : (B.H. Amstead : hal 169)

Bila nyala diatur sedemikian sehingga memberikan kelebihan oksigen akan memperoleh nyala yang mirip dengan nyala netral tersebut tadi, hanya disini kerucut nyala bagian dalam lebih pendek dan selubung luar lebih jelas warnanya. Nyala yang bersifat oksidasi ini harus digunakan dalam pengelasan fusion dari **kuningan dan perunggu** namun tidak dianjurkan untuk pengelasan lainnya.

Keuntungan dan kegunaan pengelasan oksidasi sangat banyak; peralatan relative murah dan memerlukan pemeliharaan minimal. Mudah dibawa dan dapat digunakan dilapangan maupun di pabrik atau di bengkel-bengkel.

Dengan teknik pengelasan yang tepat hampir semua jenis logam dapat di las dan alat ini dapat digunakan untuk pemotongan maupun untuk penyambungan.

2.3.2 Pemotongan flange nyala Oksiasetylen

Pada umumnya pemotongan logam dengan nyala merupakan salah satu proses produksi yang penting, nyala untuk pemotongan ini berbeda dengan nyala las disekitar lubang utama yang dialiri oksigen murni terdapat lubang kecil untuk nyala pemanas mula. Nyala pemanas mula serupa dengan nyala las dan berfungsi sebagai pemanas mula baja sebelum proses pemotongan. Prinsip dasar pemotongan nyala adalah sifat afinitas oksigen terhadap besi dan baja. Pada suhu biasa, reaksi ini lambat, akan tetapi dengan naiknya suhu reaksi ini berlangsung lebih cepat dan terbentuklah lapisan oksida. Bila baja mencapai suhu pijar merah dan dialiri pancaran oksigen murni pada permukaannya, reaksi berlangsung seketika dan baja terbakar berubah menjadi oksida besi. Diperlukan sekitar 0,00225 m³ oksigen untuk mengoksidasi 1 cm³ besi, logam sampai ketebalan 760 mm dapat dipotong dengan proses ini. Nyala untuk memotong logam di bawah permukaan air dilengkapi dengan tiga selang : sebuah gas untuk pemanas mula, sebuah lagi untuk oksigen dan satu lagi bentuk udara bertekanan digunakan untuk menciptakan gelembung udara skitar ujung nyala, sehingga nyala gas tersebut stabil di samping menghalau air disekitar ujung nyala. Biasanya gas hydrogen dipakai sebagai nyala pemanas mula karena gas asetilen tidak aman untuk digunakan pada tekanan tinggi, yang timbul akibat kedalaman air. Telah dikembangkan berbagai mesin potong, antara lain dengan nyala dapat diatur secara otomatis sehingga sanggup memotong sehingga sanggup memotong mengikuti berbagai pola.bentuk yang tadinya memerlukan penempaan atau pengecoran sekarang dapat dikerjakan dengan proses pemotongan. Mesin pemotongan nyala, yang dapat menggantikan operasi mesin yang tidak terlalu teliti, banyak digunakan dalam industry perkapalan, industry konstruksi, pekerjaan pemeliharaan dan pembuatan berbagai benda dari lembaran dan pelat baja. Besi cor, paduan bukan besi dan paduan kadas mangan tinggi sukar di potong dengan proses ini.

2.3.3 Pemotongan dengan busur plasma

Pada api plasma, gas dipanaskan oleh busur wolfram hingga suhu yang sangat tinggi, gas terionisir dan menjadi penghantar listrik. Gas dalam kondisi ini disebut plasma. Api biasanya dirancang sedemikian rupa hingga gas mengalir ke busur melalui lubang halus. Akibatnya suhu plasma naik dan konsentrasi energy pada daerah benda kerja yang kecil menyebabkan logam mencair dengan cepat. Ketika aliran gas meninggalkan nosel, gas berkembang dengan cepat dan membawa serta logam cair sehingga proses pemotongan[berjalan terus. Karena panas yang timbul tidak tergantung pada reaksi kimia, api ini dapat digunakan untuk memotong logam. Suhu yang dapat dicapai mendekati 33.000 C Jadi kurang lebih 10 kali suhu yang dihasilkan oleh reaksi oksigen dan asetilen.

Api yang menghasilkan plasma dapat dibagi atas : 1. Transferred plasma torch dan 2 nontransferred plasma torch. Pada api plasma yang tidak dapat ditransfer ,sirkuit busur dibentuk daam api itu sendiri dan plasma diproyeksikan dari nosel. Api semacam ini digunakan untuk menyemprotkan logam dan akan dibahas. Api plasma yang ditransfer yang digunakan untuk memotong digambarkan pada hg

2.4 Mampu potong (Cutability)

Mengingat bahwa pada proses ini reaksi kimia adalah reaksi oksidasi, maka untuk logam-logam yang tahan oksidasi (oxidation resistant metals) perlu adanya penambahan flux kimia atau serbuk besi sebagai bahan yang dapat bereaksi eksotermis. Untuk mendapatkan hasil pemotongan yang baik, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi :

- Titik cair logam yang dipotong harus lebih tinggi dari temperatur nyala oksigen. Bila temperatur logam yang dipotong lebih rendah dari temperatur nyala oksigennya, maka logam lebih dahulu mencair reaksi oksidasi terjadi pada suatu daerah yang relatif lebih luas, maka pemotongan yang diinginkan tidak tercapai.
- Titik cair oksida logam yang dipotong harus lebih rendah dari titik cair logam, dan harus juga lebih rendah dari temperatur yang dihasilkan oleh reaksinya.

Bila temperatur oksida logam ternyata lebih tinggi dari temperatur logam maupun temperatur yang dihasilkan pada reaksi, maka akan sulit terjadi proses pemotongan. Misalnya pada baja paduan Chrom yang tinggi, adanya oksida Chrom (Cr_2O_3) yang mempunyai titik cair $2.000\text{ }^\circ\text{C}$ atau aluminium paduan yang mengandung oksida aluminium (Al_2O_3) dengan titik cair $2.050\text{ }^\circ\text{C}$ akan sulit untuk dipotong.

- Koefisien konduksi panas logam yang dipotong tidak boleh tinggi (besar). Logam-logam yang mempunyai nilai koefisien konduksi panas besar yang mudah merambatkan panas kebagian lain dari logam, sehingga akan susah memanaskan logam setempat (lokal), misalnya tembaga atau aluminium.
- Oksidasi yang terbentuk pada proses pemotongan harus cukup encer (cair), untuk mempermudah pengaliran cairan keluar dari celah (kerf). Pada pemotongan besi tuang, karena adanya cairan oksida Silikon (SiO_2) yang cukup banyak dan kental, maka pemotongan logam akan lebih sulit.

Tabel 2.1 Titik cair beberapa logam dan oksida logam

No	Logam dan oksida logam	Titik cair $^\circ\text{C}$
1.	Besi	1535
2.	Baja Karbon Rendah	1500
3.	Baja Karbon Tinggi	1300 – 1400
4.	Besi Tuang Kelabu	1200
5.	FeO	1370
6.	Fe_2O_3	1565
7.	Fe_3O_4	1527
8.	Tembaga	1083
9.	Brass	850 – 900
10.	Tin Bronze	850 – 2050
11.	Oksida Tembaga	1236
12.	Aluminium	657
13.	Oksida Aluminium	2020 - 2050
14.	Zinc	419
15.	Oksida Zinc	1800

2.5 Fungsi pemanasan

Fungsi nyala pemanasan pada proses pemotongan logam dengan oksigen adalah sebagai berikut :

1. Untuk menaikkan temperatur logam yang akan dipotong sampai pada titik nyala oksigen untuk memulai dan melanjutkan reaksi kimia pemotongan.
2. Dapat melindungi semburan gas oksigen terhadap pengaruh atmosfer yang mungkin dapat menyebabkan tercampurnya gas oksigen dengan gas-gas lain dari udara luar. Disamping itu gas oksigen yang disemurkan melalui nosel telah terdapat energi panas mula dari nyala yang dapat membantu menggalakan proses pemotongan.
3. Dapat membantu membersihkan kotoran-kotoran ringan pada permukaan baja bagian atas seperti karat, scale, cat maupun kotoran ringan lain yang dapat menghambat proses pemotongan. Dari beberapa data pencatatan pemanasan dengan api oksi-asetilin untuk mencapai titik nyala oksigen pada beberapa ketebalan pelat baja dapat dipilih pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.2 Ketebalan dan waktu pemanasan

Tebal Baja (mm)	Waktu Pemanasan (detik)
10 - 20	5 - 10
20 - 100	7 - 25
100 - 200	25 - 40

2.6 Bahan bakar gas

Ada beberapa macam bahan bakar gas yang umum dipakai untuk pemanasan pada proses pemotongan logam dengan oksigen. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih penggunaan bahan bakar gas, antara lain :

1. Pengaruh pada kecepatan potong.
2. Waktu yang diperlukan untuk proses pemanasan sebelum memotong.
3. Harga bahan bakar.
4. Biaya penggunaan oksigen yang dibutuhkan untuk pembakaran bahan bakar gas secara efisien, misalnya 1 volume asetilen memerlukan 1,5 volume oksigen, 1 volume propane membutuhkan 2 volume oksigen.

5. Kemampuan bahan bakar gas dalam melayani beberapa proses operasi, seperti untuk pemanasan, pengelasan, brazing, scuring, membuat groove dan memotong.
6. Kesiapan sediaan bahan bakar gas dipasaran lokal dan mudah dipindahkan untuk keperluan pengerjaan.

Gas asytelene banyak dipakai orang sebagai bahan bakar gas untuk memotong dengan oksigen, karena mudah didapat dan temperature tinggi. Perbandingan volume asetilen dan oksigen untuk nyala pemanasan adalah 1,2-1,5.

2.7 Kemurnian oksigen

Oksigen yang dipakai untuk memotong harus mempunyai tingkat kemurnian 99,5 % atau lebih. Bila tingkat kemurnian lebih rendah dapat mengurangi tingkat efisiensi operasi pemotongan. Misalnya lebih rendah 1 % akan mengurangi kecepatan pemotongan rata-rata 25% dan menambah pemakaian oksigen rata-rata 25% lebih tinggi. Kalau kemurnian oksigen lebih rendah dari 95 % maka proses pemotongan sudah sangat kurang baik karena yang akan terjadi adalah pelelehan logam dengan bentuk hasil potong tidak rata atau bentuk sela potong sangat jelek.

2.8 Pengaruh metalurgi

Panas yang dihasilkan oleh reaksi kimia oksigen dengan logam menimbulkan panas yang cukup tinggi yang dirambatkan melalui sisi sela potong ke logam yang akan dipotong. Panas yang diterima oleh sisi sela potong demikian tingginya dan dapat dinaikkan temperatur daerah sela potong sampai diatas temperatur kritis dari baja. Makin tebal dan besar benda kerja maka akan makin besar perpindahan panas ke massa benda kerja yang berfungsi sebagai media quench. Dalamnya daerah terpengaruh panas tidak hanya bergantung pada jumlah kadar karbon dan paduannya, tetapi juga tebal dan besar benda yang dipotong.

Tabel 2.3 Tebal dan dalamnya HAZ

Tebal	Dalamnya H.A.Z (mm)	
	Baja Karbon Rendah	Baja Karbon Tinggi
12 mm	0,8 mm	0,8 mm
12 mm	0,8 mm	0,8 mm – 1,6 mm
150 mm	3,2 mm	3,2 mm – 6,3 mm

Baja konstruksi dengan kadar karbon tidak melebihi 0,25 %, biasanya kekerasannya tidak banyak berubah pada daerah pengaruh panas (H.A.Z). Pengaruh kekerasan pada daerah terpengaruh panas akan makin berkurang pada tempat yang makin jauh dari pola potong. Adakalanya untuk memudahkan proses pemotongan logam dengan oksigen diperlukan pemanasan awal pada seluruh benda kerja untuk menurunkan pendinginan (terutama pada baja paduan hardenable) atau meningkatkan efisiensi pemotong karena meningkatnya heat input. Baja paduan rendah dan baja paduan tinggi (>0,25 % C) memerlukan pemanasan awal untuk mengurangi pengerasan dan mencegah kemungkinan retak. Makin tebal dan besar benda kerja yang akan dipotong maka memerlukan pemanasan awal yang lebih tinggi dari yang tipis atau kecil. Ada beberapa keuntungan awal untuk benda kerja yang akan di potong dengan oksigen, yaitu :

- Dapat meningkatkan efisiensi pemotongan karena kecepatan dapat ditingkatkan. Penggunaan gas oksigen untuk pemotongan dapat lebih kecil.
- “Gradient” suhu dapat diperkecil sehingga memperlambat laju pendinginan, dan memperkecil kemungkinan retak pada saat pendinginan. Juga dapat mengurangi distorsi dan dapat mengurangi pengerasan pada posisi potong
- Dapat mengurangi migrasi unsur-unsur logam dari tempat yang dingin ketempat yang lebih tinggi temperaturnya dan sebaliknya.

Tinggi suhu pemanasan awal tergantung pada komposisi tebal dan besar yang akan dipotong. Biasanya berkisar antara 100 °C s/d 700 °C, kebanyakan baja karbon dan paduan membutuhkan suhu pemanasan awal antara 200 °C – 300 °C. Makin tinggi suhu pemanasan awal makin tinggi pula proses reaksi oksigen dengan baja, dalam hal ini perlu diketahui bahwa suhu pemanasan awal harus

merata sampai pada bagian dalam logam. Sebab kalau hanya bagian sushu luar saja, maka proses reaksi kimia antara bagian luar dan dalam tidak seimbang kecepatannya. Semburan terak dan aliran gas oksigen akan terhambat, dan proses pemotongan akan gagal. Untuk mengurangi internal stress pada benda kerja, dapat pula dilakukan proses pemanasan lanjut berupa annealing, atau stress relieve setelah proses pemotongan selesai. Sebaiknya pemanasan lanjut untuk tujuan annealing dan stress relieve dilakukan pada dapur pemanas, tetapi bila tidak mungkin karena bentuk dan beratnya maka dapat pula menggunakan alat pemanas lain.

2.9 Mutu hasil pemotongan

Mutu hasil pemotongan dengan oksigen tergantung pada beberapa faktor, antara lain :

- Metalurgi.
- Sifat mekanik.
- Dimensi.
- Kekerasan permukaan potong.

Faktor metalurgi dan sifat mekanik seperti yang telah dibahas di atas dan untuk faktor dimensi dan kekerasan permukaan potong tergantung pula cara pengoperasian atau pelaksanaan pemotongan. Mutu pemotongan yang disetujui, tentu tergantung pada persyaratan yang diperlukan untuk setiap pengerjaan.

Kekerasan permukaan potong pada beberapa ketebalan baja tergantung pada beberapa variable, misalnya :

- Bentuk dan ukuran mulut potong.
- Debit gas oksigen dan kemurnian dari gas oksigen yang dipakai untuk memotong.
- Intensitas dari nyala pemanasan dan “oxy fuel gas ratio”.
- Kebersihan dari lubang nosel pemotong.
- Kondisi permukaan baja yang akan dipotong.
- Mutu dari baja yang dipotong

2.10 Penggunaan

Proses pemotongan dengan oksigen telah banyak digunakan oleh industri engineering di Indonesia, seperti industri perkapalan, industri konstruksi, industri pembuat desain, reprasi, dan perawatan, dan lain sebagainya. Proses ini selain dapat untuk memotong juga dapat untuk membuat kampuh sambungan las, membuat alur dan gauging, membersihkan permukaan slab baja atau scarfing sebelum diroll menjadi bentuk pelat dan untuk membuat lubang atau lancung. Ada beberapa factor yang mempengaruhi dalam pemakaian debit gas, karena antara pemakai satu dengan yang lain tentu tidak akan sama. Adapun factor tersebut antara lain :

- Ukuran dan bentuk mulut potong yang dipergunakan.
- Ketrampilan juru potong dalam pengaturan kecepatan potong, pengaturan debit gas, tekanan kerja, dan efisiensi pemotongan.

Tabel 2.4 Tebal plat dan debit gas

Tebal pelat baja (mm)	Diameter lubang potong	Kecepatan potong cm/menit	Debit gas, liter/jam				Tekanan gas oksigen potong (kg/cm ²)
			Oksigen potong	Asetilin	Natural gas	Propane	
3	0.5 - 1	40 - 81	425 - 1273	85 - 225	255 - 707.5	85 - 283	1.5
6	0.75 - 1.5	40 - 66	850 - 1556	85 - 225	225 - 707.5	141 - 340	1.8
9	0.75 - 1.5	38 - 60	1132 - 1980	170 - 340	283 - 707.5	141 - 425	2.2
12	1 - 1.5	30 - 58	1556 - 2405	170 - 340	424 - 850	141 - 425	2.6
20	1 - 1,5	30 - 53	2830 - 4245	198 - 396	424 - 850	170 - 509	2.8
25	1,5 - 1,5	23 - 45	3113 - 4530	198 - 396	509 - 990	170 - 509	3.2
40	1.5 - 2	15 - 35	3113 - 4950	226 - 452	509 - 990	226 - 566	3.8
50	1.5 - 2	15 - 33	3680 - 5370	226 - 452	510 - 1132	226 - 566	4

75	1.6 - 2.15	10 - 28	5370 - 8490	255 - 566	510 - 1132	255 - 622	4.5
100	2 - 2.3	10 - 25	6790 - 10188	255 - 566	510 - 1132	255 - 680	5
125	2 - 2.4	10 - 20	7641 - 10188	283 - 680	707.5 - 1415	283 - 707.5	5
150	2.4 - 2.65	75 - 175	7360 - 14150	283 - 680	707.5 - 1415	283 - 850	5.5
200	2,4 - 2,8	50 - 125	13000 - 17546	424 - 850	850 - 1556	424 - 905	6.7
250	2,4 - 2,8	50 - 100	16416 - 1910	424 - 990	990 - 1980	424 - 990	7.5

Baja dengan ketebalan 30-250 mm dapat dipotong dengan proses potong oksigen ini. Dalam hal ini pengaturan debit oksigen, tekanan kerja oksigen pemilihan nosel potong serta keterampilan juru potong dapat mempengaruhi hasil mutu pemotongan. Pada dasarnya cara pemotongan baja tebal dan tipis adalah sama, hanya makin tebal ukuran tebal pelat baja yang dipotong membutuhkan debit oksigen makin tinggi dan kecepatan potong makin rendah disamping itu membutuhkan pemanasan awal yang cukup. Lancing adalah juga termasuk proses memotong dengan oksigen yang dipergunakan untuk membuat lubang pada baja yang tebal ataupun membuat lubang pada lubang curah (tap hole) kupola yang tersumbat oleh cairan besi tuang yang membeku. Lancing biasanya menggunakan pipa baja berdiameter luar 17-19 mm dan diameter dalam 6-8 mm dan bagian dalam lubang pipa masih diisi kawat baja diameter 5 mm untuk memperkecil luas lubang pipa dan jumlah debit gas oksigen. Pipa dihubungkan dengan selang gas kebotol oksigen dan dilengkapi dengan klep pengaman untuk menghentikan aliran oksigen pada saat diperlukan. Pemanasan sebelum proses lancing bisa digunakan pemanas oksi asetilen atau oksipropan. Bila pemanasan dengan busur listrik maka proses dikenal dengan nama oxygen arc , yaitu oksigen disemburkan melalui elektroda las khusus yang berlubang ditengahnya. Tangkai las juga khusus yaitu yang dilengkapi dengan lubang dan keran untuk penyaluran gas oksigen. Oxygen-arc banyak digunakan untuk pemotongan baja scrab industri pengecoran

2.11 Dasar – dasar Pemilihan Bahan

Hal – hal penting dan mendasar yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan antara lain :

1. Sifat mekanis bahan.

Mengetahui sifat mekanis bahan, sehingga dalam mengetahui kemampuan bahan dalam menerima beban, tegangan, gaya gaya yang terjadi, kekasaran, ketahanan terhadap korosi, titik leleh dan lain – lain

2. Mudah dapat dipasaran.

Dalam memilih bahan yang menjadi pertimbangan apakah bahan yang digunakan sesuai dengan kebutuhan dan mudah dapat dipasaran, untuk itulah dipilih bahan – bahan yang harganya relatif murah dan sesuai dengan yang direncanakan. Kemudian pilihlah bahan yang akan digunakan sesuai dengan fungsinya.

3. Mudah dibentuk

Selain mudah didapat, dan harga yang relatif murah, bahan yang digunakan juga harus mudah dibentuk sesuai dengan yang kita inginkan, sehingga mempermudah kita untuk membentuk bahan baku menjadi bahan yang dapat dipakai pada alatnya nanti.

2.12 Bahan dan Komponen

Didalam suatu perencanaan alat, kita harus menentukan alat dan komponen yang kita gunakan dalam proses pembuatan. Sebelum memulai perhitungan, seorang perencana haruslah terlebih dahulu memilih dan menentukan jenis material yang akan digunakan dengan tidak terlepas dari faktor- faktor yang mendukungnya. Selanjutnya untuk memilih bahan nantinya akan dihadapkan pada perhitungan, yaitu apakah komponen tersebut dapat menahan gaya yang besar, gaya terhadap beban puntir, beban bengkok atau terhadap faktor tahanan tekanan. Juga terhadap faktor koreksi yang cepat atau lambat akan sesuai dengan kondisi dan situasi tempat, komponen tersebut digunakan. Didalam menentukan alat dan bahan yang akan kita gunakan nanti, beberapa faktor yang harus kita ketahui seperti ketersediaan, mudah dibentuk, harga yang relatif murah.

1. Motor Listrik
2. Baut dan Mur
3. Bearing
4. Poros

Adapun kriteria – kriteria pemilihan bahan atau material didalam rancang bangun mesin las potong ini adalah

1. Motor Listrik

Motor listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak yang dibutuhkan untuk menggerakkan putaran pada nozzle las potong. Motor penggerak yang digunakan adalah motor listrik. Motor listrik digunakan untuk menjadi gerak awal dari mesin ini. Gerakan dari motor listrik ini akan meneruskan daya dan putaran, Penggunaan dari motor listrik ini disesuaikan dengan kebutuhan daya alat bantu tersebut, yaitu daya yang diperlukan dalam proses pemutaran nozzle potong pada flange. Daya motor yang dibutuhkan untuk memutar nozzle potong berhubungan dengan kecepatan putar dan torsi pada baja. (watt)

$$P = T \times \frac{2\pi \times N}{60} \dots\dots (\text{Modul kuliah Elemen Mesin II, hal : 2})$$

$$T = F \times r$$

$$P = \frac{2\pi \times F \times r \times N}{60}$$

Keterangan :

- P = Daya yang dibutuhkan/daya motor listrik (watt)
 N = Putaran motor listrik (rpm)
 T = Torsi Motor listrik (Nm)
 F = Gaya yang bekerja (N)
 r = Jarak dari gaya ke titik pusat (m)

Jika P adalah gaya yang digunakan untuk memutar nozzle, maka berbagai macam faktor keamanan biasanya dapat diambil dalam suatu perencanaan. Jika faktor koreksi adalah (fc), maka daya yang direncanakan adalah :

$$P_d = F_c \cdot w \dots\dots\dots(\text{Suga, Kiyokatsu dan Sularso : hal 7})$$

Keterangan :

- P_d = daya rencana (kw)
 P = daya yang ditransmisikan
 F_c = faktor koreksi

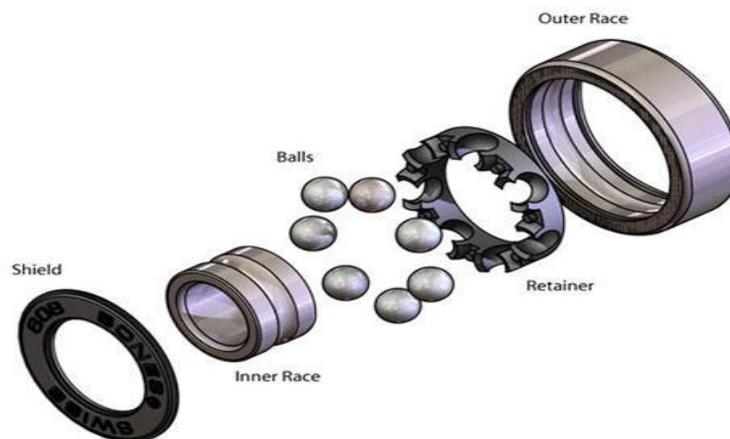
Faktor – faktor koreksi daya yang dibutuhkan

Tabel 2.5 faktor koreksi daya

Daya yang ditransmisikan	F_c
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
Daya rata – rata yang diperlukan	1,2 – 2,0
Daya normal	1,0 – 1,5

2. Bantalan

Bearing (bantalan) adalah suatu elemen mesin yang digunakan untuk menumpu/mendukung dan membatasi gerakan poros, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya berlangsung secara halus dan amn dan panjang umur. Bantalan harus terbuat dari bahan yang kokoh, agar poros dan komponen mesin lainnya dapat berfungsi dengan baik. Jika bantalan terbuat dari bahan yang mudah rusak, maka komponen lainnya juga akan rusak.



Gambar 2.5. Komponen bantalan gelinding

Bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Bantalan berdasarkan bentuknya
 - a. Bantalan luncur (journal/sliding bearing) : adalah bantalan dimana bagian yang bergerak (berputar) dan yang diam melakukan persinggungan secara langsung. Bagian yang bergerak biasanya ujung poros yang juga disebut tap (journal)
 - b. Bantalan gelinding (antrifiction bearing) : adalah bantalan dimana bagian yang bergerak dan yang diam tidak bersinggungan langsung, tapi terdapat perantara (media). Bila perantara berbentuk bola (ball) maka disebut ball bearing, tapi bila perantaranya berbentuk roll, maka disebut roller bearing.
2. Bantalan berdasarkan arah gaya atau bebannya
 - a. Bantalan radial : bantalan yang digunakan untuk menahan beban radial
 - b. Bantalan aksial : adalah bantalan yang digunakan untuk menahan beban aksial (beban yang searah dengan sumbu bantalan atau sumbu putaran)

Rumus beban statik ekuivalen untuk bantalan radial:

$$P = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a \dots \dots (\text{Modul kuliah Elemen Mesin II, hal : 41})$$

Keterangan :

- | | |
|-------|--------------------------------------|
| P | = beban ekuivalen |
| F_t | = beban radial sebenarnya |
| X | = faktor radial |
| V | = faktor putaran |
| | = 1,0 untuk inner ring yang berputar |
| | = 1,2 untuk outer ring yang berputar |
| F_a | = beban aksial sebenarnya |
| Y | = faktor aksial |

Umur bantalan :

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^k \times 10^6 \dots \dots (\text{Modul kuliah Elemen Mesin II, hal : 41})$$

Dimana : $k = 3$ untuk ball bearing, dan $k = 10/3$ untuk roller bearing

3. Poros

Poros merupakan bagian yang terpenting dari suatu mesin. Setiap bagian/komponen mesin yang berputar, pasti terdapat poros yang berfungsi untuk memutar komponn tersebut. Jadi poros adalah komponen mesin yang berfungsi untuk memindahkan/meneruskan putaran ari suatu bagian k bagian lain dalam suatu mesin. Berdasarkan bebannya poros dibedakan poros dibedakan menjadi 3, yaitu shaft, axle, dan spindle. Shaft adalah poros yang menerima beban bengkok dan puntir sekaligus (beban gabungan). Poros ini biasanya digunakan untuk memindahkan putaran tetapi juga sekaligus mendukung suatu beban. Sedangkan axle adalah poros yang biasanya hanya menerima beban bengkok saja. Poros ini hanya untuk mendukung beban, misalnya poros pada roda kendaraan bermotor, atau poros roda becak/gerobak, dan lainnya. Spindle adalah poros yang hanya menerima beban punter saja, berarti poros ini hanya digunakan untuk meindahkan putaran saja. Poros seperti ini misalnya pada mesin-mesin perkakas (mesin bubut, mesin frais, dan sebagainya). Pada rancang bangun mesin pemotong flange dengan gas asetilen ini poros yang digunakan berdasarkan bebannya adalah shaft.

- Perhitungan poros

- a. Momen Puntir atau Torsi adalah momen kopel yang arahnya tagak lurus dengan sumbu komponen/poros. Perhitungang yang terjadi menggunakan rumus :

Dimana :

T = Momen puntir atau Torsi (Nm)

P = Daya pada motor listrik power window (Watt)

n = Putaran pada motor listrik (Rpm)

$$T = 9,55 \frac{P}{n} \dots \dots (\text{Modul kuliah Elemen Mesin II, hal : 2})$$

- b. Momen Bengkok dan Tegangan Bengkok

Momen Bengkok adalah sebuah momen (gaya x jarak) yang dapat mengakibatkan suatu komponen/poros akan mengalami bengkok. Akibat bengkok maka serat pada salah satu sisi akan tertarik dan serat pada sisi yang lain akan tertekan. Jadi sebenarnya tegangan bengkok tidak lain adalah

tegangan tarik atau tegangan tekan yang terjadi pada serat yang berlawanan. Bila sebuah poros mendapat momen bengkok sebesar M , maka tegangan bengkok yang terjadi pada serat terluar (σ) adalah :

$$M = F \cdot r + W \cdot r \dots\dots(\text{Modul kuliah Elemen Mesin II, hal : 12})$$

Tegangan yang terjadi

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \dots\dots\dots(\text{Modul kuliah Elemen Mesin II, hal : 12})$$

Dimana :

$$\sigma = \text{Tegangan bengkok (N/mm}^2\text{)}$$

$$M = \text{Momen Bengkok (Nmm)}$$

$$I = \text{Momen Inersia Luasan Linier (mm}^4\text{)}$$

$$y = \text{Jarak antara titik pusat penampang ke serat terluar (mm)}$$

c. Momen Kombinasi dan Tegangan Kombinasi

Kebanyakan poros menderita beban kombinasi antara bengkok dan puntir. Bila poros mendapat beban kombinasi, maka tegangan yang terjadi disebut tegangan kombinasi yang nilainya lebih besar dari pada tegangan tegangan bengkok atau tegangan puntir. Tegangan kombinasi bisa terjadi dalam 2 bentuk, yaitu tegangan tarik kombinasi σ_k dan tegangan kombinasi puntir τ_k . Untuk mengatasi adanya beban kejut atau beban berulag, maka nilai M harus dikalikan factor koreksi untuk momen (K_M) dan nilai T dikalikan dengan faktor koreksi untuk torsi (K_T), sehingga rumus di atas menjadi: Dikarenakan poros yang digunakan poros yang berlubang maka perhitungan rumus pada poros :

Tegangan kombinasi tarik (Poros berlubang)

$$\sigma_k = \frac{16d_o}{\pi(d_o^4 - d_i^4)} (K_M \cdot M + \sqrt{(K_M \cdot M)^2 + (K_T \cdot T)^2})$$

(Modul kuliah Elemen Mesin II, hal : 15)

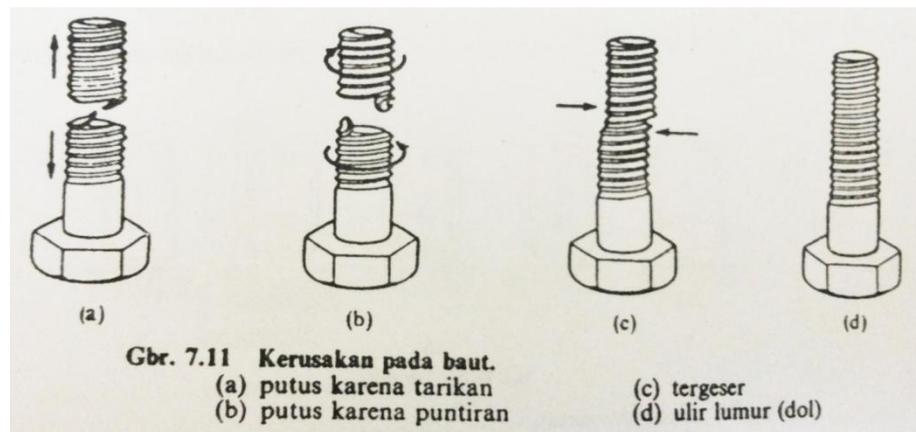
Tegangan kombinasi puntir (Poros berlubang)

$$\tau_k = \frac{16d_o}{\pi(d_o^4 - d_i^4)} \sqrt{(K_M \cdot M)^2 + (K_T \cdot T)^2}$$

(Modul kuliah Elemen Mesin II, hal : 17)

4. Baut dan Mur

Baut dan mur merupakan alat pengikat yang sangat penting. Untuk mencegah kecelakaan atau kerusakan pada mesin, pemilihan baut dan mur sebagai alat pengikat harus dilakukan dengan seksama untuk mendapatkan ukurn yang sesuai. Seperti gambar 2.6. diperlihatkan macam-macam kerusakan yang terjadi pada baut.



Gambar 2.6 Kerusakan pada baut

(Suga, Kiyokatsu dan Sularso : hal 296)

Untuk menentukan ukuran baut dan mur, berbagai factor harus diperhatikan seperti sifat gaya yang bekerja pada baut, syarat kerja, kekuatan bahan, kelas ketelitian, dll.

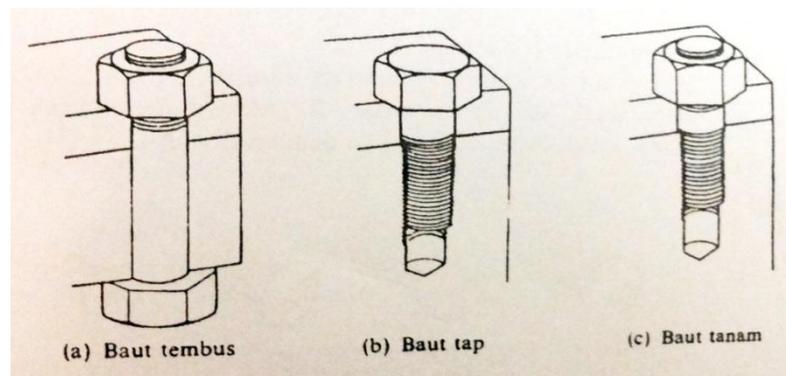
Adapun gaya – gaya yang bekerja pada baut dapat berupa :

1. Bahan status aksial murni
2. Beban aksial bersama dengan beban puntir
3. Beban geser
4. Beban tumpukan aksial

Baut digolongkan menurut bentuk kepalanya yaitu segi 6, soket, segi enam dan kepala baut mur persegi. Contoh baut dan mur diuraikan di bawah ini :

1. Baut penjepit dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :
 - a. Baut tembus, untuk menjepit dua bagian melalui lubang tembus, di mana jepitan diketatkan dengan sebuah mur.
 - b. Baut tap, untuk menjepit dua bagian, dimana jepitan diketatkan dengan dengan ulir yang ditapkan pada salah satu bagian.

- c. Baut tanam, merupakan baut tanpa kepala dan diberi ulir pada kedua ujungnya. Untuk dapat menjepit dua bagian, baut ditanam pada salah satu bagian yang mempunyai lubang berulir, dan jepitan diketatkan dengan sebuah mur



Gambar 2.7 Baut penjepit

(Suga, Kiyokatsu dan Sularso : hal 293)

2. Mur

Pada umumnya mur mempunyai bentuk segi enam. Tetapi untuk pemakaian khusus dapat dipakai mur dengan bentuk yang bermacam-macam, seperti mur bulat, mur flens, mur tutup, mur mahkota dan mur kuping.



Gambar 2.8 Macam-macam mur

(Suga, Kiyokatsu dan Sularso : hal 295)

Ditinjau dari kasus pembebanan aksial murni, tegangan tarik yang terjadi pada baut pengikat

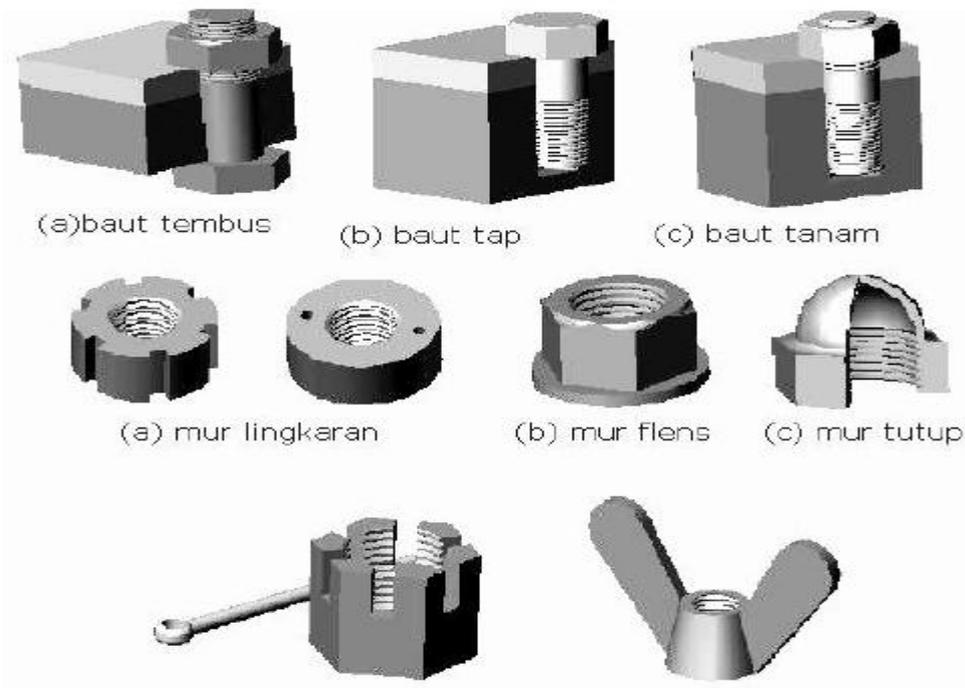
$$\sigma_t = \frac{W}{A} \dots\dots\dots (\text{Suga, Kiyokatsu dan Sularso : hal 296})$$

Dimana :

σ_g = tegangan tarik (N /mm²)

W = beban (N)

A = luas penampang baut (mm)



Gambar 2.9 macam- macam baut dan mur

2.13 Proses Pembuatan Komponen

Pada proses pembuatan ini meliputi pembuatan komponen dari mesin atau yang akan dibuat samapi dengan proses perakitan, sehingga alat yang akan dibuat dapat berfungsi sesuai dengan diharapkan. Dalam proses pembuatan alat ini perlu dipertimbangkan mesin apa yang akan digunakan.

2.13.1 Mesin bor

Bor adalah mesin yang digunakan untuk pengeboran lobang pada sebuah material. Pengeboran juga dapat digunakan untuk menyeleksi lubang sampai ukuran yang tepat, seperti yang sering dilakukan pada lobang besar atau lobang kecil. Berikut rumus perhitungan permesinan pada mesin bor

$$L = 1 + 0,3 \cdot d \dots\dots\dots \text{(Modul Kuliah Teknologi Mekanik II, hal 83)}$$

$$n = \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot d} \dots\dots\dots (\text{Modul Kuliah Teknologi Mekanik II, hal 83})$$

Dimana :

- N = Putaran benda kerja (Rpm)
- Vc = Kecepatan potong (m/menit)
- d = Diameter pahat bor (mm)
- L = Panjang langkah (mm)

Rumus perhitungan waktu pengerjaan

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot N} \dots\dots\dots (\text{Modul Kuliah Teknologi Mekanik II, hal 83})$$

Dimana :

- T_m = waktu pengerjaan (menit)
- L = Kedalaman pengeboran (mm)
- S_r = Ketebalan pemakanan (mm / putaran)

2.13.2 Mesin Gerinda Permukaan

Mesin gerinda adalah mesin yang digunakan untuk menggerinda permukaan dari suatu benda. Adapun rumus perhitungan permesinan pada mesin gerinda :

Rumus yang digunakan :

$$T_{ma} = \frac{l \cdot B \cdot x}{1000 \times Vc \times s} \dots\dots (\text{Modul Kuliah Teknologi Mekanik II, hal 77})$$

Dimana :

- Vc = Kecepatan potong (mm/ menit)
- X = Jumlah pemakanan (kali)
- a = Lebar mata gerinda (mm)
- T_m = Waktu pengerjaan (menit)
- L = Panjang benda kerja (mm)
- S = Kedalaman Pemakanan (mm)

$$S = \frac{1}{2} \times a \text{ (Rumus untuk pengerjaan kasar)}$$

$$S = \frac{1}{3} \times a \text{ (Rumus untuk pengerjaan halus)}$$

X = Jumlah Pemakanan

$$X = \frac{\text{ketebalan pemakan}}{\text{kedalaman pemakanan}} \dots \text{(Modul Kuliah Teknologi Mekanik II, hal 77)}$$

2.13.3 Las listrik

Las listrik dengan elektroda terbungkus merupakan cara pengelasan yang banyak digunakan. Prosesnya bila arus las tertutup dengan membenturkan elektroda diatas benda kerja dan menariknya sedikit keatas, maka akan terbentuk suatu 21 bungkus api.kontak ini memungkinkan suatu aliran elektron yang berlangsung sesudah tegangan awal yang tinggi telah mengatasi tahanan aliran arus. Busur api menyebabkan logam induk elektroda meneruskan energi listrik kebusur api dan dilebur bersama – sama dengan lapisan flucks. Kekuatan busur api dibantu oleh gravitasi dan tegangan permukaan dapat memindahkan tetesan lebur ke dalam genangan las, kemudian membeku dibawah tutup pelindung flicks yang mengeras yang disebut terak. Flucks juga memberikan suatu perisai gas yang melindungi logam cair terhadap ujung elektroda dan genangan cair. Lagi pula fliks memberikan garam yang menyediakan partikel – pertikel ionisasi untuk membantu penyalan kembali busur api tersebut. Dalam proses kerangka penyambung besi digunakan las listrik dengan elektroda 3 mm, elektroda 6013 dan arus listrik yang digunakan 80-140A dengan menggunakan mesin las arus bolak – balik (AC)

Tabel 2.6 Ukuran dan arus elektroda

Ukuran (mm)	Diameter	2,0	2,6	3,2	4,0	5,0
	Panjang	300	350	350	400	400
Jarak arus Listrik		30 - 80	60 - 100	80 - 140	120 - 190	160 - 230

Sumber: (PT. Alam Lestari Unggul Indonesia, Nikko Steel Weelding Electrodes)

Mesin las AC memperoleh busur nyala dari transformator dimana dalam pesawat ini arus bolak – balik oleh transformator yang sesuai dengan arus yang digunakan untuk mengelas sehingga mesin las ini disebut juga mesin las transformator. Transformator las mempunyai 2 buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder dimana primer dililit oleh kawat tembaga yang berukuran kecil dengan jumlah yang banyak, sedangkan kumparan dililit oleh kawat didalam transformator terdapat sebuah inti besi (regulator) yang dapat digerakkan untuk mengatur besarnya arus listrik dalam pengelasan. Adapun perhitungan sambungan las, seperti pada rumus dibawah ini :

- luas penampang las

$$A = t (2 b + 2 l)$$

diketahui $t = 0,707s$

Dimana :

l = panjang las

s = ukuran las

t = tebal leher

b = lebar las

- Tegangan Geser Las

$$\tau = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

- Momen lentur las

$$M = p \times e \text{ (Nmm)}$$

- Modulus penampang potong (section modulus):

$$Z = t \left(b \cdot l + \frac{b^2}{2} \right)$$

$$= 570 \text{ mm}^3$$

- Tegangan Lentur

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \text{ Nmm}^2$$

- Tegangan geser maksimal

$$\tau_{maks} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_b)^2} + 4 \cdot \tau \quad \text{N/mm}^2$$

(Sumber Rumus : Modul Elemen Mesin I, Universitas Mataram, hal : 59 – 63)

2.13.4 Kerja Plat

Pengerjaan plat adalah pengerjaan membentuk dan menyambung logam lembaran (plat) sehingga sesuai dengan bentuk dan ukuran yang sudah direncanakan atau pengerjaan benda-benda jadi dari pelat tipis dengan ketentuan ukuran ketebalan di bawah 3 mm. Pengerjaan plat dapat dilakukan dengan menggunakan keterampilan tangan, mesin, atau perpaduan dari keduanya, yang meliputi macam-macam pengerjaan, diantaranya adalah menggunting, melukis, melipat, melubangi, meregang, pengawatan, mengalur, menyambung, dan lain-lain. Dalam modul materi pengerjaan plat ini akan dibahas tentang :

1. Proses pemotongan plat
2. Proses Tekuk (bending)

1. Pemotongan Plat

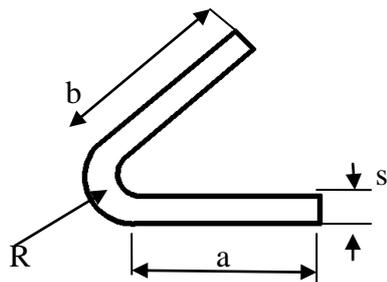
Pada proses pemotongan plat, alat yang digunakan untuk memotong plat adalah mesin gullotine. Mesin gullotine terdiri dari 2 (dua) jenis yakni mesin gullotine pedal manual dan mesin gullotine tenaga hidrolik. Disini alat yang digunakan untuk praktek pada praktikum proses produksi adalah mesin guillotine tenaga hidrolik. Mesin gullotine manual pemotongan pelat dilakukan dengan tuas penekan yang digerakkan oleh tombol up dan down. pelat yang dapat dipotong mempunyai kapasitas mulai dari 3,25 mm – 13 mm bahkan lebih. .

2. Proses Tekuk (Bending)

Pada proses tekuk ini, mesin yang digunakan untuk melipat atau menekuk plat adalah mesin bending manual dan bending Otomatis. Bending manual digunakan untuk melipat atau menekuk pelat kerja yang telah diselesaikan untuk pekerjaan awal. Mampu menekuk pelat dengan tebal maksimum 3 mm dan panjang maksimal 1,5 meter. Proses ini dilakukan dengan menjepit pelat diantara landasan dan sepatu penjepit selanjutnya bilah penekuk diputar ke arah atas menekan bagian pelat yang akan mengalami penekukan. Langkah proses penekukan pelat dapat dilakukan dengan mempertimbangkan sisi bagian pelat yang akan dibentuk. Langkah penekukan ini harus diperhatikan sebelumnya, sebab apabila proses penekukan ini tidak menurut prosedurnya

maka akan terjadi salah langkah. Salah langkah ini sangat ditentukan oleh sisi dari pelat yang dibengkokkan dan kemampuan mesin bending/tekuk tersebut. Komponen pelat yang akan dibengkokkan sangat bervariasi. Tujuan proses pembengkokkan pada bagian tepi maupun body pelat ini diantaranya adalah untuk memberikan kekakuan pada bentangan pelat.

- Perhitungan Kerja Pelat



L = Flat blank length

a.b= length of legs

R = Bend

A = correction factor

S = material thickness

α = bend angles

Tabel 2.7 Faktor koreksi bending

Correction Factor q						
Ratio R : S	5.0	3.0	2.0	1.2	0.8	0.5
Correction factor	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5

Westermann Table (Jutz, H, dan Scharkus, E : hal :118)

Rumus perhitungan

$$L = a + \left(R_1 + q_1 \times \frac{s}{2} \right) \frac{\pi \cdot \alpha}{180} + b + \left(R_n + q_n \times \frac{s}{2} \right) \frac{\pi \cdot \alpha}{180} + c$$

(Westermann Table (Jutz, H, dan Scharkus, E : hal :118)