**II. TINJAUAN PUSTAKA**

1. **Kelelahan material (*fatigue*)**

*Fatigue* atau kelelahan adalah bentuk dari kegagalan yang terjadi pada struktur karena beban dinamik yang berfluktuasi dibawah *yield strength* yang terjadi dalam waktu yang lama dan berulang-ulang. Fatik menduduki 90% penyebab utama kegagalan pemakaian. Terdapat 3 fase dalam perpatahan fatik : permulaan retak, penyebaran retak dan patah.

1. Mekanisme dari permulaan retak umumnya dimulai dari *crack initiation* yang terjadi di permukaan material yang lemah atau daerah dimana terjadi konsentrasi tegangan di permukaan (seperti goresan, notch, lubang-pits dll) akibat adanya pembebanan berulang.

2. Penyebaran retak ini berkembang menjadi *microcracks*. Perambatan atau perpaduan *microcracks* ini kemudian membentuk *macrocracks* yang akan berujung pada *failure*. Maka setelah itu,   material akan mengalami apa yang dinamakan perpatahan.

3. Perpatahan terjadi ketika material telah mengalami siklus tegangan dan regangan yang menghasilkan kerusakan yang permanen.

Suatu bagian dari benda dapat dikenakan berbagai macam kondisi pembebanan termasuk tegangan berfluktuasi, regangan berfluktuasi, temperatur berfluktuasi (fatik termal), atau dalam kondisi lingkungan korosif atau temperatur tinggi. Kebanyakan kegagalan pemakaian terjadi sebagai akibat dari  tegangan-tegangan tarik.

Awal proses terjadinya kelelahan (*fatigue*) adalah jika suatu benda menerima beban yang berulang maka akan terjadi slip. Ketika slip terjadi dan benda berada di permukaan bebas maka sebagai salah satu langkah yang disebabkan oleh perpindahan logam sepanjang bidang slip. Ketika tegangan berbalik, slip yang terjadi dapat menjadi negatif (berlawanan) dari slip awal, secara sempurna dapat mengesampingkan setiap efek deformasi. Deformasi ini ditekankan oleh pembebanan yang berulang, sampai suatu retak yang dapat terlihat akhirnya muncul retak mula-mula terbentuk sepanjang bidang slip. *Fatigue* menyerupai *brittle fracture* yaitu ditandai dengan deformasi plastis yang sangat sedikit. Proses terjadinya *fatigue* ditandai dengan *crack* awal, *crackpropagatin* dan *fracture* akhir. Permukaan *fracture* biasanya tegak lurus terhadap beban yang diberikan. Dua sifat makro dari kegagalan fatigue adalah tidak adanya deformasi plastis yang besar dan *fracture* yang menunjukkan tanda-tanda berupa ‘*beachmark*’ atau ‘*camshell*’. Tanda-tanda makro dari *fatigue* adalah tanda garis garis pada pemukaan yang hanya bisa dilihat oleh mikroskop elektron.

Karakteristik kelelahan logam dapat dibedakan menjadi 2 karakteristik makro dan karakteristik mikro.Karakteristik makro merupakan ciri-ciri kelelahan yang dapat diamati secara visual (dengan mata telanjang dan kaca pembesar).Sedangkan karateristik mikro hanya dapat diamati dengan menggunakan mikroskop.

(http://ftkceria.wordpress.com/2012/04/21/fatigue-kelelahan/)

*Fatigue* atau kelelahan menurut ASM (1975) didefinisikan sebagai proses perubahan struktur permanen *progressive localized* pada kondisi yang menghasilkan fluktuasi regangan dan tegangan dibawah kekuatan tariknya dan pada satu titik atau banyak titik yang dapat memuncak menjadi retak (*crack*) atau patahan (*fracture*) secara keseluruhan sesudah fluktuasi tertentu.

*Progressive* mengandung pengertian proses *fatigue* terjadi selama jangka waktu tertentu atau selama pemakaian, sejak komponen atau struktur digunakan. *Localized* berarti proses *fatigue* beroperasi pada luasan lokal yang mempunyai tegangan dan regangan yang tinggi karena : pengaruh beban luar, perubahan geometri, perbedaan temperatur, tegangan sisa dan tidak kesempurnaan diri. *Crack* merupakan awal terjadinya kegagalan *fatigue* dimana kemudian *crack* merambat karena adanya beban berulang. *Fracture* merupakan tahap akhir dari proses *fatigue* dimana bahan tidak dapat menahan tegangan dan regangan yang ada sehingga patah menjadi dua bagian atau lebih.

Secara alami logam berbentuk kristalin artinya atom-atom disusun berurutan.Kebanyakan struktur logam berbentuk poli kristalin yaitu terdiri atas sejumlah besar kristal-kristal yang tersusun individu. Tiap-tiap butir memiliki sifat mekanik yang khas, arah susunan dan susunan tiap arah, dimana beberapa butir diorientasikan sebagai bidang-bidang yang mudah slip atau meluncur dalam arah tegangan geser maksimum. Slip terjadi pada logam-logam liat dengan gerakan dislokasi sepanjang bidang kristalografi. Slip terjadi disebabkan oleh beban siklik *monotonic*.

Salah satu sifat mekanis material adalah kelelahan (*fatique*). Sifat ini merupakan kekuatan material yang juga berpengaruh terhadap patahnya suatu logam. Dengan pembebanan tunggal kita bisa mengkarakterisasi sifat material logam, misalnya dengan uji tarik dan uji impak. Namun pada kenyataannya, beberapa aplikasi yang ada sering memunculkan adanya beban siklik (*cyclic loading*) dari pada beban statis. Dan dengan begitu akan muncul masalah yang khusus dalam penggunaan suatu material. Kekuatan fatik adalah fenomena umum dari kegagalan material setelah beberapa siklus pembebanan diberikan pada tingkat tegang di bawah tegangan tarik maksimal (*ultimate tensile strenght*). Di bawah ini adalah contoh grafik kegagalan material setelah mengalami beban dengan siklus tak hingga.



Gambar1. Grafik kegagalan material setelah mengalami beban dengan siklus tak hingga (Charis, 2006)

Ketahanan *fatigue* suatu bahan tergantung dari perlakuan permukaan atau kondisi permukaan dan temperatur operasi. Perlakuan permukaan merubah kondisi permukaan dan tegangan sisa di permukaan. Perlakuaan permukaan *shoot peening* menghasilkan tegangan sisa tekan yang mengakibatkan ketahan lelah yang meningkat (Collins,1981). Sedangkan perlakuan permukaan yang menghasilkan tegangan sisa tarik menurunkan ketahanan *fatigue*-nya (Hanshem and Aly, 1994, Hotta at al, 1995).Hal itu terjadi karena pada permukaan terjadi konsentrasi tegangan tekan atau tarik yang paling tinggi. Pada kondisi permukaan sedang menerima tegangan tarik maka tegangan sisa tekan pada permukaan akan menghasilkan resultan tegangan tekan yang semakin besar. Tegangan tekan akan menghambat terjadinya *initial crack* atau laju perambatan retak. Sehingga ketahanan lelah meningkat, dan akan terjadi sebaliknya apabila terjadi tegangan sisa tarik di permukaan.

Pada dasarnya kegagalan *fatigue* dimulai dengan terjadinya retakan pada permukaan benda uji. Hal ini membuktikan bahwa sifat-sifat *fatigue* sangat peka terhadap kondisi permukaan, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekasaran permukaan, perubahan sifat-sifat permukaan dan tegangan sisa permukaan (Dieter,1992).

Konsep tegangan-siklus (S-N) merupakan pendekatan pertama untuk memahami fenomena kelelahan logam.Konsep ini secara luas dipergunakan dalam aplikasi perancangan material dimana tegangan yang terjadi dalam daerah elastik dan umur lelah yang panjang. Metode S-N ini tidak dapat diterapkan dalam kondisi sebaliknya ( tegangan dalam daerah plastis dan umur lelah yang *relative* pendek), hal ini dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini



*HCS = high cycles stress/strain LCS = low cycles stress/strain*

*HCF = high cycles fatigue LCF = low cycles fatigue*

*PCS = plastis cycles strain ECS = elastic cycles strain*

Gambar 2. Pembagian daerah umur lelah dalam kurva S-N

Penyajian data *fatigue* rekayasa adalah menggunakan kurva S-N yaitu pemetaan tegangan (S) terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalann (N). Kurva S-N ini lebih diutamakan menggunakan skala semi log seperti ditunjukan pada gambar 3.Untuk beberapa bahan teknis yang penting.



Gambar 3. Kurva S-N

Kurva tersebut didapat dari pemetaan tegangan terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan pada benda uji.Pada kurva ini siklus menggunakan skala logaritma. Batas ketahan *fatigue* (*endurance limit* ) baja ditentukan pada jumlah siklus N>107 (Dieter,1992).

Persamaan umum kurva S-N dinyatakan oleh persamaan (*dowling*,1991)

S = B + C ln (Nf)(1)

Dengan :

B dan C adalah konstanta empiris material

Pengujian *fatigue* dilakukan dengan cara memberikan *stress level* tertentu sehingga spesimen patah pada siklus tertentu.

Retak *fatigue* biasanya dimulai pada permukaan di mana lentur dan torsi menyebabkan terjadinya tegangan-tegangan yang tinggi atau di tempat-tempat yang tidak rata menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan. Oleh karena itu, batas ketahanan (*endurance limit*) sangat tergantung pada kualitas penyelesaian permukaan (Van Vlack,1983)

Pengujian *fatigue* dilakukan dengan *Rotary Bending Machine*. Jika benda uji diputar dan diberi beban, maka akan terjadi momen lentur pada benda uji. Momen lentur ini menyebabkan terjadinya beban lentur pada permukaan benda uji dan besarnya dihitung dengan persamaan (*international for use of ONO’S,*-)

$σ=\frac{WL / 2}{π/32d^{3}}kg/ cm^{2}$(2)

Dengan: σ = Tegangan lentur ( kg/cm2)

 W = Beban lentur (kg)

 d = Diameter benda uji (cm)

1. **Faktor Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Lelah**

Faktor-faktor yang mempengaruhi atau cenderung mengubah kondisi kelelahan atau kekuatan lelah yaitu tipe pembebanan, putaran, kelembaban lingkungan (korosi), konsentarsi tegangan, suhu, kelelahan bahan, komposisi kimia bahan, tegangan-tegangan sisa, dan tegangan kombinasi. Faktor-faktor yang cenderung mengubah kekuatan lelah pada pengujian ini adalah kelembaban lingkungan (korosi) dan tipe pembebanan sedangkan putaran, suhu, komposisi kimia dan tegangan sisa sebagai variable yang konstan selama pengujian sehingga tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan lelah.

1. Faktor kelembaban lingkungan

Faktor kelembaban lingkungan sangat mempengaruhi kekuatan lelah sebagaimana yang telah diteliti Haftirman (1995) bahwa pada kelembaban relatif 70 % sampai 80%. Lingkungan kelembaban tinggi membentuk pit korosi dan retak pada permukaan spesimen yang menyebabkan kegagalan lebih cepat terjadi.

1. Tipe pembebanan

Tipe pembebanan ini sangat mempengaruhi kekuatan lelah sebagaimana yang diteliti oleh Ogawa (1989) bahwa baja S45S yang diberikan tipe pembebanan lentur putar dan pembebanan aksial mempunyai kekuatan lelah yang sangat berbeda, baja S45S dengan pembebanan aksial mempunyai kekuatan lelah lebih rendah dari baja yang menerima pembebanan lentur putar.

1. Pengaruh kondisi material

Awal retak lelah terjadi dengan adanya deformasi plastis mikro setempat, dengan demikian komposisi kimia dan struktur mikro material akan sangat mempengaruhi kekuatan untuk menahan terjadinya deformasi plastis sehingga akan sangat berpengaruh pula terhadap kekuatan lelahnya.

1. Faktor suhu

Faktor suhu sangat mempengaruhi kekuatan lelah karena suhu menaikan konduktifitas elektrolit lingkungan sehingga dapat mempercepat proses oksidasi. Untuk mengkondisikan pengujian standar terhadap suhu, pengujian dilakukan pada temperatur kamar. Menurut Haftirman (1995) bahwa pada pengujian di suhu 40o C retakan pada spesimen memanjang dari pada pengujian di suhu 20oC dengan retakan yang halus, karena suhu yang tinggi menyebabkan molekul air yang terbentuk mengecil di permukaan baja sehingga mempercepat terjadinya reaksi oksidasi dan membuat jumlah pit korosi jauh lebih banyak, akibatnya pit korosi cepat bergabung membentuk retakan yang memanjang. Dieter (1986) mengemukakan secara umum kekuatan lelah baja akan turun dengan bertambahnya suhu di atas suhu kamar kecuali baja lunak dan kekuatan lelah akan bertambah besar apabila suhu turun.

1. Faktor tegangan sisa

Faktor tegangan sisa yang mungkin timbul pada saat pembuatan spesimen direduksi dengan cara melakukan pemakanan pahat sehalus mungkin terhadap spesimen sehingga pemakanan pahat tidak menimbulkan tegangan sisa maupun tegangan lentur pada spesimen.

1. Faktor komposisi kimia

Pengaruh faktor komposisi kimia terhadap kekuatan lelah diharapkan sama untuk seluruh spesimen uji dengan pemilihan bahan yang diproduksi dalam satu kali proses pembuatan, sehingga didapat kondisi pengujian yang standar untuk seluruh spesimen uji.

1. **Pengujian Kelelahan (*Fatigue*)**
2. Alat Uji Fatik

Berikut adalah skema alat uji fatik *rotary bending*

**

Gambar 4. Skema alat uji fatik rotary bending

Komponen alat uji fatik :

* 1. Poros

Poros adalah salah satu elemen mesin yang sangat penting peranannya dalam mekanisme suatu mesin ( Sularso dan suga,2002). Semua motor yang meneruskan daya putar ke elemen mesin yang lain nya harus melalui poros. Jadi poros berfungsi untuk meneruskan tenaga baik puntiran, torsi atau bending dari suatu bagian ke bagian yang lainnya. Menurut klasifikasinya poros dapat dibagi menjadi :

* Poros transmisi

Poros ini tidak hanya sebagai pendukung dari elemen mesin yang diputarnnya, tetapi juga menerima beban dan meneruskan momen atau torsi.Beban yang diterima dapat berupa beban puntir murni maupun kombinasi beban puntir bending.Misalnya poros kopling, poros roda gigi dan lain-lain.

* Poros spindel

Poros jenis ini adalah poros yang relatif pendek, dan hanya menerima puntir murni., walaupun sebenarnya beban lenturnya juga ada, tetapi relatif kecil dibandingkan beban puntirnya. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.

* Gandar

Poros jenis ini adalah poros yang tidak menerima beban puntir, ada yang terpasang secara tetap pada pendukungnya, dan ada pula yang ikut berputar bersama-sama denganelemen mesin yang terpasang padanya.Dalam hal ini poros tersebut hanya menerima beban lentur.

* 1. Motor listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan merubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektromagnit. Sebagaimana kita ketahui bahwa, kutub-kutub dari magnet yang senama akan tolak menolak dan kutub-kutub yang tidak senama akan saling tarik menarik. Maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita memperoleh sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap. Dengan cara inilah energi listrik dapat diubah menjadi energi mekanik.

1. **Klasifikasi Mesin Uji Fatik**
2. *Axial (Direct-Stress)*

Mesin uji fatik ini memberikan tegangan ataupun regangan yang seragamkepenampangnya. Untuk penampang yang sama mesin penguji ini harus dapatmemberikan beban yang lebih besar dibandingkan mesin lentur statik dengan maksuduntuk mendapatkan tegangan yang sama.

1. *Bending Fatique Machines*

*Cantilever Beam Machines,* dimana spesimen memiliki bagian yang mengecil baik pada lebar, tebal maupun diameternya, yang mengakibatkan bagian daerah yang diuji memiliki tegangan seragam hanya dengan pembebanan yang rendah dibandingkan lenturan fatik yang seragam dengan ukuran bagian yang sama.

**

Gambar5**.**RR. Moore-Type Machines dapat beroperasi sampai 10.000rpm

Gambar 5diatas RR.Moore-Type Machines dapat beroperasi sampai 10.000 rpm.Dalam seluruh pengujian tipe-lenturan, hanya material yang didekat permukaan yang mendapat tegangan maksimum.

1. *Torsional Fatik Testing Machines*

Sama dengan mesin tipe *Axial* hanya saja menggunakan penjepit yang sesuai jikapuntiran maks. yang dibutuhkan itu kecil.Gambar dibawah ini adalah “Mesin Uji Fatik akibat Torsi” yang dirancang khusus.

**

Gambar6**.***Torsional Fatik Testing Machines*

1. *Special-Purpose Fatique Testing Machines*

Dirancang khusus untuk tujuan tertentu. Kadang-kadang merupakan modifikasidarimesin penguji fatik yang suda ada. Penguji kawat adalah modifikasi dari“*RotatingBeam Machines”.*

1. *Multiaxial Fatique Testing Machines*

Dirancang untuk pembebanan atau lebih dengan maksud untuk menetukan sifat logam dibawah tegangan *biaxial* atau *triaxial*

1. **Bentuk dan Ukuran Benda Uji**

Benda uji yang digunakan pada umumnya mempunyai penampang lingkaran atausegi empat dengan ujung lebih tebal sebagai tempat penjepitan agar patahan yang terjadiberkurang pada bagian ini dan bagian yang terpengaruh oleh pembebanan bagian tengahdiberi ukuran khusus. Untuk spesimen ujiFatigue telah diatur pada ASTM E606-92,ASTM E466 dan ASM. (Ivan Aryanto, 2012)

1. **Kekuatan Tarik**

Proses pengujian tarik mempunyai tujuan utama untuk mengetahui kekuatan tarik bahan uji. Bahan uji adalah bahan yang akan digunakan sebagai konstruksi, agar siap menerima pembebanan dalam bentuk tarikan. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya yang berlawanan pada benda dengan arah menjauh dari titik tengah atau dengan memberikan gaya tarik pada salah satu ujung benda dan ujung benda yang lain di ikat.

Penarikan gaya terhadap bahan akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Kemungkinan ini akan diketahui melalui proses pengujian tarik. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pengujian pergeseran butiran-butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepasnya ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Penyusunan butiran Kristal logam yang diakibatkan oleh adanya penambahan volume ruang gerak dari setiap butiran dan ikatan atom yang masih memiliki gaya elektromagnetik, secara otomatis bisa memperpanjang bahan tersebut.

Sifat mekanik pertama yang dapat diketahui berdasarkan kuva pengujian tarik yang dihasilkan adalah kekuatan tarik maksimum yang diberi simbol σ*u*.simbol*u* didapat dari kata *ultimate* yang berarti puncak. Jadi besarnya kekuatan tarik ditentukan oleh tegangan maksimum yang diperoleh dari kurva tarik. Tegangan maksimum ini diperoleh dari :

 (3)

Dimana :

σ**u :** *Ultimate tensile strength*

*Pmaks* : Beban maksimum

Ao : Luas penampang awal

Sifat mekanik yang ke dua adalah kekuatan luluh yang diberi simbol σ*y*dimana y diambil dari kata *yield* atau luluh. Kekuatan luluh dinyatakan olehsuatu tegangan pembatas dari tegangan yangmemberikan regangan elastis saja dengan tegangan yang memberikantegangan elastis bersama plastis.Titik luluh adalah suatu titik perubahan padakurva pada bagian yang berbentuk linier dan yang tidak linier.

Pada kurva tarik baja karbon rendah atau baja lunak batas ini mudah terlihat, tetapi pada bahan lain batas ini sukar sekali untuk diamati oleh karena daerah linier dan tidak linier bersambung secara kontinyu. Oleh karena itu untuk menentukan titik luluh diambil dengan metoda *off set* yaitu suatu metoda yang menyatakan bahwa titik luluh adalah suatu titik pada kurva yang menyatakan dicapainya regangan plastis sebesar 0,2 %.



Gambar 7. Diagram Tegangan Regangan

a. Bahan tidak ulet, tidak ada deformasi plastis misalnya besi cor

b. Bahan ulet dengan titik luluh misalnya pada baja karbon rendah

c. Bahan ulet tanpa titik luluh yang jelas misalnya alumunium. Diperlukan

metode *off set* untuk mengetahui titik luluhnya

d. Kurva tegangan regangan sesungguhnya regangan-tegangan nominal

σp = kekuatan patah

σu = kekuatan tarik maksimum

σy = kekuatan luluh

ef = regangan sebelum patah

x = titik patah

YP = titik luluh

1. **Aluminium**

Aluminium murni memiliki keuletan yang cukup tinggi sehingga menjadi mampu bentuk, namun kekuatannya. Untuk meningkatkan kekuatannya maka dilakukan peaduan. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya, yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya, secara satu persatu atau bersama-sama, dengan adanya paduan tersebut maka dapat memberikan tambahan sifat-sifat yang lebih baik. Aluminiumdan paduannya merupakan logam dengan ragam dan jumlah pemakaian yang sangat banyak, terutama aplikasi pada industri pesawat terbang. Hal ini disebabkan karenaaluminium dan paduannya memiliki sifat-sifat:

1. Ringan, berat jenis Aluminium 2,7 gr/cm3.

2. Ulet, mudah difabrikasi.

3. Memiliki sifat fisik yang baik.

4. Memiliki sifat mekanik yang baik.

5. Tahan korosi, karena mudah terbentuk lapis lindung Al2O3

6. Tampilan atau segi estetika dan dekoratif yang baik.



Gambar 8. Aluminium, dipotong setelah dicetak dari tanur tanpa perlakuan fisik maupun termal.

1. **Klasifikasi dan Penggolongan aluminium**

Secara umum Aluminiumdiklasifikasikan berdasarkan:

* 1. **Aluminium Murni**

Aluminium 99% tanpa tambahan logam paduan apapun dan dicetak dalam keadaan biasa, hanya memiliki kekuatan tensil sebesar 90 MPa, terlalu lunak untuk penggunaan yang luas sehingga seringkali aluminium dipadukan dengan logam lain.

* 1. **Aluminium Paduan**

Elemen paduan yang umum digunakan pada aluminium adalah silikon, magnesium, tembaga, seng, mangan, dan juga lithium sebelum tahun 1970.

Secara umum, penambahan logam paduan hingga konsentrasi tertentu akan meningkatkan kekuatan tensil dan kekerasan, serta menurunkan titik lebur. Jika melebihi konsentrasi tersebut, umumnya titik lebur akan naik disertai meningkatnya kerapuhan akibat terbentuknya senyawa, kristal, atau granula dalam logam.

Namun, kekuatan bahan paduan aluminium tidak hanya bergantung pada konsentrasi logam paduannya saja, tetapi juga bagaimana proses perlakuannya hingga aluminium siap digunakan, apakah dengan penempaan, perlakuan panas, penyimpanan, dan sebagainya.

* + - 1. **Paduan Aluminium-Silikon**

Paduan aluminium dengan silikon hingga 15% akan memberikan kekerasan dan kekuatan tensil yang cukup besar, hingga mencapai 525 MPa pada aluminium paduan yang dihasilkan pada perlakuan panas. Jika konsentrasi silikon lebih tinggi dari 15%, tingkat kerapuhan logam akan meningkat secara drastis akibat terbentuknya kristal granula silika.

* + - 1. **Paduan Aluminium-Magnesium**

Keberadaan magnesium hingga 15,35% dapat menurunkan titik lebur logam paduan yang cukup drastis, dari 660 oC hingga 450 oC. Namun, hal ini tidak menjadikan aluminium paduan dapat ditempa menggunakan panas dengan mudah karena korosi akan terjadi padasuhu di atas 60 oC. Keberadaan magnesium juga menjadikan logam paduan dapat bekerja dengan baik pada temperatur yang sangat rendah, di mana kebanyakan logam akan mengalami failure pada temperatur tersebut.

* + - 1. **Paduan Aluminium-Tembaga**

Paduan aluminium-tembaga juga menghasilkan sifat yang keras dan kuat, namun rapuh. Umumnya, untuk kepentingan penempaan, paduan tidak boleh memiliki konsentrasi tembaga di atas 5,6% karena akan membentuk senyawa CuAl2 dalam logam yang menjadikan logam rapuh.

* + - 1. **Paduan Aluminium-Mangan**

Penambahan mangan memiliki akan berefek pada sifat dapat dilakukan pengerasan tegangan dengan mudah (*work-hardening*) sehingga didapatkan logam paduan dengan kekuatan tensil yang tinggi namun tidak terlalu rapuh. Selain itu, penambahan mangan akan meningkatkan titik lebur paduan aluminium.

* + - 1. **Paduan Aluminium-Seng**

Paduan aluminium dengan seng merupakan paduan yang paling terkenal karena merupakan bahan pembuat badan dan sayap pesawat terbang. Paduan ini memiliki kekuatan tertinggi dibandingkan paduan lainnya, aluminium dengan 5,5% seng dapat memiliki kekuatan tensil sebesar 580 MPa dengan elongasi sebesar 11% dalam setiap 50 mm bahan. Bandingkan dengan aluminium dengan 1% magnesium yang memiliki kekuatan tensil sebesar 410 MPa namun memiliki elongasi sebesar 6% setiap 50 mm bahan.

 **6. Paduan Aluminium-Lithium**

Lithium menjadikan paduan aluminium mengalami pengurangan massa jenis dan peningkatan modulus elastisitas; hingga konsentrasi sebesar 4% lithium, setiap penambahan 1% lithium akan mengurangi massa jenis paduan sebanyak 3% dan peningkatan modulus elastisitas sebesar 5%. Namun aluminium-lithium tidak lagi diproduksi akibat tingkat reaktivitas lithium yang tinggi yang dapat meningkatkan biaya keselamatan kerja.

1. **Paduan Aluminium-Skandium**

Penambahan skandium ke aluminium membatasi pemuaian yang terjadi pada paduan, baik ketika pengelasan maupun ketika paduan berada di lingkungan yang panas. Paduan ini semakin jarang diproduksi, karena terdapat paduan lain yang lebih murah dan lebih mudah diproduksi dengan karakteristik yang sama, yaitu paduan titanium. Paduan Al-Sc pernah digunakan sebagai bahan pembuat pesawat tempur Rusia, MIG, dengan konsentrasi Sc antara 0,1-0,5% (Zaki, 2003, dan Schwarz, 2004).

1. **Paduan Aluminium-Besi**

Besi (Fe) juga kerap kali muncul dalam aluminium paduan sebagai suatu "kecelakaan". Kehadiran besi umumnya terjadi ketika pengecoran dengan menggunakan cetakan besi yang tidak dilapisi batuan kapur atau keramik. Efek kehadiran Fe dalam paduan adalah berkurangnya kekuatan tensil secara signifikan, namun diikuti dengan penambahan kekerasan dalam jumlah yang sangat kecil. Dalam paduan 10% silikon, keberadaan Fe sebesar 2,08% mengurangi kekuatan tensil dari 217 hingga 78 MPa, dan menambah skala Brinnel dari 62 hingga 70. Hal ini terjadi akibat terbentuknya kristal Fe-Al-X, dengan X adalah paduan utama aluminium selain Fe.(Zaki, 2003, dan Schwarz, 2004).

1. **Aluminium 7075 T7351**

****

Gambar 9: Aluminium 7075 T7351

Pemilihan Aluminium 7075 T7351 karena Aluminium ini banyak dipakai dalam pembuatan komponen-komponen permesinan karena kekuatannya dan

kepadatan tinggi. Komponen mesin yang terbuat dari Aluminium ini contohnnya roda gigi , komponen mesin mobil, body pesawat, poros.Adapun unsur-unsur pada Aluminium ini ini adalah sebagai berikut

Tabel 1.Unsur-unsur pada Aluminium tipe 7075 T7351

|  |  |
| --- | --- |
| Unsur | % |
| Al | 91,0582 |
| Cr | 0,24536 |
| Cu | 1,69839 |
| Fe | 0,08268 |
| Mg | 2,5437 |
| Mn | 0,01768 |
| Si | 0,09249 |
| Ti | 0,02768 |
| Zn | 5,56789 |

|  |
| --- |
| Sifat Mekanis Lainnya |
| Tensile Strength | 546,78MPa |
| Yield Strength | 459 Mpa |
| Elongation | 7% |