

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan pustaka

Darmawan Harley, (2016) meneliti perbandingan ketahanan aus piston *genuine part* dan piston imitasi terhadap piston daur ulang. Dalam pembuatan piston daur ulang ini meliputi beberapa tahapan proses metode pengerjaan dan pengujiannya. Diantaranya yaitu perencanaan pola, persiapan baham baku, pembuatan pola, pemilihan pasir cetak, pembuatan cetakan dengan gas CO₂, peleburan logam aluminium, penuangan logam cair, pengambilan hasil coran dan proses akhir. Analisis dari hasil pengujian keausan ini bahwa piston *genuine part* rata-rata dengan 2,284 mm²/kg memiliki daya tahan aus lebih kuat dari piston imitasi 3,417 mm²/kg dan piston daur ulang 6,881 mm²/kg. Hasil pengujian komposisi pada piston daur ulang memiliki kandungan Al 93,93% dibawah rata-rata dari piston *genuine part* 82,84% dan Piston imitasi 84,63%. Pada pengujian mikro struktur piston *genuine part* dan imitasi memiliki struktur mikro yang lebih baik dari piston daur ulang.

Hafis, Lalu Alpan, (2016) menganalisa penambahan unsur Ti-B (Titanium-Boron) sebanyak 0,02% pada paduan aluminium 50%Al – 50% (Al-Si) menggunakan cetakan pasir *sand casting* pada 2 jenis variasi pemanasan suhu cetakan yaitu 200°C dan 300°C. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dan fisis paduan aluminium tersebut yaitu pengujian tarik *Tensile strength*, kekerasan *Hardness*, dan metalografi dengan mikroskop optik. Hasil pengujian maksimum terjadi pada bahan paduan Al-Si dengan penambahan Ti-B

0,02% dan dengan pemanasan suhu cetakan 200°C menghasilkan tegangan tarik maksimum sebesar 618,8 N/mm², sedangkan untuk pengujian kekerasan (*Vickers Hardness Number*) menghasilkan angka kekerasan sebesar 103 kg/mm, dan untuk hasil metalografi diperoleh data struktur yang terbentuk adalah fase hypereutectic silikon yang membentuk fasa silikon primer. Fasa tersebut memberikan ketahanan aus yang tinggi.

Solechan, (2010) variasi temperatur penuangan 700°, 750°, 800°C, komposisi paduan piston yaitu: 75% piston bekas + 25% ADC 12, 50% piston bekas + 50% ADC 12, 25% piston bekas + 75% ADC 12, piston bekas murni dan ADC 12 murni dengan *insert* ST 60 dan besi cor. Karakterisasi material yang dilakukan meliputi uji komposisi kimia, struktur mikro, kekerasan mikro, makro dan kekuatan geser. Hasil prototipe paduan material piston yang terbaik dengan kekerasan mikro 113,2 HVN, kekuatan geser 24.58 MPa dicapai pada komposisi 25% piston bekas + 75% ADC 12, *insert* besi cor dengan temperatur penuangan 700°C.

Suherman, (2009) dalam penelitiannya menambahkan Sr atau Ti-B terhadap struktur mikro dan fluiditas pada paduan Al - 6%Si - 0,7%Fe didapatkan hasil bahwa penambahan elemen paduan seperti Sr atau TiB sangat signifikan mempengaruhi sifat fluiditas logam cair pada paduan Al-6%Si-0,7%Fe, terutama pada rongga cetakan yang sangat tipis. Penambahan Sr kedalam paduan Al-6%Si-0,7%Fe cenderung menurunkan sifat fluiditas logam cair. Begitu juga dengan penambahan TiB pada paduan Al-6%Si-0,7%Fe sifat fluiditas logam cair menjadi berkurang.

Gazanion, dkk (2002) menyarankan bahwa agar tidak terlalu lama menahan logam cair dalam dapur, karena akan terjadi penggumpalan dan pengendapan dari penghalus butir Titanium-Boron (TiB) sebelum dituang ke cetakan. Penambahan penghalus butir Titanium-Boron (TiB) pada paduan Aluminium-Silikon (Al-Si) mempengaruhi bentuk pori, karena Titanium-Boron (TiB) mempengaruhi proses solidifikasi sehingga merubah bentuk morfologi *dendrite*, yakni dari bentuk *columnar* ke bentuk *equiaxed*. Dimana pori tumbuh pada batas butir dan menghasilkan pori berbentuk bulat. TiB sebagai penghalus butir tidak terlalu signifikan mempengaruhi sifat fluiditas logam cair.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Aluminium

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H . C. Oersted, tahun 1825. Secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C . M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisis dari garam yang terfusi. Sampai sekarang proses *Heroult Hall* masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah urutan yang kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam *non ferro*.

Aluminium merupakan logam ringan dengan berat jenis 2.643 g/cm³ dan titik cairnya 660°C. Aluminium merupakan logam yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang

sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb. Secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi.

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi yang merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Di alam, aluminium berupa oksida yang stabil sehingga tidak dapat direduksi dengan cara seperti mereduksi logam lainnya.

Pereduksian aluminium hanya dapat dilakukan dengan cara elektrolisis. Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm³, densitas 2,685 kg/m³, dan titik leburnya pada suhu 660°C, aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya) sehingga melindungi bagian dalam.

Aluminium merupakan logam dengan karakteristik massa jenis yang relative rendah ($2,7 \text{ g/cm}^3$), terletak pada golongan IIIA, dan memiliki nomor atom 13, memiliki konduktivitas listrik dan panas yang tinggi dan tahan terhadap serangan korosi di berbagai lingkungan, termasuk di temperature ruang, memiliki struktur FCC (*face centered cubic*), tetapi memiliki keuletan di kondisi temperature rendah serta memiliki temperature lebur 660°C . Aluminium adalah suatu logam yang secara termodinamika adalah logam yang reaktif.

2.2.2 Sifat-sifat Alumunium

Alumunium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Alumunium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistem periodik unsur, dengan nomor atom 13 berat atom 26.98 gram per nol (sma). Struktur kristal alumunium adalah struktur kristal FCC, sehingga tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Keuletan yang tinggi dari alumunium menyebabkan logam tersebut mudah dibentuk atau mempunyai sifat mampu bentuk yang baik.

Alumunium mempunyai sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam lain. Adapun sifat-sifat dari alumunium antara lain: ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Sifat tahan korosi pada alumunium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida alumunium pada permukaan alumunium. Perlu diketahui alumunium merupakan logam yang paling banyak terkandung dikerak bumi. Alumunium terdapat dikerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahanan dunia sekitar 30 juta ton per tahun dalam bentuk bauksit bebatuan lain.

Saat ini aluminium berkembang luas dalam banyak aplikasi industri seperti industri otomotif, rumah tangga, maupun elektrik, karena beberapa sifat dari aluminium itu sendiri, yaitu:

a. Ringan (*light in weight*)

Aluminium memiliki sifat ringan, bahkan lebih ringan dari magnesium dengan densitas sekitar 1/3 dari densitas besi. Kekuatan dari paduan aluminium dapat mendekati dari kekuatan baja karbon dengan kekuatan tarik 700 Mpa (100 Ksi). Kombinasi ringan dengan kekuatan yang cukup baik membuat aluminium sering diaplikasikan pada kendaraan bermotor, pesawat terbang, alat-alat konstruksi seperti tangga, *scaffolding*, maupun pada roket.

b. Mudah dalam pembentukannya (*easy fabrication*)

Aluminium merupakan salah satu logam yang mudah untuk dibentuk dan mudah dalam fabrikasi seperti ekstrusi, *forging*, *bending*, *rolling*, *casting*, *drawing*, dan *machining*. Struktur kristal yang dimiliki aluminium adalah struktur kristal *FCC (Face Centered Cubic)*, sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Bahan aluminium mudah dibentuk menjadi bentuk yang kompleks dan tipis. sekalipun, seperti bingkai jendela, lembaran aluminium foil, rel, gording, dan lain sebagainya.

c. Tahan terhadap korosi (*corrosion resistance*)

Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Hal

tersebut dapat terjadi karena permukaan aluminium mampu membentuk lapisan alumina (Al_2O_3) bila bereaksi dengan oksigen.

d. Konduktifitas panas tinggi (*high thermal conductivity*)

Konduktifitas panas aluminium tiga kali lebih besar dari besi, maupun dalam pendinginan dan pemanasan. Sehingga aplikasi banyak digunakan pada radiator mobil, koil pada evaporator, alat penukar kalor, alat-alat masak, maupun komponen mesin.

e. Konduktifitas listrik tinggi (*high electrical conductivity*)

Konduktifitas listrik dari aluminium dua kali lebih besar dari pada tembaga dengan perbandingan berat yang sama. Sehingga sangat cocok digunakan dalam kabel transmisi listrik.

f. Tangguh pada temperatur rendah (*low toughness at cryogenic temperature*)

Aluminium tidak menjadi getas pada temperatur rendah hingga $-100^{\circ}C$, bahkan menjadi lebih keras dan ketangguhan meningkat. Sehingga aluminium dapat digunakan pada material bejana yang beroperasi pada temperatur rendah (*cryogenic vessel*).

g. Tidak beracun (*non toxic*)

Aluminium tidak memiliki sifat racun pada tubuh manusia, sehingga sering digunakan dalam industri makanan seperti kaleng makanan dan minuman, serta pipa-pipa penyalur pada industri makanan dan minuman.

h. Mudah didaur ulang (*recyclability*)

Aluminium mudah untuk didaur ulang, bahkan 30% produksi aluminium di Amerika berasal dari aluminium yang didaur ulang. Pembentukan kembali

aluminium dari material bekas hanya membutuhkan 5% energy dari pemisahan aluminium dari bauksit.

Dengan berbagai keunggulan dari aluminium tersebut, saat ini penggunaan aluminium sangat berkembang pesat terutama pada industri pesawat terbang dan otomotif. Masih banyak pengembangan yang dilakukan sehingga dapat menciptakan paduan aluminium baru yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda.

2.2.3 Alumunium dan Paduannya

Aluminium merupakan logam non-*ferrous* yang paling banyak digunakan di dunia, dengan pemakaian tahunan sekitar 24 juta ton. Aluminium dengan densitas 2.7 g/cm³ sekitar sepertiga dari densitas baja (8.83 g/cm³), tembaga (8.93 g/cm³), atau kuningan (8.53 g/cm³), mempunyai sifat yang unik, yaitu: ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi pada lingkungan luas termasuk udara, air (termasuk air garam), petrokimia, dan beberapa sistem kimia.

Pemakaian aluminium dalam dunia industri yang semakin tinggi, menyebabkan pengembangan sifat dan karakteristik aluminium terus menerus ditingkatkan. Aluminium dalam bentuk murni memiliki kekuatan yang rendah dan tidak cukup baik digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan deformasi dan patahan, maka dari itu perlu ditambahkan unsur lain untuk meningkatkan kekuatannya. Aluminium dalam bentuk paduan yang sering dikenal dengan istilah *aluminium alloy* merupakan jenis aluminium yang digunakan cukup besar saat ini. Unsur- unsur paduan dalam alumunium antara lain:

1. Copper (Cu), menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan elongasi (pertambahan panjang pangsangan saat ditarik). Kandungan Cu dalam aluminium yang paling optimal adalah antara 4-6%.
2. Zink atau Seng (Zn), menaikkan nilai tensile.
3. Mangan (Mn), menaikkan kekuatan dalam temperature tinggi.
4. Magnesium (Mg), menaikkan kekuatan aluminium dan menurunkan nilai *ductility*-nya. Ketahanan korosi dan *weldability* juga baik.
5. Silikon (Si), menyebabkan paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya.
6. Lithium (Li), ditambahkan untuk memperbaiki sifat tahan oksidasinya.

Berdasarkan metode peleburannya, paduan aluminium dikelompokkan menjadi dua kelompok utama yaitu paduan tempa (*wrought*) dan paduan tuang (*casting*). Jenis paduan aluminium saat ini sangat banyak dan tidak menutup kemungkinan ditemukannya lagi jenis paduan aluminium baru, oleh karena itu dibuatlah sistem penamaan sesuai dengan komposisi dan karakteristik paduan aluminium tersebut untuk memudahkan pengklasifikasiannya. Salah satu penamaan paduan aluminium adalah dengan standar AA.

Pada aluminium tempa, seri 1xxx digunakan untuk aluminium murni. Digit kedua dari seri tersebut menunjukkan komposisi aluminium dengan limit pengotor alamiahnya, sedangkan dua digit terakhir menunjukkan persentase minimum dari aluminium tsb. Digit pertama pada seri 2xxx sampai 7xxx

menunjukkan kelompok paduannya berdasarkan unsur yang memiliki persentase komposisi terbesar dalam paduan.

Digit kedua menunjukkan modifikasi dari unsur paduannya, jika digit kedua bernilai 0 maka paduan tersebut murni terdiri dari aluminium dan unsur paduan. Jika nilainya 1-9, maka paduan tersebut memiliki modifikasi dengan unsur lainnya. Dua angka terakhir untuk seri 2xxx - 8xxx tidak memiliki arti khusus, hanya untuk membedakan paduan aluminium tersebut dalam kelompoknya. Paduan aluminium tuang penamaannya memakai sistem tiga digit diikuti dengan satu bilangan desimal. Tabel 2.3. menunjukkan seri paduan aluminium tuang berdasarkan unsur paduannya.

Tabel 2.2 Daftar seri paduan aluminium tuang (ASM Handbook,1992)

No. Seri	Komposisi Paduan
1xx.x	Aluminium murni
2xx.x	Paduan aluminium – tembaga
3xx.x	Paduan aluminium - silikon – tembaga
4xx.x	Paduan aluminium – silicon
5xx.x	Paduan aluminium – magnesium
6xx.x	Tidak digunakan
7xx.x	Paduan aluminium – seng

8xx.x	Paduan aluminium – timah
9xx.x	Belum digunakan

Dalam standar AA, angka pertama menunjukkan kelompok paduan. Jadi, untuk paduan Al-Si-Cu dinyatakan dengan angka 3xx.x, angka kedua dan ketiga menunjukkan kemurnian minimum untuk aluminium tanpa paduan dan sebagai nomor identifikasi untuk paduan tersebut, angka keempat menandakan bentuk produk (.0 = spesifikasi coran, .1 = spesifikasi ingot, .2 = spesifikasi ingot yang lebih spesifik). ADC12 merupakan paduan aluminium tuang yang mengikuti tata nama JIS (*Japan Industrial Standart*). Paduan aluminium ADC12 ini memiliki kesetaraan dengan paduan aluminium 384.0-F, paduan aluminium ini digunakan sebagai bahan untuk pembuatan piston pada kendaraan bermotor. (ASM Handbook vol.15,1992).

2.2.4 Pengecoran Logam

Pengecoran itu sendiri adalah mencairkan logam dalam tungku api sampai titik cair suatu logam, kemudian di tuang ke dalam cetakan yang telah di buat dan setelah itu dibiarkan dingin atau membeku. Proses pengecoran meliputi pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembersihan coran dan proses daur ulang pasir cetakan. Cetakan pasir mudah dibuat dan tidak mahal, kadang-kadang dicampur dengan pengikat khusus, seperti semen, resin furan, resin fenol, atau minyak pengering, karena penggunaan zat-zat tersebut maka dapat memperkuat cetakan atau mempermudah operasi pembuatan cetakan, namun dikarenakan penggunaannya mahal, sehingga

memilih dengan pertimbangan bentuk, bahan dan jumlah produk. Selain dari cetakan pasir kadang-kadang digunakan juga cetakan logam. Pada penuangan, logam cair mengalir, melalui pintu cetakan, maka bentuk pintu harus dibuat sedemikian sehingga tidak mengganggu aliran logam cair. Pada umumnya logam cair dituangkan dengan gaya berat, walaupun kadang-kadang digunakan tekanan pada logam cair selama atau setelah penuangan. Setelah logam cair dituangkan, coran dikeluarkan dari cetakan dan dibersihkan, bagian-bagian dari coran yang tidak perlu dibuang dari coran, kemudian coran diselesaikan dan dibersihkan, setelah itu dilakukan pemeriksaan dengan penglihatan terhadap rupa dan kerusakan, dan akhirnya dilakukan pemeriksaan dimensi atau ukuran.

2.2.5 Pembuatan Cetakan Sand Casting

Cara ini dibuat dengan cara memadatkan pasir. Pasir yang dipakai adalah pasir alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung. Biasanya dicampurkan pengikat khusus seperti air-kaca, semen, resin *fulan*, resin *fenol* (minyak pengering), dan bentonit karena penggunaan zat-zat tersebut memperkuat cetakan atau mempermudah pembuatan cetakan.

Untuk membuat coran, harus dilakukan beberapa proses seperti pencairan, pembuatan cetakan, penuangan, pembongkaran dan pembersihan coran. Untuk mencairkan logam bermacam-macam dapur yang dipakai. Umumnya kupola (dapur induksi frekwensi rendah) dipergunakan untuk besi cor, dapur busur listrik (dapur induksi frekwensi tinggi) digunakan untuk baja tuang dan dapur krus untuk paduan tembaga atau coran paduan ringan, karena dapur ini dapat mengolah

logam cair yang baik dan sangat ekonomis untuk logam-logam tersebut. Cetakan pasir jarang digunakan karena kemungkinan terjadinya porositas lebih besar.

a. Cetakan diklasifikasikan berdasarkan bahan yang digunakan:

1. *Cetakan pasir basah (green-sand molds)*
2. *Cetakan kulit kering (Skin dried mold)*
3. *Cetakan pasir kering (Dry-sand molds)*

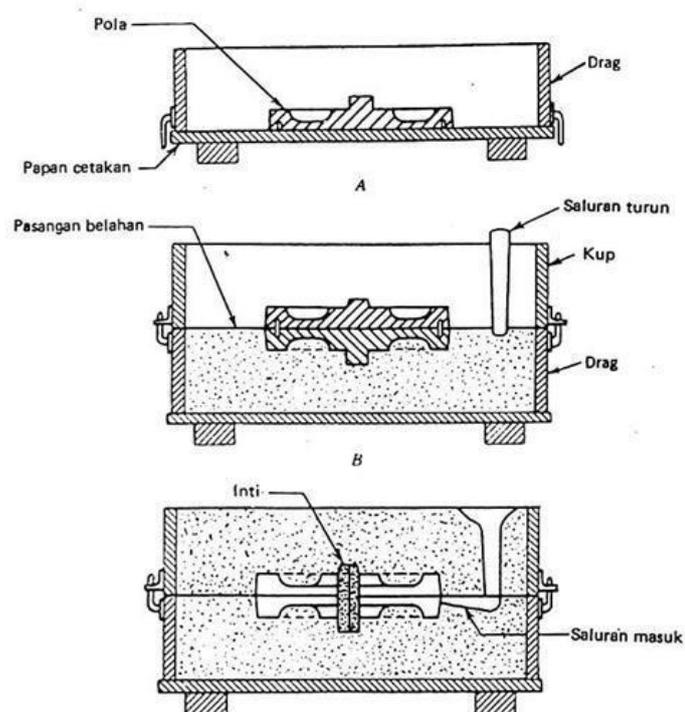
b. Cetakan dibuat dari pasir yang kasar dengan bahan pengikat

1. *Cetakan lempung (Loan molds)*
2. *Cetakan furan (Furan molds)*
3. *Cetakan CO₂*
4. *Cetakan logam* Cetakan logam terutama digunakan pada proses cetakan (*die casting*) logam dengan suhu cair rendah.
5. *Cetakan khusus* Cetakan khusus dapat dibuat dari plastic, kertas, kayu semen, plaster, atau karet.

Proses pembuatan cetakan yang dilakukan di pabrik-pabrik pengecoran dapat di kelompokkan sebagai berikut:

- a. Pembuatan cetakan di meja (*Bench molding*) Dilakukan untuk benda cor yang kecil.
- b. Pembuatan cetakan di lantai (*Floor molding*) Dilakukan untuk benda cor berukuran sedang atau besar.
- c. Pembuatan cetakan sumuran (*pit molding*)
- d. Pembuatan cetakan dengan mesin (*machine molding*)

Sebagai contoh akan diuraikan pembuatan roda gigi seperti pada Gambar 2.2 di bawah ini. Cetakan dibuat dalam rangka cetak (flak) yang terdiri dari dua bagian, bagian atas disebut kup dan bagian bawah disebut *Drag*. Pak kotak cetak yang terdiri dari tiga bagian, bagian tengahnya disebut cheek. Kedua bagian kotak cetakan disatukan pada tempat tertentu dengan lubang dan pin.



Gambar 2.1 Pembuatan Cetakan (Harley Darmawan, 2016)

2.2.6 Keuntungan dan Kerugian Sand Casting

Keuntungan pengecoran Sand casting:

1. Sangat tepat untuk mengecor benda-benda dalam jumlah kecil
2. Tidak memerlukan pemesinan lagi
3. Menghemat bahan coran
4. Permukaan mulus

5. Tidak diperlukan pembuatan pola belahan kayu yang rumit
6. Tidak diperlukan inti atau kotak inti
7. Pengecoran jauh lebih sederhana

Kerugian pengecoran Sand casting:

1. Pola rusak sewaktu dilakukan pengecoran
2. Pola lebih mudah rusak, oleh karena itu memerlukan penanganan yang lebih sederhana.
3. Pada pembuatan pola tidak dapat digunakan mesin mekanik
4. Tidak ada kemungkinan untuk memeriksa keadaan rongga cetakan

2.2.7 Titanium-Boron (Ti-B)

Titanium adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ti dan nomor atom 22. Unsur ini merupakan logam transisi yang ringan, kuat, berkilau, tahan korosi (termasuk tahan terhadap air laut, aqua regia, dan klorin) dengan warna putih-metalik- keperakan. Ti-B ini berfungsi sebagai penghalus butir (*grain refiner*). TiB sangat penting sekali dalam memperbaiki sifat dari aluminium paduan seperti sifat mekanis, mengurangi porositas, lebih tahan terhadap retak panas (*hot cracking*), merubah struktur dan memperbaiki hasil akhir pada permukaannya (Brown, 1999). Umumnya pada paduan Al-Si ditambahkan penghalus butir Ti-B sebagai inoculan, ada beberapa jenis penghalus butir baru yang diperkenalkan seperti Ti-B ataupun Ti-C yang setiap penghalus butir tersebut mempunyai ciri dan manfaat yang spesifik (ASM Speciality Handbook Aluminium, 1993).

Titanium dapat digunakan sebagai campuran dengan besi, aluminium, vanadium, dan molybdenum, untuk memproduksi campuran yang kuat namun ringan untuk penerbangan (mesin jet, misil, dan wahana antariksa), militer, proses industri (kimia dan petrokimia, pabrik desalinasi, pulp, dan kertas), otomotif, agro industri, alat kedokteran, implan ortopedi, peralatan dan instrumen dokter gigi, implan gigi, alat olahraga, perhiasan, telepon genggam, dan masih banyak aplikasi lainnya.

Boron adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang B dan nomor atom 5. *Elemen metaloid trivalen*, boron banyak terdapat di batu borax. Ada dua alotrop boron; boron amorfus adalah serbuk coklat, tetapi boron metalik berwarna hitam. Bentuk metaliknya keras (9,3 dalam skala Moh) dan konduktor yang buruk dalam suhu ruang. Tidak pernah ditemukan bebas dalam alam. Penambahan penghalus butir Ti-B pada paduan Al-Si mempengaruhi bentuk pori, dimana pori tumbuh pada batas butir dan menghasilkan pori berbentuk bulat, sehingga bentuk permukaan jadi lebih halus karena ada penambahan Ti-B pada proses pengecoran.

2.2.8 Piston

piston adalah suatu alat dinamis yang terpasang di dalam silinder dimana fungsinya sebagai pelaksana kerja sebuah motor. berfungsi untuk menerima tekanan hasil pembakaran campuran gas dan meneruskan tekanan untuk memutar poros engkol (*crank shaft*) melalui batang piston (*connecting rod*).

1. Konstruksi

Piston bergerak naik turun terus menerus di dalam silinder untuk melakukan langkah hisap, kompresi, pembakaran dan pembuangan. Oleh sebab itu piston harus tahan terhadap tekanan tinggi, suhu tinggi, dan putaran yang tinggi. Piston dibuat dari bahan paduan aluminium, besi tuang, dan keramik. Pada umumnya piston dari bahan aluminium paling banyak digunakan, selain lebih ringan, radiasi panasnya juga lebih efisien dibandingkan dengan material lainnya. Bentuk kepala piston ada yang rata, cembung, dan ada juga yang cekung tergantung dari kebutuhannya. Tiap piston biasanya dilengkapi dengan alur-alur untuk penempatan ring piston atau pegas piston dan lubang untuk pemasangan pena piston.

Bagian atas piston akan menerima kalor yang lebih besar dari pada bagian bawahnya saat bekerja. Oleh sebab itu pemuaian pada bagian atas juga akan lebih besar dari pada bagian bawahnya, terutama untuk piston yang terbuat dari aluminium. Agar diameter piston sama besar antara bagian atas dengan bagian bawahnya pada saat bekerja, maka diameter atasnya dibuat lebih kecil dibanding dengan diameter bagian bawahnya, bila diukur pada saat piston dalam keadaan dingin.

2. Celah Piston

Celah piston (celah antara piston dengan dinding silinder) penting sekali untuk memperbaiki fungsi mesin dan mendapatkan kemampuan mesin yang lebih baik. Bila celah terlalu besar, tekanan kompresi dan tekanan gas pembakarannya menjadi rendah, dan akan menurunkan kemampuan mesin. Sebaliknya bila celah terlalu kecil, maka akibat pemuaian pada piston menyebabkan tidak akan ada

celah antara piston dengan silinder ketika mesin panas. Hal ini menyebabkan piston akan menekan dinding silinder dan dapat merusak mesin. Untuk mencegah hal ini pada mesin, maka harus ada celah yaitu jarak antara piston dengan dinding silinder yang disediakan untuk temperatur ruang lebih kurang 25°C. Celah piston bervariasi tergantung pada model mesinnya dan umumnya antara 0,02 mm - 0,12 mm. (solechan, 2010)

2.2.9 Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi merupakan pengujian yang berfungsi untuk mengetahui seberapa besar atau banyak jumlah suatu kandungan yang terdapat pada suatu logam, baik logam ferro maupun logam non ferro. Uji komposisi biasanya dilakukan ditempat pabrik-pabrik atau perusahaan logam yang jumlah produksinya besar, ataupun juga terdapat institut yang khusus mempelajari tentang logam.

Proses pengujian komposisi berlangsung dengan pembakaran permukaan bahan menggunakan elektroda dimana terjadi suhu rekristalisasi, dari suhu rekristalisasi terjadi penguraian unsur masing-masing beda warnanya. Penentuan kadar berdasar sensor perbedaan warna. Proses pembakaran elektroda ini tidak lebih dari tiga detik. Pengujian komposisi dapat dilakukan untuk menentukan jenis bahan yang digunakan dengan melihat presentase unsur yang ada.

2.2.10 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah suatu pengujian dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang relatif kecil tanpa

kesukaran. Mengenai spesifikasi benda uji. Pengujian yang banyak dipakai adalah dengan menekan indenter tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur bekas hasi penekan yang terbentuk di atasnya (Surdia, 1991).

Metode uji kekerasan yang diajukan oleh J.A Brinell pada tahun 1900 ini merupakan uji kekerasan lekukan yang pertama kali banyak digunakan serta disusun pembakuannya. (Dieter, 1987). Metode indentasi adalah pengujian kekerasan logam yang dengan cara mengukur ketahanan terhadap gaya tekan yang diberikan indenter dengan memperhatikan besar beban yang diberikan dan besar indentasi. Uji kekerasan dengan metode indentasi ini terdiri atas beberapa cara yaitu *Brinell, Vickers, Rockwell*, dan *Micro hardness* :

- *Vickers*

Pengujian kekerasan dengan metode *vickers* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam, yaitu daya tahan material terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid. Ada dua rentang kekuatan yang berbeda yaitu mikro (10g-1000g) dan makro (1kg-100kg). Dalam penelitian ini beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil yang disesuaikan dengan tingkat kekerasan material spesimen. Angka kekerasan *vickers* (HVN) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas luas tekan (injakan) dari indenter (A) yang dikalikan dengan $\sin(136^\circ/2)$. Rumus pengujian *vickers* :

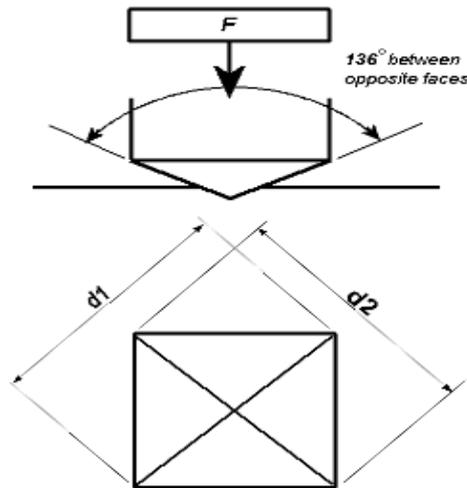
$$HVN = \frac{2F \sin(\frac{\theta}{2})}{D^2} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

HVN = Angka kekerasan *vickers* (Kg/mm^2)

P/F = Beban indentor (Kgf)

d = Diagonal (mm)



Gambar 2.2 Identor Uji *Vickers* (*Biomedical materials research part b applied biomaterials*, 2006)

Kelebihan metode uji kekerasan *vickers*

- Skala kekerasannya yang kontinu untuk rentang yang luas, dari yang sangat lunak dengan nilai 5 maupun material yang sangat keras dengan nilai 1500 karena indentor intan yang sangat keras.
- Beban tidak perlu diubah dan tidak bergantung pada besar beban indentor.
- Uji *vickers* ini dapat dilakukan pada benda-benda dengan ketebalan yang tipis sampai 0,006 inchi.

Kelemahan metode uji kekerasan *vickers*

- Membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menentukan nilai kekerasan sehingga jarang dipakai pada pangujian yang rutin.

- Memerlukan persiapan permukaan benda uji.
- Terdapat pengaruh kesalahan manusia yang besar pada penentuan panjang diagonalnya.

- *Brinell*

Pengujian kekerasan menggunakan metode *Brinell*, bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap pola baja (*identor*) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (*speciment*). Idealnya, pengujian brinell diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kg. Identor (bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan karbida tungsten.

Prinsip dari pengujian ini dengan menekan identor selama 30 detik. Kemudian diameter hasil identansi diukur dengan menggunakan mikroskop optik. Diameter harus dihitung dua kali pada sudut tegak lurus yang berbeda, kemudian dirata-ratakan. Bertambah keras logam yang diuji bertambah tinggi nilai HB. Permukaan yang akan dibuat lekukan harus relatif halus, rata dan bersih dari debu atau kerak.

- *Rockwell*

Pengujian kekerasan dengan metode *rockwell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indentor berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekankan pada permukaan material uji tersebut. Uji kekerasan *rockwell* memperhitungkan kedalaman indentansi dalam

keadaan beban konsta sebagai penentu nilai kekerasan. Sebelum pengukuran, spesimen dibebani beban minor sebesar 10 kg untuk mengurangi kecenderungan ridging dan sinking akibat beban indentor. Sesudah beban minor diberikan, spesimen langsung dikenakan beban mayor.

Kedalaman indentansi yang terkonveksi dalam skala langsung dapat diketahui nilainya dengan membaca *dial gauge* pada alat. *Dial* tersebut terdiri dari 100 bagian yang masing-masing mempresentasikan penetrasi sebesar 0,0002 mm. *Dial* disesuaikan sedemikian rupa sehingga nilai kekerasan yang tinggi berkorelasi dengan kecil penetrasi.

- *Knoop Hardness (Micro Hardness)*

Mikro *hardness testing* merupakan pengujian yang cocok untuk pengujian material yang nilai kekerasannya rendah. *Knoop* biasanya digunakan untuk mengukur material yang getas seperti keramik. Metode pengujian spesimen yang paling tepat digunakan adalah indentor *knoop*. Metode ini merupakan pengembangan dari uji *vickers* namun beban yang lebih kecil.

Indentor *knoop* adalah piramida intan yang membentuk indentansi berbentuk layang-layang dengan perbandingan diagonal 7:1 yang menyebabkan kondisi regangan pada daerah terdeformasi. Kelebihan dari indentor *knoop* adalah kedalaman dan luas daerah indentasi *knoop* hanya sekitar 15% dari luas daerah *vickers*. Oleh karena itu, metode ini cocok untuk spesimen yang tipis, kecil atau kecenderungan utuh patah getas saat pengujian.