

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Alumunium dan Paduannya

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H . C. Oersted, tahun 1825. Tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C . M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari aluminadengan cara elektrolisasi 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 (Al) merupakan logam paduan yang bersifat ringan ($\rho = 2,7$ gr/cm³) dan banyak terdapat di permukaan bumi. Presentasi aluminium di permukaan bumi dapat dilihat pada Tabel 2.1. Konduktifitas listriknya 60 % lebih dari tembaga sehingga juga digunakan untuk peralatan listrik. Selain itu juga memiliki sifat penghantar panas, memiliki sifat pantul sinar yang baik sehingga digunakan pula pada komponen mesin, alat penukar panas, cermin pantul, komponen industri kimia dll. Aluminium merupakan logam yang reaktif sehingga mudah teroksidasi dengan oksigen membentuk lapisan aluminium oksida, alumina (Al₂O₃) dan membuatnya tahan korosi yang baik. Namun bila kadar Fe, Cu dan Ni ditambahkan akan menurunkan sifat tahan korosi karena kadar aluminanya menurun. Penambahkan Mg,Mn tidak

mempengaruhi sifat tahan korosinya. Aluminium bersifat ulet, mudah dimesin dan dibentuk dengan kekuatan tarik untuk aluminium murni sekitar 4-5 kgf/mm². Bila diproses penguatan regangan seperti dirol dingin kekuatan bisa mencapai ± 15 kgf/mm².

Tabel 2.1 Elemen paling banyak di permukaan bumi (Smith dan Javad, 1993)

| Elemen | Persentasi Jumlah dari Permukaan bumi |
|----------------|---------------------------------------|
| Oksigen (O) | 46.60 |
| Silicon (Si) | 27.72 |
| Aluminium (Al) | 8.13 |
| Besi (Fe) | 5.00 |
| Kalsium (Ca) | 3.63 |
| Sodium (Na) | 2.83 |
| Potassium (K) | 2.70 |
| Magnesium (Mg) | 2.09 |
| Total | 98.70 |

Pembuatan manufaktur aluminium memiliki bentuk lembaran (sheet), plat (plate), batang (bar), kawat (wire), pipa (pipe) dan bentuk struktur. Proses manufaktur yang digunakan biasanya adalah proses pengerolan (rolling), ekstrusi (extrusion) atau kombinasi keduanya. Kekuatan aluminium dapat ditingkatkan melalui dua cara, pada seri 1xxx, 3xxx, 4xxx, 5xxx (unheat treatable) dapat ditingkatkan dengan pengerjaan dingin, salah satunya ekstrusi. Sedangkan untuk seri 2xxx, 6xxxx dan 7xxx (heat treatable) melalui perlakuan panas yaitu pengerasan endapan (precipitation hardening).

2. Karakteristik Alumunium

Aluminium & paduan memiliki karakteristik secara umum (Mandal, 2005) dan sifat fisis yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 antara lain:

- 1) Ringan memiliki berat jenis (ρ) 2.7 gr/cm³
- 2) Aluminium mudah difabrikasi dan keuletannya membuat Al memiliki sifat mampu bentuknya baik.
- 3) Bentuk struktur Kristal fcc
- 4) Konduktivitas panas dan listrik tinggi
- 5) Tidak bersifat magnetik dan tidak pudar
- 6) Kekuatan tinggi dan ulet
- 7) Mudah fabrikasi dan mampu bentuk baik
- 8) Ketahanan korosi baik
- 9) Mampu memantulkan sinar maupun panas
- 10) Titik leleh rendah (Low melting point 660°C)

Tabel 2.2 Sifat-sifat fisis aluminium (Surdia dan Saito, 2000)

| Sifat- sifat | Kemurnian Al (%) | |
|---|--------------------------|-------------------------|
| | 99,996 | >99,0 |
| Masa jenis (20°C) | 26,989 | 2,71 |
| Titik cair | 660.2 | 653-657 |
| Panas jenis (cal/g. °C) (100°C) | 0,2226 | 0,2297 |
| Hantaran listrik (%) | 64,94 | 59 (dianil) |
| Tahanan listrik koefisien temperatur (°C) | 0,00429 | 0,0115 |
| Koefisien pemuaian (20-100°C) | 23,86 x 10 ⁻⁶ | 23,5 x 10 ⁻⁶ |
| Jenis Kristal, konstanta kisi | Fcc, a = 4,013 kX | Fcc, a=4,04 kX |

3. Klasifikasi Alumunium dan Paduannya

Paduan aluminium dapat diklasifikasikan berdasarkan tiga kategori yakni berdasarkan cara pembuatannya, berdasarkan perlakuan panas dan berdasarkan unsur paduannya (Surdia dan Saito, 2000).

Paduan aluminium berdasarkan unsur paduannya antara lain: Aluminium murni (1xxx), paduan Al-Cu (2xxx), paduan Al-Mn (3xxx), paduan Al-Si (4xxx), paduan Al-Mg (5xxx), paduan Al-Mg-Si (6xxx), dan paduan Al-Zn (7xxx) sedangkan cara pembuatannya antara lain, aluminium tempa (wrought) dan aluminium cor (cast). Aluminium tempa adalah aluminium yang dibuat dengan cara ditempa, sedangkan aluminium cor merupakan pembuatan aluminium dengan cara dicasting atau dicor. Grup aluminium paduan tempa dan cor dapat dilihat di Tabel 2.3 dan Tabel 2.4

Tabel 2.3 Kelompok aluminium paduan tempa (ASM Metal Handbook, 1990)

| | |
|--|------|
| Aluminium, 99% minimum and greater | 1xxx |
| Aluminium alloys grouped by major alloying elements: | |
| Copper | 2xxx |
| Manganese | 3xxx |
| Silicon | 4xxx |
| Magnesium | 5xxx |
| Magnesium and Silicon | 6xxx |
| Zinc | 7xxx |
| Other element | 8xxx |
| Unused Series | 9xxx |

Tabel 2.4 Kelompok aluminium paduan cor (ASM Metal Handbook, 1990)

| | |
|--|------|
| Aluminium, 99% minimum and greater | 1xxx |
| Aluminium alloys grouped by major alloying elements: | |
| Copper | 2xxx |
| Silicon, with added copper and/or magnesium | 3xxx |
| Silicon | 4xxx |
| Magnesium | 5xxx |
| Zinc | 7xxx |
| Tin | 8xxx |
| Other element | 9xxx |
| Unused Series | 6xxx |

Pada Tabel 2.3 kelompok aluminium tempa, memiliki jumlah 4 digit dimana digit pertama menunjukkan seri paduan aluminium, pada seri 1xxx digit kedua menunjukkan kemurnian aluminium yang digunakan dalam memproduksinya, apabila digit kedua pada seri 1xxx angkanya adalah nol (10xx) maksudnya menunjukkan aluminium murni, sedangkan bila angkanya 1 - 9 menunjukkan pengaturan khusus terhadap satu atau lebih elemen pengotor. Untuk kelompok paduan 2xxx – 8xxx, digit kedua menandakan modifikasi paduan. Dua digit terakhir hanya untuk menandai perbedaan paduan pada tiap kelompok dan penomorannya tidak memiliki makna yang signifikan.

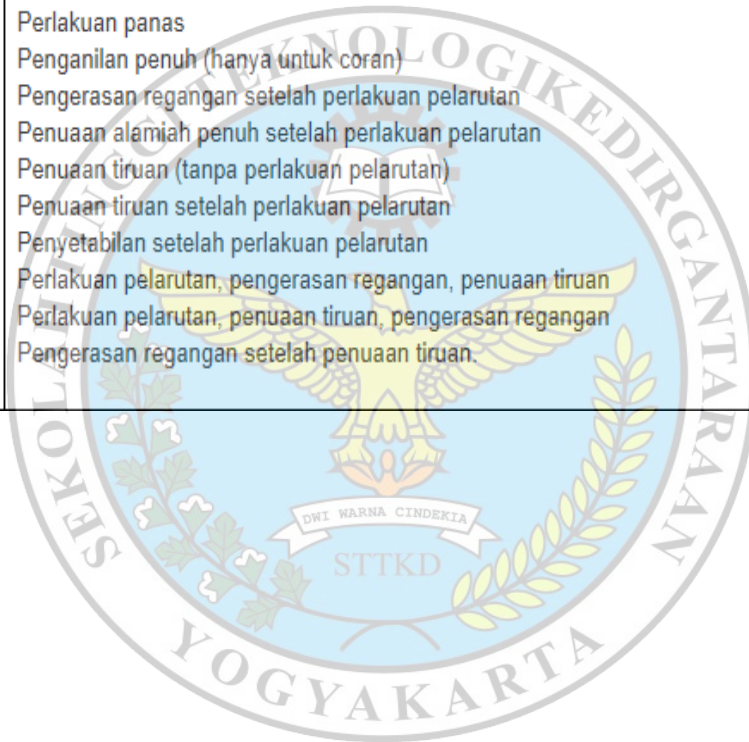
Sedangkan pada Tabel 2.4 kelompok aluminium cor sama dengan aluminium tempa, hanya saja digit kedua dan ketiga menandakan persentase minimum aluminium. Digit terakhir menandakan bentuk produk: xxx0 berupa casting, xxx1 dan xxx2 berupa ingot.

Aluminium yang diklasifikasikan berdasarkan perlakuan panasnya adalah heat treatable atau paduan yang dapat diperlaku-panaskan dan non-heat treatable yaitu paduan yang tidak dapat diperlaku-panaskan. Paduan aluminium yang dapat diperlaku-panaskan merupakan paduan yang dalam memperbaiki kekuatannya yaitu dengan cara pengerasan dan penemperan. Pengerasan terjadi karena adanya pengendapan halus fasa kedua dalam butir kristal paduan. Perlakuan panas dapat meningkatkan sifat mekanis sebagai akibat adanya fasa kedua (presipitat) yang terdistribusi secara merata dan halus di dalam matrik paduan. Paduan aluminium yang termasuk dalam kelas ini meliputi Al-Cu, Al-Cu-Mg, Al-Mg-Si, dan Al-Zn- Mg, sedangkan pada wrought aluminiumnya adalah seri 2xxx, 6xxx, dan 7xxx.

Pada aluminium paduan yang tidak dapat diperlaku-panaskan maksudnya paduan yang untuk memperbaiki kekuatannya hanya bisa dengan pengerjaan dingin. Paduan yang termasuk dalam kelas ini meliputi Al murni, Al-Mn, Al- Si, dan Al-Mg, sedangkan paduan tempanya adlaah 1xxx, 3xxx dan 5xxx. Beberapa karakteristik aluminium dapat dilihat pada **Tabel 2.5**

Tabel 2.5. Karakteristik aluminium

| Tanda | Perlakuan |
|-------------------|---|
| -F | Setelah pembuatan |
| -O | Dianil penuh |
| -H | Pengerasan regangan |
| -H 1 _n | Pengerasan regangan |
| -H 2 _n | Sebagian dianil setelah pengerasan regangan |
| -H 3 _n | Dianil untuk penyetabilan setelah pengerasan regangan n=2 (1/4 keras), 4 (1/2 keras), 6 (3/4 keras), 8 (keras), 9 (sangat keras). |
| -T | Perlakuan panas |
| -T2 | Penganilan penuh (hanya untuk coran) |
| -T3 | Pengerasan regangan setelah perlakuan pelarutan |
| -T4 | Penuaan alamiah penuh setelah perlakuan pelarutan |
| -T5 | Penuaan tiruan (tanpa perlakuan pelarutan) |
| -T6 | Penuaan tiruan setelah perlakuan pelarutan |
| -T7 | Penyetabilan setelah perlakuan pelarutan |
| -T8 | Perlakuan pelarutan, pengerasan regangan, penuaan tiruan |
| -T9 | Perlakuan pelarutan, penuaan tiruan, pengerasan regangan |
| -T10 | Pengerasan regangan setelah penuaan tiruan. |



Tabel 2.6 Klasifikasi beberapa aluminium melalui komposisi, sifat mekanis dan Aplikasi (Callister, 2007)

| Aluminum Association Number | UNS Number | Composition (wt%) ^a | Condition (Temper Designation) | Mechanical Properties | | | Typical Applications/ Characteristics |
|--|------------|--|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--|
| | | | | Tensile Strength [MPa (ksi)] | Yield Strength [MPa (ksi)] | Ductility [%EL in 50 mm (2 in.)] | |
| <i>Wrought, Nonheat-Treatable Alloys</i> | | | | | | | |
| 1100 | A91100 | 0.12 Cu | Annealed (O) | 90 (13) | 35 (5) | 35-45 | Food/chemical handling and storage equipment, heat exchangers, light reflectors |
| 3003 | A93003 | 0.12 Cu, 1.2 Mn, 0.1 Zn | Annealed (O) | 110 (16) | 40 (6) | 30-40 | Cooking utensils, pressure vessels and piping |
| 5052 | A95052 | 2.5 Mg, 0.25 Cr | Strain hardened (H32) | 230 (33) | 195 (28) | 12-18 | Aircraft fuel and oil lines, fuel tanks, appliances, rivets, and wire |
| <i>Wrought, Heat-Treatable Alloys</i> | | | | | | | |
| 2024 | A92024 | 4.4 Cu, 1.5 Mg, 0.6 Mn | Heat treated (T4) | 470 (68) | 325 (47) | 20 | Aircraft structures, rivets, truck wheels, screw machine products |
| 6061 | A96061 | 1.0 Mg, 0.6 Si, 0.30 Cu, 0.20 Cr | Heat treated (T4) | 240 (35) | 145 (21) | 22-25 | Trucks, canoes, railroad cars, furniture, pipelines |
| 7075 | A97075 | 5.6 Zn, 2.5 Mg, 1.6 Cu, 0.23 Cr | Heat treated (T6) | 570 (83) | 505 (73) | 11 | Aircraft structural parts and other highly stressed applications |
| <i>Cast, Heat-Treatable Alloys</i> | | | | | | | |
| 205.0 | A02950 | 4.5 Cu, 1.1 Si | Heat treated (T4) | 221 (32) | 110 (16) | 8.5 | Flywheel and rear-axle housings, bus and aircraft wheels, crankcases |
| 356.0 | A03560 | 7.0 Si, 0.3 Mg | Heat treated (T6) | 228 (33) | 164 (24) | 3.5 | Aircraft pump parts, automotive transmission cases, water-cooled cylinder blocks |
| <i>Aluminum-Lithium Alloys</i> | | | | | | | |
| 2090 | — | 2.7 Cu, 0.25 Mg, 2.25 Li, 0.12 Zr | Heat treated, cold worked (T83) | 455 (66) | 455 (66) | 5 | Aircraft structures and cryogenic tankage structures |
| 8090 | — | 1.3 Cu, 0.95 Mg, 2.0 Li, 0.1 Zr | Heat treated, cold worked (T651) | 465 (67) | 360 (52) | — | Aircraft structures that must be highly damage |