

SKRIPSI
ANALISIS UJI KEKERASAN, TARIK DAN IMPAK DARI
ALUMINIUM HASIL PELEBURAN KALENG MINUMAN YANG
DIPADU DENGAN OLI



ARAFAT GILANG BAROKAH

03051381520056

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

SKRIPSI
ANALISIS UJI KEKERASAN, TARIK DAN IMPAK DARI
ALUMINIUM HASIL PELEBURAN KALENG MINUMAN YANG
DIPADU DENGAN OLI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



ARAFAT GILANG BAROKAH

03051381520056

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS UJI KEKERASAN, UJI, DAN IMPAK DARI ALUMINIUM
HASIL PELEBURAN KALENG MINUMAN YANG DI PADU DENGAN
OLI**

SKRIPSI

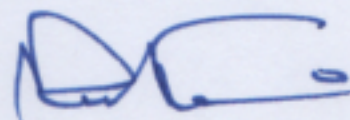
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

ARAFAT GILANG BAROKAH
03051381520056

Palembang, Juli 2019

Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T
NIP. 195903211987031001



Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19711225 1997021001

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

SKRIPSI

**NAMA : ARAFAT GILANG BAROKAH
NIM : 03051381520056
JUDUL : ANALISIS UJI KEKERASAN, TARIK DAN IMPAK DARI
ALUMINIUM HASIL PELEBURAN KALENG MINUMAN
YANG DI PADU DENGAN OLI**

DIBERIKAN : JANUARI 2019

SELESAI : JULI 2019



**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19711225 1997021001**

Palembang, Juli 2019

Diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Skripsi

**Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T
NIP. 195903211987031001**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisis Uji Kekerasan, Tarik Dan Impak Dari Aluminium Hasil Peleburan Kaleng Minuman Yang Dipadu Dengan Oli” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 20 Juli 2019.

Palembang, 20 Juli 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

1. Agung Mataram, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 197901052003121002

(.....)

Anggota:

2. Ir. Helmy Alian, M.T
NIP. 195910151987031006

(.....)

3. Aneka Firdaus, S.T, M.T
NIP. 197502261999031001

(.....)



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Pembimbing Skripsi,

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T
NIP. 195903211987031001

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arafat Gilang Barokah

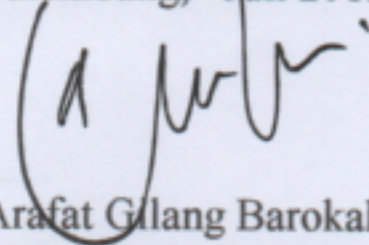
NIM : 03051381520056

Judul : Analisis Uji Kekerasan, Tarik Dan Impak Dari Aluminium Hasil Peleburan Kaleng Minuman Yang Dipadu Dengan Oli

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik, apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Coresponding author).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2019 .



Arafat Gilang Barokah
NIM. 03051381520056

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arafat Gilang Barokah

NIM : 03051381520056

Judul : Analisis Uji Kekerasan, Tarik Dan Impak Dari Aluminium Hasil Peleburan Kaleng Minuman Yang Di Padu Dengan Oli


Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Juli 2019




Arafat Gilang Barokah
NIM. 03051381520056

RINGKASAN

ANALISIS UJI KEKERASAN, TARIK DAN IMPAK DARI ALUMINIUM HASIL PELEBURAN KALENG MINUMAN YANG DIPADU DENGAN OLI.

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, 26 Juli 2019

Arafat Gilang Barokah; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T

THE ANALYSIS OF HARDNESS, TENSILE AND IMPACT TEST OF ALUMINIUM FROM SMELTING BEVERAGE CANS COMBINED WITH OIL.

xxvii + 54 halaman, 15 tabel, 18 gambar, 9 lampiran

RINGKASAN

Aluminium adalah suatu material yang memiliki sifat tahan korosi yang bagus, penghantar listrik, serta beberapa karakter lainnya sebagai sifat material. Aluminium merupakan material yang mempunyai banyak keunggulan antara lain memiliki berat lebih ringan dari pada baja, mudah untuk proses pembentukan, tidak memiliki rasa, tidak memiliki bau, bebas racun, mampu menanggulangi kebocoran gas, memiliki konduktivitas panas yang bagus dan bisa di daur ulang (recycle). Cara untuk mendaur ulang tersebut yaitu dengan cara melakukan peleburan/pengecoran (casting) ulang aluminium bekas produksi untuk menjadi bahan baku. Selain itu aluminium juga memiliki sifat mekanik yang baik. Dalam kaitannya dengan hal tersebut, pengujian sifat mekanik yang dilakukan yaitu pengujian kekerasan, Tarik, dan impak, serta melakukan uji komposisi kimia XRF, dengan menggunakan jenis pelumas baru SAE 15W-50 pada variasi aluminium paduan oli 15 ml dan 30 ml. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perbandingan nilai kekerasan, kekuatan tarik, dan kekuatan impak dari hasil peleburan aluminium kaleng minuman dengan paduan oli. Alat uji kekerasan menggunakan jenis Brinell Hardness Tester, alat uji tarik menggunakan jenis Universal Testing Machine dengan standar JIS Z 2202, alat uji impak menggunakan jenis Charpy Impact Testing Machine dengan standar ASTM E8M. Data yang di dapat pada uji kekerasan yaitu nilai kekerasan tertinggi terdapat pada aluminium paduan oli 30 ml yaitu sebesar 50.690 kgf/mm^2 , dan nilai kekerasan terendah terdapat pada aluminium tanpa campuran sebesar 48.129 kgf/mm^2 , pada uji tarik nilai σ tertinggi terdapat

pada aluminium paduan oli 30 ml yaitu sebesar 8.915 kgf/mm², dan nilai σ terendah terdapat pada aluminium tanpa campuran sebesar 6.217 kgf/mm², dan pada uji impak nilai σ tertinggi terdapat pada aluminium paduan oli 30 ml sebesar 8.915 kgf/mm², dan nilai σ terendah terdapat pada aluminium tanpa campuran yaitu sebesar 6.217 kgf/mm². Pada uji komposisi kimia XRF, aluminium tanpa campuran, aluminium paduan oli 15 ml, dan 30 ml menunjukkan material tersebut adalah paduan aluminium antara Al-Mn.

Kata Kunci: Aluminium, *Recycle*, *Casting*, Komposisi Kimia, Pengujian Kekerasan, Pengujian Tarik, Pengujian Impak, Pelumas SAE 15W-50, XRF.

SUMMARY

THE ANALYSIS OF HARDNESS, TENSILE AND IMPACT TEST OF ALUMINIUM FROM SMELTING BEVERAGE CANS COMBINED WITH OIL.

Scientific Writing in the form of Thesis, July 26, 2019

Arafat Gilang Barokah; Supervised by Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T

ANALISIS UJI KEKERASAN, TARIK DAN IMPAK DARI ALUMINIUM HASIL PELEBURAN KALENG MINUMAN YANG DIPADU DENGAN OLI.

xxix + 54 pages, 15 tables, 18 images, 9 attachments

SUMMARY

Aluminium is a material that has good corrosion resistance, electrical conductives, and also other characteristics as material properties. Aluminium is a material that has many advantages such as having a weight lighter than steel, easy for the formation process, lacks taste, has no smell, toxic-free, able to cope with gas leaks, has good thermal conductivity and recyclable. The way to recycle it is by doing the smelting/recasting of used aluminum production to become the raw material. In addition aluminum also has good mechanical properties. In relation to this, the testing of the mechanical properties of the conduct are hardness testing, tensile, impact, and conducted the XRF chemical composition test, using the new type of oil SAE 15W-50 in the variation of 15 ml and 30 ml oil alloy aluminium. The purpose of this research is to analyze the comparison of hardness value, tensile strength, and impact strength of the results from the smelting of aluminum cans of beverage with oil alloy. The Hardness test tool using the Brinell Hardness Tester type, the tensile test tool using the type of Universal Testing Machine with JIS Z 2202 Standard, the Impact test tool using the Charpy Impact Testing Machine type with ASTM E8M standard. The data obtained on the test are the highest level of hardness is found in 30 ml aluminum alloy which is 50,690 kgf/mm², And the lowest level of hardness is found in aluminum with no alloy which is 48,129 kgf/mm². In the tensile test the highest value of σ_u is found in the 30 ml oil alloy aluminium which is 8,915 kgf/mm².

and the lowest σ_u value is found in aluminum with no alloy which is 6,217 kgf/mm². In the impact test the highest value of σ_u is found in the 30 ml oil alloy aluminium which is 8.915 kgf/mm², and the lowest σ_u value is found in aluminum with no alloy which is 6.217 kgf/mm². In XRF chemical composition test, aluminium without mixture, 15 ml oil alloy aluminium, and 30 ml indicate the material is aluminium alloy between Al-Mn.

Keywords: : Aluminium, Recycle, Casting, chemical composition, hardness test, tensile test, impact test, JIS Z 2202, ASTM E8M, XRF.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Seminar dan Sidang sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Skripsi ini yang berjudul “Analisis Uji Kekerasan, Tarik Dan Impak Dari Aluminium Hasil Peleburan Kaleng Minuman Yang Dipadu Dengan Oli”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan penelitian dan penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan yang diberikan berbagai pihak dan hanya bisa saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung. Terima kasih banyak saya ucapkan kepada :

- 1) Kedua orang tua serta saudari perempuan yang telah memberikan doa, kasih sayang, dorongan dan semangat baik secara moril maupun materil demi keberhasilan penulis. Tanpa pengorbanan mereka saya tidak akan bisa seperti sekarang ini.
- 2) Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
- 3) Amir Arifin, S.T, M.Eng, ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
- 4) Bapak Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan ilmu yang bermanfaat, bimbingan, nasihat, dan motivasi untuk terus melakukan yang terbaik dalam pengerjaan proposal skripsi ini.
- 5) Bapak Dr. Fajri Vidian, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik

- 6) Seluruh Dosen, Staff, dan Administrasi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, bimbingan, dan nasihat kepada penulis selama masa perkuliahan.
- 7) Teman seperjuangan bimbingan skripsi Andre Taufik kahar, Kgs. Ibrahim Akbar Amrunika, Restu Ridho Kusmailinton.
- 8) Teman-teman Teknik Mesin 2015 Kampus Palembang yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut andil dalam membantu saya untuk menyelesaikan proposal skripsi ini.
- 9) Keluarga besar pencak silat Persaudaraan Setia Hati Terate (PSHT).
- 10) Keluarga besar organisasi Himpunan Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik, dan BEM KM FT Universitas Sriwijaya.

Hanya terimakasih yang dapat penulis berikan, semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dengan rahmat dan karunia-Nya. Penulis mengharapkan kritik dan saran untuk meningkatkan kualitas dari skripsi ini dan semoga dapat bermanfaat bagi semua yang membacanya.

Palembang, Juli 2019

Arafat Gilang Barokah

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan.....	iii
Halaman Pengesahan Agenda	v
Halaman Persetujuan.....	vii
Halaman Persetujuan Publikasi	ix
Halaman Pernyataan Integritas.....	xi
Ringkasan	viii
Summary	xv
Kata Pengantar	xvii
Daftar Isi.....	xix
Daftar Gambar	xxiii
Daftar Tabel.....	xxv
Daftar Lampiran	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Aluminium	5
2.2 Sejarah Aluminium	5
2.3 Paduan Aluminium.....	7
2.4 Sifat Aluminium.....	8
2.5 Sifat fisik Oli.....	10

2.6	Pengujian Sifat Mekanik Aluminium.....	11
2.6.1	Pengujian Kekerasan (<i>Hardness</i>)	12
2.6.2	Pengujian Impak.....	13
2.6.3	Pengujian Tarik.....	13
2.7	Kajian Pustaka.....	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		18
3.1	Diagram Alir Penelitian	19
3.2	Prosedur Penelitian.....	20
3.2.1	Pengujian Uji Tarik	20
3.2.2	Pengujian Kekerasan (<i>Brinell</i>).....	21
3.2.3	Pengujian <i>Charpy Impact</i>	22
3.2.4	Pengujian Komposisi Kimia.....	23
3.2.5	Hasil Yang Diharapkan	23
3.3	Peralatan dan Alat Penelitian	24
3.3.1	Alat Uji Impak.....	25
3.3.2	Alat Uji Tarik.....	25
3.3.3	Alat Uji Kekerasan (<i>Brinell</i>).....	26
3.4	Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.5	Hasil Yang Diharapkan	27
3.6	Proses Peleburan Aluminium dan Penuangan Paduan Oli.....	27
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Pengujian Komposisi Kimia.....	29
4.2	Hasil Pengujian Kekerasan.....	30
4.2.1	Hasil Pengujian Kekerasan Pada Spesimen Aluminium Tanpa Campuran.....	30

4.2.2	Hasil Pengujian Kekerasan Pada Spesimen Aluminium dengan Oli 15 ml.....	32
4.2.3	Hasil Pengujian Kekerasan Pada Spesimen Aluminium dengan Oli 30 ml.....	34
4.3	Hasil Pengujian Tarik.....	37
4.3.1	Hasil Pengujian Tarik Pada Spesimen Aluminium Tanpa Campuran	37
4.3.2	Hasil Pengujian Tarik Pada Spesimen Aluminium dengan Oli 15 ml.....	38
4.3.3	Hasil Pengujian Tarik Pada Spesimen Aluminium dengan Oli 30 ml.....	39
4.4	Hasil Pengujian Impak	41
4.5	Analisa Data	43
4.5.1	Komposisi Kimia.....	43
4.5.2	Pengujian kekerasan	44
4.5.3	Pengujian tarik.....	44
4.5.4	Pengujian impak.....	45
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran.....	48
DAFTAR RUJUKAN		xxix

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Spesifikasi Pelumas MOTUL 5100 15W-50.....	13
Gambar 2.2 Indentor Pengujian <i>Brinell</i> (ASM, 2000)	12
Gambar 2.3 Ilustrasi pengujian <i>Impact</i> (Callister, 2001)	13
Gambar 2.4 Ilustrasi metode uji impak <i>Charpy</i> (atas) dan <i>izod</i> (bawah).....	14
Gambar 2.5 Takikan <i>Charpy</i> Jenis V, keyhole, dan U (ASM 2000)	15
Gambar 2.6 Prinsip Pengujian Tarik (Callister 2001).....	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3.2 Sampel Uji Tarik	20
Gambar 3.3 Dimensi Sampel Tarik Standar ASTM E8M.....	20
Gambar 3.4 Sampel Uji Impak.....	22
Gambar 3.5 Dimensi spesimen uji impak JIS Z 2202	22
Gambar 3.6 Charpy Impact Testing Machine (Lab.Material Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya).....	25
Gambar 3.7 <i>Universal Testing Machine</i> (Lab. Material Jurusan Teknik Mesin)	26
Gambar 3.8 <i>Brinell Hardness Tester</i> (Lab. Material Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya).....	26
Gambar 3.9 Gambar (a) Pembakaran pada Paduan oli 15 ml dan Gambar (b) Pembakaran pada Paduan oli 30 ml	28
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan (BHN) rata-rata	37
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Tegangan Ultimate (σ) Rata-Rata ...	41
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Nilai Energi Impak (E) Rata-Rata.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia	31
Tabel 4.2 Perbandingan Komposisi Kimia.....	30
Tabel 4.3 Data Awal Pengujian Kekerasan Spesimen Aluminium tanpa campuran.....	31
Tabel 4.4 Nilai Kekerasan Spesimen Tanpa Campuran.....	32
Tabel 4.5 Data Awal Pengujian Kekerasan Spesimen Aluminium dengan Oli 15 ml	33
Tabel 4.6 Nilai Kekerasan Spesimen dengan Oli 15 ml.....	34
Tabel 4.7 Data Awal Pengujian Kekerasan Spesimen Aluminium dengan Oli 30 ml	35
Tabel 4.8 Nilai Kekerasan Spesimen dengan Oli 30 ml.....	36
Tabel 4.9 Data Awal Pengujian Tarik Aluminium Tanpa Campuran.....	40
Tabel 4.10 Nilai Kekuatan Tarik Aluminium Tanpa Campuran.....	40
Tabel 4.11 Data Awal Pengujian Tarik Spesimen Aliminium dengan Oli 15 ml	41
Tabel 4.12 Nilai Kekuatan Tarik Spesimen Aluminium dengan Oli 15 ml	41
Tabel 4.13 Data Awal Pengujian Tarik Spesimen Aliminium dengan Oli 30 ml	42
Tabel 4.14 Nilai Kekuatan Tarik Spesimen Aluminium dengan Oli 30 ml	41
Tabel 4.15 Data Hasil Pengujian Impak.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. Hasil Hitungan Pengujian Kekerasan (<i>Brinell</i>)	49
Lampiran II Hasil Hitungan Pengujian Impak (<i>charpy</i>)	49
Lampiran III. Hasil Hitungan Pengujian Tarik	50
Lampiran IV. Spesimen Pengujian Kekerasan	51
Lampiran V. Spesimen Pengujian Tarik	51
Lampiran VI. Spesimen Pengujian Impak	52
Lampiran VII. XRF	52
Lampiran VIII. Jenis Paduan Oli Yang Dipakai	53
Lampiran IX. Temperatur Peleburan.....	53

ANALISIS UJI KEKERASAN, TARIK DAN IMPAK DARI ALUMINIUM HASIL PELEBURAN KALENG MINUMAN YANG DIPADU DENGAN OLI

Nukman¹, Arafat Gilang Barokah¹

¹Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang

arafatgilangg@gmail.com

Abstrak

Aluminium adalah suatu material yang memiliki sifat tahan korosi yang bagus, penghantar listrik, serta beberapa karakter lainnya sebagai sifat material. Aluminium merupakan material yang mempunyai banyak keunggulan antara lain memiliki berat lebih ringan dari pada baja, mudah untuk proses pembentukan, tidak memiliki rasa, tidak memiliki bau, bebas racun, mampu menanggulangi kebocoran gas, memiliki konduktivitas panas yang bagus dan bisa di daur ulang (*recycle*). Cara untuk mendaur ulang tersebut yaitu dengan cara melakukan peleburan/pengecoran (*casting*) ulang aluminium bekas produksi untuk menjadi bahan baku. Selain itu aluminium juga memiliki sifat mekanik yang baik. Dalam kaitannya dengan hal tersebut, pengujian sifat mekanik yang dilakukan yaitu pengujian kekerasan, Tarik, dan dampak, serta melakukan uji komposisi kimia *XRF*, dengan menggunakan jenis pelumas baru SAE 15W-50 pada variasi aluminium paduan oli 15 ml dan 30 ml. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perbandingan nilai kekerasan, kekuatan tarik, dan kekuatan dampak dari hasil peleburan aluminium kaleng minuman dengan paduan oli. Alat uji kekerasan menggunakan jenis *Brinell Hardness Tester*, alat uji tarik menggunakan jenis *Universal Testing Machine* dengan standar JIS Z 2202, alat uji dampak menggunakan jenis *Charpy Impact Testing Machine* dengan standar ASTM E8M. Data yang di dapat pada uji kekerasan yaitu nilai kekerasan tertinggi terdapat pada aluminium paduan oli 30 ml yaitu sebesar 50.690 kgf/mm², dan nilai kekerasan terendah terdapat pada aluminium tanpa campuran sebesar 48.129 kgf/mm², pada uji tarik nilai σ_u tertinggi terdapat pada aluminium paduan oli 30 ml yaitu sebesar 8.915 kgf/mm², dan nilai σ_u terendah terdapat pada aluminium tanpa campuran sebesar 6.217 kgf/mm², dan pada uji dampak nilai σ_u tertinggi terdapat pada aluminium paduan oli 30 ml sebesar 8.915 kgf/mm², dan nilai σ_u terendah terdapat pada aluminium tanpa campuran yaitu sebesar 6.217 kgf/mm². Pada uji komposisi kimia *XRF*, aluminium tanpa campuran, aluminium paduan oli 15 ml, dan 30 ml menunjukkan material tersebut adalah paduan aluminium antara Al-Mn.

Kata Kunci : Aluminium, *Recycle*, *Casting*, Komposisi Kimia, Pengujian Kekerasan, Pengujian Tarik, Pengujian Dampak, Pelumas SAE 15W-50, *XRF*.



Palembang, Juli 2019

Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T
NIP. 195903211987031001

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium adalah suatu material yang memiliki sifat tahan korosi yang bagus, penghantar listrik baik, serta beberapa karakter lain sebagai sifat logam. Menjadi penambah ketangguhan mekanik yang bertambah cepat diikuti penambahan silikon (Si), mangan (Mn), seng (Zn), tembaga (Cu), magnesium (Mg), dan nikel (Ni), dengan cara satu-satu ataupun berbarengan, serta membuat karakter baik lainnya contoh tahan aus, tahan korosi, dan koefisien pemuaian yang rendah. logam ini dipakai pada bidang luas bukan hanya sebagai perabotan rumah tangga tapi juga digunakan pada konstruksi, kendaraan darat, kendaraan air, kendaraan udara, dan elektronik (Surdia & Saito, 1999).

Aluminium adalah material yang mempunyai kelebihan seperti beban lebih ringan dari baja, tidak sulit dibentuk, tidak memiliki rasa, tidak memiliki bau, bebas racun, mampu menanggulangi kebocoran gas, memiliki konduktivitas panas yang bagus dan bisa di *recycle* (Basa & Halawa, 2015).

Aluminium sendiri sangat mudah dijumpai seperti perabotan rumah tangga, komponen mobil, komponen kereta api, komponen pesawat, dan kaleng minuman. Bahan-bahan aluminium yang sudah terbuang misalnya kaleng minuman bisa dimanfaatkan kembali dengan cara didaur ulang (*recycle*) untuk mendapatkan bahan material baru. Cara lain untuk mendaur ulang yaitu melakukan peleburan/pengecoran (*casting*) ulang aluminium bekas produksi untuk menjadi bahan baku. Selain itu aluminium mempunyai sifat-sifat mekanik yang tidak diragukan lagi, material aluminium juga biasanya dipakai di dunia teknik selain baja. Begitu juga sifat mampu mesin, serta kemampuannya yang mampu di daur ulang. Kemampuan inilah yang dapat mengatasi

pertambahan limbah aluminium akibat pemakaiannya yang berlebihan dalam kehidupan sehari-hari.

Aluminium akan dilebur secara tidak langsung, dimana bahan bakar peleburan akan menggunakan minyak tanah. Tujuan dilakukan peleburan ulang ini diharapkan agar dapat meminimalisir sisa kotoran pada aluminium yang telah dilebur menggunakan bahan bakar minyak tanah. Kualitas aluminium sangat bergantung pada proses peleburannya, semakin baik proses peleburannya, semakin baik juga struktur mikronya, dan akan menyebabkan kepadatan antar ikatan atom yang dapat meningkatkan kualitas aluminium tersebut.

Berdasarkan hal tersebut akan dilakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah bekas aluminium kaleng minuman campuran untuk membantu mengurangi limbah aluminium dan mengetahui sifat mekanik dari hasil peleburan.

Dengan demikian penelitian kali ini akan mengangkat pembahasan dengan judul **“Analisis Uji Kekerasan, Tarik Dan Impak Dari Aluminium Hasil Peleburan Kaleng Minuman Yang Dipadu Dengan Oli”**

1.2 Rumusan Masalah

Menurut pembahasan diatas, bisa ditemukan permasalahan yang akan di bahas pada penelitian kali ini adalah untuk menganalisa hasil peleburan ulang aluminium dari kaleng minuman dengan cara peleburan sederhana. Sehingga akan didapat hasil coran yang dapat dimanfaatkan atau dapat memenuhi nilai uji sifat mekanik.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Spesimen yang dipakai adalah aluminium kaleng minuman.
2. Menggunakan cetakan berbentuk tabung.
3. Proses peleburan aluminium dilakukan dengan pemanasan secara tidak langsung skala industri kecil.
4. Pengujian sifat mekanik yang dilaksanakan yaitu;
 - a. Pengujian Impak
 - b. Pengujian Tarik
 - c. Pengujian Kekerasan

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin didapat pada penelitian kali ini yaitu:

1. Menganalisa perbandingan nilai kekerasan, kekuatan impak, dan kekuatan Tarik dari hasil peleburan aluminium kaleng minuman dengan paduan oli.
2. Menganalisa perbandingan sifat mekanik hasil peleburan sampel aluminium dengan paduan oli.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai pada penulisan ini adalah:

1. Guna menambah ilmu pengetahuan terutama bagi penulis tentang aluminium coran daur ulang (*recycle*) dengan paduan oli.
2. Dapat dijadikan sebagai acuan bagi peneliti berikutnya, khusus di bidang peleburan secara tidak langsung.
3. Sebagai syarat melaksanakan tugas skripsi guna memperoleh gelar sarjana teknik mesin (S.T) pada fakultas teknik universitas sriwijaya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aluminium

Aluminium termasuk golongan IIIA pada unsur kimia sistem periodik unsur, dengan urutan atom 13 serta beban atom 26,98 gram per mol. Udara bebas pada Al rentan teroksidasi membuat lapisan tipis oksida (Al_2O_3) yang tahan korosi. Aluminium memiliki karakter bisa bereaksi pada kandungan asam ataupun basa (Murtiyoso, et al., 2017).

Aluminium sebagai logam yang paling sering digunakan selain baja dan besi setiap tahunnya, memiliki tingkat paling tinggi diantara logam *non ferro*. Aluminium memiliki sifat tahan korosi yang baik serta penghantar listrik yang baik serta sifat-sifat baik lainnya.

Aluminium yang banyak dijual dipasaran tidak ada yang murni 100%, pasti mempunyai sisa-sisa yang tergabung. Sisa-sisa itu berbentuk gas yang bergelembung tertahan dikarenakan proses peleburan atau pengecoran dan penurunan suhu tidak sempurna, dikarenakan bahan baku kurang baik, atau material cetakan akibat cetakan yang kurang baik. Aluminium yang paling murni yang dijual dipasaran hanya 99%, contohnya Aluminium foil (Ihsan, et al., 2017).

2.2 Sejarah Aluminium

Aluminium dipopulerkan pada 200 tahun lalu dan mulai diproduksi massal sekitar 100 tahun lalu. Sejak *Humphry Davy* mengumumkan pada tahun 1808 bahwa senyawa alumina yang berlimpah terdapat pada bumi dari logam yang

belum ditemukan, para ilmuwan telah membuat upaya untuk mendapatkan logam baru ini. Pada tahun 1825, ilmuwan Denmark Hans Christian Oersted (1777-1851) mempublikasikan percobaan yang sukses dalam memproduksi suatu sampel yang kecil dari logam di laboratorium dengan mengurangi aluminium klorida dengan kalium paduan. Kalium itu telah diisolasi oleh Davy beberapa tahun sebelumnya. Dua tahun kemudian, Friedrich Wohler (1800 - 1882) di Jerman diproduksi Butiran kecil dari aluminium dengan metode yang sama dan mampu menunjukkan logam dengan kelenturan dan ringan. Henri Sainte Claire Deville di Prancis pada 1854 menunjukkan bahwa menggunakan natrium yang lebih murah juga dapat digunakan dan pabrik komersial pertama yang memproduksi dalam jumlah kecil aluminium dimulai pada tahun 1855. Pada tahun 1886, mengikuti perkembangan peralatan skala besar untuk menghasilkan tenaga listrik, *Paul Heroult* di Perancis, dan *Charles Hall* di USA, mengembangkan secara independen suatu proses untuk penguraian elektrolit langsung dari Al_2O_3 . Mereka menemukan bahwa ketika arus listrik dialirkan melalui kriolit cair yang mengandung Al_2O_3 terlarut pada temperatur 980 - 1.000 °C, aluminium cair diendapkan pada katoda dan karbon dioksida dibebaskan pada anoda. Penemuan ini, ditambah dengan proses yang dikembangkan oleh Karl Josef Bayer pada tahun 1888 untuk produksi alumina, mengakibatkan proses modern untuk produksi aluminium. (Totten & Mackenzie, 2003).

2.3 Paduan Aluminium

Saat ini klasifikasi paduan aluminium yang sempurna dan paling terkenal yaitu standar *Aluminium Association* di Amerika (AA) yang didasari oleh standar sebelumnya yaitu *Aluminium Company of America* (Alcoa). Paduan cor menggunakan tiga angka, sedangkan paduan tempaan dinyatakan dengan satu ataupun 2 angka "S". Standar AA memakai penunjuk dengan 4 angka, angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang dipadukan (Surdia & Saito, 1999).

Unsur-unsur paduan aluminium:

a. Paduan Al-Mg

Aluminium dengan paduan 2–3 % Mg mudah untuk diekstrusi, dirol dan ditempa, paduan Al 5052 merupakan paduan yang dapat digunakan berupa material tempaan. Paduan Al 5052 merupakan paduan sangat kokoh pada sistem ini, digunakan setelah dipadatkan karena pengerasan suatu regangan yang jika dibutuhkan kekerasan yang lebih. Paduan Al 5083 yang dianil merupakan paduan sekitar (4,5 % Mg) kuat serta dapat dilas dengan mudah. (Surdia & Saito, 1999).

b. Paduan Al-Mn

Mn merupakan unsur yang bisa memperkuat aluminium tanpa harus berkurang tingkat ketahanan korosi serta digunakan untuk menghasilkan paduan yang bisa mampu menahan korosi tanpa perlakuan panas (Surdia & Saito, 1999).

c. Paduan Al-Si

Paduan Al-Si pertama kali diperkenalkan oleh A. Pacz pada tahun 1921. paduan Al-Si yang sudah di *Heat Treatment* disebut *Silumin*. Sifat – sifat *silumin* berubah jauh lebih baik dikarenakan *Heat Treatment* dan sedikit ditenahi dikarenakan pengaruh unsur paduan. Paduan Al-Si biasanya digunakan dengan 0,15% – 0,4%Mn dan 0,5 % Mg. Paduan ini baik dalam kecairannya dan memiliki permukaan yang sangat bagus, tidak ada kegetasan akibat panas, dan cocok pada paduan coran. Al-Si memiliki sifat tahan korosi, memiliki bobot yang tidak berat, koefisien pemuai yang sedikit, dan penghantar listrik yang baik serta penghantar panas yang baik. Dikarenakan kelebihan menyolok maka paduan Al-Si sering digunakan (Surdia & Saito, 1999).

2.4 Sifat Aluminium

Al tidak terstruktur sebagai logam di karenakan kuatnya ikatan kimia oksigen. Senyawa aluminium, yaitu oksida dalam bentuk berbagai kemurnian dan hidrasi tersebar luas pada alam. aluminium adalah unsur logam terbanyak kedua di bumi setelah silikon yaitu sekitar 27.5%. Diprediksi sekitar 8% dari kerak bumi adalah aluminium (Totten & Mackenzie, 2003).

Menurut (Capral Ltd 2014), Sifat-sifat yang dimiliki aluminium adalah sebagai berikut:

1. Tangguh pada temperatur rendah

Al tidak mungkin getas di temperatur rendah hingga suhu -100°C , justru akan mengeras dan ketangguhan akan bertambah. Hingga Al dapat difungsikan sebagai material pada bejana yang beroperasi pada temperatur yang rendah.

2. Tangguh pada temperatur tinggi

Sering dipakai pada alat penukar kalor, evaporator, radiator mobil, dan komponen mesin lainnya.

3. Ringan

Memiliki sifat lebih ringan dari Mg dengan densitas 1/3 dari densitas Fe. Perpaduan ringan dengan kekuatan yang baik menyebabkan aluminium banyak digunakan pada pesawat terbang, kendaraan bermotor dan alat-alat konstruksi seperti *scaffolding*. Aluminium mempunyai daya renggang yang kuat, dan bisa menjadi lebih kuat dua kali lipat apabila digunakan tahap-tahap pemesinan.

4. penghantar listrik yang baik

Al merupakan material yang ekonomis untuk penghantar listrik (*high electrical conductivity*) dikarenakan massa jenis lebih besar dari massa jenis tembaga.

5. Tahan korosi

Sifat tahan dengan korosi dikarenakan fenomena pasivasi yang berarti terbentuk lapisan pelindung dikarenakan reaksi unsur logam dengan udara sehingga lapisan tersebut memproteksi lapisan didalam logam dikarenakan korosi. Hal tersebut terjadi karena logam aluminium dapat membentuk lapisan alumina (Al_2O_3).

6. Mudah didaur ulang

Aluminium dapat dengan mudah di *recycle*, adapun 30% produksi aluminium di seluruh dunia berasal dari aluminium daur ulang.

7. *Nontoxic*

Tidak mempunyai sifat beracun (*nontoxic*) pada tubuh, sehingga banyak dipakai pada *industry* bidang makanan contohnya kaleng minuman dan makanan, beserta pipa-pipa penyalur pada industri minuman dan makanan.

2.5 Sifat fisik Oli

Pelumas yang digunakan pada penelitian ini adalah MOTUL 5100 15W-50. Dengan spesifikasi sebagai berikut:

STANDARD: API SM / SL / SJ / SH / SG

SPECIFICATION: JASO MA2 *under* N° M033MOT114

Cocok digunakan pada sepeda motor adventure, motor trail, olah raga sepeda motor. cocok dengan mesin 4 tak, terintegrasi gearbox ataupun yang tidak, kopling basah atau kering, mesin yang memenuhi peraturan emisi Euro 2 atau Euro 3, dilengkapi dengan gas buang setelah sistem perawatan: converter katalik, injeksi udara ke pipa knalpot.

Direkomendasikan untuk BMW tertentu, mesin DUCATI membutuhkan oli SAE 15W-50 grade viskositas. Kegunaan lain: sepeda motor jalanan tanpa konverter katalitik, ATV, UTV dan lainnya.

Pelumas Sepeda Motor Kinerja Tinggi Technosynthese diperkuat oleh basis stok Ester untuk menjamin sifat anti aus dan meningkatkan perlindungan gigi dan waktu hidup.

Peningkatan ketahanan lapisan oli pada suhu tinggi. Untuk ketahanan engine. Grade 50 pada suhu panas, dirancang khusus untuk mesin berdiameter *bore* besar, putaran rpm tinggi, multsilinder. Mengoptimalkan unsur fosfor dan belerang (JASO MA2 < 1200 ppm) untuk kondisi operasi yang lebih baik pada emisi pembuangan. Untuk kenyamanan, JASO telah menciptakan standar sepeda motor 4-tak -JASO T903- yang memiliki tiga kelas MA, MA1 dan MA2. JASO MA2 menawarkan tingkat gesekan paling efisien untuk menjamin keterlibatan

kopling selama tiga mode berkendara: *Starting*, Akselerasi dan Kecepatan Konstan. Pergantian oli dilakukan dengan interval yang sesuai dengan rekomendasi pabrik dan disesuaikan dengan penggunaan Anda sendiri. Dapat dicampur dengan pelumas sintetis ataupun pelumas mineral (Ester Technology).

PROPERTIES

Colour	Visual	Green
Viscosity grade	SAE J 300	15W-50
Density at 20°C (68°F)	ASTM D1298	0.877
Viscosity at 40°C (104°F)	ASTM D445	138.7 mm ² /s
Viscosity at 100°C (212°F)	ASTM D445	18.3 mm ² /s
Viscosity Index	ASTM D2270	148
Pour point	ASTM D97	-30°C / -22°F
Flash point	ASTM D92	232°C / 449°F
TBN	ASTM D2896	7.5 mg KOH/g

Gambar 2.1 spesifikasi pelumas MOTUL 5100 15W-50

2.6 Pengujian Sifat Mekanik Aluminium

Material hasil coran perlu dilakukan pengujian sifat mekanik guna mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan sifat mekaniknya. Pengujian yang akan dilaksanakan meliputi uji tarik, impak, kekerasan dan uji komposisi kimia.

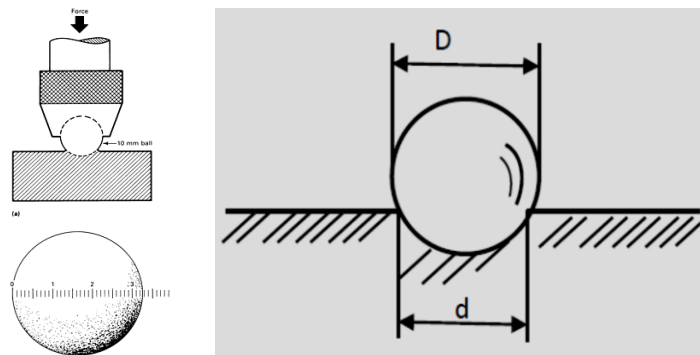
2.6.1 Pengujian Kekerasan (*Hardness*)

Pada pengujian ini umumnya meliputi penekanan sebuah indenter dengan geometri dan sifat mekanik yang telah diketahui ke material uji. Nilai kekerasan material diukur dengan salah satu dari berbagai skala secara langsung atau tidak langsung yang menunjukkan tekanan kontak yang terlibat dalam deformasi permukaan uji. Saat indenter ditekan ke material selama pengujian, kekerasan dilihat sebagai kelebihan dari logam sebagai penahanan beban (ASM 2000).

Metode pengujian kekerasan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Metode *Rockwell*
- b. Metode *Vickers*
- c. Metode *Brinell*

Pada pengujian kekerasan digunakan metode *Brinell*, dikarenakan



Gambar 2.2 Indentor Pengujian *Brinell* (ASM, 2000)

Pengujian ini biasanya dilakukan pada spesimen dengan beban penekanan antara 500 sampai 3000 *kgf* dengan waktu penekanan 10 sampai 30 detik. Nilai kekerasan *Brinell* (HB) dapat dihitung dengan rumus: (ASM, 2000)

$$BHN = \frac{\text{beban}}{\text{luas penekanan}} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2.1)$$

Dimana: BHN = *Brinell Hardness Number* (*kgf/mm²*)

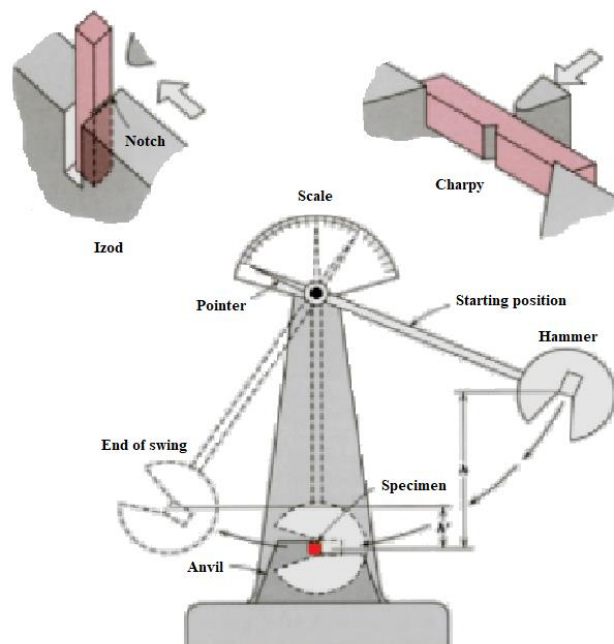
d = Diameter bekas penekanan (mm)

P = Beban (*kgf*)

D = Diameter bola indenter (mm)

2.6.2 Pengujian Impak

Pengujian impak umumnya diukur dari energi impak terserap yang diperlukan untuk menyebabkan patahan pada spesimen. Energi potensial dari kepala takikan (dari sebelum takikan hingga setelah patahan) diukur dengan dial kalibrasi yang mengukur energi yang terserap pada patahan spesimen. Parameter kuantitatif lainnya, seperti jenis patahan dan tingkat keuletan atau deformasi juga sering diukur. Uji impak juga diinstrumentasikan untuk mendapatkan data waktu selama patahan berlangsung. Dalam bentuk yang paling sederhana, instrumentasi pengujian impak melibatkan penempatan sebuah *strain gage* pada *tup*. (ASM, 2000)



Gambar 2.3 Ilustrasi pengujian *Impact* (Callister, 2001)

Berikut adalah rumus yang digunakan pada pengujian *Impact*:

$$E_I = P (D - D \cos \alpha) \quad (2.2)$$

Keterangan: E_I = Usaha yang dikerjakan ($kg.m$)

P = Beban palu (kg)

D = Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi (m)

α = Sudut angkat palu ($^{\circ}$)

$$E_2 = P(D - D \cos \theta) \quad (2.3)$$

Keterangan: E_2 = Sisa usaha setelah mematahkan benda uji ($kg.m$)
 P = Berat palu (kg)
 D = Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi (m)
 θ = Sudut ayun setelah palu mengenai spesimen ($^{\circ}$)

Usaha yang diharuskan guna mematahkan spesimen uji dapat diketahui melalui persamaan berikut:

$$E = E_1 - E_2 \quad (2.4)$$

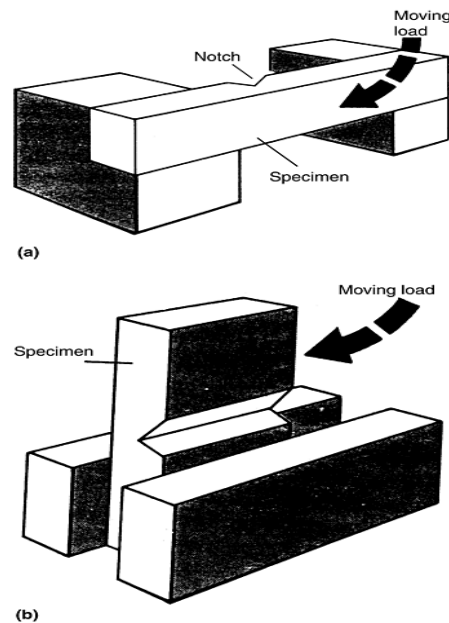
Keterangan: E = Usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji ($kg.m$)
 E_1 = Usaha yang dilakukan ($kg.m$)
 E_2 = Sisa usaha setelah pematahan benda uji ($kg.m$)

(HI) Harga impak suatu material yang diuji dengan metode *Charpy* diberikan oleh:

$$HI = \frac{E}{A} \quad (2.5)$$

Dimana: E = Energi yang diserap (J)

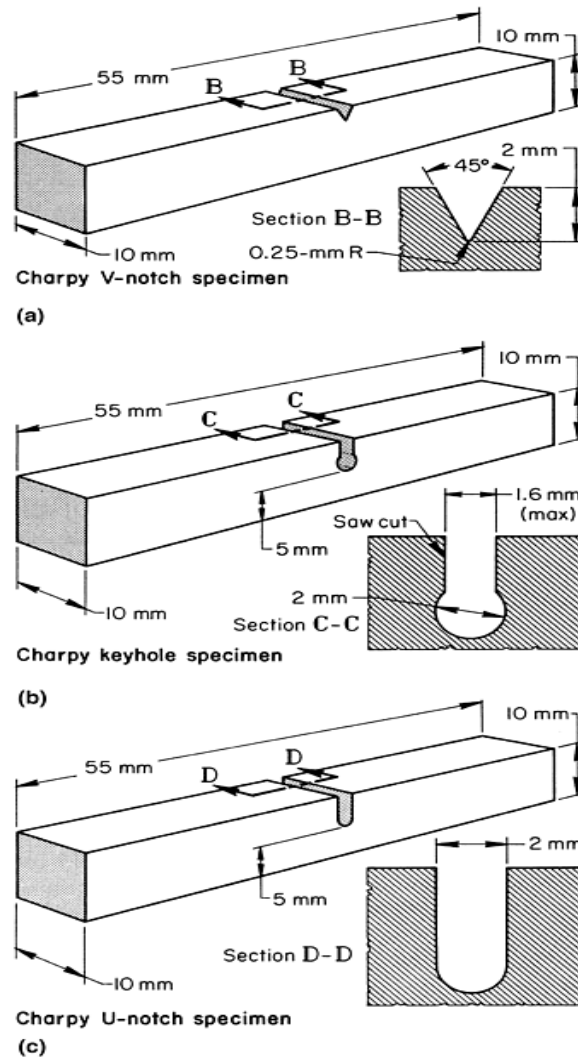
A = Luas penampang di bawah takikan (mm^2)



Gambar 2.4 Ilustrasi metode uji impak *charpy* (atas) dan *izod* (bawah)
 (ASM 2000)

Terdapat 3 (tiga) jenis takikan pada uji *Charpy* yaitu: (ASM 2000)

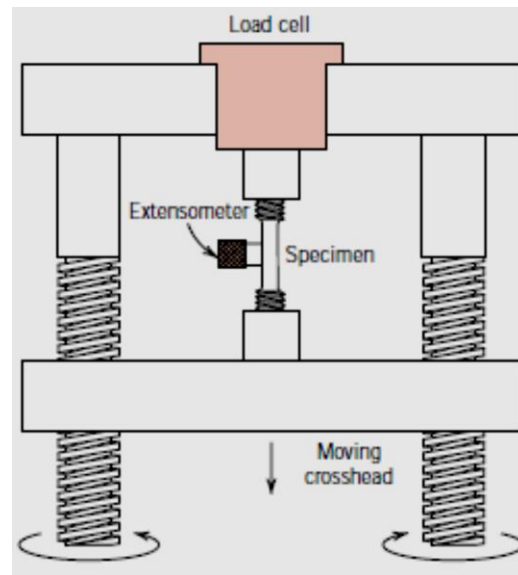
- Takikan V disebut *Charpy V*
- Takikan U disebut *Charpy U*
- Takikan *Keyhole*



Gambar 2.5 Takikan *Charpy* Jenis V, keyhole, dan U (ASM 2000)

2.6.3 Pengujian Tarik

Dalam pengujian tarik digunakan untuk menghitung kekuatan suatu logam dan paduannya. Sampel (benda kerja) ditarik secara konstan secara terus-menerus dalam jangka waktu tertentu hingga benda kerja putus/patah. Gaya yang bekerja pada sampel yang diuji akan langsung tercatat di kertas diagram pada mesin uji.



Gambar 2.6 Prinsip Pengujian Tarik (Callister 2001)

Informasi yang bisa dihasilkan dari pengujian tarik adalah: (ASM 2000)

a. Tegangan (σ)

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (2.6)$$

Dimana: P = Gaya tarik (kg)

A_0 = Luas penampang normal (mm^2)

b. Luas penampang normal (A_0)

$$A_0 = \pi \cdot r^2 \quad (2.7)$$

Dimana: r : Jari-jari spesimen (mm)

c. Regangan (e)

$$e = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_i - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (2.8)$$

Dimana: l_i = Panjang akhir (mm)

l_0 = Panjang awal (mm)

Δl = Panjang

Pada dua besaran tersebut diperoleh suatu besaran lain, disebut sifat elastisitas benda atau modulus. Modulus elastisitas adalah sifat mekanik material yang menunjuk seberapa besar material untuk kembali ke bentuk

semula setelah diberi tegangan tertentu. Modulus elastisitas dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (2.9)$$

Dimana : E = Modulus elastisitas

σ = Panjang akhir (mm)

e = Panjang awal (mm)

2.7 Kajian Pustaka

Berikut merupakan kajian pustaka untuk penelitian. Kajian pustaka ini diperoleh dari jurnal yang membahas tentang aluminium, aluminium *recycle*, peleburan aluminium.

Setelah dilakukan Analisa maka mendapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Menurut(Mulyadi & Halawa, 2015) pada jurnalnya yang berjudul:” Kerakterisasi sifat mekanis kaleng minuman (Larutanlasegar, Pocari Sweat, dan Coca cola)”. Hasil dari pengujian adalah secara umum nilai uji kekerasan dan uji tarik dari masing-masing variasi sampel kaleng minuman berbanding terbalik yaitu pada uji tarik semakin tinggi kandungan aluminium dalam sampel maka nilai kuat tariknya semakin rendah, dan untuk pengujian kekerasan semakin tinggi.

DAFTAR RUJUKAN

- ASM, 1991. *Heat Treating*. Volume 4 ed. United States: ASM Handbook.
- ASM, 2000. United States: ASM International.
- ASM, 2000. *Mechanical Testing and Evaluation*. 8 ed. s.l.:ASM Handbook.
- Basa, S. M. & Halawa, F., 2015. Karakterisasi sifat mekanis kaleng minuman. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, Volume IV, pp. 183-186.
- Callister, William D., 2001. *Fundamentals of Materials Science and Engineering*. 5 ed. United States: s.n.
- Callister, W. D., 2001. New York: John Wiley & Sons, Inc..
- Capral Ltd, 2014. *Capral/s Little Green Book. Volume 4*. Australia: Capral's Ltd.
- Ester Technology, n.d. Motul 5100 4T 15W-50 *High Performance Motorcycle Lubricant. 119 Bd Felix Faure - 93303 Aubervilliers Cedex - BP 94 93303*
- Ihsan, E. E. et al., 2017. Aluminium. *Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang*, pp. 1-3.
- Mulyadi, S. & Halawa, F., 2011. Karakterisasi sifat mekanis kaleng minuman (larutan lasegar, pocari sweat, dan coca cola. *Jurnal Ilmu Fisika (Jif)*, Volume Volume 3 No 2, pp. 68-74.
- Murtiyoso, M., Kiryanto & Jokosisworo, S., 2017. Analisa kekuatan tarik, kekuatan *impact*, komposisi dan cacat pengecoran paduan aluminium *flat bar* dan limbah *dryer* AC dengan menggunakan cetakan pasir dan cetakan hidrolis sebagai bahan komponen jendela kapal. *jurnal teknik perkapalan - Vol.05*, pp. 72-78.
- Rohman, H. F., D.H, G., Umardani, Y. & Hardjuno, A. T., 2014. Pengaruh proses heat treatment annealing terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan pada sambungan las thermite baja Np-42. *Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 3.*, pp. 195-203.
- Surdia, Tata; Saito, Shinroku, 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Totten, G. E. & Mackenzie, D. S., 2003. United States of America: Marcel Dekker, Inc..

