

# UJI SIFAT MEKANIK HASIL PELEBURAN ALUMINIUM KALENG MINUMAN BEKAS DENGAN BAHAN BAKAR MINYAK PELUMAS BEKAS DIBERI PERLAKUKAN PANAS DENGAN DAPUR LISTRIK DAN TUNGKU KRUSIBEL

Muhammad Nur Panghurian<sup>(1)</sup> dan Nukman<sup>(1\*)</sup>

<sup>(1)</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

<sup>(\*)</sup>E-mail Corresponding Author : nukman@unsri.ac.id

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan sifat mekanik hasil peleburan aluminium kaleng bekas berbahan bakar minyak pelumas bekas, baik tanpa mengalami perlakuan panas maupun dengan perlakuan panas *anealling*. Perlakuan panas *anealling* dilakukan menggunakan 2 metode yaitu *anealling* menggunakan dapur listrik dan *anealling* menggunakan lemari pemanas yang dipasang pada tungku krusibel dengan temperatur 343°C dan *holding time* selama 1 jam. Spesimen hasil peleburan dilakukan uji komposisi kimia yang bertujuan untuk mengetahui kandungan-kandungan yang terdapat di dalam spesimen tersebut. Pada pengujian kekerasan terjadi penurunan nilai BHN untuk spesimen yang diberi perlakuan panas *anealling* dapur listrik dan lemari pemanas masing-masing sebesar 21,2% dan 31,67%. Selain itu terjadi juga penurunan nilai tegangan untuk spesimen pengujian tarik terhadap nilai  $\sigma_u$  sebesar 23,9% dan 9,5% dan  $\sigma_f$  sebesar 16,34% dan 5,17% sedangkan pertambahan panjangnya naik menjadi 1,3% dan 1,467%. Spesimen yang diberi perlakuan panas *anealling* dapur listrik dan lemari pemanas mengalami peningkatan nilai impak sebesar 25,04% dan 30,1%. Perlakuan panas *anealling* yang dilakukan bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa yang terjadi akibat proses peleburan agar dapat mengubah sifat mekanik spesimen tersebut.

**Kata Kunci:** Kaleng minuman, Minyak pelumas bekas, Perlakuan panas, Uji komposisi kimia, Uji sifat mekanik

## 1 PENDAHULUAN

Biji aluminium atau bauksit ialah material yang merupakan bahan dasar pembuatan aluminium. Biji aluminium tersebut mengandung aluminium oksida atau alumina sehingga dapat diolah menjadi ingot aluminium di dalam dapur listrik sebelum menjadi aluminium. Surdia dan Saito [1] menyatakan bahwa Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya berada pada urutan kedua setelah besi dan baja.

Banyak sekali produk dari aluminium yang dapat dijumpai seperti kaleng minuman ringan, kaleng makanan dan alat masak, sehingga setiap orang akan dapat menjumpai dan berinteraksi dengan produk dari aluminium setiap harinya, terutama untuk ibu rumah tangga dan koki ataupun seseorang yang hobby memasak sehingga tidak diherankan lagi penggunaan aluminium telah mengglobal ke seluruh dunia.

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia dihadapkan akan kebutuhan segala hal yang harus dipenuhi untuk memenuhi kebutuhan mereka. Dalam pelaksanaannya, pemenuhan kebutuhan hidup itu telah meninggalkan sisa yang dapat disebut sebagai sampah dan limbah [2]. Penggunaan aluminium dalam bentuk kaleng sangat banyak dan dapat dijumpai dengan mudah setiap hari. Hal ini

berdampak terhadap lingkungan seperti semakin banyaknya sampah-sampah kaleng bekas. Sampah-sampah ini dapat menjadi sumber-sumber kotoran, bakteri, kuman sehingga dapat menimbulkan berbagai penyakit dan berbagai masalah lainnya. Untuk mengatasi hal tersebut maka, dibutuhkan suatu aktifitas atau kegiatan yang dapat mengurangi kuantitas dari sampah tersebut seperti *reduce, reuse dan recycle* (3R).

Selain kaleng bekas minuman terdapat juga sampah atau limbah lain yang jumlahnya sangat banyak yaitu minyak pelumas bekas. Tidak dapat dipungkiri setiap kendaraan yang digunakan oleh seluruh manusia menggunakan minyak pelumas sehingga kuantitas dari minyak pelumas bekas sangatlah banyak. Naima dan Liaqid [3] menyatakan bahwa minyak pelumas bekas adalah limbah yang sangat melimpah dan menjadi salah satu jenis polutan saat ini. Hal inilah yang menyebabkan perlu adanya kegiatan 3R untuk minyak pelumas bekas dan aluminium bekas.

Barang-barang yang terbuat dari aluminium pada kehidupan sehari-hari seperti kaleng-kaleng bekas dan minyak pelumas bekas ini bisa dimanfaatkan kembali dengan mendaur ulangnya, salah satu caranya yaitu dicor dan diberikan perlakuan panas lanjutan seperti perlakuan panas menggunakan bahan bakar minyak pelumas bekas. Setelah dicor

aluminium dari kaleng bekas ini diberikan perlakuan panas untuk memperbaiki sifat teknisnya.

Aluminium merupakan termasuk kedalam logam non ferro yaitu logam yang unsur penyusunnya tidak mengandung unsur besi. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya berada pada urutan kedua setelah besi dan baja. Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi yang merupakan logam 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 [1].

Aluminium bekas yang didaur ulang mengkonsumsi energi dalam produksi sebesar 5% sehingga dapat menghemat energy sebesar 95% dibandingkan dengan aluminium primer [4].

Seperti yang telah diketahui aluminium merupakan salah satu logam yang banyak terkandung di bumi. Pada zaman sekarang ini, aluminium berkembang luas dalam banyak aplikasi industri seperti industri otomotif, rumah tangga, maupun perangkat listrik dikarenakan beberapa sifat dari aluminium itu sendiri, diantaranya ringan, penghantar panas yang baik, tangguh terhadap temperatur yang rendah, penghantar panas yang baik, mudah didaur ulang, tidak beracun dan tahan terhadap korosi [5].

Aluminium dapat dibedakan menjadi 2 (dua) kelompok, yaitu aluminium murni dan aluminium paduan seperti berikut ini:

Aluminium murni memiliki sifat mekanik yang jelek. Oleh karena itu, aluminium murni perlu diperbaiki sifat-sifat mekaniknya, salah satu caranya yaitu menambahkan unsur-unsur lain seperti Tembaga (Cu), Silikon (Si), Mangan (Mn), Magnesium (Mg), Seng (Zn) dan Nikel (Ni). Oleh karena itu aluminium dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dan lainnya [1].

Paduan Aluminium dapat dikelompokkan kedalam 2 (dua) kelompok, yaitu: [6]

Berikut penjelasan dari 2 (dua) kelompok Aluminium:

a. Aluminium Paduan Tempa (*Wrought Aluminium Alloy*)

Pada umumnya, produk aluminium paduan tempa merupakan produk yang dapat digunakan oleh konsumen dengan proses solid state. Biasanya dibentuk melalui beberapa proses yaitu melalui proses tempa dengan cara *diroll* menjadi lembaran, *strip* atau pelat, ditarik menjadi kawat atau ditekan sebagai batangan dan lain-lain [7].

b. Aluminium Paduan Cor (*Cast Aluminium Alloy*)

Selain aluminium paduan tempa, aluminium juga banyak digunakan dalam jenis aluminium paduan cor. paduan cor cenderung memiliki unsur paduan yang lebih banyak dibanding aluminium paduan tempa. Karena sulit untuk menghapus sebagian elemen paduan dari aluminium cair menyebabkan aluminium paduan cor sulit untuk didaur ulang menjadi apa pun selain paduan cor [7].

Aluminium memiliki sifat kekuatan dan kekerasan yang rendah bila dibandingkan dengan baja. Hal inilah yang menyebabkan unsur pepadu pada aluminium memiliki peranan dan dampak yang sangat signifikan. Unsur pepadu ini sangat penting dilakukan untuk mendapatkan material yang diinginkan [1].

Aluminium yang biasa digunakan oleh masyarakat dalam kehidupan sehari-hari merupakan aluminium paduan yang memiliki berbagai unsur paduannya. Kandungan komposisi kimia pada paduan aluminium sangat penting, sehingga komposisi kimia aluminium paduan mempunyai penomoran atau pengkodean dan kandungan unsur-unsur lain yang ada di dalamnya.

Berikut adalah beberapa data unsur paduan aluminium termasuk aluminium seri 3004 yang digunakan dalam penelitian ini sebagai kaleng bekas yang dileburkan dan diperlakukan panas.

Perlakuan panas merupakan suatu aktivitas atau kegiatan yang dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik ataupun mengembalikan kekuatan mekanik suatu material dengan memanfaatkan temperatur. Berikut beberapa perlakuan panas yang sering dilakukan pada aluminium: [8]

1. *Homogenization*
2. *Annealing*
3. *Solution heat treatment*
4. *Quenching*
5. *Natural aging*
6. *Precipitation hardening*

*Annealing* bertujuan menghilangkan tegangan sisa yang disebabkan oleh perlakuan pengerasan atau akibat proses pengecoran. *Annealing* dilakukan di atas temperatur rekristalisasi. Untuk aluminium paduan cor umumnya *dianil* pada temperatur 343°C dengan *holding time* selama 1 jam kemudian didinginkan secara lambat. Pada aluminium paduan cor, *Annealing* tidak begitu signifikan mengubah sifat mekaniknya. Namun, sedikit dapat menurunkan kekuatan tarik dan meningkatkan pertambahan panjang [8].

Pengujian tarik digunakan untuk menghitung kekuatan suatu logam dan paduannya. Dalam pengujian ini, spesimen (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 [9].

Konsep tegangan dan regangan, apabila beban statik diberikan pada material, maka material akan berubah bentuk (berdeformasi). Tegangan adalah intensitas beban yang didistribusikan di dalam material, yang menghambat perubahan bentuk [10].

Tujuan utama pengujian dampak ialah untuk mengukur kegetasan bahan atau juga keliatan bahan tersebut. Pengujian dampak dilakukan dengan cara memberi beban kejutan pada material tersebut.

Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan metode *brinell*. Pengujian ini biasanya dilakukan pada spesimen dengan beban penekanan antara 500 sampai 3000 kgf dengan waktu penekanan 10 sampai 30 detik [11].

## 2 METODOLOGI

Adapun metodologi penelitian ini dimulai dari pengecoran kaleng minuman dan dibuat spesimen, kemudian setelah pembuatan spesimen barulah dilakukan perlakuan panas *anealing* di dalam dapur listrik dan lemari pemanas. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian tarik, dampak dan kekerasan, serta komposisi kimia.

Dalam penelitian ini, spesimen diberikan perlakuan panas guna untuk mengubah sifat mekanik material hasil peleburan aluminium kaleng bekas tersebut. Metode perlakuan panas yang digunakan adalah *Anealing*. Kemudian dilakukan pengujian komposisi dan sifat mekanik terhadap spesimen yang tidak diberi perlakuan panas dan diberi perlakuan panas lanjutan. Dilanjutkan dengan menganalisa hasil dari pengujian-pengujian agar didapatkan nilai perbandingan komposisi dan sifat mekanik dari hasil penelitian.

### Peralatan dan Bahan Penelitian

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

#### Peralatan

1. Lemari Pemanas  
Yaitu tempat untuk memanaskan aluminium menggunakan bahan bakar minyak pelumas bekas
2. *Blower*  
Ini digunakan untuk menghembuskan udara ke dapur pembakaran.
3. Dapur Listrik  
Digunakan untuk memanaskan logam dengan menggunakan energi listrik sebagai bahan bakar.
4. *Thermo gun*  
Digunakan untuk mengukur suhu selama proses penelitian.
5. *Atomizer/burner*  
Digunakan untuk membuat minyak pelumas bekas menjadi partikel.

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengecoran ini yaitu:

1. Aluminium kaleng Bekas  
Digunakan sebagai bahan baku yang akan dicor ulang secara tidak langsung.
2. Minyak pelumas bekas digunakan sebagai bahan bakar.

### Prosedur Penelitian

1. Persiapan Peralatan  
Berikut ini peralatan yang digunakan dalam penelitian ini:
  - a. Lemari pemanas  
Di sisi-sisi kowi akan dipasang lemari pemanas yang terbuat dari 2(dua) buah drum yang dipotong dan dilas agar dapat tersambung. Lemari pemanas ini dipasang agar dapat menahan panas yang keluar agar dapat dimanfaatkan panasnya untuk melakukan perlakuan panas *anealing*.
  - b. Dapur Listrik  
Dapur listrik yang digunakan adalah dapur listrik lab material teknik Universitas Sriwijaya. Dapur diatur sesuai dengan temperatur dan waktu yang ditentukan.
  - c. *Blower*  
Blower yang digunakan yaitu blower 2,5 inchi.
  - d. *Thermo gun*  
*Thermo gun* yang digunakan yaitu *Thermo Gun* yang dapat mengukur suhu -50 °C sampai 1400 °C
  - e. *Burner*  
*Burner* yang digunakan yaitu *burner* yang dibuat sesuai dengan kebutuhan.
2. Proses Perlakuan Panas  
Pada penelitian ini proses perlakuan panas *annealing* dilakukan dengan menggunakan 2(dua) macam alat pemanas yaitu dapur listrik dan lemari pemanas dari tungku pembakaran. Pada proses ini spesimen dipanaskan di dalam lemari pemanas dan di dalam dapur listrik mencapai temperatur 350°C (diatas temperatur kaleng bekas 3004) dan ditahan selama 1 jam. Kemudian didinginkan dengan cara didiamkan di dalam tungku ataupun dapur listrik. Dalam proses ini bahan bakar yang digunakan adalah minyak pelumas bekas. Pada proses perlakuan panas menggunakan tungku krusibel dilakukan dengan cara mengatur bahan bakar dan oksigen yang disuplai ke dalam *burner* selama proses perlakuan panas. Kemudian temperatur diukur menggunakan *thermo gun* agar temperatur yang diinginkan tercapai.
3. Pengujian Komposisi Kimia  
Hasil peleburan aluminium kaleng bekas yang tidak diberi perlakuan panas dan diberi perlakuan panas ini diuji komposisi kimianya di

PT. Pusri Palembang. Uji komposisi kimia ini berguna untuk menentukan persentase kandungan unsur yang ada di dalam material tersebut sehingga dapat dilakukan perbandingan hasil dari proses-proses yang diberikan pada aluminium kaleng bekas.

4. Pembentukan Spesimen  
Material hasil akan dipotong dan dibentuk berdasarkan standar bentuk dimensi spesimen uji tarik, impak dan kekerasan.
  - a. Standar Spesimen Pengujian Tarik  
Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin *Hydraulic Universal Material Tester*.
  - b. Standar Spesimen Pengujian Impak  
Pengujian impak dilakukan dengan menggunakan mesin *Charpy Impact Testing Machine*. Spesimen hasil pengecoran baik yang telah diberikan perlakuan panas atau tanpa perlakuan panas mengacu pada standar uji JIS Z 2202.
  - c. Pengujian Kekerasan  
Spesimen hasil cor dilakukan pengujian kekerasan dengan metode *Brinell*. Spesimen hasil pengecoran baik yang telah diberikan perlakuan panas atau tanpa perlakuan panas mengacu pada standar uji JIS Z 2202.
5. Pengujian Sifat Mekanik  
Spesimen akan diuji sifat mekaniknya, pengujian yang dilakukan meliputi pengujian tarik, *impak* dan kekerasan. Pengujian ini semuanya dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data yang didapat dari pengujian komposisi kimia di PT. PUSRI PALEMBANG dan pengujian sifat mekanik di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya di kumpulkan kemudian dilakukan pengolahan data.

#### Pengujian Komposisi Kimia

Seperti yang telah diketahui aluminium kaleng bekas termasuk dalam aluminium paduan seri 3004 yang merupakan aluminium paduan Mangan (Al-Mn). Setelah dilakukan pengecoran dilakukan pengujian komposisi kimia yang bertujuan untuk mengetahui persentase komposisi kimia yang terkandung dalam hasil coran aluminium tersebut. Hasil pengujian komposisi kimia terhadap spesimen dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 1.** Hasil pemeriksaan komposisi kimia

No.	Parameter Uji	Satuan	Hasil Pengujian
1.	Aluminium (Al)	%	97,78
2.	Mangan (Mn)	%	0,74
3.	Besi (Fe)	%	1,26
4.	Cuprum (Cu)	%	0,158
5.	Zink (Zn)	%	0,05
6.	Timbal (Pb)	%	0,01

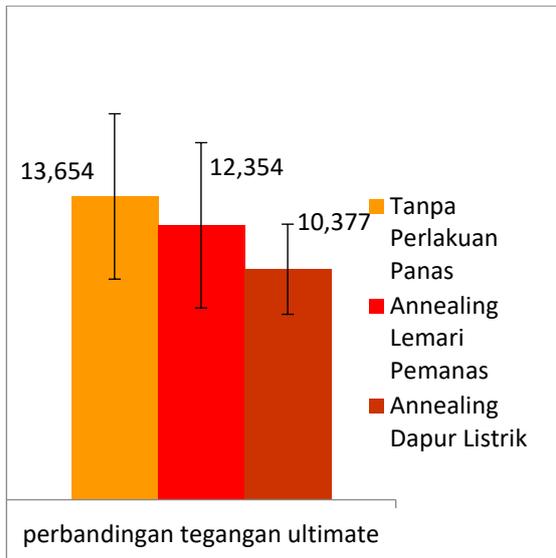
Berdasarkan hasil dari pengujian komposisi kimia yang dilakukan dapat dilihat terjadi perubahan terhadap komposisi kimia terhadap spesimen.

Dari hasil pengujian komposisi kimia, dapat terlihat terjadinya perubahan komposisi kimia pada spesimen. Berdasarkan komposisi kimia aluminium kaleng bekas (seri 3004) terjadi kenaikan unsur Fe (besi) secara drastis. Dalam bukunya [12] menyatakan bahwa unsur Fe merupakan salah satu unsur pengotor aluminium skrap. Berdasarkan hal tersebut penambahan unsur Fe ini disebabkan oleh adanya unsur Fe sebagai pengotor dari aluminium kaleng bekas. Tingginya unsur Fe melemahkan sifat mampu bentuk dan ketahanan fatigue dari aluminium tersebut [12]. Selain unsur Fe terdapat juga unsur Mn (Mangan) dikarenakan pada dasarnya Aluminium seri 3004 merupakan paduan Al-Mn walaupun persentasinya menurun. Unsur Mangan pada aluminium dapat berpengaruh baik kepada ketahanan terhadap korosi [1].

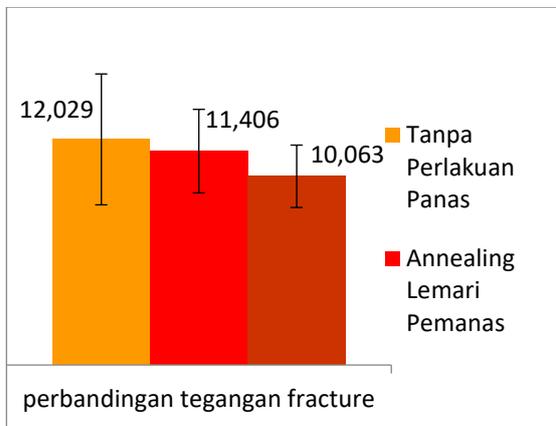
#### Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan masing-masing terhadap 18 spesimen yang terdiri atas 6 (enam) spesimen tanpa perlakuan panas, 6 (enam) spesimen yang diberi perlakuan panas *annealing* menggunakan dapur listrik dan 6 (enam) spesimen yang diberi perlakuan panas *annealing* menggunakan lemari pemanas. Spesimen pengujian tarik mengacu pada standar JIS Z 2201.

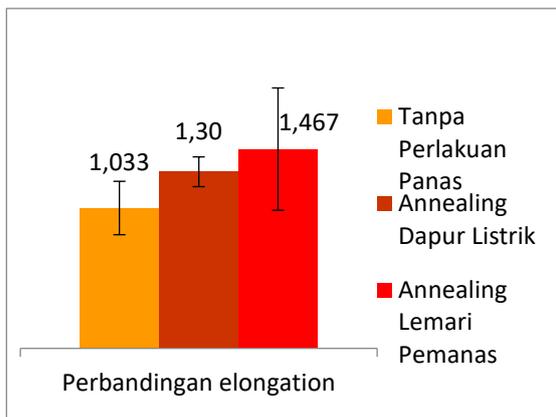
Berdasarkan data-data hasil pengujian tarik didapatkan data-data yang telah diolah (terlampir) sehingga dapat dibuat grafik-grafik perbandingan nilai tegangan ultimate ( $\sigma_u$ ), tegangan tarik ( $\sigma_f$ ), dan pertambahan panjang ( $e$ ) sebagai berikut :



Gambar 1 Grafik tegangan ultimate ( $\sigma_u$ )



Gambar 2 Grafik tegangan *fracture* ( $\sigma_f$ )



Gambar 3 Grafik pertambahan panjang (e)

Dari pengolahan data hasil pengujian tarik yang dilakukan terhadap aluminium yang tidak diperlakukan panas terlihat bahwa nilai  $\sigma_u$  adalah 13,654 kgf/mm<sup>2</sup>, nilai  $\sigma_f$  adalah 12,029 kgf/mm<sup>2</sup>. Namun setelah diperlakukan panas *annealing* nilai dari  $\sigma_u$  menurun masing-masing 10,377 kgf/mm<sup>2</sup>, dan 12,354. Penurunan nilai juga terjadi pada  $\sigma_f$  menjadi 10,063 kgf/mm<sup>2</sup> dan 11,406 kgf/mm<sup>2</sup>. Pada

pengujian tarik tidak hanya ada penurunan nilai tegangan akan tetapi terdapat juga pertambahan nilai *elongasi*(e). nilai e pada spesimen yang tanpa perlakuan panas berkisar 1,033% dan naik menjadi 1,3% dan 1,4667%.

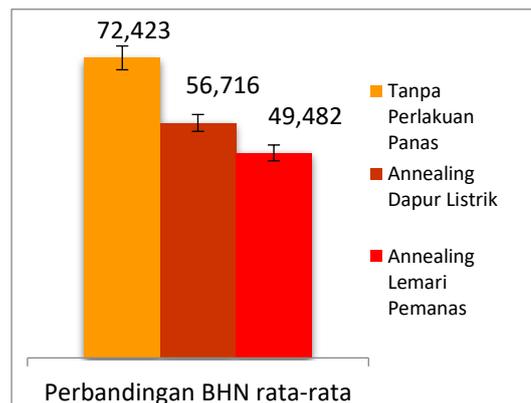
Menurut [12] dalam bukunya menyebutkan bahwa proses *annealing* dapat menurunkan kekuatan tarik dan sedikit meningkatkan pertambahan panjang material.

### Hasil Pengujian Kekerasan

Spesimen hasil pengecoran yang diberi perlakuan panas *annealing* dan tanpa perlakuan panas akan dilakukan pengujian kekerasan, pengujian dilakukan sebanyak 3 (tiga) titik setiap potongan spesimen, sehingga terdapat 18 titik pengujian terhadap 6 potongan spesimen. Setelah didapat nilai kekerasannya lalu hasilnya akan diolah dianalisa data. Metode yang digunakan pada pengujian ini adalah metode *brinell* yaitu dengan menggunakan indenter bola baja dengan diameter 5 mm dan beban sebesar 500 kgf .

Dari hasil pengolahan data kekerasan bahwa nilai rata-rata BHN aluminium tanpa perlakuan panas adalah 72,423, namun setelah diperlakukan panas *annealing* didapur listrik dan lemari pemanas kekerasan rata-rata pun menurun menjadi 56,716 dan 49,482. Dengan kata lain persentase BHN masing-masing turun sebesar 21,68% dan 31,67% setelah di *annealing*. Penurunan nilai kekerasan ini bermanfaat untuk mengurangi sifat getas dari spesimen. Berdasarkan [13] bahwa kegetasan material dapat dikurangi dengan melakukan *anealling*.

Berdasarkan data-data nilai kekerasan diatas, didapatkan grafik-grafik perbandingan nilai BHN dibawah ini:



Gambar 4 Grafik nilai BHN

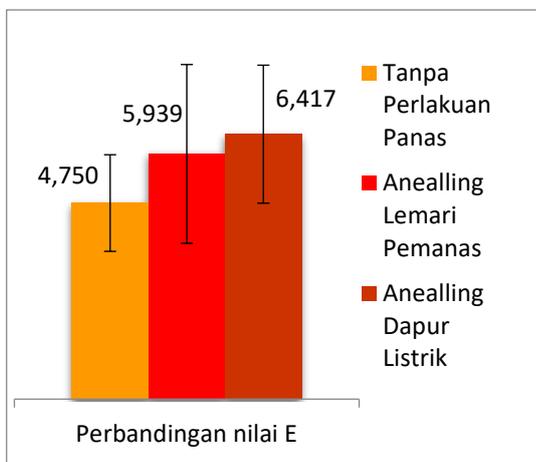
### Hasil Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan dengan metode *charpy*. Pengujian ini menggunakan 18 spesimen yang terdiri atas 6 (enam) spesimen tanpa perlakuan panas, 6 (enam) spesimen yang diberi perlakuan panas *annealing* menggunakan dapur listrik dan 6 (enam) spesimen yang diberi perlakuan panas *annealing*

menggunakan lemari pemanas. Spesimen pengujian tarik mengacu pada standar JIS Z 2202.

Sementara itu dari hasil pengolahan data pengujian *impak* terhadap aluminium tanpa perlakuan panas nilai usaha untuk mematahkan spesimen (E) *impak* rata-rata sebesar 4,750 Joule, namun setelah dilakukan perlakuan panas *annealing* menggunakan dapur listrik dan lemari pemanas nilai rata-rata naik menjadi 6,417 dan 5,939 Joule. Dengan kata lain persentase nilai usaha untuk mematahkan spesimen (E) naik sebesar 35,1% dan 25,04% setelah di *annealing*. Hal ini menandakan bahwa terjadi peningkatan penyerapan energi *impak*, yang berarti terjadi peningkatan kemampuan bahan untuk menahan beban tiba-tiba dan terjadi keuletan setelah dilakukan *annealing*. Ini sesuai dengan [13] bahwa *annealing* dapat mengembalikan keuletan material.

Berdasarkan data-data diatas didapatkan grafik dibawah ini:



**Gambar 5** Grafik nilai usaha untuk mematahkan specimen (E) pengujian *impak*

#### 4 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pengujian, spesimen coran aluminium kaleng minuman bekas yang diperlakukan panas *annealing* menggunakan dapur listrik dan lemari pemanas serta tidak diperlakukan panas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian komposisi kimia yang dilakukan, maka dapat dilihat bahwa aluminium hasil cor ulang tersebut mengalami perubahan komposisi kimia.
2. Dari hasil pengolahan data kekerasan, terjadi penurunan nilai BHN yang berarti kekerasan spesimen turun setelah di *anealling*.
3. Setelah dilakukan pengujian *impak*, nilai *impak* mengalami kenaikan setelah di *anealling*.
4. Hasil dari pengujian tarik yang dilakukan menunjukkan terjadinya penurunan nilai tegangan

dan bertambahnya nilai *elongation* setelah dilakukan *anealling*.

5. Temperatur dan *holding time* dalam pengerjaan perlakuan panas sangat menentukan hasil (sifat mekanik) dari material tersebut, karena jika temperatur dan *holding time* kurang dari standar yang telah ditentukan maka tujuan dari memberikan perlakuan panas tidak dapat tercapai.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Surdia and S. Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1999.
- [2] Nukman, A. Mataram, and I. Yani, "Peleburan Skrap Aluminium pada Tungku Krusibel berbahan Bakar Batubara Hasil Proses Aglomerasi Air-Minyak Sawit," *MECHANICAL*, 2015.
- [3] K. Naima and A. Liazid, "Waste oils as alternative fuel for diesel engine: A review," *J. Pet. Technol. Altern. Fuels*, 2013.
- [4] T. E. M. D. S. George, *Handbook of Aluminum Volume 1 Physical Metallurgy and Processes*. 1969.
- [5] World Bank, *The Little Green Data Book*. 2015.
- [6] R. B. C. Cayless, "Alloy and Temper Designation Systems for Aluminum and Aluminum Alloys," *ASM Handbook, Vol. 2 Prop. Sel. Nonferrous Alloy. Spec. Mater.*, 1990.
- [7] M. E. Schlesinger, "Aluminum Recycling," Taylor & Francis Group, LLC, 2007.
- [8] E. L. Tobolski, "Macroindentation Hardness Testing in ASM Handbook," vol. Volume 8, no. In ASM Handbook Volume 8, pp. 446–459, 2000.
- [9] W. F. Smith, *Foundations of Materials Science and Engineering (Third)*, Third. New York: Mc Graw Hill, 2004.
- [10] B. T. Sofyan, *Pengantar Material Teknik*. Jakarta: Salemba Teknik, 2011.
- [11] E. L. Tobolski, "Macroindentation Hardness Testing in ASM Handbook," In ASM Han., ASM Internationa, 2000, pp. 446–459.
- [12] G. E. Totten and D. S. Mackenzie, "Handbook of Aluminum Volume 2 Alloy Production and Materials Manufacturing," vol. Volume 2, 2003.
- [13] RAD-CON, "WHAT IS BELL ANNEALING ?," *Clevel. Ohio*, 2005.