

Pengaruh Jenis Forming Terhadap Struktur Kristal dan Struktur Mikro pada Baja Karbon Rendah Tipe MR

Bramasta Aji Santoso, FX. Suryadi, Budiarto

Teknik Mesin Universitas Kristen Jakarta, Indonesia

Jl. Mayjen Sutoyo No.2 Jakarta 13630

e-mail : bramastaaaji5@gmail.com

Received 09 Oktober 2023 | Revised 12 November 2023 | Accepted 12 Desember 2023

ABSTRAK

Penelitian ini menjelaskan tentang pengaruh dari jenis forming material baja karbon rendah tipe MR terhadap kekerasan, kekuatan tarik, dan struktur kristal dari material tersebut, karena material tersebut umum digunakan sebagai bagian dari pembuatan kaleng untuk kemasan makanan ataupun minuman yang dalam pembuatannya memerlukan proses forming bending. Perlakuan forming kepada material mempengaruhi nilai kekerasan, kekuatan tarik, dan struktur kristal material. Material uji dibedakan menjadi 3 menurut proses forming, dari material awal tanpa proses forming, material dengan proses forming flanging, material dengan proses forming flanging dan beading. Material sampel diambil sebelum dan sesudah proses forming. Hasil sampel lalu dilakukan pengujian, yaitu pengujian kekerasan dengan hardness tester (brinell) dengan hasil rata - rata 111,66 HB, pengujian kekuatan tarik dengan alat yang sama dengan hardness tester lalu dikonversi nilainya dengan hasil rata - rata 376,66 N/mm² dan struktur kristal dengan menggunakan X-Ray Diffraction test dengan hasil rata - rata yang tidak jauh beda disetiap sudutnya dengan nilai struktur kristal 4,33 angstrom, rho sampel 0,73 garis/mm² dan regangannya 0,136. Dari hasil penelitian menunjukkan kondisi material setelah di forming mengalami perubahan pada kekerasan, kekuatan tarik dan struktur kristalnya.

Kata kunci: forming, bending, hardness, kekuatan tarik, X-Ray Diffraction.

ABSTRACT

This study makes sense of the impact of the kind of forming low carbon steel material sort MR on the hardness, rigidity, and gem construction of the material, on the grounds that the material is generally utilized as a component of making jars for food or drink bundling which in its production requires a shaping twisting cycle. The shaping treatment of the material influences the hardness, rigidity, and gem construction of the material. Test materials are partitioned into 3 as indicated by the shaping system, from the underlying material without the forming system, the material with the shaping flanging process, the material with the shaping flanging and beading processes. Test materials are taken when the framing system. The example results were then tried, to be specific hardness testing with a hardness analyzer (brinell) with a typical consequence of 111.66 HB, rigidity testing with a similar device as the hardness analyzer and afterward changed over the worth with a typical aftereffect of 376.66 N/mm² and precious stone construction utilizing X-Beam Diffraction test with normal outcomes that are not very different at each point with a gem structure worth of 4.33 angstrom, The example Rho was 0.73 lines/mm² and the stretch was 0.136. The outcomes showed that the state of the material in the wake of forming experienced changes in hardness, elasticity and precious stone construction.

Key words: forming, bending, hardness, tensile strength, X-Ray Diffraction

1. Pendahuluan

Para ahli telah banyak menciptakan berbagai peralatan untuk mendukung proses produksi di dalam industri. Setiap peralatan memiliki karakteristik dan fungsi tertentu untuk mendapatkan produk dengan bentuk, dimensi dan kualitas sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Proses pembentukan logam (*metal forming*) adalah salah satu metoda untuk mengubah bentuk logam dengan memberikan gaya luar sehingga terjadi deformasi plastis dan mendapatkan bentuk sesuai dengan yang diinginkan. *Metal forming* juga bisa bertujuan untuk mengubah sifat material logam sesuai spesifikasi yang diinginkan. Proses pembentukan logam dapat diterapkan untuk berbagai jenis logam selama logam tersebut memiliki keuletan yang cukup sehingga logam tidak pecah ketika dibentuk. Proses *forming* ini banyak digunakan untuk beberapa keperluan dalam perindustrian [1], [2].

Proses pembentukan logam (*metal forming*) pada perindustrian telah mengalami perkembangan yang sangat pesat, khususnya pada proses bending [3]. Proses bending merupakan proses pembentukan logam yang umumnya menggunakan material berupa lembaran pelat atau batang, baik dari bahan logam ferro maupun logam non-ferro. Dalam proses bending, material dibentuk dengan cara ditebuk, dimana akan terjadi pemuluran atau peregangan pada sumbu bidang netral sepanjang daerah bending dan menghasilkan garis bending yang lurus [4].

Dalam industri makanan, beberapa macam proses bending digunakan untuk membentuk kaleng wadah kemasan makanan. Wadah (kemasan) kaleng untuk makanan biasa digunakan dalam produk yang menjalani sterilisasi termal proses. Kelebihan kemasan kaleng adalah pengemasan, sterilisasi, pengiriman dan angkutan yang mudah [5]. Adapun proses bending yang digunakan dalam pembuatan kaleng kemasan tersebut adalah proses *flanging* dan *beading*. Proses *flanging* sendiri adalah proses pembentukan bibir pada kaleng berfungsi agar mempermudah proses perakitan terhadap tutup kaleng. Sedangkan untuk proses *beading* adalah proses pembuatan alur pada kaleng untuk mendapat kekokohan pada kaleng tersebut [6].

Material yang banyak digunakan untuk pembuatan wadah kemasankaleng adalah plat baja karbon rendah tipe MR yang dilapisi timah yang sering disebut *tinplate*. *Tinplate* memiliki kilau logam yang sangat indah serta sifat yang sangat baik dalam hal ketahanan korosi, kemampuan solder, dan kemampuan las. Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon $\leq 0,30\%$. Material jenis ini umumnya disuplai sebagai produk lembaran atau strip, dalam kondisi cold-rolled atau kondisi anil [7].

Selain dipengaruhi oleh susunan kimia paduan, kualitas mekanik material juga dipengaruhi struktur mikro paduan. Meskipun memiliki susunan kimia yang sama, struktur mikro paduan dapat berubah dan mengakibatkan perubahan karakteristik mekanik material. Struktur mikro material tergantung kepada bagaimana proses pengerjaan dilakukan, terutama bagaimana material tersebut diperlakukan pada saat proses pengerjaan berlangsung [8].

Ukuran dan bentuk struktur kristal akan sangat berpengaruh terhadap karakteristik sifat suatu bahan, misalnya sifat kekerasan. Semakin kecil ukuran kristal suatu material maka nilai kekerasan dan kuat tariknya akan meningkat. Selain ukuran kristal, *microstrain* dan kerapatan dislokasi juga mempengaruhi ketahanan suatu material. Dengan ukuran kristal yang semakin besar, maka dislokasi akan semakin mudah terjadi. Hal ini akan menyebabkan nilai kekerasan material menurun dan *microstrain* akan menjadi lebih besar.

Proses *flanging* dan *beading* akan memberikan dampak terhadap bentuk dan ukuran struktur kristal yang berbeda, tingkat porositas yang berbeda, serta kekuatan tarik yang berbeda juga. Terkait dengan hal tersebut, penelitian ini ditujukan untuk mengetahui perubahan karakteristik material setelah melalui proses forming, yaitu *flanging dan beading* dalam proses pembuatan kaleng kemasan, dari sisi struktur kristal, porositas, dan kekuatan Tarik.

2. METODOLOGI

2.1 Material

Material yang digunakan untuk penelitian adalah material Baja Karbon Rendah Tipe MR atau ASTM A623 yang merupakan material yang umum digunakan untuk pembuatan kemasankaleng. komposisi kimia dari material tersebut dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 : Kandungan Material Baja Karbon Rendah Tipe MR.

| Element | Cast composition, max. % | | |
|------------------------|--------------------------|--------|---------|
| | Type D | Type L | Type MR |
| Carbon | 0.12 | 0.13 | 0.13 |
| Manganese | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| Phosphorus | 0.020 | 0.015 | 0.020 |
| Sulphur | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Silicon ^{A,B} | 0.020 | 0.020 | 0.020 |
| Copper | 0.20 | 0.06 | 0.20 |
| Nickel | 0.15 | 0.04 | 0.15 |
| Chromium | 0.10 | 0.06 | 0.10 |
| Molybdenum | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Aluminium ^C | 0.20 | 0.10 | 0.20 |
| Other elements, each | 0.02 | 0.02 | 0.02 |

2.2 Metode

Material Baja Karbon Rendah Tipe MR yang sudah di *forming* dengan 3 jenis proses *forming*, dipotong untuk mendapatkan sampel untuk setiap jenis proses *forming*. Bagian yang diambil untuk dijadikan spesimen adalah pada bagian tengah. Pengujian yang diterapkan pada specimen terdiri dari macam 3 pengujian, yaitu uji kekerasan material, uji tarik material, uji *X-RD* (*X-Ray Diffraction*).

2.3 Spesimen Uji

Material untuk spesimen uji yaitu plat Baja Karbon Rendah Tipe MR dengan tebal 0.15 mm. Setiap specimen diberi indentitas seperti yang terlihat pada tabel 2

Tabel 2 : Identitas Spesimen Uji Material.

| No | Penamaan Spesimen | Material | Jenis Spesimen |
|----|-------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1 | Spesimen - A | Baja Karbon Rendah Tipe MR | Polos |
| 2 | Spesimen - B | Baja Karbon Rendah Tipe MR | Forming Flanging |
| 3 | Spesimen - C | Baja Karbon Rendah Tipe MR | Forming Flanging dan Beading |

2.4 Pembuatan Spesimen

Pembuatan specimen diawali dengan pemotongan material dengan mesin sliter dengan ukuran 170 mm x 230 mm. Setelah itu, material diroll dan dilas di mesin soudronic dengan ukuran Ø 73 mm x 85 mm. Tahap selanjutnya adalah proses *forming flanging* dan *beading*. Untuk masing-masing proses, yaitu proses *forming*, proses *flanging* dan proses *beading* dibuat 3 spesimen. Kemudian pemotongan spesimen dilakukan dengan alat potong gunting dengan ukuran 15 mm x 82 mm. Setelah itu, hasil dari pemotongan material akan dilakukan pengujian. Specimen untuk masing-masing proses pembentukan terlihat pada gambar 1.

2.5 Pengujian Spesimen

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pegujian kekerasan, uji tarik dan *X-Ray Diffraction*. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan *hardness tester*. Pengujian dilakukan dengan alat yang sama dengan *hardness tester* tetapi dikonversi dari hasil uji kekerasan *brinell*. Pengujian struktur kristal dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Diffraction*. Dari pengujian kekerasan didapatkan nilai kekerasan, dari pengujian tarik didapatkan nilai kekuatan tarik, dan dari uji struktur kristal didapatkan ukuran kristal, density dislokasi, regangan mikro, dan *yield strength*.



Gambar 1 : Hasil NFB, Hasil Pemotongan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

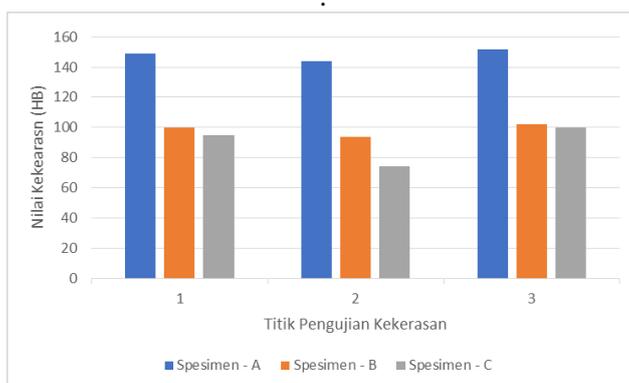
Berdasarkan data dari hasil pengujian akan diketahui nilainya dan akan diketahui juga apa pengaruh dari arah pengerolan terhadap kualitas material.

3.1 Pengujian Kekerasan Material

Pengujian kekerasan telah dilakukan kepada 3 spesimen yang dipotong dengan arah yang berbeda dari material yang sama. Nilai kekerasan dari masing-masing spesimen terlihat pada tabel 3. Dan berdasarkan tabel 3 dibuat grafik distribusi kekerasan untuk masing-masing spesimen sebagaimana yang terlihat pada gambar 2.

Tabel 3 : Nilai Hasil Uji Kekerasan.

| Spesimen Uji | Titik Pengujian (HB) | | | Rata-Rata / Spesimen (HB) |
|--------------|----------------------|---------|---------|---------------------------|
| | Titik 1 | Titik 2 | Titik 3 | |
| Spesimen - A | 149 | 144 | 152 | 148.33 |
| Spesimen - B | 100 | 94 | 102 | 98.66 |
| Spesimen - C | 95 | 74 | 100 | 89.66 |



Gambar 2 : Grafik Nilai Kekerasan

Pengujian kekerasan dengan menggunakan *hardness tester* pada kondisi sebelum dirol dan sesudah dirol menghasilkan penurunan nilai. Masing-masing spesimen mendapatkan penurunan nilai yang berbeda, dan spesimen A (dipotong searah) memiliki hasil yang paling baik karena nilainya paling tinggi.

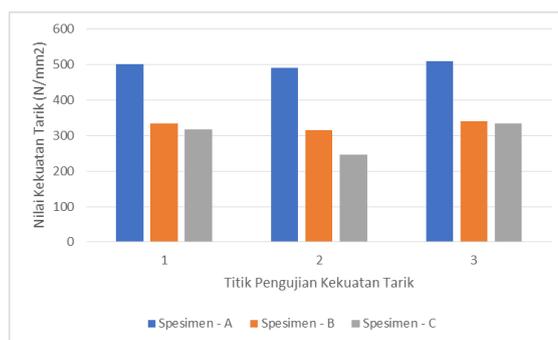
Perubahan nilai ini disebabkan karena setelah forming, material mengalami perubahan struktur mikro yang mengakibatkan perubahan karakteristik bahan dan juga penurunan nilai kekerasan. Proses forming juga berpengaruh pada besar kecilnya perubahan. Karena proses forming material menyebabkan deformasi pada material yang menyebabkan perbedaan nilai pada kekerasan material.

3.2 Pengujian Kekuatan Tarik Material

Pengujian kekuatan tarik telah dilakukan kepada 3 spesimen yang dipotong dengan arah yang berbeda dari material yang sama. Nilai kekuatan tarik yang didapat dari pengujian terlihat pada tabel 4. Dan berdasarkan tabel 4 dibuat grafik distribusi kekuatan tarik untuk masing-masing spesimen sebagaimana yang terlihat pada gambar 3.

Tabel 4 : Nilai Hasil Uji Kekuatan Tarik.

| Spesimen Uji | Titik Pengujian Kekuatan Tarik (N/mm ²) | | | Rata-Rata / Spesimen (N/mm ²) |
|--------------|---|---------|---------|---|
| | Titik 1 | Titik 2 | Titik 3 | |
| Spesimen - A | 501 | 492 | 510 | 501 |
| Spesimen - B | 335 | 315 | 341 | 330 |
| Spesimen - C | 317 | 247 | 335 | 299 |



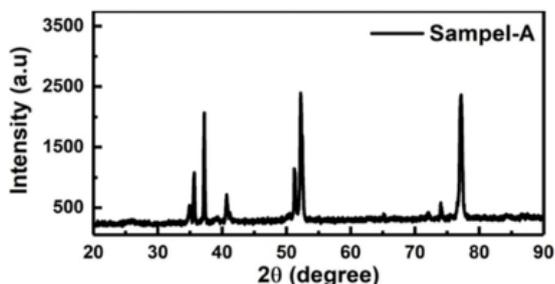
Gambar 3 : Grafik Nilai Kekuatan Tarik.

Pengujian kekuatan dengan menggunakan *hardness tester* yang nilainya dikonversi dari skala *brinell* ke kuat tarik pada 3 spesimen uji juga menghasilkan penurunan nilai. Masing-masing spesimen mendapatkan penurunan nilai yang berbeda, dan spesimen A mendapatkan hasil dengan penurunan yang paling rendah dibandingkan dengan spesimen B dan C.

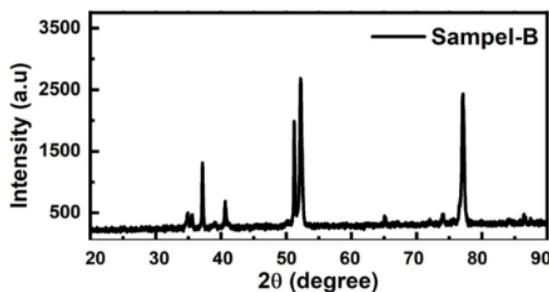
Perubahan nilai ini disebabkan karena setelah proses *forming*, material mengalami perubahan struktur mikro yang mengakibatkan perubahan karakteristik bahan dan juga penurunan nilai kuat tarik. Proses *forming* juga berpengaruh pada besar kecilnya perubahan. Karena proses *forming* menyebabkan deformasi pada material yang menyebabkan perbedaan nilai pada kuat tarik material.

3.3 Pengujian Struktur Kristal

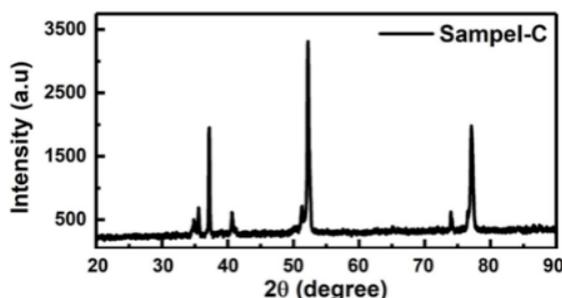
Pengujian X-RD ini dilakukan untuk mencari informasi tentang struktur kristal pada material hasil proses *forming* bending. Dari pengujian X-RD terhadap spesimen material yang telah disiapkan sebelumnya ini dapat ditentukan apakah struktur kristal berpengaruh terhadap kekuatan material pelat untuk bahan pembuat kaleng. Grafik intensitas hasil X-RD dari spesimen A, spesimen B dan spesimen C terlihat pada gambar 4, gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 4 : Grafik Intensitas Hasil X-RD Spesimen A



Gambar 5 : Grafik Intensitas Hasil X-RD Spesimen B



Gambar 6 : Grafik Intensitas Hasil X-RD Spesimen C

Pengujian struktur kristal juga menghasilkan 4 parameter yang dapat dihitung melalui grafik intensitas hasil uji X-RD. Dari grafik tersebut didapatkan 3 puncak yang berbeda, yang nantinya nilai dari puncak tersebut dapat dihitung untuk mendapatkan ukuran Kristal (D Sampel), Density Dislokasi (Rho Sampel), Regangan Mikro (Regangan Sampel) dan Yield Strength. Berdasarkan grafik intensitas hasil X-RD untuk masing masing spesimen diperoleh Angka ukuran Kristal, Density Dislokasi, Regangan Mikro dan Yield Strength sebagaimana terlihat pada tabel 5. Tabel 6 dan tabel 7.

Tabel 5 : Tabel Hasil X-RD Spesimen A

| No | Pos. [°2Th.] | FWHM Left [°2Th.] - Bbeta | Ukuran Kristal [D] - A | Density dislokasi [ρ] - l/mm3 | Regangan Mikro [ε] - % |
|----------------------|--------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1 | 34.903 | 0.3 | 3.496240523 | 0.081808305 | 21.50% |
| 2 | 35.62 | 0.2 | 5.106965153 | 0.038341951 | 13.96% |
| 3 | 37.188 | 0.136 | 7.091989208 | 0.019882174 | 8.96% |
| 4 | 41.17 | 0.3 | 2.789316407 | 0.128529979 | 17.15% |
| 5 | 51.27 | 0.25 | 2.347598767 | 0.181448029 | 10.03% |
| 6 | 52.595 | 0.12 | 4.66327563 | 0.045985173 | 4.59% |
| 7 | 73.98 | 0.16 | 1.313202775 | 0.579877711 | 2.30% |
| 8 | 77.06 | 0.3 | 0.560463018 | 3.183508968 | 3.45% |
| Rata-Rata / Spesimen | 67.29766667 | 0.294333333 | 4.56150858 | 0.709897048 | 0.136548294 |

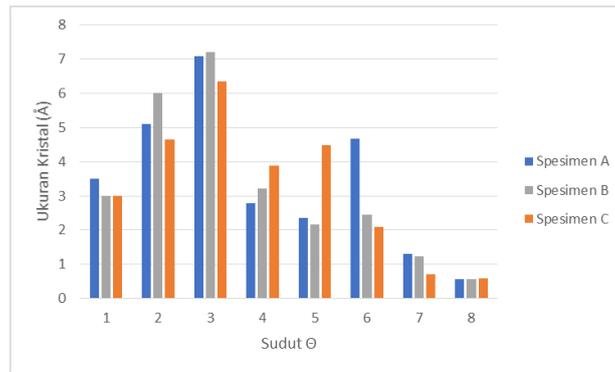
Tabel 6 : Tabel Hasil X-RD Spesimen B

| No | Pos. [°2Th.] | FWHM Left [°2Th.] - Bbeta | Ukuran Kristal [D] - A | Density dislokasi [ρ] - l/mm3 | Regangan Mikro [ε] - % |
|----------------------|--------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1 | 34.855 | 0.35 | 3.002134043 | 0.110953202 | 25.13% |
| 2 | 35.546 | 0.22 | 4.65538382 | 0.046141214 | 15.40% |
| 3 | 37.141 | 0.152 | 6.356285585 | 0.024751025 | 10.03% |
| 4 | 40.641 | 0.22 | 3.87523986 | 0.066589051 | 12.82% |
| 5 | 51.213 | 0.131 | 4.489289502 | 0.049618631 | 5.26% |
| 6 | 52.316 | 0.271 | 2.085835304 | 0.229847599 | 10.47% |
| 7 | 73.95 | 0.3 | 0.70175752 | 2.030606864 | 4.32% |
| 8 | 77.036 | 0.282 | 0.597381731 | 2.802180622 | 3.25% |
| Rata-Rata / Spesimen | 67.11633333 | 0.321 | 4.293884561 | 0.893448035 | 0.144440206 |

Tabel 7 : Tabel Hasil X-RD Spesimen C

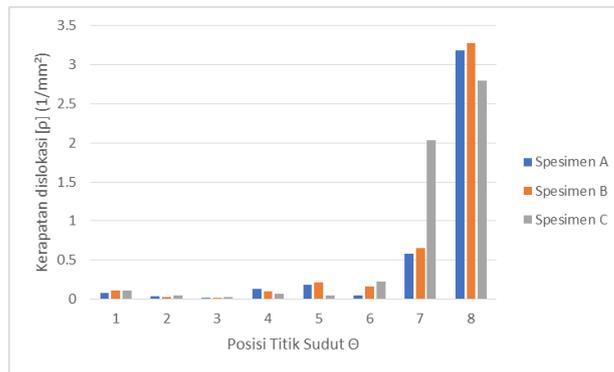
| No | Pos. [°2Th.] | FWHM Left [°2Th.] - Bheta | Ukuran Kristal [D] - A | Density dislokasi [ρ] - 1/mm ³ | Regangan Mikro [ε] - % |
|-------------------------|--------------|------------------------------|---------------------------|--|---------------------------|
| 1 | 34.85 | 0.35 | 3.002692748 | 0.110911917 | 25.13% |
| 2 | 35.548 | 0.17 | 6.02416979 | 0.027555328 | 11.90% |
| 3 | 37.162 | 0.134 | 7.204627045 | 0.019265354 | 8.84% |
| 4 | 41.17 | 0.26 | 3.218442008 | 0.096540295 | 14.87% |
| 5 | 51.251 | 0.27 | 2.17517984 | 0.211353606 | 10.83% |
| 6 | 52.324 | 0.23 | 2.456948884 | 0.165656224 | 8.88% |
| 7 | 73.964 | 0.17 | 1.237256833 | 0.653251294 | 2.44% |
| 8 | 77.081 | 0.304 | 0.552159725 | 3.279975113 | 3.49% |
| Rata-Rata / Spesimen | 67.225 | 0.314666667 | 4.311912812 | 0.760751522 | 0.143961871 |

Berdasarkan data-data dari tabel 5, tabel 6 dan tabel 7, dibuat grafik nilai ukuran kristal seperti yang terlihat pada gambar 7, grafik nilai density seperti yang terlihat pada gambar 8 dan grafik regangan mikro seperti yang terlihat pada gambar 9



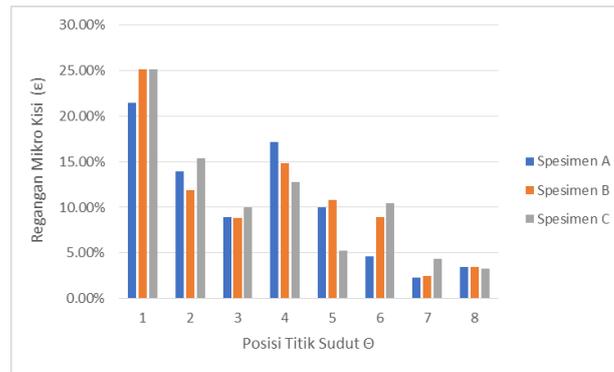
Gambar 7 : Grafik Nilai Ukuran Kristal

Dari nilai ukuran kristal dalam gambar 7 bisa dilihat bahwa sudut puncak yang paling rendah memiliki ukuran kristal paling besar dan semakin tinggi sudut puncaknya maka nilai ukuran kristal semakin kecil.



Gambar 8 : Grafik Nilai Density Dislokasi (Rho)

Nilai densitas dislokasi (rho) dalam gambar 8 terlihat bahwa sudut puncak yang rendah memiliki nilai rho yang rendah juga (sudut puncak dan rho sebanding). Untuk besarnya nilai rho berbanding terbalik dengan nilai ukuran kristal, karena semakin tinggi sudut puncaknya akan semakin tinggi rho begitu juga sebaliknya.



Gambar 9 : Grafik Nilai Regangan Sampel

Dalam hasil pengujian X-RD (gambar 9), dapat dilihat bahwa sudut puncak yang rendah mendapat nilai regangan yang tertinggi sedangkan nilai regangannya yang terendah bukan dari sudut puncak yang paling tinggi melainkan dari sudut puncak $73,98^\circ$ untuk posisi titik sudutnya berada pada grafik no 7.

Dari hasil pengujian X-RD ini dapat diketahui bahwa semakin besar FWHM menandakan bahwa ukuran kristalnya kecil. Begitu pun dengan sampel yang memiliki FWHM kecil, hal ini mengindikasikan adanya perbesaran ukuran kristal. Pengaruh ukuran kristal yang bertambah disebabkan karena batas butir akan memperlambat pergerakan dislokasi karena terjadinya perubahan orientasi. Apabila terjadi pergeseran dislokasi maka akan terjadi peristiwa saling menolak. Semakin jauh sumber dislokasi dari batas butir maka semakin banyak dislokasi yang akan semakin bergeser. Dengan demikian besar kristal yang semakin halus akan meningkatkan kekerasan material. Regangan yang semakin tinggi akan berpengaruh pada kerapatan dislokasinya. Kerapatan dislokasi yang semakin besar akan menyebabkan dislokasi itu sendiri semakin sukar bergerak sehingga bahan menjadi semakin kuat atau keras [8].

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah bahwa jenis forming yang digunakan berpengaruh terhadap struktur kristal, yaitu menyebabkan perbedaan ukuran kristal, dislokasi densitas yang berbeda, regangan mikro yang berbeda. Namun demikian nilai perbedaannya sangat kecil, dimana penyimpangan yang terlihat pada 3 specimen adalah struktur kristal $4,33 \text{ \AA}$, ρ sample $0,73 \text{ garis/mm}^2$, regangan $0,136 \%$. Pengaruh ukuran kristal yang bertambah disebabkan karena batas butir akan memperlambat pergerakan dislokasi dimana terjadi perubahan orientasi. Apabila terjadi pergeseran dislokasi maka akan terjadi peristiwa saling menolak. Semakin jauh sumber dislokasi dari batas butir maka semakin banyak dislokasi yang akan semakin bergeser. Dengan demikian besar kristal yang semakin halus akan meningkatkan kekerasan dan kuat tarik dari material.

Disamping itu, pengaruh jenis forming terhadap kekerasan material dalam skala brinell yaitu nilai kekerasan sebelum proses forming mengalami penurunan setelah material proses forming, ini disebabkan karena setelah proses forming, material mengalami perubahan struktur mikro yang mengakibatkan perubahan karakteristik bahan dan juga penurunan nilai kekerasan. Dari ketiga specimen yang diuji, specimen A memiliki nilai yang paling baik karena penurunannya paling rendah dengan nilai rata-rata $148,33 \text{ HB}$ dibandingkan dengan specimen B dengan nilai rata-rata $98,66 \text{ HB}$ dan C dengan nilai rata-rata $89,66 \text{ HB}$. Maka dari kekerasan material, proses forming juga berpengaruh pada besar kecilnya perubahan. Karena proses forming material menyebabkan deformasi pada material yang menyebabkan perbedaan nilai pada kekerasan material.

Kesimpulan lain yang didapat dari penelitian ini adalah bahwa pengaruh jenis forming terhadap kekerasan material terhadap kekuatan tarik material dalam yaitu nilai kekuatan tarik sebelum proses forming mengalami penurunan setelah material proses forming, ini disebabkan karena

setelah proses forming, material mengalami perubahan struktur mikro yang mengakibatkan perubahan karakteristik bahan dan juga penurunan nilai kekuatan tarik. Dari ketiga spesimen yang diuji, spesimen A mendapatkan hasil dengan penurunan yang paling rendah dengan nilai rata-rata 501 N/mm² dibandingkan dengan spesimen B dengan nilai rata-rata 330 N/mm² dan C dengan nilai rata-rata 299 N/mm². Karena proses forming menyebabkan deformasi pada material yang menyebabkan perbedaan nilai pada kuat tarik material.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ambiyar, Arwizet, Nelvi Erizon, Purwantono, Thaufiq Pinat,. “TEKNIK PEMBENTUKAN PELAT JILID 1”, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, 2008.
- [2] Ambiyar, Arwizet, Nelvi Erizon, Purwantono, Thaufiq Pinat,. “TEKNIK PEMBENTUKAN PELAT JILID 3”, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, 2008.
- [3] P.W. IBoard Iand IR.J. ISteele, “diagnosis of Corrosion Problems in Tinsplate Food Cans”, Division of Food Research Technical Paper No. 41, IAustralia, I1975.
- [4] Prof. Ir. Tata Surdia, MS. Met. E., Prof. DR. Shinroku Saito., “Pengetahuan Bahan Teknik”, Jalan Bunga 8-8A Jakarta 13140, 1999.
- [5] Lilis Sulistiawaty, Imas Solihat, Arie Pratama Putra , (2019), “Leaching of Iron and Zinc into Food Simulant from Tin Can Packaging” , Jurnal Kimia Valensi, Vol 5(2), November 2019, 224-230, <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/valensi>
- [6] ITRA Ltd, “GUIDE TO TINPLATE”, Kingston Lane, Uxbridge, Middlesex, UB8 3PJ, United Kingdom, 2000.
- [7] S. Mark, JIS G3141 Cold Reduced Carbon Steel Sheet And Stips. 2005.
- [8] Callister D. William, Jr. “Fundamentals of Materials Science and Engineering 5th edition”. John Wiley & Sons, Inc. 2001.