

# IDENTIFIKASI DAN ANALISIS MATERIAL CASING REGULATOR GAS

<sup>1</sup>Freddy Marpaung, <sup>2</sup>Nyoman Artana

<sup>1</sup> Senior Researcher PTIP-BPPT, <sup>2</sup> Specialist Researcher PTIP-BPPT

<sup>1,2</sup> Building 251, Puspitek Serpong, Indonesia

<sup>1</sup>reddy.marpaung@bppt.go.id, <sup>2</sup>nyoman.artana@bppt.go.id

## Abstrak

Regulator gas merupakan salah satu komponen penting pada system tanki liquefied natural gas (LNG). Komponen ini didesain harus mampu bekerja pada temperature rendah ekstrim dan tekanan tinggi. Dalam keseluruhan proses desain, material memiliki peran penting sehingga designer harus dapat mengidentifikasi jenis material dengan fungsionalitas spesifik agar ditemukan konsep desain yang layak. Identifikasi material tersebut dapat digunakan sebagai informasi awal mengenai sifat mekanik dan struktur mikro dari material. Tujuan dari penelitian ini adalah menyajikan data identifikasi material casing regulator gas alam jenis Belgas P39 dan memberikan rekomendasi persyaratan material yang harus dipenuhi oleh perusahaan lokal yang tertarik untuk mengembangkan material casing regulator tersebut. Pada paper ini, identifikasi material casing regulator Belgas P39 high pressure dilakukan melalui serangkaian pengujian, diantaranya pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan, pengujian metalografi, dan pengujian SEM-EDS. Selanjutnya data hasil pengujian tersebut dibandingkan dengan data pembanding standar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material casing regulator Belgas P39 high pressure termasuk dalam paduan kuningan jenis duplex.

**Kata Kunci:** Casing Regulator Gas, Material, Paduan Kuningan, Pengujian Material

## Abstract

Gas regulator is one of important component in the liquefied natural gas storage system. This part is designed to be working in cryogenic temperature and high pressure. During the entire design process, materials play an important role in order to obtain feasible design concepts. Materials identification is used as initial information regarding mechanical properties and microstructure. The purpose of this work is to provide information regarding material identification of high pressure Belgas P39, to provide recommendation about material requirements that have to be fulfilled of local industry which interesting for developing this product. In this paper, material identification of high pressure Belgas P39 is conducted using a series testing, such as chemical composition testing, hardness testing, and micro structure examination. Then, experimental data is compared with other references. This research results showed that high pressure Belgas P39 material is classified into duplex brass.

**Keywords:** Brass Alloy, Casing of Regulator Gas, Material, Material Testing

## PENDAHULUAN

Regulator gas merupakan salah satu komponen penting dalam industri gas yang digunakan untuk menyalurkan, mengatur dan menstabilkan tekanan gas yang keluar dari tanki penampung untuk menjaga aliran gas

menjadi konstan [1]. Regulator gas umumnya harus memenuhi standar industri dari sisi akurasi dan kualitas. Salah satu bagian dari regulator gas tersebut adalah material casing yang didesain harus memenuhi standar yang berlaku. Terdapat dua jenis material yang digunakan untuk bodi casing regulator gas

untuk aplikasi *high pressure* yaitu *stainless steel* 316, monel, inconel dan *brass alloy* [2].

Paduan kuningan merupakan paduan tembaga-seng yang paling banyak digunakan sebagai casing regulator gas dikarenakan memiliki sifat mudah untuk dimanufaktur, ketahanan korosi tinggi dan tampilan yang menarik [3]. Jenis material ini dikelompokkan atas dua bagian yaitu paduan alpha ( $\alpha$ ) dengan persentase zinc 37% dan paduan alpha dan beta ( $\alpha+\beta$ ) dengan persentase zinc 37-45%. Paduan  $\alpha$  memiliki struktur kristal FCC yang memiliki sifat duktilitas yang tinggi dan dapat dibentuk melalui proses pengerjaan dingin, seperti *deep drawing*, *bending*, dan *cold rolling*. Sementara paduan kuningan dengan kandungan Zn yang lebih tinggi memiliki dua fasa (bi-phase) yaitu fasa- $\alpha$  dan fasa- $\beta$ , dimana paduan ini sering disebut dengan paduan duplex. Dikarenakan fasa- $\beta$  memiliki struktur kristal BCC sehingga sifatnya lebih keras dan kuat dibandingkan dengan fasa- $\alpha$ , akibatnya paduan alpha dan beta sulit dibentuk dengan proses pengerjaan dingin [4].

Material kuningan banyak digunakan untuk berbagai aplikasi seperti peralatan rumah tangga, peralatan listrik dan sektor industri rekayasa dengan tingkat presisi yang tinggi. Hal ini dikarenakan keunikan sifat yang dimilikinya yaitu mudah di machining, di cor maupun dibentuk melalui proses *metal forming* lainnya [5]. Untuk memenuhi persyaratan yang ditentukan, tersedia berbagai range komposisi yang digunakan untuk membuat paduan kuningan bi-phase. Selain unsur

utama (Zn dan Cu), unsur minor ditambahkan untuk memodifikasi sifat-sifat yang dimilikinya sehingga material yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang diinginkan.

Hingga saat ini telah banyak studi dilakukan terkait pengembangan material paduan berbasis kuningan. Misalnya penelitian oleh [6] melakukan pembuatan paduan kuningan menggunakan metode *investment casting* dengan memvariasikan komposisi kimia dan temperature pengecoran. Studi tersebut menunjukkan bahwa komposisi kimia dan temperatur mempengaruhi morfologi permukaan. Hal ini ditunjukkan dengan adanya segregasi Cu, struktur mikro yang lebih halus dan terbentuknya fasa beta dengan struktur Widmanstatten yang lebih halus dan terdistribusi merata pada daerah yang mengalami pendinginan cepat. Selain itu, diidentifikasi terjadi peningkatan kekerasan akibat penambahan unsur Al pada paduan kuningan jenis duplex. Studi sejenis juga dilakukan oleh [7] mengembangkan paduan kuningan dengan memvariasikan komposisi Zn menggunakan teknik *sand casting*. Studi tersebut menunjukkan terjadinya penurunan duktilitas dan kekuatan tarik disertai dengan perubahan warna dari merah menjadi kuning dengan adanya peningkatan kandungan Zn.

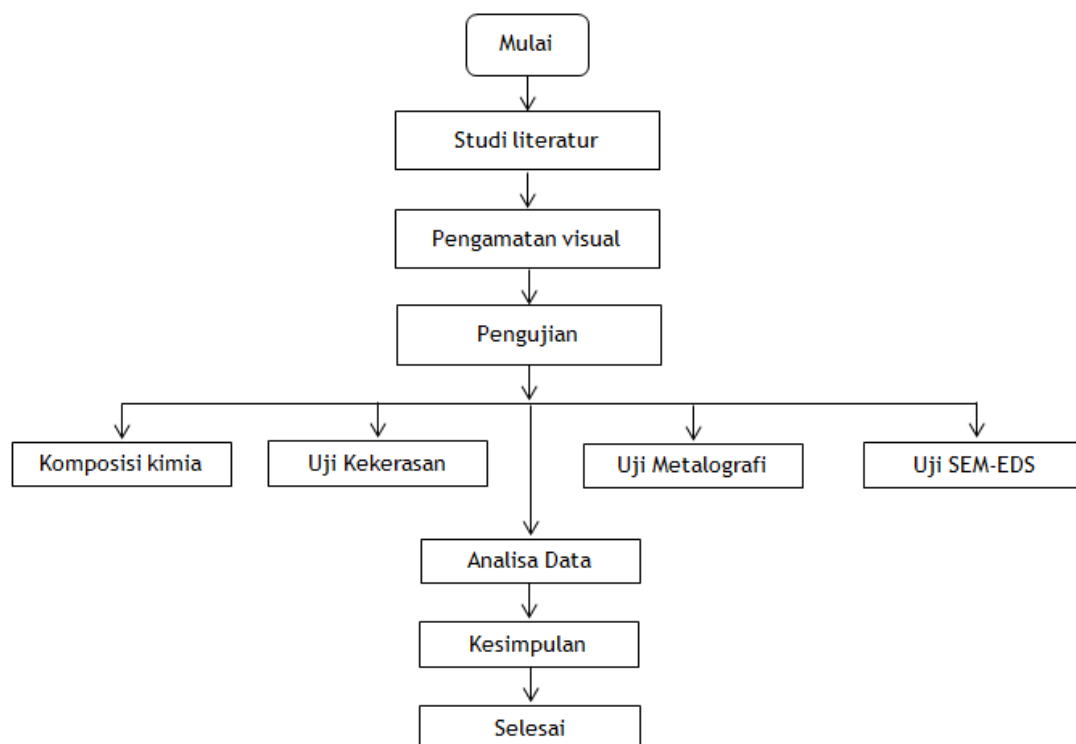
Studi terbaru yang dilakukan oleh [8] membuat paduan Cu-40% Zn dengan menggunakan teknik *investment casting* dan *sand casting*. Pengamatan struktur-mikro hasil pengecoran menunjukkan adanya fasa- $\alpha$  dan fasa- $\beta$  yang dikenal dengan struktur-

mikro Widmanstatten. Hasil studi ini menunjukkan bahwa jumlah masing-masing fasa tidak hanya bergantung pada komposisi kimia tetapi juga dipengaruhi oleh laju pendinginan. Pada studi ini kami melakukan identifikasi dan analisis material casing regulator gas alam jenis Belgas P39 *high pressure* dan memberikan rekomendasi persyaratan material yang harus dipenuhi oleh perusahaan lokal yang tertarik untuk mengembangkan material casing regulator tersebut.

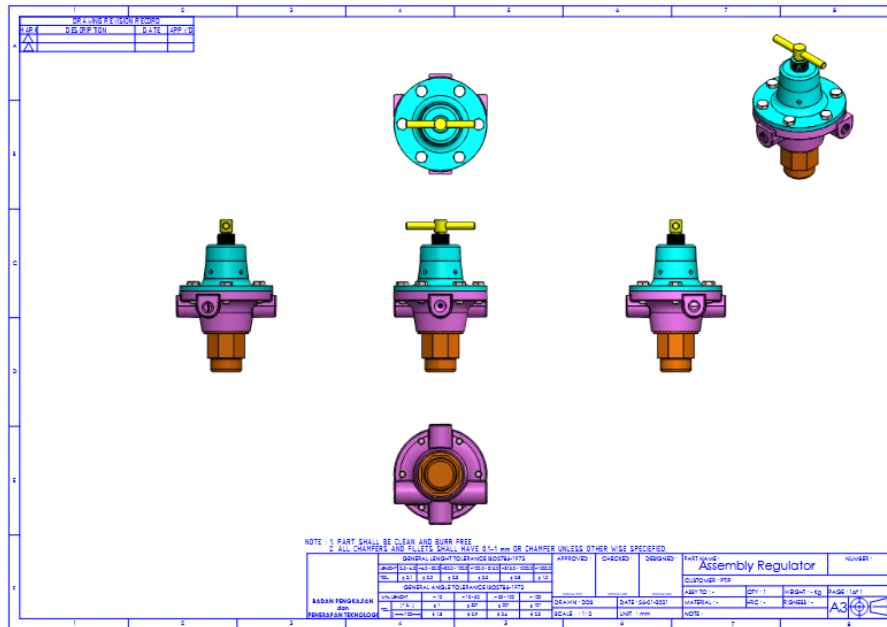
## METODE PENELITIAN

*Casing* bodi regulator gas yang diamati pada penelitian ini adalah regulator

gas alam Belgas P39 *high pressure*. Sebelum dilakukan identifikasi material, penelitian ini diawali dengan studi literature pengembangan katup gas berbasis paduan kuningan. Metode penelitian yang digunakan adalah *reverse engineering* melalui serangkaian pengujian di Pusat Penelitian Metalurgi dan Material, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), diantaranya uji komposisi kimia, kekerasan Brinell, pemeriksaan morfologi permukaan (metalografi), dan uji SEM-EDS. Selanjutnya hasil studi literatur dan data pengujian dievaluasi tingkat kesesuaiannya dengan material standar. Untuk menyederhanakan penelitian ini, dibuatkan tahapan penelitian dalam bentuk diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar2 Casing regulator gas (Belgas P39 high pressure)

### Persiapan sampel uji komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan metode uji *optical emission spectroscopy* (OES).

### Persiapan Sampel Uji Metalurgi

Pemeriksaan struktur mikro material eksisting dilakukan berdasarkan standar ASTM E 407-93. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengamati morfologi permukaan dan jenis fasa yang terjadi pada permukaannya. Selain itu, pengujian ini juga dilakukan untuk menginvestigasi proses pembuatan *alloy* tersebut dan histori perlakuan panas yang dialami oleh material tersebut. Tahapan persiapan sampel uji metalografi dimulai dengan pemotongan spesimen pada bagian tertentu lalu dimounting dengan menggunakan resin bening. Selanjutnya dihaluskan dengan kertas ampelas Niken grade 80, 120, 400, 600, 100, dan 1200. Diikuti dengan

proses polishing sampel menggunakan pasta alumina grade 5  $\mu\text{m}$ , 0,3  $\mu\text{m}$ , 0,05  $\mu\text{m}$ . Hasil polishing dilanjutkan dengan proses etsa menggunakan larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$ .

### Persiapan Sampel Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan brinell (*Brinell Hardness*) dilakukan berdasarkan standar ASTM A370. Pengujian kekerasan Brinell tersebut menggunakan indentor bola baja berdiameter 5 mm dan beban 62.5 kgf *load*. Nilai rata-rata kekerasan HBN ditentukan dengan mengukur 10 titik lokasi pada setiap sampel yang diperiksa.

### Persiapan Sampel Uji SEM-EDS

Untuk menginvestigasi lebih detail struktur mikro dan mengkuantifikasi elemen-elemen pada daerah struktur mikro dilakukan pemeriksaan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian material casing regulator Belgas P39 tersebut dianalisis dan dievaluasi untuk dibandingkan dengan berbagai studi yang pernah dilakukan sebelumnya.

### Pengujian Komposisi Kimia

Hasil pemeriksaan komposisi kimia dari casing regulator gas Belgas P39 dengan pembanding, yaitu paduan kuningan jenis CW721R [9] ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia material eksisting dan material referensi tersebut, kedua jenis material tersebut dapat dianggap identik. Hal ini terlihat dari hasil pengujian material eksisting masih dalam batasan material pembanding. Dengan demikian material uji tersebut termasuk dalam paduan jenis duplex/*naval brass* yang

dikenal sebagai paduan kuningan dengan kekuatan tarik yang tinggi.

### Pemeriksaan Struktur Mikro

Morfologi permukaan dari hasil pengujian metalografi menunjukkan bahwa material Belgas P39 *high pressure* merupakan kuningan yang mengandung dua fasa (bi-phase) yaitu paduan  $\alpha+\beta$  atau  $\beta'$ . Hal ini disupport dari data struktur mikro, fasa- $\alpha$  berupa butir-butir tampak terang (putih) yang terdistribusi merata berbentuk bulat dan jarum sementara butir-butir tampak gelap diidentifikasi sebagai fasa  $\beta$ . Partikel-partikel fasa- $\alpha$  yang halus dan terdistribusi merata merupakan penyumbang sifat paling signifikan pada struktur mikro material kuningan hasil coran. Hal ini terjadi dikarenakan efek pendinginan yang cepat ketika proses pengecoran. Dimana partikel-

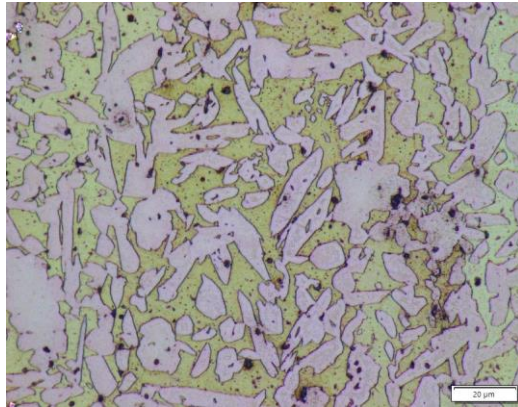
Tabel 1. Komposisi Kimia CW721R Brass dan P39 *High Pressure Regulator*

EN 12164:2011 (CW721R Brass)		Hasil Pengujian Material	
Unsur	% berat	Unsur	% berat
Tembaga (Cu)	57-59	Tembaga (Cu)	56.641
Zinc (Zn)	Balance	Zinc (Zn)	38.501
Mangan (Mn)	0.8-1.8	Mangan (Mn)	-
Lead (Pb)	0.8-1.6	Lead (Pb)	1.185
Aluminium (Al)	0.3-1.3	Aluminium (Al)	0.093
Besi (Fe)	0.2-1.2	Besi (Fe)	0.263
Timah (Sn)	0.2-1.0	Timah (Sn)	0.331
Nikel (Ni)	0.0-0.3	Nikel (Ni)	0.158
W	-	Tungsten (W)	0.461
Silikon (Si)	-	Silikon (Si)	0.066
Chlor (Cl)	-	Chlor (Cl)	0.02
Magnesium (Mg)	-	Magnesium (Mg)	0.202
Kalsium (Ca)	-	Kalsium (Ca)	0.3
(Sc)	-	Scandium (Sc)	0.096
Kobalt (Co)	-	Kobalt (Co)	0.025
Hafnium (Hf)	-	Hafnium (Hf)	1.635
Others (total)	0.0-0.3	Others (total)	0.0-0.3

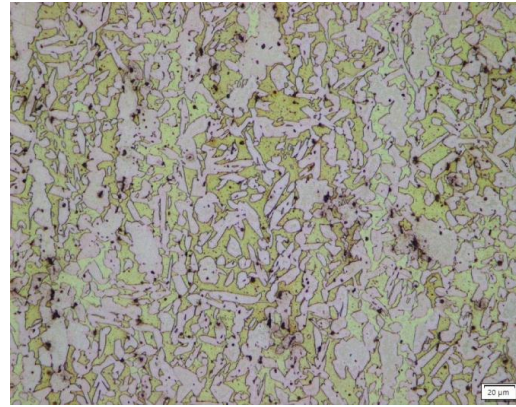


partikel halus yang terdistribusi merata tersebut meningkatkan kekuatan paduan kuningan tersebut. Selain itu terlihat adanya presipitat-presipitat intermetalik yang lebih

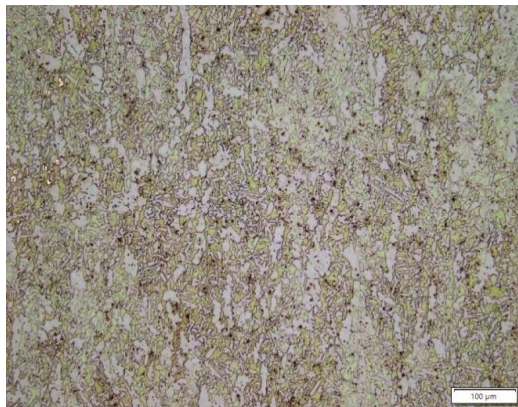
halus berupa titik-titik berwarna hitam. Detail pembentukan presipitat-presipitat intermetalik ini dibahas pada hasil pengujian SEM-EDS.



Perbesaran 1000x



Perbesaran 500x

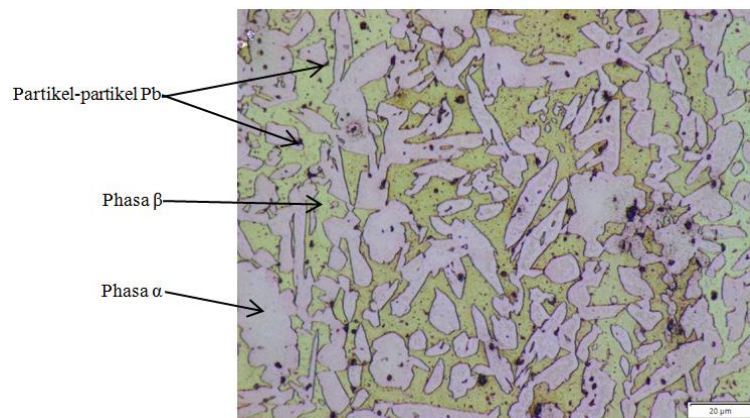


Perbesaran 200x



Perbesaran 100x

Gambar 3. Struktur mikro material P39 *High pressure* Regulator pada berbagai pembesaran



Gambar 4. Identifikasi jenis fasa hasil pengujian struktur mikro

### Kekerasan Brinell

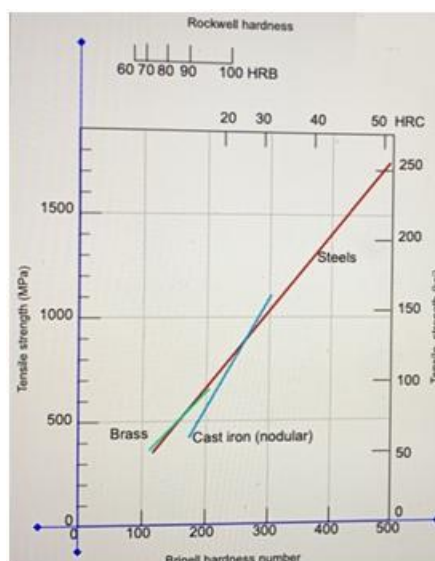
Hasil pengujian kekerasan ditunjukkan pada Tabel 2. Dimana nilai kekerasan permukaan dari material Belgas P39 menunjukkan keseragaman pada pada 10 titik pengukuran dengan nilai kekerasan rata-ratanya adalah 132.08 HBN.

Nilai kekerasan tersebut berada dalam batasan standar EN (HBN: 100-140 max). Selain itu

dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengestimasi kekuatan tarik maksimum dari material Belgas P39. Gambar 5 merupakan grafik hubungan antara kekuatan tarik dengan kekerasan pada berbagai material logam[6]. Dimana, grafik garis linear berwarna hijau merupakan paduan brass, dengan demikian perkiraan kekuatan tarik dari material uji tersebut sebesar 450 MPa.

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan metode Brinell (HB) Belgas P39 *high pressure*

Posisi Uji	Nilai Kekerasan Brinell (HBN)
1	129.5
2	128
3	131.8
4	130
5	136
6	133
7	130.1
8	133
9	136.4
10	133
<b>Rata-rata kekerasan (HBN)</b>	<b>132.08</b>



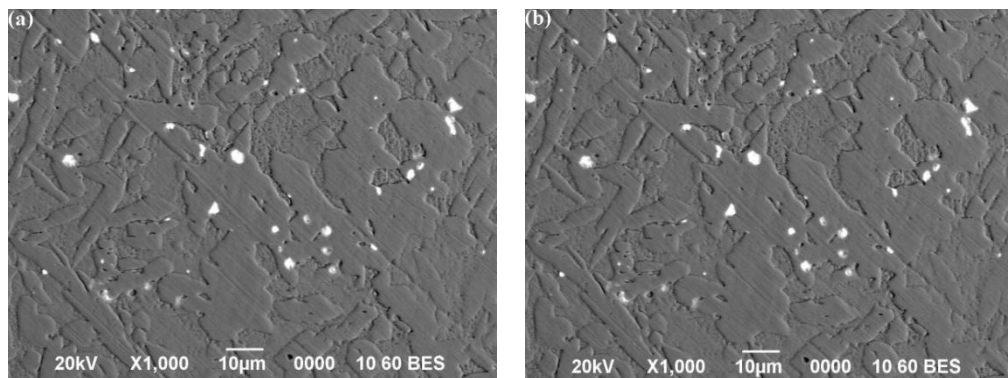
Gambar 5. Grafik hubungan kekerasan dan kekuatan paduan brass [10]

### Pengujian SEM-EDX

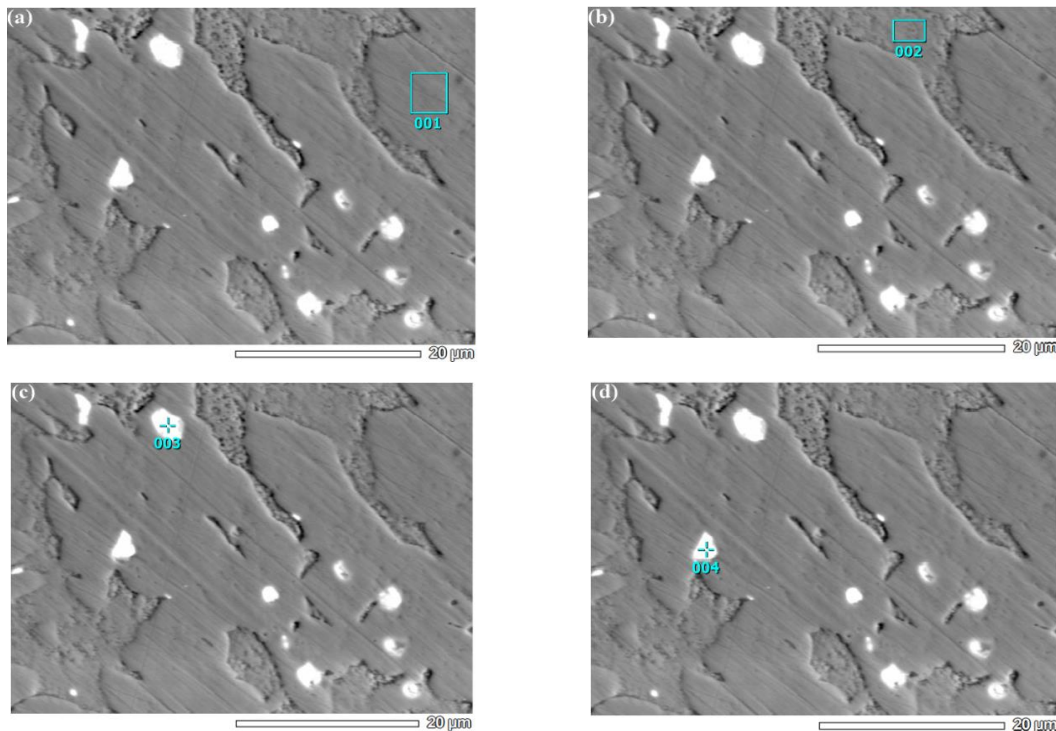
Pengujian SEM-EDS ini dilakukan untuk membantu mengidentifikasi pembentukan senyawa intermetalik yang ada. Gambar 6 menunjukkan foto permukaan sampel uji menggunakan SEM pada perbesaran 500x dan 1000x.

Selanjutnya untuk membedakan antara presipitasi dan matriks dilakukan

pengambilan data dengan menggunakan metode *backscattered electron imaging* dan diidentifikasi hanya terdapat satu senyawa intermetalik. Dalam gambar *backscatter* tersebut, senyawa intermetalik berwarna cerah tersebut merupakan bukti bahwa terdapat konsentrasi elemen-elemen yang tinggi. Ini mengindikasikan kandungan Pb yang tinggi pada paduan *naval brass* [11].



Gambar 6. Foto permukaan *electron microscope* (a) perbesaran 500x, (b) perbesaran 1000x



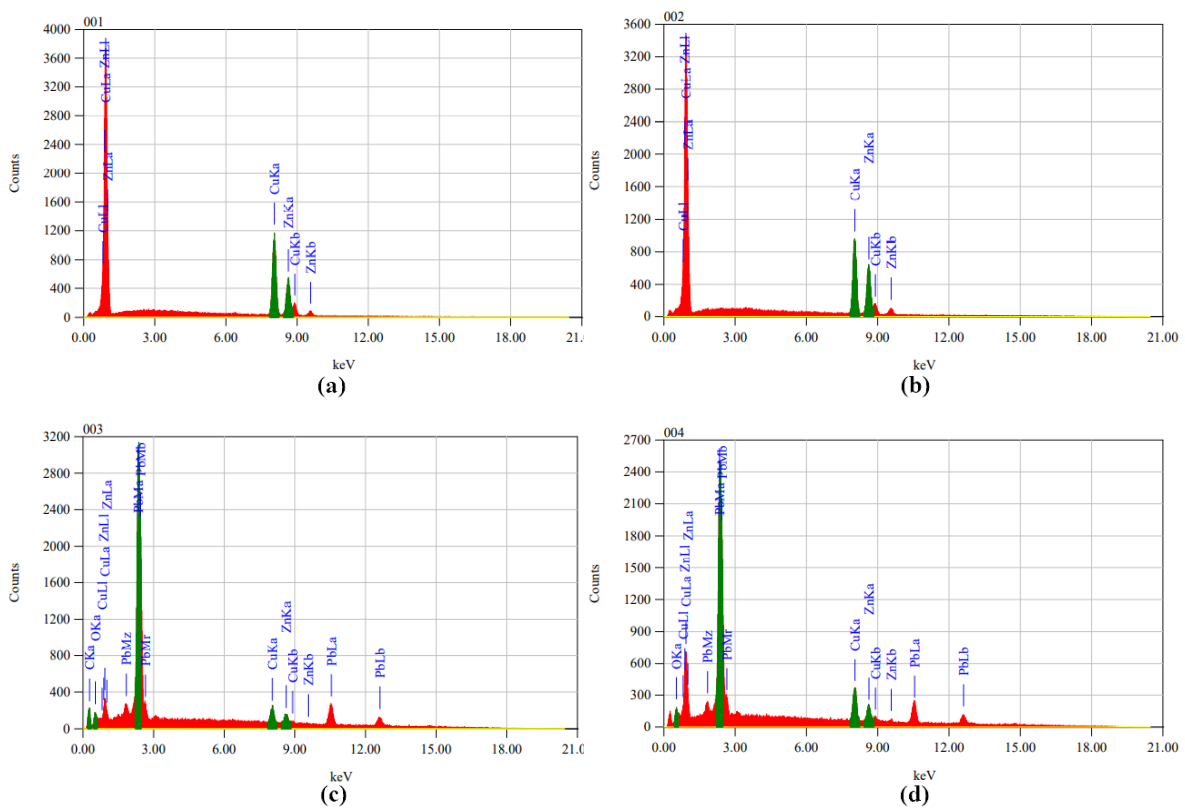
Gambar 7. Foto permukaan *electron microscope* (a) area 1, (b) area 2, (c) area 3, (d) area 4



Selanjutnya dilakukan uji spot EDS pada 4 area untuk menentukan perkiraan konsentrasi unsur-unsur pada presipitasi dan matriks. Uji spot EDS di area 1 yaitu area matriks fasa  $\alpha$  (Gambar 7.a), uji spot EDS di area 2 yaitu area matriks fasa  $\beta$  (Gambar 7.b), uji spot EDS di area 3 yaitu pada presipitat berukuran besar berwarna terang (Gambar 7.c), dan uji spot EDS di area 4 yaitu pada presipitat berukuran kecil berwarna terang (Gambar 7.d). Pola peak-peak dari hasil analisis ini ditunjukkan dalam Gambar 8.

Hasil uji analisa kualitatif pada matriks fasa- $\alpha$  terdeteksi hanya dua unsur yaitu Cu (63,28 % mass) dan Zn (36,72 % mass). Sama halnya dengan matriks fasa- $\beta$

juga hanya mengandung dua unsur yaitu Cu (55,31 % mass) dan Zn (44,69 % mass). Analisa pada presipitat berwarna terang (area 3) menunjukkan konsentrasi Pb yang tinggi (74,12 % mass) diikuti senyawa lainnya C (6,61 % mass), O (1,93 % mass), Cu (10,08 % mass), dan Zn (7,27 % mass). Hasil analisa pada area 4 juga menunjukkan konsentrasi Pb lebih tinggi (66,63% mass), Cu (20,02 % mass), Zn (11,69 % mass), dan O (1,67 % mass). Dari hasil spot EDS pada area yang berwarna terang tersebut dapat disimpulkan bahwa paduan kuningan tersebut mengandung senyawa intermetalik yang kaya akan Pb dan berukuran halus serta terdistribusi merata pada seluruh struktur.



Gambar8. Grafik analisa kualitatif (a) area 1, (b) area 2, (c) area 3, (d) area 4

## SIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, sifat-sifat dari produk Belgas P39 *high pressure* diinvestigasi dan dianalisis untuk mengetahui jenis material, proses manufaktur dan rekayasa struktur mikro yang terjadi. Berdasarkan hasil identifikasi yang dilakukan, produk ini termasuk dalam paduan *naval brass*, yaitu paduan kuningan dengan kandungan fasa- $\alpha$  dan fasa- $\beta$  disertai dengan senyawa intermetallik Pb yang tinggi dan terdistribusi merata pada matriks. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan produk ini memiliki kandungan Cu (54,64 %berat), Zn (38,50 %berat), Pb (1,185 %berat). Produk ini memiliki kekerasan rata-rata sebesar 132,08 BHN. Proses pembentukan Belgas P39 *high pressure* tersebut dapat menggunakan *sand casting* dan *permanent mould casting*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. C. Dunn, *Fundamentals of industrial instrumentation and process control*. New York: McGraw-Hill Education, 2018.
- [2] M. Heestand, "Choosing the proper valve material," *controleng.com*, 11 Juni 2016. [Daring]. Tersedia: <https://www.controleng.com/articles/choosing-the-proper-valve-material/>. [Diakses: 12 Maret 2021].
- [3] H. Y. Atay, G. Uslu, Y. Kahmaz, dan Ö. Atay, "Investigations of microstructure and mechanical properties of brass alloys produced by sand casting method at different casting temperatures," *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 726, no. 1, hal. 1 – 8, 2020.
- [4] M. M. Haque dan A. A. Khan, "Investigation on structure and properties of brass casting," *Journal of Materials Science and Technology*, vol. 24, no. 3, hal. 299 – 301, 2008.
- [5] S. Jha, D. Balakumar, dan R. Paluchamy, "Experimental analysis of microstructure and mechanical properties of copper and brass based alloys," *IJAME-Int.J. Automotive and Mechanical Engineering*, vol. 11, hal. 2317 – 2331, 2015.
- [6] G. Iecks, L. M. A. Maiolo, dan A. D. Bortolozob, "Wisley riuper osório designing a microstructural array associated with hardness of dual-phase Cu-Zn alloy using investment casting," *Materials Research*, vol. 21, no. 4, hal. 1 – 15, 2018.
- [7] O. Alo, "Investigation of mechanical properties and microstructure of brass alloys obtained from recycled copper and zinc metals," *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 6, no. 9, hal. 799 – 806, 2015.

- [8] S. Kattel, J. Bhatt, R. Subedi, B. Thapa, S. Sujakhu, A. Kafle, dan T. M. Shakya, "Investigation of mechanical properties of brass francis turbine manufactured by local investment casting technique in Nepal," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1608, no. 1, 2020.
- [9] Anonim, "Copper and Copper Alloys: CW721R High Tensile Brass ~ Manganese Bronze," *aalco.co.uk*, 2021. [Daring]. Tersedia: [https://www.aalco.co.uk/datasheets/Copper-and-Copper-Alloys-CW721R-High-Tensile-Brass--Manganese-Bronze\\_115.ashx](https://www.aalco.co.uk/datasheets/Copper-and-Copper-Alloys-CW721R-High-Tensile-Brass--Manganese-Bronze_115.ashx). [Diakses: 23 Mei 2021]
- [10] Anonim, "The naval brass for which the stress-strain behavior is shown in Animated Figure 6.12. You might need to use Animated," *chegg.com*, 2021. [Daring]. Tersedia: <https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/naval-brass-stress-strain-behavior-shown-animated-figure-612-might-need-use-animated-figur-q42212816#question-transcript>. [Diakses: 25 Mei 2021]
- [11] M. Türker, Z.Y. Comert, A. Kisasoz, dan K.A. Guler, "Experimental research on properties of naval brass castings," *Practical Metallography*, vol. 53, no. 1, hal. 24 – 35, 2016