

UJI COBA PEMBUATAN PELAT KUNINGAN SESUAI TARGET STANDAR PERUSAHAAN

Prihadi Waluyo

Pusat Teknologi Industri Proses, Bidang Logam, Deputi Bidang Teknologi Industri Rancang Bangun dan Rekayasa, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi,
Gedung 2, Lt 9, Jl M.H.Thamrin No. 8. 10340
e-mail: prihadi_w@yahoo.com

Diajukan: 18 Februari 2010; Dinilai: 18 Februari 2010; Diterima: 12 Juli 2010

Abstrak

Kemandirian peralatan utama sistem persenjataan (alutsista) pertahanan dan keamanan (hankam) dalam menghadapi kemungkinan darurat perang akibat diembargo mutlak dilakukan, termasuk dalam bahan pelat munisi buatan dalam negeri untuk munisi kaliber kecil 5,56 mm khususnya tipe kode Pindad MU 5TJ sebagai peluru yang paling banyak digunakan di pasukan TNI, satu paket dengan senjata senapan serbu SS1. Percobaan dilakukan terhadap pelat kuningan munisi kaliber 5,56 mm mengikuti persyaratan standar perusahaan yang mengacu pada standar NATO SS 109. Bahan baku: Kawat tembaga super, Zinc Ingot SHG, Nikel Screen, Phosphor copper, dan pelat Aluminium. Peleburan tanpa Al sebanyak 80 kg (4 Slab), dan peleburan + Al sebanyak 160 Kg (7 Slab). Hasil karakterisasi uji coba pembuatan pelat kuningan (Cu-Zn 70-30) – Komposisi kimia slab: kandungan kimia Cu masih dalam rentang standar Perusahaan, demikian pula unsur Pb, Fe, Ni, P, Sb, dan Sn masih berada di bawah ambang batas standar perusahaan. Percobaan lain yang dilakukan adalah uji pengerolan, pengamatan metalografi (mikro-struktur) pelat kuningan, pengujian kekerasan pelat kuningan, dan pengujian anil pelat kuningan yang kesemuanya secara umum telah memenuhi persyaratan standar perusahaan yang mengacu pada standar NATO SS 109. Biaya produksi pelat kuningan per kg= Rp 55,838.000/160 kg= Rp 348,987.5, atau Biaya produksi pelat kuningan per lembar= Rp 55,838.000/11 lembar= Rp 5,076,181.8 yang tentunya akan lebih rendah harga dibanding produk impor, karena tidak termasuk biaya transpor dan asuransi dari luar negeri.

Kata kunci: pelat munisi, kuningan, *brass cup*, longsong (*case*), peluru (*cartridge*).

Abstract

The Experiment of Producing Brass Plate in Compliance to Company Standards

Self reliance of the national defense and security for the main equipments of weapon system are absolutely necessary in anticipating the case of embargo during the state of emergency. It includes the domestic products of ammunition plate material, which is used for the small caliber ammunition 5,56 mm, especially the Pindad's code MU5-TJ type as the most used ammunition in TNI (Indonesian armed forces), along with the SS1 assault rifle. The experiment was conducted on ammunition brass strip for 5.56 mm calibre following the company standard requirements which refer to NATO Standard SS109. The raw materials consisted of Super copper rod, Zinc Ingot SHG, Nickel Screen, Phosphorus copper, and Aluminium plate. The casting weight without Al is 89 kg (4 slabs), and the casting + Al is 160 kg (7 slabs). The test result of characterization of brass plate (Cu-Zn 70-30) – The chemical composition of Slab : the chemical content of Cu remained in the range of Company's standard, and also the substances of Pb, Fe, Ni, P, Sb, and Sn are below of the maximum level of the company standard. The other experiments which have been done included roll test, metallography (micro-structure) observation of brass plate, hardness testing of brass strip, and annealing testing of brass plate. All of the tests have fulfilled the company standard requirements which refer to NATO Standard SS109. The production cost of brass plate per kg equals Rp 55,838.000/160 kg or Rp 348,987.5, and the production cost of brass strip per strip is Rp 55,838.000 / 11 strip or Rp 5,076,181.8, which was below imported product price, since it did not include the cost of transportation and insurance from abroad.

Key words: *ammunition plate, brass, brass cup, case, cartridge.*

1. PENDAHULUAN

Bahan baku selongsong peluru yang digunakan oleh industri hankam dalam negeri dalam bentuk *brass cup* yang sampai saat ini masih diimpor

dari luar negeri, sedangkan bahan baku *brass cup* berasal dari pelat kuningan yang kemudian di dalam negeri terdapat industri penghasil pelat kuningan. Pengadaan bahan baku untuk keperluan ini sangat rentan akan kebijakan politik

pertahanan dan keamanan dunia yang saat ini sangat dinamis. Kasus pengadaan bahan baku dan peralatan militer di Indonesia pernah mengalami embargo dari negara Barat yang mengakibatkan sulitnya industri Hankam memenuhi kebutuhan munisi sebagai bagian dari peralatan utama sistem persenjataan (alutsista) dan saat ini beralih pengadaannya dari Asia [2].

Sejak pengalaman tersebut sesungguhnya perusahaan telah menjajaki pengadaan dari industri dalam negeri, namun disayangkan sampai saat ini belum ada industri dalam negeri yang sanggup menghasilkan pelat kuningan dimaksud (spesifikasi munisi) secara konsisten. Dari hasil kajian literatur dan informasi awal yang diperoleh dari perusahaan bahwa kendala industri dalam negeri dalam memproduksi pelat dimaksud secara garis besar disebabkan oleh belum konsistennya mutu yang dihasilkan khususnya dalam pencapaian kualitas keuletan (*ductility*) yang disebabkan belum tercapainya homogenitas struktur pelat kuningan yang dihasilkan, hal ini tidak terlepas dari kurangnya kelengkapan fasilitas produksi khususnya peralatan pengendalian proses produksi, kompetensi keahlian tenaga kerja industri dalam melaksanakan pengembangan produk, kurangnya sarana riset pendukung serta kompleksitas pelaksanaan riset pada skala industri, dimana adanya ambivalensi target usaha dan pengembangan produk yang relatif mahal [2].

Untuk itu dilakukan uji coba pembuatan pelat kuningan spesifikasi munisi kaliber 5,56 mm melalui proses pembuatan slab yang optimal pada proses canai lembaran non ferrous (pengecoran, pengerolan dan kekerasan/butiran) yang sesuai dengan target standar perusahaan.

Adapun pengujian yang dilakukan adalah pengujian Karakterisasi Komposisi Kimia, Hot Roll (HR) dan Cold Roll (CR), dan Struktur Mikro (Micro-Structure) dari pelat kuningan spesifikasi munisi tersebut.

Sedang spesifikasi yang dipersyaratkan dalam menggunakan bahan baku (*raw material*) untuk munisi kaliber 5,56 mm yang berlaku di Indonesia harus memenuhi standar perusahaan mengacu pada standar NATO SS109. Untuk itu perlu dilakukan pengujian (*test*) atas hasil percobaan pembuatan yang harus memenuhi persyaratan standar perusahaan tersebut.

Pada penelitian ini, uji coba dilakukan terhadap bahan baku kuningan untuk pembuatan pelat munisi longsong (*case*) peluru kaliber 5,56 mm, termasuk dalam kelompok Munisi Kaliber Kecil (MKK) atau Munis Ringan (Muri).

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hasil uji coba kualitas bahan baku (*raw material*)

untuk pembuatan pelat kuningan produk munisi tersebut yang meliputi: Karakterisasi Komposisi Kimia, *Hot Roll* (HR) dan *Cold Roll* (CR), dan Struktur Mikro (*Micro-Structure*). Dari hasil penelitian diharapkan dapat diperoleh hasil penilaian terhadap hasil uji coba kualitas bahan baku (*raw material*) untuk pembuatan pelat kuningan produk munisi yang harus memenuhi persyaratan standar perusahaan tersebut..

CATATAN 1 - Munisi kaliber 5,56 x 45 mm baik tajam, tracer, hampa maupun tipe lainnya, mempunyai keunggulan hentakan rendah, akurasi tinggi dan lintasan stabil dengan konstruksi *Rimless & Centerfine Cartridge Case* dan isian dorong *double base, smokeless powder* dan longsong dari kuningan [9].

CATATAN 2 - Munisi tajam memiliki beberapa jenis. MU5-Tj menggunakan pelor yang berinti baja untuk mendapatkan daya tembus yang tinggi dengan kisar laras 7" setara dengan munisi kaliber 5,56 x 45 mm NATO atau juga dikenal dengan SS 109. MU4-Tj menggunakan pelor inti timah full metal jacket dengan kisar laras 12". Munisi ini setara dengan tipe M193. Yang diteliti disini hanya uji coba pembuatan pelat kuningan untuk MU5-Tj sebagai peluru yang terbanyak digunakan pada senjata standar SS1 pasukan TNI [9].

2. METODE PENELITIAN

Untuk mengevaluasi sifat mekanis (kekerasan) serta struktur mikro bahan baku pelat kuningan, maka dilakukan suatu pengamatan metalografi yaitu pengamatan struktur mikro dan pengujian mekanis (uji kekerasan) pada produk hasil uji coba pembuatan pelat kuningan. Adapun lingkup penelitian adalah sebagai berikut:

a. Persiapan bahan (*virgin material* kuningan, bukan *return scrap*), meliputi:

- Kawat tembaga super,
- Zinc Ingot SHG,
- Nikel Screen,
- Posphor copper,
- Alumunium pelat,.

Kapasitas Crucible (tungku kecil) yang dipersiapkan adalah 300 kg.

Proses Peleburan, dibagi dua, yaitu:

- Peleburan tanpa Al sebanyak 80kg (4 *slab*)
- Peleburan + Al sebanyak 160kg (7 *slab*).

CATATAN - Ukuran berat yang diambil adalah kg mengikuti Satuan SI. Menurut Smalman dalam bukunya yang sudah diterjemahkan "Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Modern" [8] menyebutkan bahwa *The Systéme Internatonale d'Unités* (SI) adalah sistem yang

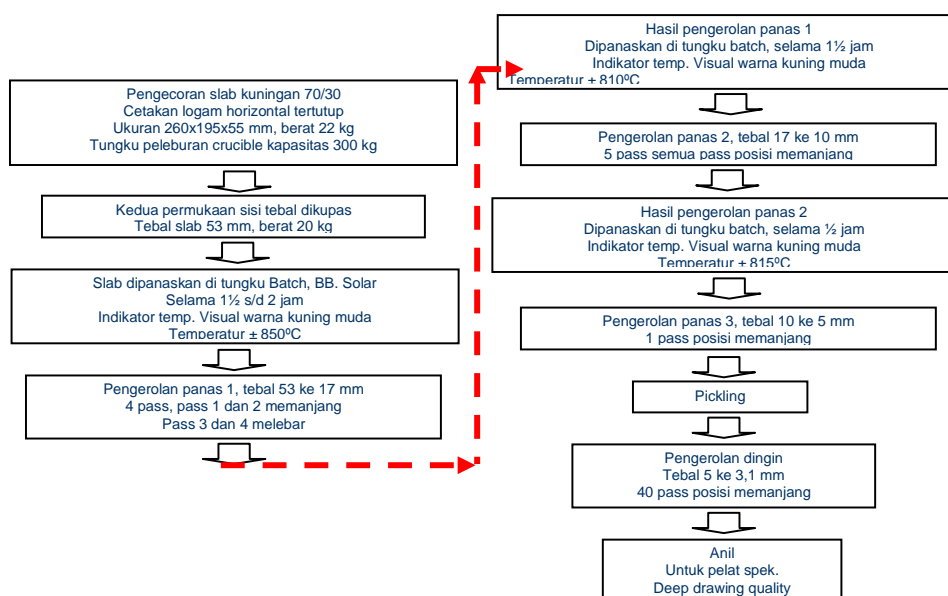
rasional, komprehensif, dan koheren. Untuk kuantitas massa, satuan yang digunakan adalah kilogram, dengan simbol kg [8].

- b. Pengujian komposisi kimia slab kuningan
- c. Pengamatan metalografi (mikro-struktur) pelat
- d. kuningan.
- e. Pengujian kekerasan pelat kuningan.
- f. Pengujian anil pelat kuningan.
- g. Analisis seluruh data pengujian yang dikaitkan dengan daftar pustaka/text dan

selanjutnya dibuatkan laporan termasuk kesimpulan.

Persiapan bahan dilakukan dengan urutan proses pengecoran dan pengerolan, sebagai berikut (lihat Gambar 1 di bawah):

1. Didahului dengan pengecoran *slab* (pelat) kuningan 70/30 pada keadaan cetakan logam horizontal tertutup dengan ukuran 260 x 195 x 55 mm, dengan berat 22 kg, menggunakan tungku peleburan *crucible* kapasitas 300 kg.



Gambar 1 Urutan Proses Uji Coba Slab

2. Selanjutnya kedua permukaan sisi tebal dikupas hingga tebal slab 53 mm, dan berat 29 kg. Lalu slab dipanaskan dalam tungku batch dengan bahan bakar solar selama satu setengah jam sampai dengan 2 jam dengan indikator temperatur secara visual warna kuning muda.
3. Kemudian dilakukan proses pengerolan panas (HR1 = Hot Roll pertama) dari tebal pelat 53 mm menjadi 17 mm, dengan langkah empat kali pass, pada: pas pertama dan kedua memanjang, pass ketiga dan keempat melebar. Hasil pengerolan pass pertama tersebut dipanaskan pada tungku batch selama satu setengah jam. Indikator temperatur visual: warna kuning muda, pada temperatur 810°C.
4. Dilanjutkan dengan pengerolan panas 2 (HR2), pada tebal 7 hingga 10 mm, sebanyak 5 kali pass, pada semua pass, posisi memanjang. Hasil pengerolan 2 (HR2) dipanaskan dalam tungku batch selama setengah jam. Indikator temperatur visual: warna kuning muda.
5. Pada pengerolan panas 3 (HR3) tebal dari 10 mm menjadi 5 mm, dengan sekali pass pada posisi memanjang.
6. Setelah itu dilakukan proses pickling, dan selanjutnya dilakukan proses pengerolan dingin (CR= Cold Roll) dari ketebalan 5 mm menjadi 3 mm sebanyak 40 pass pada posisi memanjang, diakhiri dengan proses anil (annealing, pelunakan) untuk pelat dengan spesifikasi deep drawing quality.
7. Sampel yang telah dipotong selanjutnya dipreparasi untuk dibuatkan sampel standar dan dilakukan pengujian sesuai standar perusahaan, yang meliputi:
 - a. Karakteristik komposisi kimia *slab* terhadap beberapa unsur seperti Cu, Zn, Fe, Al, dll apakah dalam rentang standar perusahaan yang diizinkan.

- b. Pengujian pass roll (HR dan CR) untuk mengetahui ukuran plat akhir yaitu ketebalan 3,1 mm.
- c. Pengujian kekerasan dalam ukuran BHN, apakah dalam rentang standar perusahaan yang diizinkan.
- d. Pengujian ukuran butiran (*Grain Size*), apakah dalam rentang standar perusahaan yang diizinkan.

CATATAN - Pengujian pada a, b, c, dan d di atas dibagi atas kondisi dengan kandungan aluminium dan tanpa aluminium.

- e. Pengujian anil, perlakuan pelunakan bahan sebagai fungsi waktu dilakukan untuk mencapai target standar perusahaan dalam hal kekerasan dan ukuran butiran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memudahkan dan membantu pemahaman standar dan standardisasi, Lal Verman (1973) mengemukakan "ruang standardisasi" dengan subyek pada sumbu-x, aspek pada sumbu-y dan level pada sumbu-z [4].

Sumbu-z

Level: Standardisasi. level menunjukkan wilayah beroperasinya suatu standar, atau dengan perkataan lain menetapkan domain atau wilayah penerapan standar tersebut. Level ditentukan oleh kelompok berkepentingan yang menerapkan standar tersebut dalam operasinya [4].

Contoh:

Standar perusahaan dirumuskan dan digunakan oleh bagian (standardisasi) dalam suatu perusahaan dan diterapkan di perusahaan itu sendiri untuk mencapai keekonomian perusahaan secara keseluruhan. Contoh: sistem pergudangan, pengemasan, administrasi, desain, pembelian, penerimaan, persyaratan dan pelatihan tenaga kerja, dan sebagainya [4].

Jadi Standar Perusahaan merupakan salah satu level standar dalam ruang standardisasi sebagaimana dikemukakan pada sumbu z di atas.

Standar Nasional dirumuskan dengan mempertimbangkan kepentingan semua pihak terkait di wilayah kedaulatan suatu negara tertentu dan ditetapkan oleh pihak berwenang yaitu organisasi standardisasi nasional. Contoh: SNI (Indonesia), MS (Malaysian Standard), dll [4].

Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah dokumen berisi ketentuan teknis (merupakan konsolidasi iptek dan pengalaman) (aturan,

pedoman atau karakteristik) dari suatu kegiatan atau hasilnya yang dirumuskan secara konsensus (untuk menjamin agar suatu standar merupakan kesepakatan pihak yang berkepentingan) dan ditetapkan (berlaku di seluruh wilayah nasional) oleh BSN untuk dipergunakan oleh pemangku kepentingan dengan tujuan mencapai keteraturan yang optimum ditinjau dari konteks keperluan tertentu. Kini diusahakan agar SNI menjadi standar nasional yang efektif (harus setara dengan standar internasional) untuk memperkuat daya saing nasional, meningkatkan (keamanan produk) transparansi dan efisiensi pasar, sekaligus melindungi (keamanan produk) keselamatan konsumen, kesehatan masyarakat, kelestarian fungsi lingkungan dan keamanan [4].

3.1 Bahan Baku dan Kapasitas pada Uji Coba Tahap Awal di Industri

Bahan baku:

- Kawat tembaga super
- Zinc Ingot SHG
- Nikel Screen
- Posphor copper
- Alumunium pelat

Kapasitas *Crucible* (Tungku Kecil)

- 300 kg

3.2 Proses peleburan (cor)

Proses Peleburan, dibagi dua, yaitu:

- Peleburan tanpa Al sebanyak 80 kg (4 *slab*)
- Peleburan + Al sebanyak 160 kg (7 *slab*)

CATATAN-Ukuran berat yang diambil adalah kg mengikuti Satuan SI. Menurut Smalman dalam bukunya yang sudah diterjemahkan "Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Modern"[8] menyebutkan bahwa The Systéme Internatonale d'Unités (SI) adalah sistem yang rasional, komprehensif, dan koheren. Untuk kuantitas massa, satuan yang digunakan adalah kilogram, dengan simbol kg [8].

3.3 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia *slab* kuningan munisi kaliber 5,56 mm dilakukan pada dua kondisi yaitu tanpa aluminium dan ditambah aluminium di industri mitra dan Polman sebanyak enam sampel uji menggunakan alat spektrometri yang dipunyai masing-masing. Tujuan pengujian ini adalah untuk membandingkan kandungan

komposisi *slab* kuningan terhadap kesesuaian dengan standar perusahaan mengacu pada standar NATO peluru SS109. Hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 Hasil karakterisasi uji coba produksi pelat kuningan (Cu-Zn 70-30) – Komposisi kimia *slab* memperlihatkan bahwa hasil pengujian komposisi kimia masih masuk dalam rentang persyaratan. Adapun bila ada hasil sampel uji yang agak di luar rentang persyaratan dikarenakan perbedaan alat, kondisi kalibrasi, dan SDM, dll di kedua lab uji, namun masih dalam konsep ketidakpastian (uncertainty) hasil pengujian.

Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh Kukul, BSN, dalam tulisannya tentang Ketidakpastian hasil pengukuran [7] bahwa pada dasarnya konsep ini merupakan bentuk implementasi dari suatu kenyataan bahwa tidak ada satupun laboratorium yang tidak melakukan kesalahan (error) dalam melakukan pengujian, walaupun hal itu sangat kecil sekali. Sehingga sebenarnya konsep ketidakpastian hasil pengujian tidak merekomendasikan suatu laboratorium untuk melaporkan hasilnya dalam bentuk nilai tunggal (single value), terutama hasil pengujian yang bersifat kuantitatif atau yang memberikan hasil numerik, tetapi melaporkannya dalam bentuk suatu rentang (range) nilai dengan menyertakan kepercayaan secara statistik [7].

Selanjutnya dikemukakan dalam tulisan tersebut bahwa karena implementasi konsep ketidakpastian hasil pengujian ini merupakan hal yang tidak mudah dan juga berpotensi pada terjadinya kenaikan biaya pengujian laboratorium secara signifikan, maka secara internasional telah disepakati bahwa ketidakpastian hasil pengujian perlu dilaporkan oleh laboratorium hanya pada kondisi tertentu saja seperti yang termuat dalam standar internasional ISO/IEC 17025, misalnya: apabila dikehendaki oleh pelanggan, atau apabila laboratorium melaporkan suatu hasil yang sangat dekat dengan batas pengambilan keputusan, dan lain-lain. Kemudian dalam konteks penyelesaian dispute, walaupun dua hasil pengujian laboratorium berbeda, akan tetapi apabila kedua hasil tersebut masih masuk dalam rentang ketidakpastian yang diperhitungkan dari kedua hasil tersebut maka harus disimpulkan bahwa kedua hasil tersebut tidak berbeda [7].

Dari Tabel 1 tampak bahwa sampel no.3 Polman yang paling memenuhi persyaratan standar perusahaan mengacu pada standar NATO peluru SS109 slab/pelat kuningan (Cu-Zn 70-30) yaitu tepatnya (69.7585-30.0544) pada kondisi tanpa aluminium (kandungan 0,0680 atau kecil sekali sehingga nyaris dianggap tidak ada

kandungan aluminium dari komposisi kimia total).

Pada kondisi dengan aluminium (kandungan aluminium 0,12 ke atas dari komposisi kimia total) pada sampel 4, 5 dan 6 Polman tampak kebanyakan komposisi di luar rentang persyaratan, meski untuk komposisi Cu-Zn masih dalam rentang persyaratan (Cu: 69,5 – 72, dan Zn: sisa) sehingga tidak direkomendasikan untuk digunakan.

Dengan demikian hasil karakterisasi uji coba produksi pelat kuningan (Cu-Zn 70-30), Komposisi kimia slab, secara visual pada sebelas sampel, masing-masing sebanyak enam sampel untuk pengujian tanpa Al, dan empat sampel untuk pengujian yang ditambah aluminium, pada dua lab (mitra industri dan Polman) sebagai uji profisiensi untuk mendapatkan tingkat validitas dan reliabilitas terhadap hasil/pengolahan data, adalah sebagai berikut:

- Komposisi Cu-Zn terpenuhi (70-30)
- Fluidity baik.
- Temperatur lebur tidak setinggi tanpa Al
- Perlu pengecekan komposisi tiap sampel sebagai pembandingan untuk melihat unsur lain seperti: Al, Ni, Fe dll untuk sampel pada industri mitra.

Menurut Paul De Garmo dalam bukunya *"Materials and Processes in Manufacturing"* [6] menyebutkan bahwa secara mendasar, pengecoran (*casting*) merupakan peleburan material liquid-utamanya logam yang bisa meleleh (*molten metal*)- kedalam rongga yang sudah dipersiapkan sebelumnya atau mold, dan untuk memperoleh bentuk yang diinginkan [6].

Standar Nasional Indonesia (SNI) terkait dalam hal ini adalah: SNI 07-1584-1989, *Kuning pelat dan strip* [3], dengan abstraksi bahwa standar ini meliputi definisi, syarat mutu, cara pengambilan contoh, cara uji, syarat lulus uji, cara pengemasan, dan syarat penandaan. Syarat mutu meliputi simbol dan komposisi kimia, sifat tampak, sifat mekanis dan fisis, dimensi dan toleransi produk kuningan pelat dan strip dinyatakan lulus uji bila memenuhi persyaratan mutu apabila syarat mutu telah dilaksanakan secara konsekuen. Kode *International Classification of Standard* (ICS) adalah: ICS: 77.120.30, Tembaga dan paduan tembaga.

Kode pada sistem penomoran barang di bea cukai manganut HS (*Harmonized System*):

1. 7409.21.00.00 - Dari paduan dasar tembaga-seng (kuningan): --Dalam gulungan
2. 7409.29.00.00 - Dari paduan dasar tembaga-seng (kuningan): -Lain-lain [3].

Tabel 1 Hasil Karakterisasi Uji Coba Produksi Pelat Kuningan (Cu-Zn 70-30)-Komposisi Kimia Slab

Unsur	Tanpa Aluminium dan ditambah Aluminium											Standar Persh. (PIN-DAD)
	Tanpa Aluminium						Ditambah Aluminium					
	1		2		3		4		5		6	
Ind. Mitra	Polman	Ind. Mitra	Polman	Ind. Mitra	Polman	Ind. Mitra	Polman	Ind. Mitra	Polman	Polman		
Cu	79.11	76.124	75.42	73.6046	71.84	69.7585	72.32	70.6699	71.25	69.4299	70.3050	59.5-72
Zn	20.67	23.7744	24.15	26.2040	27.93	30.0544	27.5	29.0244	28.54	30.1851	29.3186	sisa
Pb	-	0.0116	-	0.0108	-	0.0099	-	0.0108	-	0.0106	0.0101	0.05 max.
Fe	-	-	-	0.0534	-	0.0576	-	0.0787	-	0.0178	0.1094	0.05 max.
Ni	-	-	-	0.0945	-	0.0896	-	0.0798	-	0.0776	0.0790	0.2 max.
Al	-	0.0072	-	0.0067	-	0.0680	-	0.1208	-	0.1611	0.1491	0.03 max.
P	-	0.0010	-	0.0016	-	0.0017	-	0.0033	-	0.0035	0.0036	0.05 max.
Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	-	0.0032	-	0.0033	-	0.0028	-	0.0032	-	0.0033	0.0032	-
Sb	-	0.0007	-	0.0026	-	0.0051	-	0.0050	-	0.0063	0.0065	0.01 max
Mg	-	0.0003	-	0.0001	-	0.0003	-	0.0003	-	0.0003	0.0002	-
Sn	-	0.0250	-	0.0194	-	0.0160	-	0.0181	-	0.0169	0.0176	0.03 max

Sumber: Hasil olahan data primer penelitian

Keterangan:

Sampel 3 yang mewakili *slab* kuningan tanpa aluminium, komposisi sudah sesuai standar.

Sampel 5 yang mewakili *slab* kuningan yang ditambah aluminium, komposisi belum sesuai standar terutama, karena tingginya kandungan Al

3.4 Hasil Pengamatan pada Kondisi Hot Roll dan Cold Roll

Uji coba pengerolan (giling) pelat kuningan pada kondisi *Hot Roll* (HR) dan *Cold Roll* (CR) dua kali *charge* untuk sebelas dan tujuh sampel, dengan temperatur awal dan akhir masing-masing *pass* yang berbeda dilakukan menggunakan mesin rol *two high mill*, pengamatan dilakukan secara visual, lihat Tabel 2 di bawah.

Pada *charge* 1, terdapat keadaan pecah pada percobaan pelat sampel nomor 3 *Hot Roll* ke 3 (HR3), dan pelat sampel nomor 5 HR3, serta retak pada pelat sampel no 6 dan 8 (ujung).

Pada *charge* 2, terdapat keadaan sobek kecil pada pelat sampel nomor 15, dan sobek besar pada pelat sampel nomor 18, kesemuanya terjadi pada HR2.

Namun secara keseluruhan keadaan ini tidak mempengaruhi hasil, karena yang dicari adalah sampel yang bisa menghasilkan tebal akhir sesuai dengan target standar yang ditetapkan perusahaan mengacu pada standar NATO SS109. yaitu 3,1 mm, sebagaimana hasil pengukuran pada sampel no. 1 dengan 6.

Jumlah sampel ini dianggap sudah cukup mewakili, meski sampel lain tidak diukur ketebalan akhir, dan tiga dari enam sampel di atas tidak ada keterangan cacat.

Pada sampel yang tidak cacat tersebut (no. 1, 2 dan 4) mempunyai temperatur roll awal percobaan T₁ Hot Roll (HT) 750°C minimum dan temperatur roll akhir percobaan T₂ Hot Roll (HT) 603°C minimum, atau temperatur roll awal percobaan Hot Roll (HR) 820°C maksimum dan temperatur roll akhir percobaan T₂ Hot Roll (HR) 715°C maksimum.

Banyak *pass* percobaan Cold Roll (CR) 27 kali minimum dan 36 kali maksimum pada tiga sampel yang sama (no. 1, 2 dan 4). *Pass* sebanyak ini dimungkinkan karena benda kerja *slab* kuningan sudah dingin sehingga tidak menyulitkan pekerjaan pengerolan, dan didapat data tebal akhir pelat kuningan 3,14 mm minimum dan 3,15 mm, dianggap masih memenuhi standar yang ditetapkan perusahaan mengacu pada standar NATO SS109. yaitu 3,1 mm.

Hasil lebih presisi dapat tercapai bila menggunakan mesin rol yang lebih canggih *four high mill*, sehingga pengaruh penurunan temperatur karena lambatnya penyetelan benda

kerja *slab* dalam keadaan panas ke mesin rol bisa dihindari.

Standar Nasional Indonesia (SNI) terkait dalam hal ini adalah: SNI 05-1194-1989 [3], Mesin rol pelat logam, Cara uji ketelitian., dengan abstraksi bahwa standar ini hanya berlaku untuk mesin rol yang pengaturan kedudukan rol secara manual, dengan kondisi

tempat pengujian harus memenuhi persyaratan yang ditentukan. Peralatan uji yang digunakan adalah batang pelurus, pendatar, pelat baja uji, jam ukur dan perlengkapan dan mikrometer dalam..Kode International Classification of Standard (ICS) adalah: 25.120.20, Peralatan rol, ekstruding dan tarik [3].

Tabel 2 Hasil Uji Coba *Roll* Pelat Kuningan pada Kondisi *Hot Roll* dan *Cold Roll* Dua Kali *Charge* untuk Sebelas dan Tujuh Sampel

No Pelat (sampel)	HR1				HR2			HR3			CR			Tebal Akhir	Keterangan
	t_o	T_o	T_i	Banyak Pass	T_o	T_i	Banyak Pass	T_o	T_i	Banyak Pass	t_o	t_i	Banyak Pass		
1		820	659	5	769	701	1	750	603	1			27	3.14	
2		816	648	5	764	706	1	750	609	1			36	3.15	
3		820	630	5	776	715	1	754	611	1			33	3.16	Pecah (HR3)
4		820	644	5	785	700	1	769	628	1	6.6		29	3.14	
5	46	820	619	5	790	670	1	800	621	1				3.11	Pecah (HR3)
6	43.5	814	629	5	738	689	1	755	650	1			32	3.09	Sample, retak (HR3)
7				5			1			1					Patah
8			616	5	743	688	1	758	584	1			25		Ujung banyak retak-retak (HR2)
9	44	820	608	5	750	701	1	760	592	1			29		
10		810	616	5	758	692	1	760	617	1			35		
11		814	589	5	786	689	1	730	622	1					
12		813	503	5	778	690	1	743	652	1			33		
13		820	620	5	774	689	1	750	610	1					
14			544	5	770	709	1	790	600	1			30		
15		820	612	5	780	711	1	766	608	1			32		Sobek kecil (HR2)
16		825	585	5	760	689	1	750	598	1			26		
17		820	615	5	789	690	1	756	627	1			34		
18		825	594	5	651	584	1	770	675	1					Sobek besar (HR2)

Sumber Data: Hasil Olahan Data Penelitian

Keterangan:

HR1= Hot Roll percobaan

HR2= Hot Roll percobaan kedua

HR3= Hot Roll percobaan ketiga

CR= Cold Roll.

Pass= Banyak kali pengerjaan pelat melewati roll

t_o = Waktu (detik).

T_1 = Temperatur roll awal percobaan HR

T_2 = Temperatur roll akhir percobaan HR

t_1 = Temperatur roll awal percobaan CR

t_2 = Temperatur roll akhir percobaan CR (Giling)

3.5 Hasil Uji Kekerasan dan Butiran

a. Hasil Uji Kekerasan sebelum Anil

Pengujian kekuatan kekerasan bahan baku pelat kuningan munisi kaliber 5,56 mm dilakukan pada sampel di atas dalam kondisi Hot Roll dan Cold Roll dengan menggunakan mesin uji kekerasan Brinell. Pengujian menggunakan standar ASTM yang dipunyai pihak lab sesuai ruang lingkup standar dan parameter uji, menurut akreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN). Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan kekerasan pada sampel pelat kuningan munisi kaliber 5,56 mm terhadap persyaratan standar yang ditetapkan perusahaan mengacu pada

standar NATO SS109, yaitu 75-90 Brinell Hardness Number (BHN).

Dari Gambar 2, didapat kekerasan (*hardness*):

Tanpa Al:

Kondisi *Hot Roll* (HR):

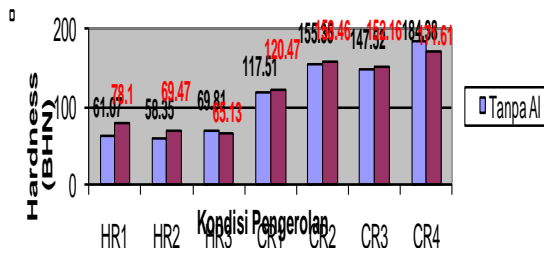
- HR1: 51,07 BHN
- HR2: 58,35 BHN
- HR3: 69,81 BHN

Kondisi *Cold Roll* (CR):

- CR1: 117,5 BHN
- CR2: 155,35 BHN

- CR3: 147,52 BHN
- CR4: 184,38 BHN.

Berhubung kekerasan akhir dalam kondisi Cold Roll (CR4) sebesar 184,38 BHN, masih jauh dari standar perusahaan yang mengacu pada standar NATO SS109, yaitu pada rentang: 75 – 90 BHN, maka perlu tindakan anil/ perlakuan pelunakan material.



Gambar 2 Hasil Uji Kekerasan Brinell

b. Hasil Pengamatan Metalografi (Mikro struktur) sebelum Anil

Pengamatan mikrostruktur pelat kuningan munisi kaliber 5,56 mm dilakukan dengan menggunakan mikroskop yang dimiliki lab yang disub pekerjaan ini menggunakan standar ASTM E112 kearah memenuhi standar perusahaan mengacu standar NATO SS109, dengan hasil, lihat Gambar 3 di atas, sebagai berikut:

Kondisi Hot Roll:

- HR1 (Tebal Pelat 17 mm), Grain Size 0,037 mm.
- HR2 (Tebal Pelat 9 mm), Grain Size 0,041 mm.
- HR3 (Tebal Pelat 6 mm), Grain Size 0,03 mm.

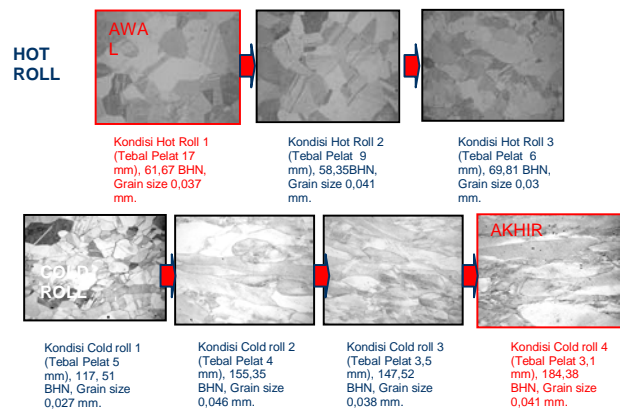
Kondisi Cold Roll:

- CR1 (Tebal Pelat 5 mm), Grain Size 0,027 mm.
- CR2 (Tebal Pelat 4 mm), Grain Size 0,046 mm.
- CR3 (Tebal Pelat 3,5 mm), Grain Size 0,038 mm.
- CR4 (Tebal Pelat 3,1 mm), Grain Size 0,041 mm.

(Target perusahaan: 0,30 – 0,70 mm).

Menurut Callister, William, dalam bukunya yang berjudul “Fundamental of Materials Science and Engineering, An Integrated Approach” [5], menuliskan bahwa ukuran butiran (*grain size*) sering ditentukan jika dalam konsiderasi properti material polycrystalline. Terdapat sejumlah teknik ukuran ditentukan dalam istilah volume butiran, diameter, atau luas. Ukuran butir dapat diestimasi dengan menggunakan metode *intercept*, Metode yang paling umum adalah

yang dikembangkan oleh the American Society for Testing and Materials (ASTM), yaitu ASTM STANDARD E 112, ‘Standar Methods for Estimating the Average Grain Size for Metals’ [5]. Standar ini pula yang digunakan dalam uji butiran di atas.



Gambar 3 Hasil Uji Butiran Struktur Mikro

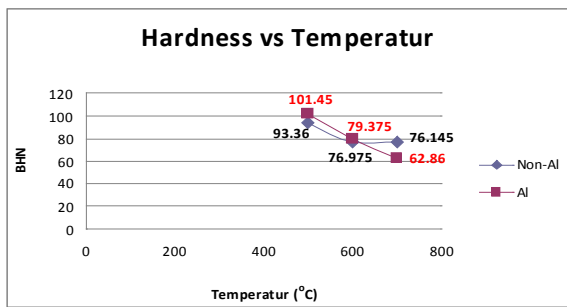
c. Hasil Pengujian Anil tanpa Al

Pengujian anil tanpa aluminium pada bahan baku pelat kuningan munisi kaliber 5,56 mm dilakukan pada sampel di atas dengan menggunakan mesin anil yang mampu memberikan perlakuan pelunakan material. Pengujian menggunakan standar ASTM yang dipunyai pihak lab sesuai ruang lingkup standar dan parameter uji, menurut akreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN). Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan kekerasan yang telah dilunakan pada sampel pelat kuningan munisi kaliber 5,56 mm terhadap persyaratan standar yang ditetapkan perusahaan mengacu pada standar NATO SS109, yaitu kekerasan 75 – 90 BHN dan ukuran butiran 0,030-0,070 mm.

Sebagaimana dikemukakan di atas, karena pada kekerasan akhir dalam kondisi Cold Roll (CR4) sebesar 184,38 BHN, masih jauh dari standar perusahaan yang mengacu pada standar NATO SS109, yaitu pada rentang: 75 – 90 BHN, maka perlu tindakan anil/ perlakuan pelunakan material.

Proses *annealing* ini dilakukan pada alat anil yang mampu melakukan proses pelunakan material sesuai yang diinginkan, dan hal ini terjadi pada temperatur 600°C ditahan selama tiga menit, anil tanpa Al, tercapai kekerasan 76,975 BHN dan ukuran butiran 0,0525 mm.

Target standar perusahaan adalah kekerasan 75 – 90 BHN dan ukuran butiran 0,030-0,070 mm.



Gambar 4 Hasil Uji Kekerasan Versus Waktu Pada Proses Anil Tanpa Al

d. Hasil Pengujian Anil dengan Al

Pengujian anil dengan aluminium pada bahan baku pelat kuningan munisi kaliber 5,56 mm dilakukan pada sampel di atas dengan menggunakan mesin anil yang mampu memberikan perlakuan pelunakan material. Pengujian menggunakan standar ASTM yang dipunyai pihak lab sesuai ruang lingkup standar dan parameter uji, menurut akreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN). Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan kekerasan yang telah dilunakan pada sampel pelat kuningan munisi kaliber 5,56 mm terhadap persyaratan standar yang ditetapkan perusahaan mengacu pada standar NATO SS109, yaitu kekerasan 75 – 90 BHN dan ukuran butiran 0,030-0,070 mm .

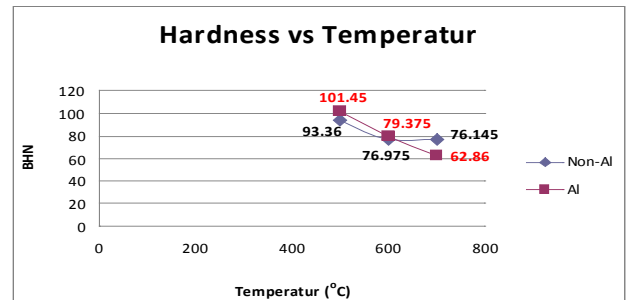
Sebagaimana dikemukakan di atas, karena pada kekerasan akhir dalam kondisi Cold Roll (CR4) sebesar 184,38 BHN, masih jauh dari standar Perusahaan yang mengacu pada standar NATO SS109, yaitu pada rentang: 75 – 90 BHN, maka perlu tindakan anil/ perlakuan pelunakan material.

Proses annealing ini dilakukan pada alat anil yang mampu melakukan proses pelunakan material sesuai yang diinginkan, dan hal ini terjadi pada temperatur 600°C ditahan selama tiga menit, anil dengan Al, tercapai kekerasan 79,375 BHN dan ukuran butiran 0,0539 mm.

Target standar perusahaan adalah kekerasan 75 – 90 BHN dan ukuran butiran 0,030-0,070 mm

Sebagai kesimpulan hasil pengujian anil tanpa Al dan hasil pengujian anil dengan Al,

bahwa ternyata anil tanpa Al menghasilkan kekerasan yang lebih lunak yaitu sebesar 76,975 BHN dibandingkan anil dengan Al yaitu kekerasan sebesar 79,375 BHN, demikian pula untuk ukuran butiran pada anil tanpa Al menghasilkan ukuran butiran yang lebih kecil yaitu sebesar 0,0525 mm dibandingkan anil dengan Al yaitu ukuran butiran sebesar 0,0539 mm. Namun baik anil tanpa Al maupun Anil dengan Al, keduanya masih masuk dalam rentang persyaratan standar perusahaan yang mengacu pada standar NATO SS109, yaitu kekerasan 75 – 90 BHN dan ukuran butiran 0,030-0,070 mm, namun perlu rekristalisasi.



Gambar 5 Hasil Uji Kekerasan Versus Waktu pada Proses Anil Dengan Al

3.6 Biaya Produksi Pelat Kuningan PT. X

Secara umum biaya produksi (manufaktur) atau biasa disebut Biaya (Harga) Pokok, meliputi biaya material langsung dan tidak langsung, biaya buruh langsung (operator) dan tidak langsung atau kadang disebut jam orang, biaya mesin atau kadang disebut jam mesin. Mengingat sulitnya menghitung biaya penelitian dan pengembangan (Litbang), dan biaya lain (asuransi, bunga bank, investasi, profit/tax, transpor, dsb), yang dalam hal ini dimasukkan dalam biaya umum, dilakukan pendekatan bahwa biaya umum adalah 50% dari Harga Pokok, sehingga seluruh biaya lain yang tidak terhitung dapat terpenuhi.

Biaya produksi pelat kuningan per kg = Rp 55,838.000/160 kg = Rp 348,987.5, atau Biaya produksi pelat kuningan per lembar = Rp 55,838.000/11 lembar = Rp 5,076,181.8, yang secara rinci tercantum dalam Tabel 3 di atas.

Tabel 3 Perhitungan Biaya Produksi Pembuatan Pelat Kuningan Munisi Kaliber 5,56 mm

No	Elemen Biaya	Nama material	Perhitungan	Sub jumlah	Jumlah
1	Biaya material	a. Scrap tembaga	@ Rp 60,500 x 300 kg	Rp 18,150,000	
		b. Zinc ingot	@ Rp 49,500 x 69 kg	Rp 3,415,500	
		c. Scrap Kuningan	@ Rp 41,250 x 300 kg	Rp 12,375,000	
		d. Degasser (Tube)	@ Rp 33,000 x 12 pcs	Rp 396,000	
		f. Cover Flux	@ Rp 18,150 x 25 kg	Rp 453,750	
		g. Slag Coagulant	@ Rp 9,900 x 25 kg	Rp 247,500	
		h. Mould coating	@ Rp 19,250 x 25 kg	Rp 481,250	
		i. Minyak solar	@ Rp 4,950 x 500 liter	Rp 2,475,000	
		Sub Total Rp 38,390,000			
2	Biaya mesin		2200 watt x 8 jam x Rp 630		Rp 11,088,000
3	Biaya operator		@Rp 6,800 x 8jam x 10orang		Rp 544,000
4	Biaya umum		50 % x (Rp 11,088,000 + Rp 544,000)		Rp 5,816,000
Total Biaya Produksi Pelat Rp 55,838,000					

4. KESIMPULAN

Percobaan dilakukan dalam skala lab dan skala industri untuk pelat kuningan munisi. Bahan baku: Kawat tembaga super, Zinc Ingot SHG, Nikel Screen, Poshpor copper, dan Alumunium pelat. Peleburan tanpa Al sebanyak 80 kg (4 Slab), dan peleburan + Al sebanyak 160 Kg (7 Slab).

Hasil karakterisasi uji coba produksi pelat kuningan (Cu-Zn 70-30) – Komposisi kimia slab: kandungan kimia Cu masih dalam rentang standar Perusahaan, demikian pula unsur Pb, Fe, Ni, P, Sb, dan Sn masih berada di bawah ambang batas standar Perusahaan. Biaya produksi pelat kuningan per kg = Rp 55,838.000 /160 kg= Rp 348,987.5, atau Biaya produksi pelat kuningan per lembar= Rp 55,838.000 / 11 lembar= Rp 5,076,181.8.

Kemandirian alutsista hankam dalam menghadapi kemungkinan darurat perang akibat diembargo mutlak diperlukan, termasuk dalam bahan pelat munisi dan brass cup buatan dalam negeri untuk munisi kaliber kecil 5,56 mm khususnya tipe kode Pindad MU5 Tj sebagai peluru yang paling banyak digunakan di pasukan TNI, satu paket dengan senjata senapan serbu SS1. SNI terkait, antara lain tentang kuningan pelat, dan mesin rol pelat logam, dapat dimanfaatkan sebagai standar nasional yang sudah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, *The Handbook of Standardization*; the American Society for Testing and Material, ASTM International.
- BPPT, (2009), Pengembangan Inovasi Proses Manufaktur Logam untuk Industri Hankam dan Transportasi, Program Manual Logam Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
- BSN, (2009), Direktori Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Lembaga Penilaian Kesesuaian, Badan Standardisasi Nasional
- , (2009), *Pengantar Standardisasi, textbook*, Edisi Pertama
- Callister, William, (2005), *Fundamental of Materials Science and Engineering, An Integrated Approach*, John Wiley & Sons, Inc
- DeGarmo, Paul, (1979), *Materials and Processes in Manufacturing*, Collier MacMillan International Editions
- Kukuh, (2008), Ketidakpastian Hasil Pengukuran, SNI Valuasi, Majalah Standardisasi Nasional, Badan Standardisasi Nasional ISSN 1978-6174
- Smallman and Bishop, (1999), *Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material* (diterjemahkan oleh Ir. Sriati Djaprie, M.Met), Penerbit Erlangga
- PT. Pindad (2008), Spesifikasi Munisi Kaliber Kecil 5,56 mm, PT Pindad (Persero)