



Prediksi Usia Simpan Amunisi Kaliber Kecil dan Uji Performa Balistiknya: Studi di Gudang Senjata AAU

Prediction of The Shelf Life of Small-Caliber Ammunition and Its Ballistic Performance Test: Study in The Arsenal of Air Force Academy

Rhestu Pradhipta Jati¹, M. Sakti La Ore^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara Yogyakarta, Indonesia
E-mail: rhestu455.aero18@gmail.com, laoresakti@gmail.com

Abstract— *Research has been carried out on small caliber ammunition (MU1-JHP, MU2-TJ, and MU5-TJ) produced by PT. Pindad to predict the remaining shelf life of ammunition with the propellant stability test method and calculate the shelf life using the Berthelot equation. In addition, ballistic performance tests are also carried out to determine the feasibility of ammunition with predetermined specification standards. From the research results showed that on the MU1-JHP ammunition caliber 9 mm 2010 (the oldest lot number in stock in the warehouse for the same type) and lot number 2015 (youngest) was predicted that the remaining shelf life was 14.69 and 16.16 years, respectively. The MU2-TJ ammunition caliber 7.62 mm lot number 1992 (oldest) and 1994 (youngest) was predicted the remaining shelf life was 4.41 years and 5.88 years, respectively. The MU5-TJ ammunition caliber 5.56 mm lot number 2015 (oldest) and 2017 (youngest) was predicted to have a remaining shelf life of 19.10 years and 11.75 years, respectively. The results of the ballistic performance test (gas pressure, speed and accuracy) of small caliber ammunition on the MU1-JHP ammunition caliber 9 mm lot number 2010 and 2015 both still meet the standard specifications. The ballistic performance of the MU2-TJ ammunition caliber 7.62 mm lot number 1992 and 1994 both did not meet the specifications. The ballistic performance of the MU5-TJ ammunition caliber 5.56 mm lot number 2015 and 2017 both still meet the standard specifications.*

Keywords— Shelf Life, Propellant Stability Test, Ballistic Test, small caliber ammunition

Abstrak— *Telah dilakukan penelitian pada amunisi kaliber kecil (MU1-JHP, MU2-TJ, dan MU5-TJ) produksi PT. Pindad untuk memprediksi sisa usia simpan amunisi dengan metode uji stabilitas propelan dan menghitung usia simpan dengan persamaan Berthelot. Selain itu, uji performa balistik juga dilakukan untuk mengetahui kelayakan amunisi dengan standar spesifikasi yang telah ditentukan. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pada amunisi MU1-JHP kaliber 9 mm lot number 2010 (lot number tertua pada stok di gudang untuk jenis yang sama) dan 2015 (termuda) diprediksi sisa usia simpan berturut-turut adalah 14,69 dan 16,16 tahun. Amunisi MU2-TJ kaliber 7,62 mm lot number 1992 (tertua) dan 1994 (termuda) diprediksi sisa usia simpan berturut-turut adalah 4,41 tahun dan 5,88 tahun. Amunisi MU5-TJ kaliber 5,56 mm lot number 2015 (tertua) dan 2017 (termuda) diprediksi sisa usia simpan berturut-turut adalah 19,10 tahun dan 11,75 tahun. Hasil uji performa balistik (tekanan gas, kecepatan dan akurasi) amunisi kaliber kecil pada amunisi MU1-JHP kaliber 9 mm lot number 2010 dan 2015 keduanya masih sesuai standar spesifikasi. Performa balistik amunisi MU2-TJ kaliber 7,62 mm lot number 1992 dan 1994 keduanya sudah tidak sesuai*

standar spesifikasi. Performa balistik amunisi MU5-TJ kaliber 5,56 mm lot number 2015 dan 2017 keduanya masih sesuai standar spesifikasi.

Kata Kunci— Usia simpan, Uji Stabilitas Propelan, Uji Balistik, Amunisi Kaliber Kecil.

I. PENDAHULUAN

Amunisi merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari senjata api, baik senjata laras panjang, senjata laras pendek, senjata mesin maupun *shotgun*. Salah satu bagian penting dari amunisi yang harus diawasi kualitasnya adalah isian dorong amunisi atau propelan. Propelan merupakan bahan bakar suatu senjata konvensional yang mampu mengubah energi yang dimilikinya menjadi energi kinetik saat terjadi pembakaran ketika munisi telah diketuk pada primernya. Salah satu parameter penting yang mempengaruhi kinerja munisi adalah tingkat pembakaran propelannya [1]. Pembakaran ini menghasilkan tekanan gas dan mampu memberikan gaya dorong yang mampu menggerakkan dan mempercepat laju proyektil ke depan dan keluar dari laras senjata [2]. Namun demikian, propelan amunisi mempunyai *shelf life* atau usia penyimpanan tertentu yang dapat diprediksi melalui pengujian kimia yaitu *propellant stability test* (uji stabilitas). Stabilitas propelan menjadi salah satu gambaran usia propelan dalam penyimpanan sebab propelan dapat mengurai tergantung kondisi temperatur ruangan karena hilangnya zat-zat stabilisator yang telah ditambahkan pada saat produksi propelan amunisi. Zat-zat stabilisator tersebut berfungsi sebagai pengikat gas nitrogen oksida untuk mencegah terjadinya penguraian. Untuk memastikan kehandalan amunisi tersebut perlu pengujian performa balistik meliputi kecepatan, *gas pressure*, dan akurasi.

Menurut Petunjuk Teknik Udara nomor 220 [3] dalam pemeliharaan senjata dan amunisi di TNI Angkatan Udara (TNI AU) salah satu bentuk pemeliharaan amunisi dalam penyimpanan adalah pengujian laboratorium kimia diantaranya uji stabilitas propelan (isian dorong). Kondisi-kondisi lingkungan seperti temperatur dan kelembaban sangat penting untuk diperhatikan karena setiap amunisi dalam hal ini isian dorongnya mempunyai *safe storage life* (usia aman dalam penyimpanan) yang selanjutnya disebut usia propelan sehingga mempengaruhi performa amunisi. Begitu pula dengan penyimpanan amunisi kaliber kecil di gudang senjata Akademi Angkatan Udara (AAU) memerlukan kondisi gudang amunisi dengan temperatur dan kelembaban yang seimbang sehingga propelan amunisi memiliki usia propelan yang panjang. Prediksi usia propelan amunisi kaliber kecil dalam penyimpanan sangat dibutuhkan untuk mengetahui seberapa lama propelan amunisi tersebut terurai sehingga amunisi menjadi rusak atau berbahaya untuk disimpan. Pada penguraian propelan akan mengeluarkan gas nitrogen monoksida (NO), tidak berwarna dan tidak berbau, tetapi dengan udara (O₂) akan cepat sekali berubah menjadi nitrogen dioksida (NO₂), yaitu karakteristik gas mengeluarkan warna coklat kemerahan dan berbau sehingga akan membahayakan kesehatan [4]. Gas NO₂ ini jika dibiarkan akan mempercepat penguraian dan akan terjadi reaksi autokatalitis, bersamaan dengan kenaikan temperatur akan timbul temperatur panas, bila mencapai titik nyala (*ignition temperature*) 165–180 °C propelan akan menyala dengan sendirinya (*self ignition*). Jika dalam penyimpanan dengan volume yang banyak dan dalam keadaan tertutup, maka akan terjadi ledakan [5].

Berdasarkan uraian di atas, penulis melakukan penelitian untuk memprediksi usia simpan amunisi kaliber kecil (MU1-JHP, MU-2TJ, MU-5TJ) yang tersimpan di gudang senjata Akademi Angkatan Udara, serta melakukan uji balistik amunisi tersebut.

II. LANDASAN TEORI

A. Amunisi

Amunisi adalah suatu benda yang berisi bahan peledak/bahan kimia/bahan biologi/bahan radio aktif, yang dikemas dalam wadah tertentu dengan bentuk, sifat dan balistik serta komposisi jumlah dan jenis tertentu, agar aman untuk disimpan, diangkut, dilemparkan, dijatuhkan, ditembakkan, diledakkan, dikendalikan atau dengan cara lain, dengan tujuan untuk menghancurkan atau merusak sasaran [6]. Menurut *Technical Manual TM 9-1300-200* [7], amunisi kaliber kecil adalah suatu amunisi atau kelompok amunisi yang ditujukan untuk digunakan dalam berbagai jenis senjata genggam atau terpasang sampai dengan kaliber 30 milimeter.

Dalam katalog PT. Pindad [8], karakteristik balistik amunisi kaliber kecil yang tersimpan di gudang senjata AAU antara lain :

1) MU1-JHP kaliber 9 x 19 mm.

Parameter performa balistiknya antara lain velocity pada jarak 12,5 meter ($v_{12.5}$) adalah 320 m/s, tekanan gas rata-rata maksimum 2.600 kg/cm² dan akurasi pada jarak 25 meter adalah maksimum diameter 14 cm.

2) MU2-TJ Kaliber 7,62 x 51 mm.

Parameter performa balistiknya antara lain velocity pada jarak 10 meter (v_{10}) adalah 837 m/s, dan tekanan gas rata-rata maksimum 3.300 kg/cm².

3) MU-5TJ Kaliber 5,56 x 45 mm. (twist 7 inchi)

Parameter performa balistiknya antara lain velocity pada jarak 25 meter (v_{25}) adalah 915 m/s, tekanan gas rata-rata maksimum 3.800 kg/cm² dan akurasi pada jarak 100 meter adalah maksimum (Horizontal+Vertikal) 20 cm.

B. Propelan.

Propelan merupakan bahan bakar suatu senjata konvensional yang mampu mengubah energi yang dimilikinya menjadi energi kinetik saat terjadi pembakaran ketika amunisi telah diketuk pada primernya. Salah satu parameter penting yang mempengaruhi kinerja munisi adalah tingkat pembakaran propelannya. Pembakaran ini menghasilkan tekanan gas dan mampu memberikan gaya dorong yang mampu menggerakkan dan mempercepat laju proyektil ke depan dan keluar dari laras senjata. Nilai pembakaran tergantung pada banyak faktor seperti tekanan gas bakar, geometri propelan, temperatur pembakaran, komposisi propelan, oksidator dan lainnya [2].

Berdasarkan komposisi propelan modern diklasifikasikan antara lain: Pertama, *single base* dengan komposisi utamanya adalah nitroselulosa, dan komposisi tambahan *stabilizer*. Kedua, *double base* dengan komposisi nitroselulosa dan nitrat organik cair seperti nitrogliserin yang dapat mengelatinasi nitroselulosa. Ketiga, Propelan komposit tidak mengandung nitroselulosa atau nitrat organik tetapi mengandung campuran fisik *fuel* organik (seperti amonium pikrat), senyawa oksidator anorganik (seperti kalium nitrat) dan *organic binder agent*.

C. Uji Stabilitas Propelan

Prinsip uji stabilitas didasarkan pada ketidakstabilan propelan itu sendiri karena pada penguraian propelan tersebut akan mengeluarkan gas nitrogen monoksida (NO), tidak berwarna dan tidak berbau, tetapi dengan udara (oksigen) akan cepat sekali berubah menjadi nitrogen dioksida (NO₂), yaitu karakteristik gas mengeluarkan warna coklat dan berbau sehingga akan membahayakan kesehatan. Gas nitrogen dioksida ini jika dibiarkan akan mempercepat penguraian, akan terjadi reaksi autokatalitis, bersamaan dengan kenaikan temperatur akan timbul temperatur panas, bila mencapai titik nyala (*ignition temperature*) 165 – 180 °C propelan

akan menyala dengan sendirinya (*self ignition*). Jika penyimpanan dengan volume yang banyak dan dalam keadaan tertutup, maka akan terjadi ledakan. [9].

Salah satu metode uji stabilitas propelan *single base* dan *double base* adalah dengan pengamatan uap coklat secara langsung. Dalam metode ini adalah sampel hanya dipanaskan dalam *heat storage apparatus* dengan suhu tertentu, seperti *Lenze and Pleuse stability test* pada temperatur 75 °C dan 100 °C. Dalam metode ini keluarnya uap coklat membutuhkan waktu 15 hari pada temperatur 75 °C dan 12 hari pada temperatur 100 °C untuk amunisi kaliber kecil. Dalam penelitian ini, metode ini akan digunakan dengan sedikit modifikasi menggunakan suhu 95 °C, sebab perhitungan kestabilan dengan persamaan Berthelot dan penentuan kelas propelan menggunakan temperatur 95 °C, serta menggunakan peralatan oven pemanas.

Persamaan Berthelot yang menjadi referensi perhitungan dan penjelasan stabilitas propelan amunisi dalam buku *Explosives* oleh *Arthur Marshall* tahun 1917 dalam [5], diperoleh persamaan sederhana sebagai berikut :

$$V = k^t \times c \quad (1)$$

dimana : V = kecepatan reaksi (*the velocity of reaction*).

k dan c = Konstanta

t = temperatur

Dari persamaan (1) yang di-logarima-kan maka diperoleh persamaan (2) sebagai berikut:

$$\log V = t \log k + \log c \quad (2)$$

jika pada persamaan (2) **log k** disimbolkan dengan **K**, dan **log c** disimbolkan dengan **C**, maka persamaan (2) menjadi :

$$\log V = K t + C \quad (3)$$

di mana konstanta C tergantung pada kemurnian senyawa, derajat nitrasi dan satuan dimana kecepatan reaksi diukur, dan K tergantung pada sifat alami dari senyawa.

Berdasarkan data-data eksperimen, maka diperoleh variasi nilai K sesuai dengan interval temperatur penyimpanan tertentu, sehingga penggunaan persamaan (3) dengan faktor K sesuai interval temperatur sebagai berikut :

- 1) Temperatur penyimpanan antara 75 - 110 °C maka nilai $K = 0,0394$
- 2) Temperatur penyimpanan antara 40 - 75 °C maka nilai $K = 0,0423$
- 3) Temperatur penyimpanan antara 25 - 40 °C maka nilai $K = 0,0461$

D. Performa Balistik Amunisi

Pengujian balistik dilaksanakan untuk mengetahui kualitas dan tingkat keandalan dari sebuah munisi. Pengujian ini dilaksanakan terhadap munisi kaliber kecil (MKK) dan munisi kaliber besar (MKB). Hasil pengujian balistik ini digunakan untuk menentukan kualitas, keandalan serta kelaikan munisi. Pengujian balistik munisi ini meliputi [10] :

- 1) Uji kecepatan yaitu mengetahui kecepatan dari suatu proyektil pada saat ditembakkan.
- 2) Uji ketepatan yaitu mengetahui akurasi amunisi pada suatu sasaran.
- 3) Uji gas pressure yaitu mengetahui tekanan dalam amunisi saat terjadi letusan.

III. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan analitik, botol timbang tertutup, alat pembongkar amunisi (*sloping*), Oven Pemanas, *Ammunition Test Barrel*, sensor kecepatan dan lesan. Bahan yang digunakan antara lain amunisi MU1-JHP, MU2-TJ, MU5-TJ, masing-masing *lot number* tertua dan termuda dari stok gudang setiap jenis amunisi.

B. Prosedur Penelitian.

Pada uji stabilitas propelan, masing-masing 20 butir amunisi MU1-JHP, MU2-TJ, MU5-TJ dibongkar untuk diambil propelannya dan pisahkan berdasarkan *lot number*. Selanjutnya, disiapkan botol timbang yang telah dipanaskan pada suhu 100 °C dan timbang propelan amunisi MU1-JHP *lot number* tertua sebanyak 5 gram ditempatkan pada botol timbang. Selanjutnya untuk propelan amunisi MU1-JHP *lot number* termuda dan propelan amunisi MU-2TJ dan MU-5TJ. Kemudian dipanaskan pada temperatur 95 °C dalam oven pemanas keluar uap coklat. Catat waktu yang dibutuhkan sampai keluar uap coklat (dalam satuan hari). Dalam uji performa balistik, amunisi MU1-JHP, MU2-TJ, MU5-TJ ditembakkan dengan menggunakan *ammunition test barrel* dan perangkatnya untuk Uji kecepatan dan *gas pressure*, lesan untuk uji akurasi.

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Prediksi Usia Simpan (*shelf life*)

Dalam penelitian ini, prediksi usia simpan (*shelf life*) dilakukan dengan metode uji stabilitas propelan. Sejumlah propelan amunisi dipanaskan dalam oven pemanas pada suhu 95°C sampai keluar uap coklat. Tabel I menampilkan rangkuman waktu keluarnya uap coklat akibat pemanasan propelan amunisi sekaligus akan menentukan kelas stabilitas propelan, sebagaimana ketentuan dalam “*Register betreffende de Rock – Kruitserten*” (RRK) tahun 1928 bahwa dalam penentuan kestabilan propelan berbasis nitroselulosa pada suhu 95 °C, kategori propelan diatur sebagai berikut [5]:

- 1) Kelas I : Propelan yang sebelum atau masuk hari ke-11, tidak tampak uap coklat.
- 2) Kelas II : Propelan yang setelah hari ke-5 dan sebelum hari ke-11 tampak uap coklat.(hari ke-6,7,8,9, dan 10: tampak uap coklat).
- 3) Kelas III : Propelan yang sesudah hari ke-2 dan sebelum hari ke-6 tampak uap coklat.
- 4) Kelas IV : Propelan yang pada hari kedua tampak uap coklat.
- 5) Kelas V : Propelan yang pada hari ke-1 (pertama) tampak uap coklat.

TABEL I
RANGKUMAN HASIL UJI STABILITAS PROPELAN DAN PERHITUNGAN *SHELF LIFE*

Jenis Amunisi	<i>Lot number</i>	Uap coklat keluar pada hari ke-	Kelas Stabilitas Propelan	Prediksi <i>Shelf Life</i>
MU 1-JHP	2010	10	II	14,69 tahun
	2015	11	I	16,16 tahun
MU 2-TJ	1992	3	III	4,41 tahun.
	1994	4	III	5,88 tahun.
MU 5-TJ	2015	13	I	19,10 tahun
	2017	8	II	11,75 tahun

Dalam perhitungan prediksi *shelf life* dalam Tabel I, diasumsikan bahwa suhu penyimpanan di Gudang Senjata AAU rata-rata adalah 30°C. Oleh karena itu, dengan persamaan (3) yang merupakan persamaan Berthelot, nilai **Kt** diperoleh dari jumlah seluruh factor K hasil eksperimen sebelumnya dikalikan dengan selisih suhu penyimpanan (**t**) dari percobaan 95°C dan suhu rata-rata di gudang yaitu 30 °C, dan nilai C adalah lama waktu keluarnya uap coklat

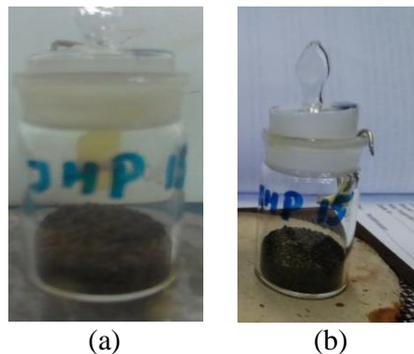
(dalam satuan hari), sebagai contoh pada sampel amunisi MU 1-JHP *lot number* 2010 sebagai berikut :

- 1) Menghitung nilai total **Kt**, dimana selisih 95°C (suhu percobaan) dikurangi 75°C dikalikan dengan $K=0,0394$, selisih 75°C dikurangi 40°C dikalikan $K=0,0423$ dan selisih 40°C dikurangi 30°C (suhu rata-rata gudang) dikalikan dengan $K=0,0461$. Hasil ketiga perkalian ini dijumlah sebagai nilai **Kt**.
- 2) Nilai **C** adalah logaritma dari lamanya waktu keluarnya uap coklat dalam satuan hari.

Cara yang sama digunakan untuk perhitungan sampel yang lain yang sebagaimana ditampilkan dalam Tabel I, yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1) Amunisi MU1-JHP (Jacket Hollow Point)

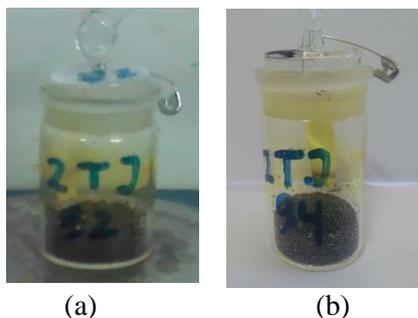
Pada sampel dengan *lot number* 2010 uap coklat keluar pada hari ke-10 dan Sampel dengan *lot number* 2015 uap coklat keluar pada hari ke-11 sehingga propelan 2010 masuk kedalam kategori kelas II yaitu propelan yang setelah hari ke-5 dan sebelum hari ke-11 tampak uap coklat sedangkan 2015 lebih baik karena masuk pada kategori kelas I yaitu propelan yang keluar uap coklat setelah hari ke-11. *Lot number* 2010 2010 diprediksi usia propelan yaitu 14,69 tahun dan *lot number* 2010 2015 diprediksi usia propelan yaitu 16,16 tahun. Hal ini sesuai dengan dugaan bahwa tahun produksi yang lebih tua akan memiliki sisa usia simpan yang lebih singkat.



Gambar 1. Propelan (a) MU1-JHP *lot number* 2010 (b) *lot number* 2015 setelah keluar uap coklat

2) Amunisi MU-2TJ

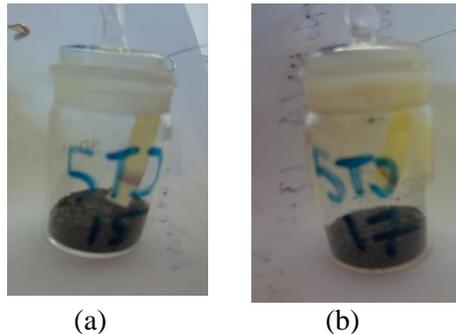
Dengan menggunakan sampel dua *lot number* yaitu 1992 diperoleh uap coklat keluar pada hari ke-3 dan *lot number* 1994 uap coklat keluar pada hari ke-4 sehingga propelan 1992 dan 1994 masuk ke dalam kategori kelas III yaitu propelan yang setelah hari ke-2 dan sebelum hari ke-6 tampak uap coklat. Prediksi *Shelf Life* sedangkan 1994 lebih baik karena diprediksi usia propelan yaitu 5 tahun sedangkan 1992 diprediksi usia yaitu 4 tahun hal ini terjadi karena tahun pembuatan yang berbeda dari amunisi MU-2TJ.



Gambar 2. Propelan (a) MU-2TJ *lot number* 1992 (a) (b) *lot number* 1994 setelah keluar uap coklat

3) Amunisi MU-5TJ Kaliber 5,56x45 mm.

Pada sampel dengan *lot number* 2015 uap coklat keluar pada hari ke-13 sedangkan *lot number* 2017 uap coklat keluar pada hari ke-8 sehingga *lot number* 2015 masuk kedalam kategori kelas I dan diprediksi usia propelan yaitu 19 tahun sedangkan *lot number* 2017 masuk pada kategori kelas II yaitu propelan yang keluar uap coklat setelah hari ke-5 dan diprediksi usia propelan yaitu 11 tahun. Hal ini perlu dilakukan metode uji kimia yang lain dan dilakukan uji balistiknya untuk mengetahui sesuai dengan ketentuan pengguna [10].



Gambar 3. Propelan (a) MU-5TJ *lot number* 2015
(b) *lot number* 2017 setelah keluar uap coklat

B. Uji Performa Balistik.

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui performa balistik dilakukan pada sampel amunisi yang sama dengan uji stabilitas propelannya. Seluruh jenis amunisi tersebut ditembakkan untuk memperoleh data-data balistik antara lain chamber gas pressure, velocity dan akurasi seperti ditampilkan dalam Tabel II.

TABEL II
HASIL UJI PERFORMA BALISTIK

Jenis Amunisi	<i>Lot Number</i>	<i>Max Chamber Pressure</i>	<i>Velocity (Vo)</i>	Akurasi
MU 1-JHP	2010	162,2 MPa	375,3 m/s	<i>Max distance = 5 cm</i>
	2015	144,2 MPa	322,3 m/s	<i>Max distance = 6 cm</i>
MU 2-TJ	1992	325,8 MPa	832,4 m/s	<i>Max distance = 14,5 cm</i>
	1994	321,2 MPa	827,3 m/s	<i>Max distance = 15,5 cm</i>
MU 5-TJ	2015	362,9 MPa	907,6 m/s	<i>Max distance = 11,5 cm</i>
	2017	409,8 MPa	926,6 m/s	<i>Max distance = 10 cm</i>

Tabel II menunjukkan bahwa amunisi MU1-JHP (*Jacket Hollow Point*) kaliber 9x19 mm *lot number* 2010 diperoleh tekanan gas 162,2 MPa, kecepatan 375,3 m/s dan jarak terjauh 5 cm. Untuk *lot number* 2015 diperoleh tekanan gas 144,2 MPa, 322,3 m/s dan jarak terjauh 6 cm. Merujuk Katalog PT. Pindad [8], kedua *lot number* amunisi tersebut masih dinyatakan sesuai dengan standar spesifikasi amunisi yaitu kecepatan minimal 320 m/s, tekanan gas 255 MPa dan akurasi jarak terjauh 7 cm. Untuk munisi MU-2TJ Kaliber 7,62x51 mm, *lot number* 1992 diperoleh tekanan gas 325,8 MPa, kecepatan 832,4 m/s dan akurasi jarak terjauh 14,5 cm dan *lot number* 1994 didapatkan tekanan gas 321,2 MPa, 827,3 m/s dan jarak terjauh 15,5 cm, berdasarkan standar kelaikan dalam PTU [10], kedua amunisi tersebut masih dinyatakan secara umum sudah tidak sesuai dengan standar spesifikasi amunisi yaitu kecepatan minimal 837 m/s,

tekanan 324 MPa dan akurasi jarak terjauh 14 cm. Selanjutnya untuk amunisi MU-5TJ kaliber 5,56x45 mm, amunisi *lot number* 2015 diperoleh tekanan gas 362,9 MPa, kecepatan 907,6 m/s dan akurasi jarak terjauh 11,5 cm dan *lot number* 2017 diperoleh tekanan gas 409,8 MPa, 926,6 m/s dan akurasi jarak terjauh 10 cm, hasil ini berdasarkan standar dalam PTU [10] kedua amunisi tersebut masih dinyatakan sesuai dengan standar spesifikasi amunisi yaitu kecepatan minimal 915 m/s, tekanan 412 MPa dan akurasi jarak terjauh 14 cm.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa pada amunisi MU1-JHP kaliber 9 mm *lot number* 2010 (*lot number* tertua pada stok di gudang untuk jenis yang sama) dan 2015 (termuda) diprediksi sisa usia simpan berturut-turut adalah 14,69 dan 16,16 tahun. Amunisi MU2-TJ kaliber 7,62 mm *lot number* 1992 (tertua) dan 1994 (termuda) diprediksi sisa usia simpan berturut-turut adalah 4,41 tahun dan 5,88 tahun. Amunisi MU5-TJ kaliber 5,56 mm *lot number* 2015 (tertua) dan 2017 (termuda) diprediksi sisa usia simpan berturut-turut adalah 19,10 tahun dan 11,75 tahun. Hasil uji performa balistik (tekanan gas, kecepatan dan akurasi) amunisi kaliber kecil pada amunisi MU1-JHP kaliber 9 mm *lot number* 2010 dan 2015 keduanya masih sesuai standar spesifikasi. Performa balistik amunisi MU2-TJ kaliber 7,62 mm *lot number* 1992 dan 1994 keduanya sudah tidak sesuai standar spesifikasi. Performa balistik amunisi MU5-TJ kaliber 5,56 mm *lot number* 2015 dan 2017 keduanya masih sesuai standar spesifikasi.

Perlu penelitian dengan analisis kimia dengan menggunakan alat seperti *CHNOS Analyzer* atau sejenisnya untuk mengetahui jumlah unsur Nitrogen dan Oksigen yang hilang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada Gubernur AAU dan Kepala Departemen Aeronautika AAU atas ijin melaksanakan penelitian menggunakan amunisi yang tersimpan di Gudang Senjata AAU dan fasilitas penelitian serta ucapan terima kasih kepada Komandan Depo Pemeliharaan 60 di Madiun atas ijin penggunaan Laboratorium Balistik. Demikian pula ucapan terima kasih kepada semua pihak atas terbitnya naskah ini pada Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia 2022 Akademi Angkatan Udara.

REFERENSI

- [1] N. Adliana, R.O. Bura, Y. Ruyat, "Analisis Pengaruh Karakteristik Propelan Terhadap Balistik Interior Pada Munisi Kaliber Kecil". Jurnal Teknologi Peralatan, Vol. 1 No. 1, pp. 39-62. 2019.
- [2] E. Degirmenci, "Effects of Grain Size and Temperature of Double Base Solid Propellants on Internal Ballistics Performance", Journal of Fuel Elsevier 146, pp. 95-120, 2015.
- [3] TNI AU, Petunjuk Teknis Udara (PTU) Nomor 220 Tentang Sistem Pemeliharaan Amunisi Dalam Penyimpanan, Bandung : Koharmatau, 2005.
- [4] N.S. Garman, J.P. Picard, S. Polakoski, J.M. Murphy, "*Prediction of Safe Life of Propellants*". Penerbit : Propellants Division Feltman Research Laboratory Picatinny Arsenal Dover, New Jersey, 1973
- [5] TNI AU, Petunjuk Teknis Tentang Pengujian Perpanjangan Usia *Cartridge Actuated Devices/Propellant Actuated Devices (CAD/PAD)* Pesawat di Lingkungan TNI Angkatan Udara, Jakarta : Mabesau, 2019.
- [6] Kemhan RI, Petunjuk Pelaksanaan Kemhan Tentang Penyelenggaraan Pemeliharaan Amunisi di Lingkungan Kementerian Pertahanan dan Tentara Nasional Indonesia, Jakarta : Kemhan, 2010.
- [7] US Department of Army, Technical Manual TM 9-1300-200 Ammunition General, Washington DC, 1993.
- [8] Katalog PT. Pindad, Pindad : Peralatan Militer Produk Pertahanan dan Keamanan, Bandung : PT Pindad, 2016.
- [9] AB Bofors, *Analytical Methods for Powder and Explosives*, Nobelkurt-Sweden, 1974.
- [10] TNI AU, Peraturan Teknik Udara (PTU) Nomor 260 Tentang Pengujian Balistik Munisi. Bandung : Koharmatau, 2009.