

KAJIAN PENGGUNAAN FAKTOR KOREKSI POSISI UNTUK ALIGNMENT STATIS SISTEM SENJATA DI KAPAL PERANG

Kartiko Ardi Widodo¹

Abstraksi

Salah satu tolok ukur kehandalan suatu kapal perang adalah pada sensor, persenjataan, dan sistem kendalinya. Kehandalan dari peralatan system senjata dalam kapal perang ini akan menjadi berarti bila memenuhi persyaratan akurasi dan ketelitian yang bisa diperoleh melalui *alignment*. *Alignment* sangat diperlukan oleh semua komponen dalam system senjata dalam upayanya untuk memandang pada satu titik yang sama suatu sasaran atau target. *Alignment* statik yang dilakukan melalui pengukuran *tilt* merupakan dasar utama pembentukan keselarasan dan kerataan yang sama bagi sistem senjata termasuk diantaranya adalah kerataan pondasi peralatan senjata di mana dituntut keakurasian *error* di bawah 1 mrad. Sistem *alignment* statik dengan memberikan faktor koreksi pada *tilt error* mempergunakan metoda yang umum digunakan ternyata masih bisa disempurnakan. Faktor koreksi *tilt error* dengan mempertimbangkan posisi titik tengah *plane* akan dapat mengurangi ketebalan penyekrapan permukaan *plane*. Dalam penelitian terhadap *plane* yang digunakan sebagai pondasi meriam 57 mm di kapal KRI kelas FPB 57, ternyata dengan mempergunakan metoda ini akan dapat mengurangi ketebalan penyekrapan sebesar 0,13 mrad dari yang dilakukan dengan metoda faktor koreksi konvensional.

Kata Kunci : Sistem Senjata, *Alignment* Statik, *Tilt Error*, Faktor Koreksi *Tilt Error*

Abstract

One of the benchmarks for a warship's reliability is its complexity of sensors, weapons, and control system. The reliability of weapon system equipment in this battleship will be meaningful when it reach the accuracy and precision requirements that can be obtained through alignment. Alignment is required by all of components in the weapon system in its attempt to look at a common point of a target. Static alignment performed through tilt measurement is the main base of alignment formation and the same flatness for the weapon system including the flatness of the foundation of weapon equipment in which the accuracy of error required under 1 mrad. Static Alignment System by giving correction factor on Tilt error using commonly used method can be refined. The correction factor of tilt error by considering the position of the midpoint of the plane will be able to reduce the thickness of plane surface scrapping. In this observation of the plane used as the foundation of a 57 mm gun in the KRI FPB class ship, it was found that using new method would reduce the thickness of 0.13 mrad from the commonly method of correction factor.

Keywords : *Weapon System, Static Alignment, Tilt Error, Tilt Error Correction Factor*

PENDAHULUAN

Salah satu tolok ukur bagi kehandalan suatu kapal perang adalah pada sensor, persenjataan, dan sistem kendalinya. Kehandalan dari peralatan system dalam kapal perang ini akan benar-benar berarti bila memenuhi persyaratan akurasi dan ketelitian bagi suatu system senjata dan sensor, di mana masing-masing pabrikan pembuat senjata dan sensor telah membuat standard minimal untuk

parameter keakurasian maupun ketelitiannya.

Terlepas dari faktor manusia dalam operasionalnya ada banyak faktor-faktor lain yang mempengaruhi akurasi suatu system senjata. Kompleknya instalasi persenjataan di kapal perang, banyak menimbulkan masalah. Apakah itu berupa penempatan pada bidang yang tidak benar-benar rata, apakah berupa garis arah yang tidak benar-benar sejajar dengan arah

¹ Dosen Fakultas Teknik Industri Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang

haluan kapal, dan lain sebagainya yang tentunya tidak bisa kita abaikan begitu saja.

Masalah-masalah diatas harus diatasi, paling tidak meminimalkan mungkin sesuai persyaratan yang telah ditentukan pabrikan, agar akurasi bisa terpenuhi. Untuk inilah diperlukan suatu usaha untuk mengatur, meluruskan, menyelaraskan keseluruhan system, yang kita kenal dengan istilah *alignment* sistem senjata agar unsur-unsur sistem tempur modern dapat bekerja sama dengan tingkat akurasi yang tinggi untuk melihat titik target yang sama.

Di dalam melakukan kegiatan *alignment*, secara umum adalah bagaimana mengupayakan kelurusan arah dan kerataan yang sama. Pelaksanaan *alignment* sendiri dilakukan dengan dua langkah yaitu *alignment* statik dan *alignment* dinamik. *Alignment* statik dilaksanakan di dalam *dock* sedang *alignment* dinamik dilakukan setelahnya yaitu di laut lepas.

Dalam melakukan kegiatan *alignment* statik, maka secara prosedur *alignment* kapal harus berisi 80% dari total beban yang berupa bahan bakar, air, persenjataan, dan *equipment* pendukung lain serta didistribusikan secara normal [1]. Dalam kasus untuk kapal perang KRI

biasanya didisain pada 75% beban total [6].

Permasalahan yang timbul pada *alignment* statik ini apabila telah dilaksanakan *alignment* dan kapal berada di air maka sebetulnya kapal berada pada posisi tidak benar-benar merata lagi melainkan cenderung melengkung yang pastinya berdampak mengurangi keakurasian. Untuk itu maka penelitian ini ingin mengkaji penggunaan faktor koreksi pada *alignment static system* senjata sehingga hasil dari *alignment* bisa lebih maksimal.

Tujuan dari penelitian penggunaan faktor koreksi posisi pada *alignment* statik sistem senjata di kapal perang ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan faktor koreksi posisi sebagai parameter tambahan dalam kegiatan *alignment* statik sehingga diperoleh akurasi yang lebih baik serta akan digunakan untuk memperbaiki proses *alignment* yang ada saat ini.

Ruang Lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. *Alignment* hanya untuk pondasi sistem senjata (meriam) termasuk sensor (Radar dan TDS)
2. *Alignment* hanya fokus pada *alignment* statik untuk menyamakan *tilt*/kerataan pondasi semua sistem senjata.

3. Kapal perang yang diteliti adalah pada kapal KRI Klas FPB 57 buatan PT PAL Indonesia.
4. Material untuk konstruksi kapal adalah jenis *Mild Steel Marine Grade A*.
5. Instrumen ukur yang digunakan adalah *Talivel/mini level* akurasi 1; 1dev = 0,005 mm
6. Sebagai referensi kerataan utama digunakan *Master Plane* kapal (MRP)

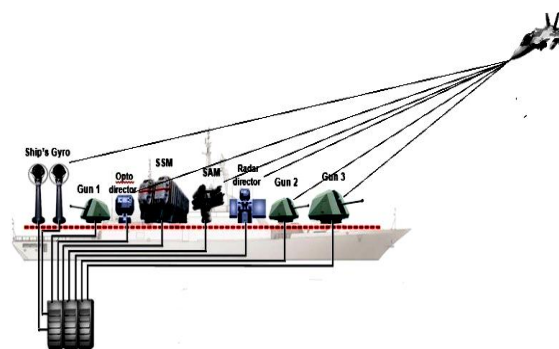
KAJIAN PUSTAKA

Definisi *Alignment*

Unsur-unsur dalam sistem peralatan tempur modern harus bekerja sama dengan tingkat akurasi yang tinggi untuk memberikan data target yang merupakan sasaran atau ancaman, ke persenjataan yang bisa berupa meriam atau *missile*. Banyak target udara kini mampu melaju kencang lebih cepat dari suara, oleh karena itu, sistem harus cepat mendeteksi pergerakan target dari jarak jauh. Dalam teknologi sistem senjata modern semua sistem tersebut terhubung secara mekanis maupun elektronik untuk melewatkan data dari satu unit ke unit berikutnya. Setiap peralatan dengan sifat saling sejajar dan memiliki kerataan rata sama harus selaras dengan sebuah referensi standar untuk memastikan kebenaran pertukaran data antar berbagai sistem. Data sinkron transmisi dan respon harus benar pada satu pusat sasaran atau target. Semua senjata,

meriam, peluncur rudal, antena radar, *gyrocompass*, dan lainnya harus berada pada garis yang sejajar, bila terjadi *error* maka koreksi baik mekanik maupun elektronik mutlak dilakukan.

Dalam hal ini maka *alignment* dapat didefinisikan sebagai pembentukan keselarasan tempur sistem senjata melalui proses pembentukan paralel yang sama baik arah maupun kemiringan posisi (*tilt*), dalam toleransi yang dapat diterima, antara semua elemen sistem tempur [1]. Gambar 1 di bawah menunjukkan tentang definisi *alignment system* dalam kapal perang, di mana semua komponen dalam system persenjataan baik sensor maupun senjata selaras melihat target yang sama dalam satu titik.

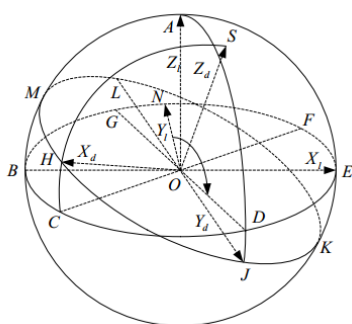


Gambar 1. *Alignment* Dalam Kapal Perang [9]

Definisi Sudut Ruang dalam Kapal Perang

Sudut pandang kapal perang ditunjukkan dalam referensi *gyrocompass* meliputi *heading* kapal, *pitch* and *roll*. *Gyrocompass* menggunakan struktur rangka cincin dalam diagram posisi sudut

azimuth, sudut kemiringan dan sudut putar ditunjukkan pada Gambar 2. Tampak pada gambar, O adalah pusat gerak kapal perang, BCDEFNG adalah titik-titik lokasi Pesawat, MHJKL adalah ketinggian/tingkat dek, JL adalah sumbu vertikal busur kapal dan A adalah puncaknya. OE adalah poros XI menunjuk ke timur, ON adalah sumbu YI yang mengarah ke utara, OA adalah sumbu ZI menunjuk ke puncak, OE, ON dan OA merupakan sistem koordinat geografis kapal. Sumbu OH horizontal adalah sumbu X_d menuju ke kanan, dan sumbu vertikal adalah sumbu Y menuju busur, sedang OS adalah sumbu ZD tegak lurus terhadap OH dan OJ, dan itu semua merupakan koordinat kapal perang dari sistem dek kapal.



Gambar 2. Skematik Sudut Ruang Dalam Kapal Perang [5]

Penyebab Kesalahan/Ketidak Akuratan Alignment

Penempatan/ instalasi komponen sistem senjata/sensor di kapal perang demikian kompleksnya dan tidak selamanya ditempatkan dalam satu bidang datar atau

sejajar satu sama lain, hal inilah yang menyebabkan timbulnya kesalahan atau ketidak akuratan dalam proses alignment, yang secara umum dibagi menjadi:

a. Parallax

Perbedaan jarak antara letak senjata/sensor akan menimbulkan perbedaan sudut pandang pada suatu titik bidik/sasaran yang sama, kesalahan inilah yang disebut parallax yang dibagi menjadi *parallax vertical* dan *parallax horizontal*.

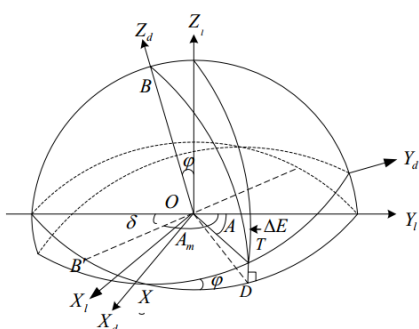
b. Tilt

Kemiringan karena tidak sejajarnya bidang putar suatu komponen (Radar, Director, Launcher, Gyro dsb) dengan suatu referensi MRP akan menimbulkan kesalahan yang disebut *tilt*. Dalam hal ini *tilt* adalah suatu besaran vektor yang besarnya selalu dinyatakan dalam positip.

Akibat Dari Kesalahan Tilt

Bidang datar dari suatu komponen sistem senjata (misal meriam) mempunyai suatu *tilt relative* yang besarnya tertentu terhadap bidang putar dari alat bidiknya. Tergantung dari *azimuth*-nya, maka besarnya *tilt error* selalu bervariasi, sehingga akan ditemukan suatu harga yang terbesar. Pada *azimuth* tersebut terletak pusat *tilt* dari meriam. Apabila terjadi kesalahan *tilt* pada arah membujur atau searah haluan kapal atau sebaliknya pada arah melintang kapal, maka bisa menimbulkan suatu penyimpangan baik

elevasi maupun *azimuth* dari meriam. Laras meriam tidak berimpit atau sejajar dengan pandangan komponen lain (misal radar), tetapi akan membentuk sudut yang berarti akan timbul kesalahan *tilt*. Kesalahan ini mengakibatkan ketidakakurasian sistem senjata sehingga berdampak terhadap kegagalan dalam pencapaian sasaran penembakan oleh sistem senjata. Secara *error* sudut ditunjukkan dalam gambar 3. Tampak bahwa dari titik pantau O sasaran akan mengalami penambahan *error* posisi sudut sebesar ϕ dari yang seharusnya.



Gambar 3. Pengaruh Akurasi Pengukuran Sudut Oleh Sistem [5]

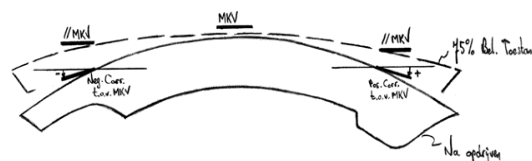
METODOLOGI PENELITIAN

Metode Pengukuran *Tilt* Secara Statik (*Alignment* Statik) [8]

Secara umum metoda pengukuran *tilt* secara statik saat ini adalah sebagai berikut:

1. Posisi kapal harus tidak terpengaruh kondisi gerakan kapal (*heading, pitch, roll*, kecepatan, vibrasi dll.), sehingga saat ini dilakukan dengan kapal harus berada dalam *dry dock*.

2. Untuk mengukur *tilt* suatu bidang misalkan pondasi system senjata maka harus dibandingkan dengan suatu referensi pengukuran kerataan yaitu MRP (*Master Reference Plate*) dengan mempergunakan alat ukur *talivel* atau *mini level*.
3. Pengukuran dilaksanakan secara berurutan pada penambahan sudut baringan/arah tertentu misal tiap 10 derajat dimulai dari 0 derajat sampai 360 derajat.
4. Dalam metoda *alignment* statik yang ada selama ini, dengan asumsi terjadi defleksi bila kapal berada di air serta terjadi pemuaiian akibat panas matahari, maka dalam perhitungan diberi faktor koreksi yang besarnya ditentukan berdasarkan jarak terhadap titik tengah kapal dengan asumsi beban kapal 75% dari beban total ditunjukkan dalam gambar 4.

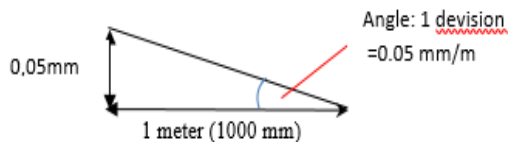


Gambar 4. Penambahan Faktor Koreksi Sesuai Metoda Konvensional

Perbaikan Metode *Alignment* Menggunakan Faktor Koreksi *Tilt* Posisi

Setelah dilakukan proses *alignment* sesuai metoda point 2.4, maka pada tiap posisi sudut yang diukur dan dibandingkan dengan sebuah referensi akan diperoleh

nilai *error* posisi atau *tilt* terhadap *Master Reference Plane* (MRP). Selanjutnya data *error* sudut yang terbaca pada alat ukur *talivel* atau *minilevel* dengan satuan mrad dikalikan dengan unit devision nya sesuai gambar di bawah [10].



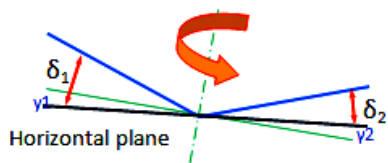
Gambar 5. Pembacaan Unit Devision Dalam *Talivel* [10]

Pembacaan melalui *talivel* atau *mini level* yang masih berupa besaran sudut perlu untuk dirubah lebih dahulu ke dalam satuan mrad melalui perumusan di bawah:

$$\text{Readout (degrees)} = 1000 \times (\text{Arctan}(\text{readout sudut} \times 0,05/1000)) \text{ mrad}$$

Apabila pembacaan *tilt error* hanya pada satu lokasi sudut *error*, maka saat dilakukan proses berikutnya dengan penyekrapan permukaan untuk memperoleh kerataan, maka mengingat bahwa mesin penyekrap yang bergerak berputar 360 derajat akan menghasilkan penyekrapan permukaan pondasi yang relatif lebih tebal yang pastinya berdampak pada kekuatan struktur penyangga. Untuk itu hasil nilai pembacaan data *error* tersebut selanjutnya diperbaiki dengan memperhatikan posisi sudut yang diukur terhadap posisi titik tengah *plane*, yang dijelaskan sebagai berikut:

- a. Terhadap *tilt error* yang bervariasi dari permukaan *plane* tersebut, maka diberikan *factor offset* sebagai koreksi yang besarnya ditentukan dengan perhitungan dari titik tengah kapal. Dari data kapal FPB 57 dengan jarak 23700 mm antara titik tengah kapal terhadap meriam 57 mm posisi di depan kapal diberikan faktor koreksi *tilt* sebesar 0,0805 mrad.
- b. Dalam metoda saat ini, nilai faktor koreksi *tilt* tersebut (a) dijumlahkan terhadap masing-masing pengukuran *tilt error* yang terjadi pada *plane* dalam satu putaran (360 derajat). Hasil penjumlahan tersebut merupakan faktor koreksi total atau merupakan *offset* sudut koreksi *tilt total*. Faktor koreksi total yang terbesar dalam satu putaran akan dijadikan sebagai referensi nilai untuk penyekrapan. Tampak dari gambar 6 apabila suatu posisi sudut memiliki *tilt error* besar (δ_1) belum tentu di posisi kebalikannya atau selisih 180^0 memiliki nilai yang sama atau searah *tilt error*-nya (δ_2). Apabila sudut *tilt error* yang berkebalikan memiliki arah berlawanan maka berpotensi permukaan yang disekrap semakin besar.



Gambar 6. Dua Posisi Sudut *Tilt Error* Yang Berkebalikan

Dari gambar 6, tampak bahwa terdapat dua posisi sudut *tilt error* yang berlawanan yaitu δ_1 dan δ_2 . Dengan mempertimbangkan faktor koreksi sesuai posisi terhadap titik tengah *plane*, maka akan diperoleh persamaan:

$$\text{Offset plane} = \delta_1 + \text{tilt error posisi}$$

$$\text{Offset plane} = \delta_2 - \text{tilt error posisi}$$

$$\text{Tilt error posisi (faktor koreksi posisi)} = (0.0805 \cos(\angle azimuth \times \pi/180))$$

c. Untuk mengetahui terhadap pengaruh penggunaan koreksi *tilt error* posisi terhadap tengah *plane* dalam faktor koreksi proses *alignment* tersebut, maka dilakukan pengujian dengan langkah-langkah sbb:

1. Melakukan pengukuran kerataan pondasi meriam 57 mm buatan Bofors yang ada di kapal FPB 57. Sebagai instrumen ukur sudut *error* atau *tilt* digunakan *talivel* A buatan Taylor Hobson-Inggris.
2. Dengan data hasil pengukuran tersebut maka dibuat tabel hasil pengukuran yang berupa nilai sudut *tilt error*, nilai koreksi *tilt error*, dan *offset plane* dengan mempertimbangkan posisi tengah *plane*.

3. *Offset plane total* yang merupakan penjumlahan dari *tilt error* dan faktor koreksi akan digunakan sebagai besaran nilai penyekrapan permukaan.

Untuk mengetahui pengaruh penelitian ini maka dilakukan perbandingan kedua metoda yaitu dengan membandingkan hasil apabila digunakan faktor koreksi hanya dari referensi posisi *plane* terhadap titik tengah kapal serta dengan faktor koreksi yang mempertimbangkan posisi tengah *plane*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan untuk pondasi meriam 57 mm buatan Bofors Swedia di kapal FPB 57 buatan PT PAL Indonesia sesuai yang tampak dalam gambar 7 dan gambar 8, maka setelah melalui perhitungan diperoleh data sesuai tabel 1.



Gambar 7. Pengukuran Di Kapal Terhadap *Tilt* Pondasi Meriam



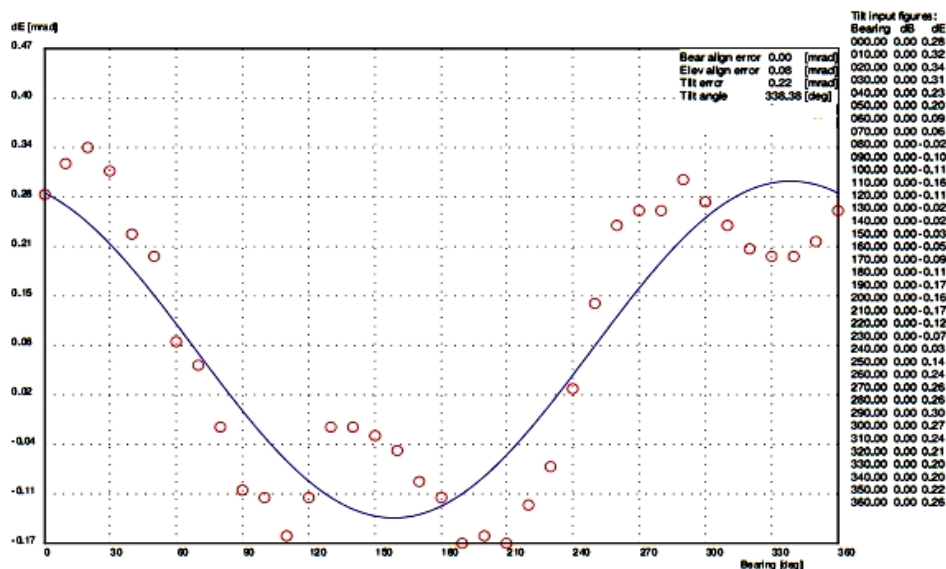
Gambar 8. Penyekrapan Yang Dilakukan Untuk Offset Plane Terhadap Error Tilt Total

Tabel 1. Hasil Pengukuran Dan Faktor Koreksi Tilt

posisi minilevel [derajat]	hasil pengukuran [mrad]	koreksi sudut [mrad]	hasil ukur + koreksi sudut [mrad]	koreksi sdt referensi Posisi [mrad]	hasil ukur +koreksi sdt ref posisi [mrad]
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>b+c</i>	<i>d</i>	<i>b+d</i>
0	0.20	0.0805	0.28	0.08	0.28
10	0.24	0.0805	0.32	0.08	0.32
20	0.25	0.0805	0.33	0.08	0.33
30	0.24	0.0805	0.32	0.07	0.31
40	0.17	0.0805	0.25	0.06	0.23
50	0.15	0.0805	0.23	0.05	0.20
60	0.05	0.0805	0.13	0.04	0.09
70	0.03	0.0805	0.11	0.03	0.06
80	-0.03	0.0805	0.05	0.01	-0.02
90	-0.10	0.0805	-0.02	0.00	-0.10
100	-0.10	0.0805	-0.02	-0.01	-0.11
110	-0.13	0.0805	-0.05	-0.03	-0.16
120	-0.07	0.0805	0.01	-0.04	-0.11
130	0.03	0.0805	0.11	-0.05	-0.02
140	0.04	0.0805	0.12	-0.06	-0.02
150	0.04	0.0805	0.12	-0.07	-0.03
160	0.03	0.0805	0.11	-0.08	-0.05
170	-0.01	0.0805	0.07	-0.08	-0.09
180	-0.03	0.0805	0.05	-0.08	-0.11
190	-0.09	0.0805	-0.01	-0.08	-0.17
200	-0.08	0.0805	0.00	-0.08	-0.16
210	-0.10	0.0805	-0.02	-0.07	-0.17
220	-0.06	0.0805	0.02	-0.06	-0.12
230	-0.02	0.0805	0.06	-0.05	-0.07
240	0.07	0.0805	0.15	-0.04	0.03
250	0.17	0.0805	0.25	-0.03	0.14
260	0.25	0.0805	0.33	-0.01	0.24
270	0.26	0.0805	0.34	0.00	0.26
280	0.25	0.0805	0.33	0.01	0.26
290	0.27	0.0805	0.35	0.03	0.30
300	0.23	0.0805	0.31	0.04	0.27
310	0.19	0.0805	0.27	0.05	0.24
320	0.15	0.0805	0.23	0.06	0.21
330	0.13	0.0805	0.21	0.07	0.20
340	0.12	0.0805	0.20	0.08	0.20
350	0.14	0.0805	0.22	0.08	0.22
360	0.18	0.0805	0.26	0.08	0.26

Dari tabel 1 di atas tampak dari pengukuran *tilt error* tiap 10 derajat sudut *azimuth* terdapat *tilt error* permukaan *plane* terbesar pada sudut 290 derajat yaitu sebesar 0,27 mrad. Apabila digunakan metoda yang ada saat ini, maka perlu dilakukan faktor koreksi total atau *offset plane* penyekrapan sebesar 0.35 mrad pada permukaan *plane*. Di sini tampak bahwa pada sudut *tilt error* terbesar tersebut apabila mempergunakan metoda penyempurnaannya maka akan mengalami *offset plane* yang lebih kecil yaitu sebesar 0.30 mrad.

Analisa dapat juga kita lakukan dengan memasukkan data faktor koreksi total ke dalam grafik sinus yang dinormalisasi seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik Faktor Koreksi Total Mempertimbangkan Posisi Titik Tengah Plane

Dari grafik gambar 9 setelah dilakukan perhitungan faktor koreksi terhadap data ukur *tilt* permukaan *plane* dan selanjutnya dinormalkan terhadap grafik sinus, tampak bahwa faktor koreksi dengan mempertimbangkan titik tengah *plane* diperoleh faktor koreksi *tilt error* terbesar dengan nilai 0,22 terhadap garis sinus yang dinormalkan tersebut berada pada sudut 338° . Hal ini juga berarti penyekrapan maksimal diambil melalui referensi sudut 338° yaitu sebesar 0,22 mrad, yang berarti mengurangi ketebalan penyekrapan *plane* yang dilakukan dengan metoda konvensional sebesar 0,13 mrad.

SIMPULAN

Alignment sangat diperlukan oleh semua komponen dalam sistem senjata dalam upayanya untuk memandangi pada satu arah yang sama suatu sasaran atau

target. *Alignment* statik melalui pengukuran *tilt* merupakan dasar utama pembentukan kerataan yang sama bagi sistem senjata termasuk diantaranya adalah kerataan pondasi peralatan senjata di mana dituntut keakurasian *error* di bawah 1 mrad.

Sistem *alignment* statik dengan memberikan faktor koreksi pada *tilt error* mempergunakan metoda yang umum digunakan ternyata masih bisa disempurnakan. Faktor koreksi *tilt error* dengan mempertimbangkan posisi titik tengah *plane* akan dapat mengurangi ketebalan penyekrapan permukaan *plane*. Dalam penelitian terhadap *plane* yang digunakan sebagai pondasi meriam 57 mm di kapal KRI kelas FPB 57, ternyata dengan mempergunakan metoda ini dan dilakukan analisa secara perhitungan

maupun dinormalkan terhadap grafik sinus maka akan dapat mengurangi ketebalan penyekrapan sebesar 0,13 mrad dari yang dilakukan dengan metoda faktor koreksi konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Alignment*,
https://www.globalsecurity.org/military/library/policy/navy/nrtc/14109_ch11.pdf.
2. *Alignment of A3-D Sensor and 2_D Sensor Measuring Azimuth and Elevation*, By Ronald E.Helmick, Theodore R. Rice, Naval surface Warfare Centre, Dahlgren, Virginia, April 1992.
3. <http://DTIC.MIL/DTIC/TR/FULLTEXT/U2/a252120.pdf>
4. <https://www.okieboat.com/GMM/GM M1 and C CHAPTER9, GUNNER'S MATE M1 & C, Ballistics,FireControl,andAlignment.pdf>
5. *Continuous Alignment System For Fire Control*, Michael R. Willingham, Robert J. McCarty, Jr., Lockheed Martin Corporation,
<http://www.google.com/patents/US7870816>, Jan 18, 2011
6. *Analysis of Effects on Dynamic Alignment Precision of Warship Combat System caused by Its Attitude*, Zhiheng Zhou, Jianjun Zhao, Deyi Sang and Libin Yang Naval Aeronautical Engineering Institute, Department of Ordnance Science and Technology, Yantai, China, 2015
7. *Ship Manual of Indonesian Corvette SIGMA Class*, 2008 (restricted)
8. *Scope Work Breakdown Structure of Indonesian Corvette SIGMA Class*, 2008 (restricted)
9. *Standar Prosedur Alignment Untuk Peralatan Sistem Senjata*, PT PAL, 2008
10. *Combat System For Surface Warship*, materi untuk pelatihan TNI AL, Kartiko Ardi Widodo, 2014.
11. *Tilt Corrections Foundations Korvet TNI-AL*, for main Gun, Schelde Naval Shipbuilding, Nederland, 2008.