

PENDEKATAN FUZZY MCDM UNTUK PEMILIHAN SENJATA PENANGKIS SERANGAN UDARA UNTUK KAPAL LPD KELAS KRI MAKASSAR

Oleh:
Bambang Suharjo¹, Suparno¹, Rifki Njib²

Dosen Pascasarjana Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut¹
Mahasiswa Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut²

ABSTRAK

Senjata Penangkis Serangan Udara (PSU) milik KRI di jajaran TNI AL saat ini sebagian besar sudah ketinggalan teknologi salah satunya adalah PSU 20 mm Meriam Rheinmetall pada KRI *Landing Platform Dock* (LPD) kelas KRI Makassar, sehingga tidak bisa menjamin pelaksanaan tugas pokok. Oleh karena itu diperlukan suatu langkah strategis dalam upaya mencapai kesiapan kapal kelas KRI (Kapal Perang Republik Indonesia) Makassar ini secara optimal.

Langkah-langkah yang dapat dilakukan antara lain modernisasi dan pembelian sistem senjata baru yang mengacu pada kekuatan pokok minimum (*Minimum Essential Force* / MEF) TNI AL. Berdasarkan rencana pembelian senjata ini untuk mengganti sistem senjata yang sudah tua, maka yang dipilih adalah Senjata penangkis serangan udara dengan klasifikasi daya hancur dan perkenaan yang akurat.

Penentuan Prioritas pemilihan senjata dipengaruhi oleh banyak faktor, baik yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Salah satu teknik pengambilan keputusan adalah dengan pendekatan metode *Fuzzy Multi Criteria Decision Making* (MCDM) yang dianggap sangat tepat untuk permasalahan bobot kriteria yang bersifat *fuzzy* (kabur). Metode *fuzzy* MCDM sebagai model yang diterapkan guna memperoleh nilai prioritas dalam perancangan sistem pendukung keputusan untuk menentukan alternatif senjata penangkis serangan udara untuk LPD kelas KRI Makassar. Selain itu metode *fuzzy* MCDM akan mengatasi masalah multikriteria pada proses penentuan penentuan senjata ini serta mengatasi kemungkinan adanya data-data yang bersifat ketidakpastian.

Berdasarkan pengolahan data, didapat senjata terpilih yaitu NG-18 6-*Barreled* 30MM *Naval Gun*, karena senjata ini mempunyai beberapa keunggulan antara lain daya hancur yang sangat tinggi, hubungan diplomatis dengan negara pembuat berlangsung baik sehingga tidak dikhawatirkan untuk mengembargo senjata ini suatu saat nanti, dibandingkan senjata lainnya dengan kemampuan taktis dan teknis senjata yang baik.

Kata Kunci : Senjata PSU, KRI, *Fuzzy*, MCDM

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

TNI Angkatan Laut sebagai kekuatan pertahanan keamanan matra laut dalam melindungi NKRI memiliki alat-alat tempur maupun sarana penunjang yang diproyeksikan dalam Sistem Senjata Armada Terpadu (SSAT) dimana kapal, marinir, pesawat udara dan pangkalan merupakan komponennya. Penyusunan kekuatan tempur TNI AL diarahkan untuk mencapai kekuatan pokok minimum (*minimum essential force* / MEF) artinya kekuatan yang dirancang memiliki kemampuan tertentu (*Capability Design*) untuk menghadapi ancaman dalam rangka menjaga dan melindungi kedaulatan negara, keutuhan NKRI dan keselamatan segenap bangsa. Negara kita saat ini telah mempunyai 5 (lima) kapal Landing Platform Dock (LPD) yang pada saat damai sekarang ini berperan sangat aktif dalam misi-

misi non tempur baik dalam latihan dengan negara asing maupun dalam misi pemberian bantuan bencana dan kemanusiaan kepada negara yang tertimpa musibah. Kapal perang jenis LPD ini memiliki kesiapan yang tinggi karena termasuk jajaran kapal yang tergolong baru di TNI AL.

Kapal jenis LPD kelas KRI MKS ini dirancang sedemikian rupa hingga mampu mengemban tugas-tugas tempur yaitu sebagai unsur badan utama/kapal markas dalam operasi amphibi dan tugas-tugas non tempur seperti pengiriman bantuan dan latihan-latihan gabungan. Faktor kemampuan sistem komando karena sebagai kapal markas maka pengendalian unsur-unsur yang tergabung dalam operasi amphibi sangat ditentukan oleh kesiapan dari Kapal. Tugas pokok kapal kelas KRI adalah menyelenggarakan: Melaksanakan docking undocking untuk operasi serbuan dari laut ke darat secara gabungan maupun individu, melaksanakan angkut personel/pasukan dan

material tempur serta sebagai angkut Helly dan kapal markas/Komando.

Ancaman utama yang sangat membahayakan bagi Kapal markas/*High Value Unit* (HVU) adalah serangan udara, dimana serangan musuh dalam hal ini serangan udara baik dari pesawat udara, maupun rudal dari kapal musuh akan ditujukan ke Kapal markas/HVU. Dengan kemajuan perkembangan rudal maupun pesawat udara yang memiliki kecepatan sangat tinggi maka permasalahan yang timbul saat ini adalah bahwa senjata Penangkis Serangan Udara (PSU) yang dimiliki oleh Kapal Kelas KRI MKS adalah Meriam 20 mm buatan Jerman tahun 1974 yang dikendalikan secara manual dianggap sudah sangat ketinggalan di segala aspek mengingat perkembangan teknologi tersebut, sehingga secara otomatis lambat laun kapal LPD kelas KRI Makassar kehilangan daya tangkalnya/*self defence*, padahal pertahanan sendiri kapal ini sangat diperlukan karena melindungi markas/komando yang merupakan penggerak/pengendali dan otak dari seluruh unsur dalam operasi/peperangan.

Konsep *fuzzy* sendiri telah banyak digunakan sebagai model untuk membangun sebuah sistem pendukung keputusan, salah satunya yaitu *Fuzzy Multi Criteria Decision Making* (FMCDM). Dalam beberapa penelitian dinyatakan bahwa, MCDM merupakan sebuah metode yang mengacu pada proses *screening*, *prioritizing*, *ranking*, atau memilih himpunan alternatif. MCDM sangat tepat untuk diimplementasikan pada kasus multikriteria dengan semua alternatif memiliki bobot kriteria dalam bentuk nominal. Namun untuk permasalahan proses penentuan alternatif senjata PSU (Penangkis Serangan Udara) tidak semua alternatif memiliki kriteria berbobot nominal, contohnya kemudahan penggunaan dll. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, digunakan konsep *fuzzy* untuk MCDM dan disebut *fuzzy* MCDM yang dianggap sangat tepat untuk permasalahan bobot kriteria yang bersifat *fuzzy* (kabur) dalam penelitiannya.

2. Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan kondisi dan realita yang ada di lapangan sebagaimana telah dijelaskan pada latar belakang, kondisi yang diharapkan dari tugas pokok TNI AL serta sekaligus memberikan solusi terbaik terhadap proses pemilihan dan penentuan jenis senjata, maka dapat dirumusan suatu masalah utama dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah: "Bagaimana memilih Senjata Penangkis

Serangan Udara yang terbaik bagi kapal jenis *Landing Platform Dock* (LPD) kelas KRI Makassar".

3. Tujuan Penelitian

- a. Memperoleh kriteria yang tepat untuk pemilihan senjata penangkis serangan udara dengan melibatkan berbagai aspek dan pihak yang berkompeten.
- b. Menerapkan pendekatan metode *Fuzzy Multi Criteria Decision Maker* (FMCDM) dalam pemilihan senjata penangkis serangan udara (PSU) untuk KRI jenis LPD kelas KRI MKS.
- c. Mendapatkan output final senjata sesuai dengan kriteria yang diajukan dan merepresentasikan senjata penangkis serangan udara (PSU) yang terbaik untuk di pasang di kapal LPD kelas KRI MKS.

4. Manfaat Penelitian

- a. Bagi peneliti, penelitian ini akan mendukung peneliti dalam hal pemahaman dan penerapan mata kuliah yang diikuti selama pendidikan, terutama analisa pengambilan keputusan.
- b. Memberikan suatu saran masukan bagi TNI AL khususnya dalam proses pemilihan Senjata Penangkis Serangan Udara (PSU) bagi kapal LPD kelas KRI Makassar.
- c. Dengan pengambilan keputusan yang obyektif dan rasional maka akan diperoleh suatu dasar pengambilan keputusan yang dapat dipertanggungjawabkan baik secara metode maupun rasional.

5. Batasan dan Asumsi

Dikarenakan luasnya permasalahan yang mengkait dalam pelaksanaan pemilihan senjata ini, maka perlu dilakukan pembatasan masalah dalam kegiatan penelitian ini yaitu hanya dibatasi tentang pemilihan Senjata Penangkis Serangan Udara (PSU) bagi kapal LPD kelas KRI Makassar yang sudah ditawarkan ke TNI AL dengan anggapan bahwa sistem ini sudah memenuhi fungsi hakiki kapal LPD kelas KRI Makassar. Adapun asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Belum adanya perubahan ancaman serangan udara secara serius dalam kurun waktu 15 tahun kedepan.

- b. Senjata yang di tawarkan sekarang ini memiliki karakteristik sesuai dengan kondisi spesifikasi yang sebenarnya.
- c. Akurasi dan presisi semua senjata adalah sama.
- d. Dana yang tersedia untuk pengadaan sistem dan senjata yang ada adalah cukup.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Tugas Pokok.

Tugas pokok kapal tipe *Landing Platform Dock* (LPD) kelas KRI Makassar adalah sebagai kapal angkut personel, kendaraan tempur amfibi dan angkut heli yang memiliki kemampuan *docking undocking* guna memproyeksikan kekuatan dari laut ke darat melalui LCU (*Landing Craft Utility*) dalam operasi amfibi maupun operasi lainnya sesuai direktif yang diberikan. LPD Kelas KRI MKS juga memiliki fungsi asasi sebagai berikut:

- a. *Landing Platform Dock*
- b. Kapal Komando/ Markas.
- c. Operasi Amfibi/Serbu Amfibi.
- d. Operasi manuvra dari laut.
- e. Angkut tank dan pasukan.
- f. Kapal evakuasi medis.
- g. Operasi bantuan kemanusiaan.
- h. Angkut heli.

2. Prinsip dasar pemilihan senjata Penangkis Serangan Udara

Dalam pembangunan sistem senjata KRI saat ini terutama jenis senjata PSU, perlu diadakan penggantian /pengadaan baru dengan kriteria sebagai berikut:

- a. Mempunyai daya tembak yang cepat, tepat, dan efisien.
- b. Mampu menangani multi target dan target selektif.
- c. Memiliki teknologi maju yang memiliki kemampuan untuk mengantisipasi kemajuan teknologi pesawat terbang.
- d. Pengoperasian mudah dapat dilakukan secara elektrik maupun manual.
- e. Perawatannya mudah dan murah terutama dalam kemudahan perolehan suku cadang.
- f. Dapat dioperasikan di segala cuaca.
- g. Mempunyai daya tahan terhadap pernaka lawan/ECCM.

- h. Dapat diintegrasikan dengan sistem pertahanan udara lainnya.
- i. Memiliki mobilitas tinggi terutama untuk memenuhi kebutuhan taktis operasional penggelaran di lapangan.

3. Konsep Teori Fuzzy

Konsep teori *fuzzy* diprakarsai oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 dengan paper seminarnya "*Fuzzy Sets*" (Zadeh, 1965). Sebelum bekerja dengan teori *fuzzy*, Zadeh menggunakan teori kontrol. Dia mengembangkan konsep "*negara*", yang merupakan bentuk dasar dari teori kontrol modern. Dengan teori *fuzzy* menunjukkan bahwa semua teori dapat digunakan sebagai konsep dasar dari *fuzzy* atau *continues membership function*. Secara garis besar teori *fuzzy* dapat diklasifikasikan menjadi lima bidang utama, yaitu:

- a. *Fuzzy Mathematics*, dimana konsep matematika klasik diperluas dengan mengubah set klasik dengan fuzzy set;
- b. *Fuzzy Logic & Artificial Intelligence*, dimana perkiraan untuk logika klasik diperkenalkan dan *expert system* dikembangkan berdasarkan pada informasi fuzzy dan perkiraan pemikiran;
- c. *Fuzzy System*, dimana termasuk kontrol fuzzy dan pendekatan fuzzy dengan sinyal proses dan komunikasi;
- d. *Uncertainty and Information*, dimana perbedaan dari ketidakpastian dianalisa;
- e. *Fuzzy Decision Making*, dimana pertimbangan adanya untuk masalah optimalisasi.

4. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan:

- a. **Representasi Linear**
Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan

himpunan *fuzzy* yang linear, pertama yaitu kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Kedua, merupakan kebalikan dari yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki keanggotaan lebih rendah.

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} (b - x)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

b. Representasi Kurva Segitiga
Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier).

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

c. Representasi Kurva Trapesium
Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c); & c \leq x \leq d \end{cases}$$

5. **Triangular Fuzzy Number (TFN)**

Dalam TFN, setiap nilai tunggal (*crisp*) memiliki fungsi keanggotaan yang terdiri dari tiga nilai yang masing-masing merepresentasikan nilai bawah, nilai tengah dan nilai atas.

$$A = (a_1, a_2, a_3)$$

Fungsi keanggotaan untuk TFN pada gambar di atas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mu[x] &= &= 0 & \text{ untuk } x < a_1 \\ &= &= \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & \text{ untuk } a_1 < x < a_2 \\ &= &= \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & \text{ untuk } a_2 < x < a_3 \end{aligned}$$

6. **Defuzzifikasi Nilai**

Defuzzifikasi merupakan suatu proses konversi dan kuantitas *fuzzy* menjadi kuantitas yang pasti, dimana output dan proses *fuzzy* dapat berupa gabungan logika dari dua atau lebih fungsi keanggotaan *fuzzy* yang didefinisikan sesuai dengan semesta pembicaraannya. Input dan proses defuzzy adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Ada beberapa metode defuzzifikasi yang biasa dipakai adalah sebagai berikut:

a. Metode Centroid (*Center Of Gravity/COG*)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z) daerah *fuzzy*.

b. Metode Bisektor Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.

c. Metode *Mean of Maximum* (MOM)
Pada metode ini solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode *Largest of Maximum* (LUM)
Pada metode ini solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. Metode *Smallest of Maximum* (SOM)
Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

7. **Variabel Linguistik**

Variabel linguistik merupakan variabel yang memiliki uraian berupa bilangan *fuzzy* dan lebih

umumnya suatu kata-kata yang direpresentasikan oleh himpunan *fuzzy*. Sebagai contoh, uraian-uraian dari variabel linguistik untuk temperatur bisa berupa RENDAH, SEDANG dan TINGGI dimana uraian tersebut dinyatakan sebagai nilai *fuzzy* (*fuzzy value*). (Tsoukalas, 1997). Seperti halnya variabel aljabar yang menggunakan angka sebagai nilainya sedangkan variabel linguistik menggunakan kata-kata atau kalimat sebagai nilainya yang membentuk suatu himpunan yang disebut sebagai himpunan "istilah" tiap nilai dari "istilah" tersebut merupakan variabel *fuzzy* yang didefinisikan berdasarkan *base variable*. Sedangkan *base variable* mendefinisikan semesta pembicaraan untuk semua variabel *fuzzy* dalam himpunan "istilah" (Jantzen, 1998).

8. Multiple Criteria Decision Making (MCDM)

Multi-Criteria Decision Making (MCDM)

merupakan suatu metode pengambilan keputusan yang terdiri atas teori-teori, proses-proses, dan metode analitik untuk pengambilan keputusan yang melibatkan ketidakpastian, dinamika, dan aspek multi kriteria keputusan. *Multi-Criteria Decision Making (MCDM)* adalah terminologi yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan dimana adanya pendekatan *MCDM* diharapkan untuk mendapatkan alternatif terbaik.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Pengolahan Data

Setelah diperoleh data dari kuesioner, maka langkah selanjutnya adalah melakukan rekapitulasi hasil kuesioner dan melakukan pengolahan data. Proses pengolahan data menggunakan algoritma *fuzzy MCDM*. Untuk lebih jelasnya, urutan proses pengolahan data dengan menggunakan algoritma *fuzzy MCDM* di atas adalah sebagai berikut (Liang & Wang, 1994):

- a. Menabelkan hasil pembobotan penilaian tingkat kriteria kualitatif untuk mendapatkan nilai bobot agregasinya.
- b. Menabelkan hasil rating penilaian atau preferensi untuk masing-masing alternatif berdasarkan kriteria kualitatif yang ada.
- c. Menentukan nilai tengah bilangan *fuzzy*, dengan cara menjumlahkan nilai yang

muncul di setiap level skala linguistik dan kemudian membagi hasil penjumlahan tersebut dengan jumlah kriteria yang nilainya masuk ke dalam level penilaian linguistik tersebut. Adapun notasi matematikanya adalah sebagai berikut:

$$a_t = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_j T_{ij}}{\sum_{i=1}^k n_{ij}}$$

- a_t = nilai tengah bilangan *fuzzy* untuk level
 T = level penilaian sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi.
 n = jumlah faktor skala dari skala linguistik T untuk alternatif ke-1 dari faktor ke-i
 T_{ij} = nilai numerik dari skala linguistik T untuk alternatif ke-1 dari faktor ke-j.

d. Menentukan nilai batas bawah dan nilai batas atas bilangan *fuzzy*, dimana nilai batas bawah ($c_t = b(i - 1)$) sama dengan nilai tengah level di bawahnya, sedangkan untuk nilai batas atas ($b_t = b(i - 1)$) adalah sama dengan nilai tengah level di atasnya.

e. Menentukan bobot agregat dari masing-masing kriteria kualitatif, karena dalam penelitian ini digunakan bentuk penilaian linguistik yang telah mempunyai definisi bilangan *fuzzy triangular*, maka proses agregasi yang dilakukan adalah dengan mencari nilai agregat dari masing-masing nilai batas bawah (c), nilai tengah (a) dan nilai batas atas (b), yang dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$c_t = \frac{\sum_{j=1}^n c_{tj}}{n} \quad a_t = \frac{\sum_{j=1}^n a_{tj}}{n} \quad b_t = \frac{\sum_{j=1}^n b_{tj}}{n}$$

Dimana:

- c_{ij} = nilai batas bwh kriteria kualitatif ke-t oleh pembuat keputusan ke-j
 a_{ij} = nilai tengah kriteria kualitatif ke-t oleh pembuat keputusan ke-j
 b_{ij} = nilai batas atas kriteria kualitatif ke-t oleh pembuat keputusan ke-j
 n = jumlah penilai (pembuat keputusan)
 Nilai agregatnya adalah $N = (c_j, a_j, b_j)$

Dimana:

Nt. = nilai bobot agregasi untuk kriteria kualitatif ke-t

f. Menghitung nilai preferensi setiap alternatif berdasarkan kriteria kualitatif. Dalam

perhitungan bobot agregat masing-masing alternatif untuk tiap-tiap kriteria dapat dicari nilai *fuzzy* agregatnya dengan model sebagai berikut:

$$q_t = \frac{\sum_{j=1}^n q_{tj}}{n} \quad o_t = \frac{\sum_{j=1}^n o_{tj}}{n} \quad p_t = \frac{\sum_{j=1}^n p_{tj}}{n}$$

q_{ij} = nilai batas bawah alternatif untuk kriteria kualitatif ke-t oleh pembuat ke-j.

o_{ij} = nilai tengah alternatif untuk kriteria kualitatif ke-t oleh pembuat keputusan ke-j.

p_{ij} = nilai batas atas alternatif untuk kriteria kualitatif ke-t oleh pembuat ke-j.

n = jumlah penilai (pembuat keputusan).

Nilai agregatnya adalah $M_{ij} = (q_{it}, o_{it}, p_{it})$

Dimana :

M_{ij} = nilai bobot agregasi untuk alternatif ke-i untuk kriteria kualitatif ke-t.

g. Menghitung nilai indeks *fuzzy* dari hasil penilaian setiap alternatif untuk kriteria kualitatif yang dinotasikan dengan G_i . Terlebih dahulu didapatkan nilai M_{it} dan N_{it} , untuk mendapatkan nilai index kecocokan *fuzzy* G_i untuk tiap-tiap kriteria subyektif. Di sini G_i bukan merupakan bilangan *fuzzy triangular*, melainkan bilangan *fuzzy*.

$$G_i = (Y_i, Q_i, Z_i, H_{i1}, T_{i1}, H_{i2}, U_{i1}), \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Nilai indeks *fuzzy* tersebut didapatkan dengan cara mengoperasikan setiap elemen bilangan *fuzzy triangular* dari hasil nomor 2 dan 4 dengan notasi sebagai berikut:

$$T_{i1} = \frac{\sum_{t=1}^k (o_{it} - q_{it})(a_t - c_t)}{k}$$

$$T_{i2} = \frac{\sum_{t=1}^k [q_{it}(a_t - c_t) + c_t(o_{it} - q_{it})]}{k}$$

$$U_{i1} = \frac{\sum_{t=1}^k (p_{it} - o_{it})(b_t - a_t)}{k}$$

$$U_{i2} = \frac{\sum_{t=1}^k [b_t(o_{it} - p_{it}) + p_t(a_t - b_t)]}{k}$$

$$H_{i1} = \frac{T_{i2}}{2T_{i1}}$$

$$H_{i2} = -\frac{U_{i2}}{2U_{i1}}$$

$$Y_i = \frac{\sum_{t=1}^k q_{it} c_t}{k}$$

$$Q_i = \frac{\sum_{t=1}^k o_{it} a_t}{k}$$

$$Z_i = \frac{\sum_{t=1}^k p_{it} b_t}{k}$$

h. Menghitung nilai utilitas setiap alternatif untuk kriteria kualitatif.

$$U_t(G_t) = \frac{1}{2} \left[H_{i2} - \left(H_{i2}^2 + \frac{X_R - Z_i}{U_{i1}} \right)^{\frac{1}{2}} + 1 + H_{i1} - \left(H_{i1}^2 + \frac{X_L - Y_i}{T_{i1}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$X_R = \frac{1}{2} \left\{ 2x_1 + 2H_{i2}(x_2 - x_1) + \frac{(x_2 - x_1)^2}{U_{i1}} - (x_2 - x_1) \left[2H_{i2} + \frac{(x_2 - x_1)^2}{U_{i1}} + 4 \frac{x_1 - z_1}{U_{i1}} \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

$$X_L = \frac{1}{2} \left\{ 2x_2 + 2H_{i1}(x_2 - x_1) + \frac{(x_2 - x_1)^2}{T_{i1}} - (x_2 - x_1) \left[2H_{i2} + \frac{(x_2 - x_1)^2}{T_{i1}} + 4 \frac{x_1 - z_1}{T_{i1}} \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Adapun tahap pertama yang dilakukan adalah mencari nilai defuzzifikasi kriteria dan preferensi alternatif terhadap kriteria, dimana metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid. Rumus dari defuzzifikasi kriteria adalah sebagai berikut:

Defuzzifikasi N_{it}

$$= \frac{\left[\int_{c_t}^{a_t} \frac{(x - c_t)}{(a_t - c_t)} x dx + \int_{a_t}^{b_t} \frac{(x - b_t)}{(a_t - b_t)} x dx \right]}{\left[\int_{c_t}^{a_t} \frac{(x - c_t)}{(a_t - c_t)} dx + \int_{a_t}^{b_t} \frac{(x - b_t)}{(a_t - b_t)} dx \right]}$$

Dimana : t = kriteria 1,2,3.....n
Sedangkan rumus penentuan nilai defuzzifikasi untuk preferensi alternatif terhadap kriteria kualitatif adalah sebagai berikut:

Defuzzifikasi M_{it}

$$= \frac{\left[\int_{q_{it}}^{o_{it}} \frac{(x - q_{it})}{(o_{it} - q_{it})} x dx + \int_{o_{it}}^{p_{it}} \frac{(x - p_{it})}{(a_t - p_{it})} x dx \right]}{\left[\int_{q_{it}}^{o_{it}} \frac{(x - q_{it})}{(o_{it} - q_{it})} dx + \int_{o_{it}}^{p_{it}} \frac{(x - p_{it})}{(a_t - p_{it})} dx \right]}$$

Dimana : I = alternatif 1,2,3,.....m;
t = kriteria 1,2,3,.....n

i. Menghitung nilai rangking setiap alternatif berdasarkan kriteria kualitatif dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$ST_i = \frac{U_T(G_i)}{\sum_{i=1}^m U_T(G_i)}$$

Dimana :

ST_i = nilai rangking alternatif ke-i berdasarkan kriteria kualitatif.

j. Menghitung nilai rangking setiap alternatif berdasarkan kriteria kuantitatif dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$OT_i = \frac{\sum_{j=1}^p [T_{ij} l(\sum_{i=1}^m T_{ij})]}{p}$$

Dimana :

T_{ij} = nilai (skor) dari alternatif ke-i untuk kriteria kuantitatif ke-j

M = jumlah alternatif

p = jumlah kriteria kuantitatif

OT_i = nilai rangking alternatif ke-i berdasar kriteria kuantitatif

k. Menghitung nilai rangking total (akhir) setiap alternatif untuk kriteria kualitatif dan kriteria kuantitatif dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$FT_i = \frac{ST_i + OT_i}{\sum V_k} \quad , 0 \leq x \leq 1$$

Dimana :

ST_i = nilai rangking alternatif ke-i berdasarkan kriteria kualitatif.

OT_i = nilai rangking alternatif ke-i berdasar kriteria kuantitatif

$\sum V_k$ = jumlah variabel

FT_i = nilai rangking total untuk alt ke-i

l. Memilih alternatif terbaik berdasarkan nilai rangking yang tertinggi.

PENGOLAHAN DATA

1. Pendahuluan

Input data yang digunakan dalam perhitungan manual ini adalah dengan menggunakan kuesioner. Dimana kuesioner ini diberikan kepada pihak-pihak yang berwenang di TNI AL dan yang ahli/expert di bidang kesenjataan. Data yang didapat dari hasil pengolahan kuesioner ini digunakan untuk menentukan bobot tiap kriteria dan bobot setiap alternatif berdasarkan kriteria kualitatif. Dalam pengolahan data tersebut digunakan metode *fuzzy* untuk mengkuantifikasikan data yang kualitatif (data yang bersifat tidak pasti).

2. Alternatif Senjata Penangkis Serangan Udara (PSU)

Dalam penulisan tugas akhir ini yang menjadi obyek adalah senjata jenis senjata Penangkis Serangan Udara yang sudah ada dan yang ditawarkan ke TNI AL antara lain:

- Denel 35 DPG buatan Afrika Selatan.
- Oerlikon GDM 008 buatan Jerman.
- NG-18 6-Barreled 30MM Naval Gun buatan Cina.
- Oto-Melara/Otobreda twin 40L70 Dardo buatan Italia.

3. Kriteria Dalam Pemilihan Senjata

Dalam Tugas Akhir ini, kriteria-kriteria yang dipertimbangkan untuk melakukan pemilihan senjata yang tepat di sebuah kapal dibedakan menjadi dua bagian yaitu kriteria kuantitatif dan kriteria kualitatif. Untuk lebih jelasnya dapat diilustrasikan dengan gambar dibawah ini:

4. Kriteria Kuantitatif

Kriteria kuantitatif adalah kriteria yang mempunyai nilai secara pasti, sehingga dapat dibandingkan antara pilihan yang satu dengan pilihan yang lainnya. Adapun untuk kriteria kuantitatif yang dijadikan pertimbangan dalam pemilihan senjata adalah sebagai berikut:

- Harga (*Cost*)
- Dimensi (P,L,T)
- Tegangan
- Berat

- e. Usia
- f. *Rate of Fire*
- g. *Range / Jarak*
- h. Jumlah laras

5. Kriteria Kualitatif

Kriteria kualitatif adalah kriteria yang tidak mempunyai nilai secara pasti, sehingga untuk mengetahui nilainya perlu dilakukan kuantifikasi terhadap kriteria kualitatif dan nantinya didapatkan nilai angka dari kriteria kualitatif. Adapun untuk kriteria kuantitatif yang dijadikan pertimbangan dalam pemilihan senjata adalah sebagai berikut:

- a. *Reliability*
- b. *Maintainability*
 - 1) Pemeliharaan Lapangan
 - 2) Kemudahan *Spare parts*
- c. *Complexity*
 - 1) *Safety Features*
 - 2) *Automation & Control*
 - 3) *Service*
- d. *Operation*
 - 1) Kemudahan Penggunaan
 - 2) *Operating Personnel*

- f. Taktis
 - 1) Akurasi
 - 2) Daya Hancur
 - 3) Kondisi Lingkungan
 - 4) ECCM (*Electronic Counter Counter Measures*)
 - 5) Sensor
- g. Khusus
 - 1) Politis
 - 2) Strategis

6. Analisis Hasil Pembobotan agregat total

Pada proses pembobotan agregat untuk data masing-masing kriteria dan alternatif dilakukan proses pengolahan data yang bertujuan untuk mencari nilai bawah, tengah maupun atas untuk setiap kriteria dan alternatif.

Berikut rekap bobot kriteria dan alternatif yang dihasilkan dengan *fuzzy* MCDM ditunjukkan dengan pada tabel (4.1) dan (4.2). Rekap bobot yang diperlihatkan pada tabel (4.1) hanya nilai tengah dari masing- masing kriteria dan begitu juga untuk nilai bobot alternatif yang ditampilkan hanya pada nilai tengahnya saja.

Tabel 4.1 Rekap Bobot Agregat Kriteria Kualitatif

| NO | KRITERIA | | BOBOT | NO | KRITERIA | | BOBOT |
|----|----------------|----------------------------|--------|----|----------|--------------------|--------|
| 1. | RELIABILITY | | 8,4 | 5. | TAKTIS | AKURASI | 9,3033 |
| 2. | MANTAINABILITY | HARLAP | 6,37 | | | DAYA HANCUR | 9,3033 |
| | | KEMUDAHAN SPARE PART | 8,1567 | | | KONDISI LINGKUNGAN | 5,8383 |
| 3. | COMPLEXITY | SAFETY FEATURES (KEAMANAN) | 6,885 | | | ECCM | 6,8067 |
| | | AUTOMATION & CONTROL | 6,7317 | | | SENSOR | 6,6733 |
| | | SECURITY | 6,0667 | 6. | KHUSUS | POLITIS | 5,9083 |
| 4. | OPERATION | KEMUDAHAN PENGGUNAAN | 6,5117 | | | STRATEGIS | 6,7433 |
| | | OPERATING PERSONNEL | 6,3583 | | | | |

Tabel 4.2 Rekap Bobot Agregat Alternatif

| NO | KRITERIA | | Mit | Bobot | NO | KRITERIA | | Mit | Bobot | | |
|----|-----------------|----------------------------|----------------------|-------|--------|----------|-------------|--------------------|--------|-------|-------|
| 1. | RELIABILITY | | ALT 1 | 7,812 | 5. | TAKTIS | AKURASI | ALT 1 | 7,78 | | |
| | | | ALT 2 | 7,765 | | | | ALT 2 | 6,603 | | |
| | | | ALT 3 | 6,95 | | | | ALT 3 | 8,01 | | |
| | | | ALT 4 | 8,55 | | | | ALT 4 | 7,192 | | |
| 2. | MANTAIN ABILITY | HARLAP | ALT 1 | 6,623 | | | DAYA HANCUR | ALT 1 | 7,252 | | |
| | | | ALT 2 | 6,603 | | | | ALT 2 | 8,057 | | |
| | | | ALT 3 | 7,812 | | | | ALT 3 | 9,072 | | |
| | | | ALT 4 | 6,94 | | | | ALT 4 | 7,765 | | |
| | | | KEMUDAHAN SPARE PART | ALT 1 | 6,072 | | | KONDISI LINGKUNGAN | ALT 1 | 6,602 | |
| | | | | ALT 2 | 6,333 | | | | ALT 2 | 7,245 | |
| | | | | ALT 3 | 9,072 | | | | ALT 3 | 7,235 | |
| | | | | ALT 4 | 5,728 | | | | ALT 4 | 8,55 | |
| 3. | COMPLEXITY | SAFETY FEATURES (KEAMANAN) | ALT 1 | 6,945 | | | ECCM | ALT 1 | 6,93 | | |
| | | | ALT 2 | 8,038 | | | | ALT 2 | 7,235 | | |
| | | | ALT 3 | 7,535 | | | | ALT 3 | 6,93 | | |
| | | | ALT 4 | 7,535 | | | | ALT 4 | 7,235 | | |
| | | AUTOMATION & CONTROL | ALT 1 | 6,962 | | | | | SENSOR | ALT 1 | 6,907 |
| | | | ALT 2 | 7,49 | | | | | | ALT 2 | 6,66 |
| | ALT 3 | | 8,043 | ALT 3 | 7,78 | | | | | | |
| | ALT 4 | | 7,132 | ALT 4 | 8,023 | | | | | | |
| | SERVICE | ALT 1 | 6,617 | 6. | KHUSUS | POLITIS | ALT 1 | 6,072 | | | |
| | | ALT 2 | 7,475 | | | | ALT 2 | 6,962 | | | |
| | | ALT 3 | 7,78 | | | | ALT 3 | 8,842 | | | |
| | | ALT 4 | 6,66 | | | | ALT 4 | 5,728 | | | |
| 4. | OPERATION | KEMUDAHAN PENGGUNAAN | ALT 1 | 6,318 | | | STRATEGIS | ALT 1 | 6,96 | | |
| | | | ALT 2 | 7,46 | | | | ALT 2 | 6,662 | | |
| | | | ALT 3 | 8,07 | | | | ALT 3 | 8,038 | | |
| | | | ALT 4 | 6,96 | | | | ALT 4 | 4,58 | | |
| | | | OPERATING PERSONNEL | ALT 1 | 7,167 | | | | | | |
| | | | | ALT 2 | 6,892 | | | | | | |
| | | | | ALT 3 | 7,535 | | | | | | |
| | | | | ALT 4 | 6,848 | | | | | | |

Tabel (4.1) dan (4.2) merupakan hasil agregat pembobotan total dimana pembobotan ini berfungsi untuk mencari indeks *fuzzy* dan menjadi input data untuk dilakukan defuzzifikasi.

Tabel 4.3 Hasil Defuzzifikasi

| INDEKS | ALTERNATIF | | | |
|--------|------------|-------|-------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Yi | 20,81 | 22,37 | 25,95 | 21,71 |
| Qi | 47,87 | 49,76 | 54,86 | 48,99 |
| Zi | 74,13 | 76,16 | 80,93 | 74,14 |
| Hi1 | 1,827 | 2,167 | 2,458 | 1,978 |
| Ti1 | 6,014 | 5,318 | 5,106 | 5,681 |
| Hi2 | 5,208 | 5,433 | 5,898 | 5,63 |
| Ui1 | 2,68 | 2,595 | 2,286 | 2,375 |
| Ti2 | 21,98 | 23,05 | 25,1 | 22,47 |
| Ui2 | -27,9 | -28,2 | -27 | -26,74 |

7. Analisis proses fuzzifikasi dan Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk mendapatkan nilai tunggal dari nilai linguistik. Metode Defuzzifikasi terbaik yang digunakan dalam *fuzzy* MCDM adalah metode *Center Of Gravity (COG)* / Metode *Centroid* (Kainz, 2003). Dengan memperhatikan penelitian tersebut maka penelitian kali ini menggunakan metode *Centroid* dengan mengambil nilai *Crisp* (nilai tunggal) yang berasal dari tengah dari daerah *fuzzy* yang ada sehingga cocok dengan perancangan fungsi keanggotaan dan basis aturan *fuzzy* yang digunakan

| NO | KRITERIA | | Defuzzifikasi Bobot | Defuzzifikasi Alternatif | | | |
|----|----------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|-------|-------|-------|
| | | | | Alt 1 | Alt 2 | Alt 3 | Alt 4 |
| 1. | RELIABILITY | | 8,212 | 7,672 | 7,678 | 6,707 | 8,392 |
| 2. | MANTAINABILITY | HARLAP | 6,013 | 6,436 | 6,596 | 7,672 | 6,414 |
| | | KEMUDAHAN SPARE PART | 7,803 | 5,866 | 6,153 | 8,869 | 5,588 |
| 3. | COMPLEXITY | SAFETY FEATURES (KEAMANAN) | 6,485 | 6,697 | 7,902 | 7,432 | 7,432 |
| | | AUTOMATION & CONTROL | 6,485 | 6,878 | 7,386 | 7,905 | 7,104 |
| | | SECURITY | 5,550 | 6,424 | 7,382 | 7,669 | 6,424 |
| 4. | OPERATION | KEMUDAHAN PENGGUNAAN | 6,013 | 6,148 | 7,391 | 7,905 | 6,702 |
| | | OPERATING PERSONNEL | 6,013 | 7,116 | 6,876 | 7,432 | 6,833 |
| 5. | TAKTIS | AKURASI | 8,881 | 7,669 | 6,596 | 7,916 | 7,154 |
| | | DAYA HANCUR | 8,881 | 7,161 | 7,909 | 8,869 | 7,678 |
| | | KONDISI LINGKUNGAN | 5,087 | 6,419 | 7,149 | 7,154 | 8,392 |
| | | ECCM | 6,467 | 6,867 | 7,154 | 6,867 | 7,154 |
| | | SENSOR | 6,457 | 6,707 | 6,424 | 7,669 | 7,912 |
| 6. | KHUSUS | POLITIS | 5,097 | 5,866 | 6,878 | 8,622 | 5,588 |
| | | STRATEGIS | 6,467 | 6,702 | 6,600 | 7,902 | 4,133 |

Tabel 4.4 Nilai indeks pembentuk nilai evaluasi

Setelah diketahui indeks pembentuk nilai evaluasi pada tabel (4.4) maka selanjutnya dilakukan proses pencarian nilai fungsi keanggotaan *fuzzy* ($fG(x)$) dan indeks *fuzzy* G_i yang selanjutnya akan diolah menjadi nilai utilitas sehingga dapat diketahui alternatif mana yang terbaik. Berikut nilai $fG_i(x)$ dan G_i yang ditunjukkan pada tabel (4.5).

Tabel 4.5 Nilai $fG_i(x)$ dan G_i

| NILAI | Alt 1 | Alt 2 | Alt 3 | Alt 4 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| G_i | 45,100 | 47,172 | 51,961 | 45,976 |
| $fG_i(x)$ | 0,834 | 0,895 | 0,988 | 0,910 |

Setelah diketahui nilai indeks *fuzzy*, maka langkah selanjutnya adalah pencarian nilai utilitas untuk setiap alternatif berdasarkan kriteria kualitatif. Dengan menggunakan persamaan maka hasil nilai utilitas dapat kita lihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.6 Nilai St_i (Kualitatif) setiap Alternatif

| NILAI | Alt 1 | Alt 2 | Alt 3 | Alt 4 |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| St_i | 0,230 | 0,247 | 0,272 | 0,251 |

Demikian juga untuk kriteria kuantitatif juga dicari nilai utilitasnya dengan menggunakan persamaan maka hasil nilai utilitas untuk kriteria kuantitatif dapat kita lihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.7 Nilai OT_i (Kuantitatif) setiap Alternatif

| NILAI | Alt 1 | Alt 2 | Alt 3 | Alt 4 |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| OT_i | 0,234 | 0,247 | 0,281 | 0,237 |

Dari (tabel 4.7) diatas dapat diketahui nilai utilitas dari masing-masing alternatif. Dari 4 alternatif tersebut dapat diketahui bahwa alternatif 3 memiliki nilai utilitas tertinggi yaitu 0,281 diikuti dengan alternatif 2 sebesar 0,247, alternatif 4 0,237 dan terakhir alternatif 1 yaitu 0,234.

Akhirnya untuk mendapatkan nilai rangking total untuk setiap alternatif baik kriteria kualitatif maupun kuantitatif dengan menggunakan persamaan diatas maka hasil akhirnya adalah tertera pada tabel (4.8) berikut ini:

Tabel 4.8 Nilai total setiap Alternatif

| NILAI | Alt 1 | Alt 2 | Alt 3 | Alt 4 |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| FT_i | 0,232 | 0,247 | 0,277 | 0,244 |
| RANGKING | IV | II | I | III |

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil akhir untuk pemilihan alternatif senjata Penangkis Serangan Udara yaitu yang terbaik adalah alternatif ke 3,

NG-18 6-Barelled 30MM Naval Gun dengan total nilai sebesar **0,277**.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pengolahan data tentang prioritas pemilihan senjata penangkis serangan udara untuk kapal

LPD kelas KRI Makassar dengan menggunakan metode *fuzzy* MCDM maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Dalam melakukan pemilihan senjata maka kriteria yang dibutuhkan

sebagai bahan pertimbangan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu kriteria kualitatif dan kriteria kuantitatif.

b. Proses pengambilan keputusan dalam pemilihan senjata ini tidak dilakukan oleh satu orang saja, melainkan melibatkan banyak orang, sehingga setiap pengambil keputusan akan memberikan penilaian yang berbeda terhadap kriteria maupun alternatif pilihan yang ada.

c. Algoritma *fuzzy* dapat diaplikasikan dalam pemilihan senjata, karena dalam metode *fuzzy* ini dapat mengkuantifikasikan kriteria yang bersifat kualitatif (samar).

d. Berdasarkan perhitungan dg menggunakan program komputer *fuzzy* MCDM maka didapatkan senjata penangkis serangan udara yang terpilih adalah NG-18 6-Barreled 30MM Naval Gun dengan total nilai rangking tertinggi yaitu 0,2977.

e. Maka urutan prioritas hasil pengolahan data adalah sebagai berikut: NG-18 6-Barreled 30MM Naval Gun, Oerlikon GDM 008, Oto-Melara/Otobreda twin 40L70 Dardo, dan Denel 35 DPG.

2. Saran

a. Berdasarkan urutan prioritas alternatif senjata penangkis serangan udara bagi kapal LPD kelas KRI Makassar diatas, maka mohon menyarankan agar proses penentuan prioritas pemilihan senjata penangkis serangan udara mengikuti urutan prioritas dari hasil penelitian tersebut.

b. Berdasarkan kesimpulan dari analisa guna pengambilan keputusan permasalahan multi kriteria dapat diselesaikan dengan metode *fuzzy* MCDM karena akan menghasilkan keputusan yang cukup obyektif, transparan, *flexible* dan dapat dipertanggungjawabkan.

c. Apabila ada alternatif lain yang bisa dipertimbangkan dalam proses penentuan prioritas pemilihan senjata penangkis serangan udara maka alternatif tersebut dapat dimasukkan sebagai alternatif tambahan seperti yang telah kami olah.

d. Metode *fuzzy* MCDM dapat juga digunakan dalam proses pengambilan keputusan tentang permasalahan yang lain seperti proses penentuan jabatan atau penentuan pangkalan di lingkungan TNI AL dan pengambilan keputusan strategis lainnya yang bersifat multikriteria.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, Lutfi (2012) *Pemilihan rudal permukaan ke permukaan pada KRI jenis Trimaran dengan menggunakan metode Analitic Network Process*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, STTAL, Surabaya.
- Chiou, H.K.(2004). Evaluating Sustainable Fishing development strategis using Fuzzy MCDM approach. *International Journal*, 123–305.
- Chiu, Y. J., (2006). *Marketing strategy based on customer behaviour for the LCD-TV*. *International Journal and Decision Making*, 7(2/3), 143–165.
- Chungcu, T., Lin, Yichen.(2008) *An extension to fuzzy MCDM*. Science Direct Oktober 2008.
- Dharmawan, Wahyu Budi (2013). *Penetapan produk Unggulan daerah kabupaten Madiun dengan metode Dematel, ANP, dan fuzzy MCDM*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Hori, S., & Shimizu, Y. (1999). *Designing methods of human interface for supervisory control systems*. *Control Engineering Practice*, 7(11), 1413–1419.
- Hsieh, Ting-ya. (2004). *Fuzzy MCDM Approach for planning and Design Tenders Selection in Public Office Building*. *Decision Support System*, Vol 22, 573-584.

- JoHsieh, T-Y dan Lu, S-T. (2004). *Project Fuzzy MCDM Approach for planning and design tenders selection in public office buildings*. International Journal of Project Management. 22, 573-584.
- Kainz, W. (2003). *Introducing to fuzzy Logic And application in GIS*. Departement of Geography and Regional Research. University of Vienne. Austria.
- Kastaman, Roni. (2006). *Penggunaan Metode fuzzy dalam penentuan lahan kritis dengan menggunakan sistem informasi geografis di daerah subdas Cipeles*. Tugas Akhir S.T, Unpad, Bandung.
- Mabes TNI AL. (2009). *PERKASAL/39/V/2009 Kebijakan Dasar Pembangunan TNI AL Menuju Kekuatan Pokok Minimum (Minimum Essential Force)*, Jakarta.
- Ramdhan, Taufik (2010). *Pemilihan rudal permukaan ke permukaan untuk kapal kelas KRI Fatahillah dengan pendekatan metode Dematel dan ANP*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, STTAL, Surabaya.
- Saaty, T. L. (1993), " *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin*" (Terjemahan), PT. Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
- Setyawan, Agung (2007). *Aplikasi metode fuzzy MCDM dalam pemilihan motor induk untuk keperluan Repowering kapal TNI AL*. Tugas Akhir, Jurusan Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sutikno. (2011), *Metode defuzzifikasi aturan mamdani pada sistem kendali logika fuzzy*. Tugas Akhir S.T, Undip, Semarang.
- Tzeng, G. H., Chiang, C. H., dan Li, C. W. (2007). *Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL*. Expert Systems with Applications, 32(4), 1028–1044.
- Tzeng, G-H., Liang, J., Neng, H dan Huei, R, (2008). *Vendor selection by integrated Fuzzy MCDM techniques with independent and interdependent relationships*. Information Science. 178.4166-4184.
- Wang dan Liang, (1994), *A hierarchy fuzzy MCDM method for studying electronic marketing strategies in the informations service industry*. International Journal Inf Manage, Vol 8, 1-22.
- Zadeh, Lotfi A, (1974) *Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes*. The University of California, Berkeley, California July 1-4, 197