

APLIKASI FUZZY MULTI CRITERIA DECISION MAKING (FMCDM) DALAM PEMODELAN PENENTUAN LOKASI PENGEMBANGAN PANGKALAN ANGKATAN LAUT

Okol Sri Suharyo^{1*}, Djauhar Manfaat², Haryo Armono²

Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut Indonesia, STTAL, Surabaya, Indonesia^{1*}
Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

ABSTRAK

Indonesia sebagai suatu Negara Kepulauan yang memiliki wilayah laut yang lebih luas dari pada daratan harus dapat mengendalikan dan mengamankan seluruh wilayah lautan yang dimilikinya sesuai dengan ketentuan *United Nations Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS). Upaya pengendalian dan pengamanan laut dilakukan melalui kegiatan operasi keamanan laut yang digelar oleh Kapal KRI dan Pangkalan Angkatan Laut sebagai *base* pendukungnya. Namun demikian ditinjau dari kemampuan, khususnya kemampuan Pangkalan Angkatan Laut masih sangat kurang, sehingga perlu dilakukan pengembangan Pangkalan Angkatan Laut yang telah ada.

Pangkalan Angkatan Laut yang berada di wilayah kerja suatu negara mempunyai peranan yang sangat penting sebagai tempat pengembangan kekuatan laut ke daerah operasi atau "*Deployment forces position*" dan juga sebagai "*Home Base*" yang memiliki kriteria fungsi 5 (*five*) R, yaitu : *Rest, Refresh, Refuel, Repair and Replenishment*. Dalam gelar operasi kehadiran di laut sehari-hari Pangkalan Angkatan Laut juga memiliki peranan penting berkenaan dengan penerapan efisiensi dan efektifitas operasi menggunakan taktik Pangkalan sebagai titik markas pengamanan wilayah.

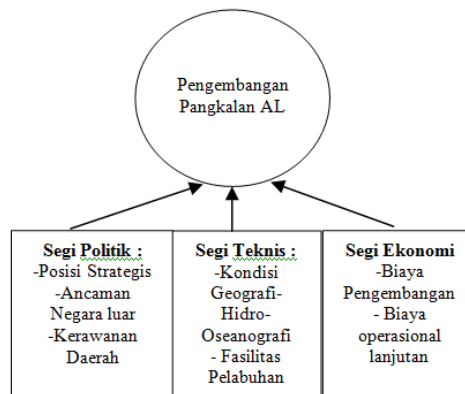
Penelitian ini bertujuan untuk memilih lokasi beberapa Pangkalan Angkatan Laut yang telah ada dengan berbagai macam karakteristik wilayah yang berbeda-beda untuk dikembangkan atau dinaikkan status klasifikasinya menjadi Pangkalan Angkatan Laut yang ideal dalam mendukung tugas-tugas TNI AL, ditinjau dari aspek politik, aspek teknis dan aspek ekonomi. Model yang digunakan adalah aplikasi metode dan teori Fuzzy MCDM. Langkah pertama proses ini diawali dengan metode Set Covering yang menyeleksi 33 Pangkalan TNI AL menjadi 4 pangkalan alternatif yang siap dikembangkan. Langkah selanjutnya dengan mengaplikasikan metode Fuzzy MCDM untuk membuat Model Pemilihan Pengembangan Pangkalan TNI AL, dengan menilai performansi masing-masing 4 pangkalan TNI AL tersebut. Hasil Pemodelan mendapatkan ranking Naval Base (NB) sebagai berikut (1). NB4 Sorong bobot 0.259, (2). NB3 Tarakan bobot 0.252, (3). NB2 Maumere bobot 0.248, (4). NB1 Ternate bobot 0.241.

Kata Kunci : Pangkalan TNI AL, Fuzzy MCDM.

PENDAHULUAN

Pangkalan Angkatan Laut yang berada di wilayah kerja suatu negara mempunyai peranan yang sangat penting sebagai tempat pertahanan dan keamanan negara, pengembangan kekuatan laut ke daerah operasi militer (*Deployment forces position*), sebagai "*Home Base*" yang memiliki fungsi 5 (*five*) R, yaitu : *Rest, Refresh, Refuel, Repair and Replenishment* armada kapal Angkatan Laut. dan juga sebagai tempat pembinaan potensi maritim daerah sekitar.

Pengembangan Pangkalan Angkatan Laut memerlukan sumber daya yang sangat besar. Oleh karena itu diperlukan suatu perhitungan dan pertimbangan yang strategis untuk memutuskan pengembangan suatu lokasi Pangkalan Angkatan Laut. Menurut penulis faktor penting dalam pengembangan Pangkalan Angkatan Laut dipengaruhi oleh pertimbangan dari **segi Politik, Teknis dan Ekonomi**. Seperti dalam tabel berikut ini :



Gambar 1. Faktor Penting Pengembangan Pangkalan AL

Pangkalan Angkatan Laut Indonesia

Indonesia sebagai suatu Negara Kepulauan yang memiliki wilayah laut yang lebih luas dari pada daratan maka konsekuensinya Indonesia harus dapat mengendalikan dan mengamankan seluruh wilayah lautan yang dimilikinya sesuai dengan ketentuan dalam *United Nations Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS 1982). Upaya pengendalian dan pengamanan laut wilayah ini dilakukan melalui kegiatan patroli keamanan laut yang digelar oleh Kapal-kapal TNI AL / KRI dan Pangkalan Angkatan Laut sebagai *base* pendukungnya.

TNI AL membagi wilayah kerja komandonya menjadi 2 (dua) wilayah Komando Utama, yaitu Komando Armada Barat dan Komando Armada Timur. Dalam tulisan ini pembahasan hanya dibatasi pada Pangkalan Angkatan Laut (*Naval Base*) di wilayah Komando Armada Timur. Jumlah Pangkalan Angkatan Laut di wilayah kerja Komando Armada Timur adalah **33** (*Naval Base*), yang tersebar mulai dari perairan Laut Jawa di sebelah utara Jawa Tengah sampai ke timur perairan Laut Aru di selatan Papua dan Samudera Pasifik utara Papua.

Tabel 1. Pangkalan TNI AL

No	Lokasi Pangkalan AL	Group
1	Cilacap	LANT V
2	Tegal	LANT V
3	Semarang	LANT V
4	Surabaya	LANT V
5	Banyuwangi	LANT V
6	Benoa	LANT V
7	Makassar	LANT VI
8	Kendari	LANT VI
9	Palu	LANT VI
10	Balikpapan	LANT VI
11	Kotabaru	LANT VI
12	Banjarmasin	LANT VI
13	Mataram	LANT VII
14	Kupang	LANT VII
15	Maumere	LANT VII
16	Tual	LANT VII
17	Manado	LANT VIII
18	Tarakan	LANT VIII
19	Nunukan	LANT VIII
20	Tahuna	LANT VIII
21	Toli-toli	LANT VIII
22	Gorontalo	LANT VIII
23	Ambon	LANT IX
24	Ternate	LANT IX
25	Saumlaki	LANT IX
26	Morotai	LANT IX
27	Jayapura	LANT X
28	Biak	LANT X
29	Manokwari	LANT X
30	Sorong	LANT X
31	Timika	LANT XI
32	Aru	LANT XI
33	Merauke	LANT XI



Gambar 2. Wilayah Kerja Koarmatim

Kriteria Penting dalam Pengembangan Pangkalan Angkatan Laut

Pada gambar 2. Pangkalan Angkatan Laut Indonesia (*Indonesian Naval Base*) berada di 33 titik lokasi yang tersebar di wilayah timur negara Republik Indonesia. Setiap lokasi Pangkalan Angkatan Laut memiliki karakteristik yang berbeda-beda berdasarkan pertimbangan segi Politik, Teknis dan Ekonomi, yang secara keseluruhan menurut penulis dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Letak Posisi Strategis terhadap NKRI

Letak posisi strategis Pangkalan Angkatan Laut dipengaruhi oleh :

- (1) Tingkat ancaman dari negara luar, kondisi kerawanan di perbatasan wilayah dan pelanggaran batas wilayah.
- (2) Kondisi kerawanan daerah, *illegal logging*, *illegal fishing* dan kejahatan lain di laut seperti perompakan dan pembajakan kapal.

2. Kondisi Geografi dan Hidro-Oseanografi Alam dan Pantai

Adalah suatu kondisi alam yang berpengaruh dalam kegiatan kegiatan Pangkalan Angkatan Laut. Perairan pelabuhan harus tenang terhadap serangan gelombang dan terhindar dari sedimentasi yang cepat. Untuk itu sedapat mungkin pelabuhan berada di perairan yang terlindung secara alami. Beberapa variabel geografi dan oseanografi yang sangat penting, yang perlu ditinjau di lokasi Pangkalan Angkatan Laut adalah :

- (1) Geografi daerah pelabuhan, ketinggian lokasi, iklim.
- (2) Hidro-Oseanografi, bathymetri, kecepatan angin, arus, pasang surut dan tinggi gelombang air laut.
- (3) Geologi daerah pelabuhan
- (4) Sedimentasi daerah pelabuhan.

3. Kondisi Fasilitas di Area Pelabuhan/Pangkalan Angkatan Laut

Fasilitas pelabuhan militer/Pangkalan Angkatan Laut adalah fasilitas dukungan yang mencakup hal sbb. :

- (1). Fasilitas alur pelayaran dan dermaga sandar
- (2). Fasilitas pemeliharaan dan perbaikan (*Fasharkan / Naval Shipyard*)
- (3). Fasilitas pembekalan logistik, meliputi : air tawar, BBM, minyak lumas dan logistik personel (bahan makanan).
- (4). Fasilitas perawatan personel (rumah sakit, mess dan sarana rekreasi)

4. Kompatibilitas dan Dispersi KRI terhadap Pangkalan Angkatan Laut

Adalah suatu kondisi dimana daerah / teritorial yang *discover* oleh Pangkalan Angkatan Laut bisa dilaksanakan operasi / pelayaran oleh kapal kapal TNI AL.

Dengan berbagai macam jenis dan tipe kelas KRI mulai dari tipe terkecil *Fast Patrol Boat (FPB)*, klas *Corvett*, klas *Landing Ship Tank (LST)* dan lain-lain hingga kapal terbesar TNI AL se-kelas kapal Markas memiliki tingkat kompatibilitas yang berbeda beda di Pangkalan Angkatan Laut TNI AL.

Kompatibilitas KRI tersebut dipengaruhi :

- (1) Kemampuan *Coverage Area* KRI yang meliputi *endurance* KRI, kecepatan KRI, Radar KRI dan Jarak Jangkauan KRI terhadap lokasi jaringan *hub-port* Pangkalan Angkatan Laut.
- (2) Kemampuan kondisi teknis KRI yang meliputi: ukuran KRI, *Tipe/klass* KRI

5. Biaya Pengembangan Pangkalan Angkatan Laut

Biaya pengembangan suatu Pangkalan Angkatan Laut terdiri dari 2 (dua) hal yang utama, yaitu :

- (1) Biaya dalam hal pengembangan fisik dan fasilitas Pangkalan Angkatan Laut
- (2) Biaya operasional lanjutan yang ditimbulkan akibat suatu lokasi dipilih sebagai Pangkalan Angkatan Laut miiter TNI AL. Biaya ini harus menjamin bahwa a. Biaya perawatan agar tetap bisa menjamin fungsi sebagai pelabuhan militer seminimal mungkin.
b. Biaya dispersi dan operasi KRI berdasarkan tata letak Pangkalan Angkatan Laut tersebut ke daerah operasi harus seminimal mungkin.

Dengan berdasarkan faktor-faktor penting di atas maka setiap lokasi Pangkalan Angkatan Laut memiliki karakteristik dan pengaruh dari segi politik, teknis dan ekonomi yang berbeda-beda dalam mendukung integritas wilayah NKRI, sehingga kiranya perlu dilakukan analisis kajian dan optimasi untuk memilih Pangkalan Angkatan Laut mana yang lebih layak, dan lebih *feasible* untuk dikembangkan di masa yang akan datang.

Mengingat sangat kompleksnya permasalahan yang dihadapi dalam pemilihan pengembangan Pangkalan Angkatan Laut, maka perlu dilakukan penelusuran data yang lebih dalam dan luas untuk membuat sebuah **model yang representatif**. Model ini tentu harus dapat mengakomodasi seluruh lingkup permasalahan dalam pengembangan Pangkalan Angkatan Laut, Model tersebut berupa model pemilihan lokasi Pangkalan TNI AL dengan metode Fuzzy MCDM dan Set Covering.

Konsep Teori Fuzzy

Konsep teori *fuzzy* diprakarsai oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 dengan paper seminarnya "*Fuzzy Sets*" (Zadeh, 1965). Dengan teori *fuzzy* dapat ditunjukkan bahwa semua teori dapat digunakan sebagai konsep dasar dari *fuzzy* atau *continues membership function*.

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. 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:

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

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 teori di atas adalah sebagai berikut:

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

Defuzzifikasi Nilai

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.

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).

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):

- Menabelkan hasil pembobotan penilaian tingkat kriteria kualitatif untuk mendapatkan nilai bobot agregasinya.
- Menabelkan hasil rating penilaian atau preferensi untuk masing-masing alternatif berdasarkan kriteria kualitatif yang ada.
- 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.

- 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.

- 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:

N_t = nilai bobot agregasi untuk kriteria kualitatif ke-t

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

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

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

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

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:

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

Dimana : t = kriteria 1,2,3.....n

Sedangkan rumus penentuan nilai defuzzifikasi untuk preferensi alternatif terhadap kriteria kualitatif adalah sebagai berikut:

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

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

i. Menghitung nilai ranking 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 ranking alternatif ke-i berdasarkan kriteria kualitatif.

j. Menghitung nilai ranking 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 ranking alternatif ke-i berdasar kriteria kuantitatif

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

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

Dimana :

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

OT_i = nilai ranking alternatif ke-i berdasar kriteria kuantitatif

ΣV_k = jumlah variabel

FT_i = nilai rangking total untuk alt ke-i

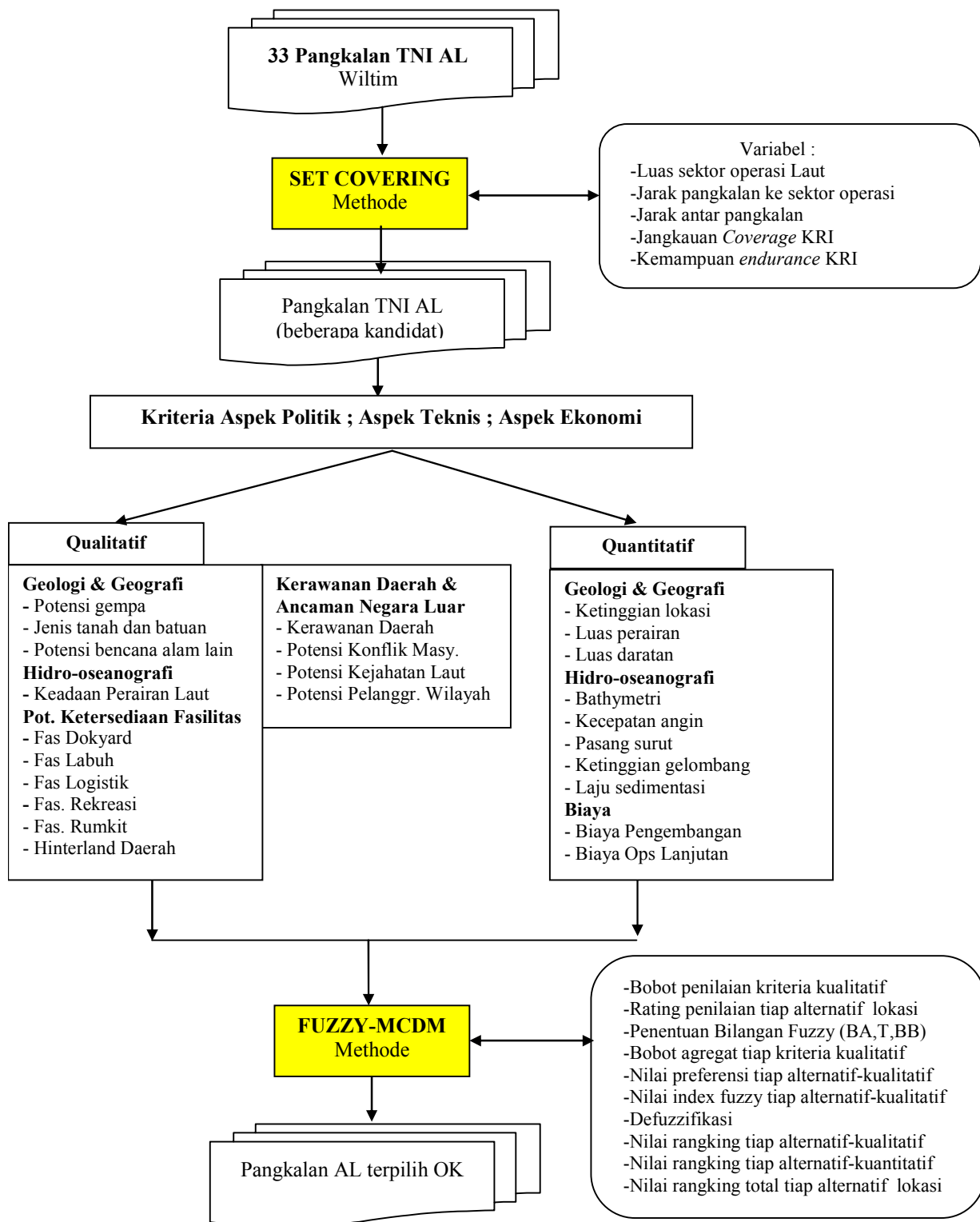
l. Memilih alternatif terbaik berdasarkan nilai rangking yang tertinggi.

Konsep Teori Set Covering

Set Covering Methods adalah metoda optimasi alokasi pangkalan yang bertujuan untuk meminimalisasi jumlah hub port / pangkalan yang dibutuhkan untuk melayani / *cover* pangkalan lainnya. Pangkalan terpilih akan memberikan *cover* / layanan pada kapal terhadap pangkalan lainnya. Sehingga akan meminimalisasi jumlah hub port / pangkalan yang pada akhirnya akan menghemat anggaran karena pangkalan terpilih akan dikembangkan sebagai pangkalan utama. Menurut Heragu (1997) *Set covering* muncul pada sebuah sistem yang mempunyai syarat setiap konsumen dapat dijangkau oleh minimal satu fasilitas. Sedangkan menurut Daskin (1995), *set covering* merupakan cara menentukan biaya terendah dari penempatan sejumlah fasilitas dimana setiap *demand node* dapat dijangkau oleh minimal satu fasilitas. Dari kedua pengertian tersebut diatas, secara umum *set covering* dapat diartikan sebagai pemilihan lokasi dari alternatif-alternatif yang ada dengan tujuan untuk meminimalkan seluruh faktor-faktor yang berpengaruh dengan batasan bahwa setiap *demand* dapat dijangkau oleh lokasi yang dipilih.

Set Covering merupakan salah satu bagian dari permasalahan lokasi alokasi. Tujuan dari model lokasi alokasi adalah menentukan lokasi dari fasilitas-fasilitas yang dapat meminimumkan biaya penugasan fasilitas-fasilitas ke *customer* dengan pembatas bahwa tiap-tiap fasilitas digunakan untuk sejumlah customer yang ditetapkan. Service dapat dilakukan oleh fasilitas apabila customer berada dalam jangkauan jarak yang ditetapkan dan fasilitas dianggap tidak mampu apabila jaraknya melebihi nilai kritis jangkauan jarak

METODOLOGI



Gambar 3. Flowchart Fuzzy MCDM dan Set Covering Pemilihan Pengembangan Pangkalan TNI AL

PENGOLAHAN DATA DAN PROSES ANALISA

Proses pertama dalam penelitian ini adalah mengaplikasikan metode Set Covering untuk memilih Pangkalan TNI AL. Tujuan dari metode ini adalah meminimalisasi jumlah hub port / pangkalan yang dibutuhkan untuk melayani / cover pangkalan lainnya. Sehingga didapatkan beberapa Pangkalan TNI AL yang dapat mengcover pangkalan lainnya dari segi jarak jangkauan pangkalan ke sektor operasi dan kemampuan endurance KRI.

Data yang diproses meliputi : (1). Jarak jangkauan kapal di pangkalan ke sektor operasi, (2). Jarak antar pangkalan. dan (3). Kemampuan endurance KRI. Dengan tahapan formulasi sebagai berikut :

a. Penentuan Fungsi Tujuan

Meminimalkan jumlah hub-port pangkalan untuk mengcover pangkalan lainnya di sektor operasi (set covering) dengan memaksimalkan jangkauan kapal di pangkalan k ke sektor operasi j.

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in J} X_{kj} \cdot (Kpb)_{kj} \quad Z \text{ min} =$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in J} (d_{kj} \cdot X_{kj}) \cdot (Kpb)_{kj} \quad Z \text{ max} =$$

b. Penentuan Fungsi Kendala

1. Jarak jangkauan operasional kapal patroli dari posisi pangkalan k ke sektor operasi j dan kembali ke pangkalan k tidak melebihi kemampuan jarak jelajah kapal patroli sekali *endurance* (RE kapal patroli).

$$d_{kj} \cdot X_{kj} \leq \text{RE kapal patroli,}$$

2. Sektor patroli j di cover oleh sedikitnya satu pangkalan angkatan laut.

$$X_{kj} \geq 1$$

d_{kj} = Jangkauan kapal di pangkalan k ke sektor operasi j selanjutnya kembali ke pangkalan k

X_{kj} = Pangkalan Angkatan laut k yang mengcover sektor operasi j

$(Kpb)_{kj}$ = Kompatibilitas pangkalan k terhadap sektor operasi j

RE = Jarak jelajah kapal patroli sekali *endurance*

c. Penentuan Variabel Keputusan

Variabel keputusan berupa matrik zero-one pemilihan pangkalan, seperti pada matrik di bawah ini :

Naval Base	Sektor Operasi				
	j-1	.	.	.	j-n
k-1	X 1,1	X 1,2	X 1,3	X 1,4	X 1,n
.	X 2,1	X 2,2	X 2,3	X 2,4	X 2,n
.	X 3,1	X 3,2	X 3,3	X 3,4	X 3,n
.	X 4,1	X 4,2	X 4,3	X 4,4	X 4,n
k-n	X n,1	X n,2	X n,3	X n,4	X n,n

dimana :

$X_{kj} = 0$ (zero), artinya pangkalan k tidak terpilih mengcover sektor operasi- j

$X_{kj} = 1$ (one), artinya pangkalan- k terpilih mengcover sektor operasi- j

Berdasarkan pengolahan data dan analisa metode Set Covering di atas, didapatkan 4 lokasi dari 33 Pangkalan TNI AL yang kompatibel, meliputi :

1. Naval Base NB 1 = Ternate
2. Naval Base NB 2 = Maumere
3. Naval Base NB 3 = Tarakan
4. Naval Base NB 4 = Sorong

Proses kedua dalam penelitian ini adalah mengaplikasikan metode Fuzzy MCDM dalam penentuan tingkat kepentingan / bobot pemilihan Pangkalan TNI AL hasil optimasi Set Covering yang meliputi : NB1 Ternate, NB2 Maumere, NB3 Tarakan, NB 4 Sorong.

Data-data kriteria seperti dalam metodologi, terutama data kualitatif diolah dengan metode Fuzzy MCDM. Untuk mendapatkan data-data kualitatif NB1 sampai NB4 dalam penelitian ini telah diadakan wawancara dan pengisian kuisioner kepada beberapa *expert* TNI AL, yang disebut para *Decision Maker* (DM1 sampai DM6). Untuk data data kuantitatif NB1 sampai NB4 diperoleh dari pengambilan data sekunder di setiap Pangkalan TNI AL.

Tabel 2. Nilai Agregat Preferensi Pangkalan TNI AL (Naval Base, NB)

NO	KRITERIA ASPEK	NAV BASE	RATA RATA			NO	KRITERIA ASPEK	NAV BASE	RATA RATA		
			qit	oit	pit				qit	oit	pit
1	POTENSI GEMPA	NB1	5,993	7,812	9,21	8	FASILITAS LOGISTIK	1	5,438	7,167	8,743
		NB2	6,032	7,765	9,238			2	5,14	6,892	8,597
		NB3	4,62	6,95	8,55			3	5,688	7,535	9,072
		NB4	6,93	8,55	9,695			n	5,168	6,848	8,482
2	JENIS TANAH BATUAN	NB1	4,368	6,623	8,315	9	FASILITAS RUMKIT	NB1	5,988	7,78	9,238
		NB2	4,868	6,603	8,315			NB2	4,868	6,603	8,315
		NB3	5,993	7,812	9,21			NB3	6,332	8,01	9,405
		NB4	5,16	6,94	7,142			NB4	5,428	7,192	8,842
3	KEADAAN PERAIRAN	NB1	3,76	6,072	7,765	10	FASILITAS REKREASI	NB1	5,408	7,252	8,822
		NB2	4,068	6,333	8,057			NB2	6,293	8,057	9,377
		NB3	7,535	9,072	10			NB3	7,535	9,072	10
		NB4	3,5	5,728	7,535			NB4	6,032	7,765	9,238
4	HINTERLAND	NB1	4,628	6,945	8,518	11	KERAWANAN DAERAH	NB1	4,368	6,602	8,288
		NB2	6,278	8,038	9,39			NB2	5,388	7,245	8,813
		NB3	5,688	7,535	9,072			NB3	5,4	7,235	8,827
		NB4	5,688	7,535	9,072			NB4	6,93	8,55	9,695
5	BENCANA ALAM LAIN	NB1	5,108	6,962	8,563	12	POT.KONFLIK MASY	NB1	5,12	6,93	8,55
		NB2	5,688	7,49	8,98			NB2	5,4	7,235	8,827
		NB3	6,282	8,043	9,39			NB3	5,12	6,93	8,55
		NB4	5,448	7,132	8,732			NB4	5,4	7,235	8,827
6	FASILITAS DOCKYARD	NB1	4,348	6,617	8,307	13	KEJAHATAN LAUT	NB1	4,648	6,907	8,565
		NB2	5,708	7,475	8,962			NB2	4,32	6,66	8,292
		NB3	5,988	7,78	9,238			NB3	5,988	7,78	9,238
		NB4	4,32	6,66	8,292			NB4	6,322	8,023	9,39
7	FASILITAS	NB1	4,088	6,318	8,038	14	PELANGGARAN	NB1	3,76	6,072	7,765

LABUH						WIL					
		NB2	5,752	7,46	8,962			NB2	5,108	6,962	8,563
		NB3	6,283	8,07	9,362			NB3	7,192	8,842	9,833
		NB4	4,608	6,96	8,537			NB4	3,5	5,728	7,535
						15	ANCAMAN NEG.LUAR	NB1	4,608	6,96	8,537
								NB2	4,82	6,662	8,318
								NB3	6,278	8,038	9,39
								NB4	1,5	4,58	6,318

Tabel 3. Nilai Defuzzifikasi Kriteria dan Alt. Naval Base

NO	KRITERIA	DEFUZZIFIKASI BOBOT KRITERIA	DEFUZZIFIKASI BOBOT ALT. NAVAL BASE (NB)			
			NB1	NB2	NB3	NB4
1	POTENSI GEMPA	8,212	7,672	7,678	6,707	8,392
2	JENIS TANAH BATUAN	6,016	6,436	6,596	7,672	6,414
3	KEADAAN PERAIRAN LAUT	7,807	5,866	6,153	8,869	5,588
4	HINTERLAND	6,489	6,697	7,902	7,432	7,432
5	BENCANA ALAM LAINNYA	6,489	6,878	7,386	7,905	7,104
6	FASILITAS DOCKYARD	5,554	6,424	7,382	7,669	6,424
7	FASILITAS LABUH	6,016	6,148	7,391	7,905	6,702
8	FASILITAS LOGISTIK	6,016	7,116	6,876	7,432	6,833
9	FASILITAS RUMKIT	8,881	7,669	6,596	7,916	7,154
10	FASILITAS REKREASI	8,881	7,161	7,909	8,869	7,678
11	KERAWANAN DAERAH	5,091	6,419	7,149	7,154	8,392
12	POTENSI KONFLIK MASY POTENSI KEJAHATAN LAUT	6,470	6,867	7,154	6,867	7,154
13	POTENSI PELANGGARAN WIL	6,461	6,707	6,424	7,669	7,912
14	POTENSI ANCAMAN NEG.LUAR	5,100	5,866	6,878	8,622	5,588
15	POTENSI ANCAMAN NEG.LUAR	6,470	6,702	6,600	7,902	4,133

Tabel 4. Nilai Akhir Defuzzi Kriteria-Alt.Naval Base

1	63,001	63,056	55,077	68,914
2	38,719	39,682	46,156	38,589
3	45,793	48,035	69,240	43,624
4	43,456	51,275	48,222	48,222
5	44,628	47,926	51,293	46,095
6	35,676	40,996	42,591	35,676
7	36,991	44,468	47,560	40,320
8	42,814	41,370	44,712	41,109
9	68,104	58,572	70,295	63,531
10	63,590	70,235	78,761	68,188
11	32,681	36,394	36,420	42,721
12	44,430	46,288	44,430	46,288
13	43,331	41,504	49,548	51,117
14	29,917	35,079	43,977	28,500
15	43,362	42,704	51,130	26,741
Nilai Rata2	45,100	47,172	51,961	45,976

Tabel 5. Performansi NB

Naval Base	Gi
NB1	45,100
NB2	47,172
NB3	51,961
NBn	45,976

Tabel 6. Indeks Utility NB

Naval Base	Gi
NB1	0,834
NB2	0,895
NB3	0,988
NBn	0,910

Bobot Kriteria Kualitatif

Naval Base	Sti
NB1	0,230
NB2	0,247
NB3	0,272
NBn	0,251

Bobot Kriteria Kuantitatif

Naval Base	Oti
NB1	0,252
NB2	0,250
NB3	0,232
NBn	0,266

Tabel 7. Bobot Perangkingan Akhir

NAVAL BASE	F _{ti}	RANGKING
NB1	0,241	IV
NB2	0,248	III
NB3	0,252	II
NB4	0,259	I

HASIL DAN KESIMPULAN

Dari serangkaian pengolahan data dan analisa yang dilakukan pada penelitian ini dapat ditarik beberapa hasil dan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Langkah awal dalam proses pemilihan pangkalan TNI AL dapat diselesaikan dengan metode *Set Covering*. Konsepnya adalah meminimalkan jumlah *hub/port* pangkalan TNI AL dengan memaksimalkan letak jangkauan pangkalan ke sektor operasi, dengan faktor-faktor endurance / ketahanan berlayar KRI, jarak antar pangkalan serta jarak pangkalan ke sektor operasi. Hasil perhitungan dengan metode *Set Covering* mendapatkan 4 Pangkalan TNI AL kompatibel dari 33 Pangkalan TNI AL wilayah timur yang ada, meliputi : (1). NB1 Ternate, (2). NB2 Maumere, (3). NB2 Tarakan dan (4). NB4 Sorong.
- b. Keempat Pangkalan TNI AL hasil *Set Covering* tersebut merupakan kandidat untuk dinilai pembobotannya berdasarkan kriteria-kriteria pengembangan Pangkalan TNI AL yang telah digariskan. Kriteria-kriteria pengembangan Pangkalan TNI AL dipengaruhi oleh Aspek politik, aspek teknis dan aspek ekonomi
- c. Langkah selanjutnya adalah menentukan lebih lanjut penilaian pembobotan kepentingan 4 kandidat Pangkalan TNI AL hasil dari optimasi *Set Covering* tersebut dengan menggunakan Pemodelan algoritma *Fuzzy MCDM*. Tujuannya adalah untuk mendapatkan rangking atau urutan yang terbaik dari 4 pangkalan TNI AL tersebut di atas sehingga menjadi pilihan untuk dikembangkan.
- d. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan program komputer *fuzzy MCDM* maka didapatkan Pangkalan TNI AL NB4 Sorong dan NB3 Tarakan memiliki prioritas atau rangking yang lebih tinggi untuk dikembangkan.
- e. Urutan rangking / prioritas hasil pengolahan data dengan metode *Fuzzy MCDM* adalah sebagai berikut: 1. NB4 Sorong bobot : 0.259 (2). NB3 Tarakan dengan bobot : 0.252 (3) NB2 Maumere dengan bobot :0.248 dan ke (4). NB1 dengan bobot 0,241.
- f. Metode *Fuzzy MCDM* dapat juga digunakan dalam proses pengambilan keputusan tentang permasalahan yang lain di lingkungan TNI AL yang bersifat jamak dan banyak kriteria, baik kualitatif maupun kuantitatif.

REFERENSI

- [1] Chiou, H.K.(2004). Evaluating Sustainable Fishing development strategis using Fuzzy MCDM approach. *International Journal*, 123–305.
- [2] Chungcu,T.,Lin,Yichen.(2008) *An extension to fuzzy MCDM*. Science Direct Oktober 08
- [3] Hsieh, Ting-ya. (2004). *Fuzzy MCDM Approach for planning and Design Tenders Selection in Public Office Building*. *Decision Support System*, Vol 22,573
- [4] 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.
- [5] Kainz.W.(2003). *Introducing to fuzzy Logic And application in GIS*. Departement of Geography and Regional Research. University of Vienne. Austria.
- [6] Mabas TNI AL.(2009),*PERKASAL/39/V/2009 Kebijakan Dasar Pembangunan TNI AL Menuju Kekuatan Pokok Minimum (Minimum Essential Force)*, Jakarta.

- [7] Saaty, T. L. (1993), “ *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin*” (Terjemahan), PT. Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Zadeh, Lotfi A, (1974) *Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes*. The University of California, Berkeley, California July 1-4, 19.

Halaman ini sengaja dikosongkan