

---

## Penentuan Kelompok Jaringan Logistik pada Wilayah Kepulauan menggunakan Fuzzy C-Means

Shinta Tri Kismanti<sup>1</sup>, Andi Ard Maidah<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan  
E-mail: <sup>1</sup>kismanti88@gmail.com, <sup>2</sup>ardmaidhah13@gmail.com

Received 16 Oktober 2018; Reviewed 01 November 2018; Accepted 27 November 2018

<http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>

---

### Abstract

*Indonesia as the island nation with territorial waters is one of the modes of transportation. For this condition, most of activities are conducted in marine, such as logistics distribution. The movement of logistics distribution will result in a movement pattern of the logistic. Determination of the optimal pattern of logistics movement network can support the smooth distribution system. Determination of logistic network patterns is done by clustering using Fuzzy C-means, clustering aims to get island groups in adjacent locations. The clustering process using Fuzzy C-Means obtained that the number of clusters as many as 3 clusters showed better results compared to the number of clusters 4 and 5.*

**Keywords:** Logistic, Cluster, Fuzzy C-Means.

### Abstrak

*Indonesia sebagai negara kepulauan dengan wilayah perairan menjadi salah satu moda transportasinya. Dengan demikian sebagian besar aktivitas terjadi di wilayah perairan, diantaranya distribusi logistik. Pergerakan distribusi logistik tersebut akan menghasilkan pola suatu pergerakan logistik. Penentuan pola jaringan pergerakan logistik yang optimal dapat mendukung kelancaran dalam sistem pendistribusian. Penentuan pola jaringan logistik dilakukan dengan pengklasteran menggunakan Fuzzy C-means, pengklasteran bertujuan untuk mendapatkan kelompok-kelompok pulau yang berada pada lokasi yang berdekatan. Proses clustering menggunakan Fuzzy C-Means diperoleh bahwa jumlah cluster sebanyak 3 cluster menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan jumlah cluster 4 dan 5.*

**Kata kunci:** Logistik, Cluster, Fuzzy C-Means.

## 1. Pendahuluan

Berdasarkan kondisi geografis, Indonesia terdiri lebih dari 17.000 (tujuh belas ribu) pulau yang terbentang sepanjang 1/8 (satu per delapan) garis khatulistiwa. Salah satunya adalah propinsi Maluku yang merupakan daerah kepulauan dengan jumlah pulau yang diperkirakan sekitar  $\pm$  559 buah. Dengan rasio perairan wilayah yang dominan dibandingkan luasan daratannya (*inland*) menjadikan propinsi Maluku merupakan wilayah dengan sebaran kepulauan yang dominan. Sehingga dapat dinyatakan jika Maluku sebagai propinsi kepulauan terbesar di Indonesia dengan kekuatan maritim dan kelautan yang khas dan dominan bagi Indonesia secara umum dan di wilayah timur Indonesia secara khusus (BPS Maluku, 2013).

Pertumbuhan dan penyebaran aktivitas ekonomi di Propinsi Maluku saat ini terpusat di kota Ambon sebagai wilayah transit dan wilayah jasa potensial. Namun situasi ini memberikan konsekuensi jarak yang dalam perkembangannya menjadi item kelemahan bagi wilayah lain di Maluku khususnya dengan keberadaan wilayah-wilayah terbelakang dan terisolasi. Karenanya dengan kondisi wilayah yang relatif berjauhan ini membutuhkan sistem transportasi laut yang efektif dalam arti tingkat ketersediaan yang tinggi dan waktu tempuh yang relatif cepat menjadi kebutuhan bagi wilayah Maluku (Gurning, 2006).

Banyaknya aktivitas yang dilakukan di wilayah laut, akan diperoleh pola-pola rute yang dapat dilalui untuk distribusi logistik. Oleh karena itu diperlukan suatu analisa untuk menentukan pola rute yang optimal. Dalam analisa tersebut terdapat beberapa metode untuk menentukan pola rute yang optimal untuk pergerakan logistik di wilayah Maluku. Berdasarkan letak geografis kepulauan Maluku akan dilakukan pengelompokan yang bertujuan untuk mendapatkan kelompok-kelompok pulau-pulau yang berada pada lokasi yang berdekatan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu penelitian dengan menerapkan suatu metode untuk memudahkan pengelompokan atau *clustering* daerah tersebut, yaitu menggunakan *Fuzzy C-Means*.

*Fuzzy C-Means* menggunakan model pengelompokan *fuzzy* sehingga data dapat menjadi anggota dari semua kelas atau kelompok terbentuk dengan derajat atau tingkat keanggotaan yang berbeda antara 0 hingga 1. Tingkat keberadaan data dalam suatu kelas atau *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaannya (Prasetya, 2012). Hasil *cluster* yang diperoleh dengan menggunakan *Fuzzy C-Means* akan dilanjutkan untuk menentukan jalur-jalur yang dapat dibuat model graf. Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini akan dilakukan pengklasteran dengan menggunakan *Fuzzy C-means*.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Sistem Logistik

Logistik adalah bagian dari rantai pasok (*supply chain*) yang menangani arus barang, arus informasi dan arus uang melalui proses pengadaan (*procurement*), penyimpanan (*warehousing*), transportasi (*transportation*), distribusi (*distribution*), dan pelayanan pengantaran (*delivery services*) sesuai dengan jenis, kualitas, jumlah, waktu dan tempat yang dikehendaki konsumen, secara aman, efektif dan efisien, mulai dari titik asal (*point of origin*) sampai dengan titik tujuan (*point of destination*).

### 2.2 Clustering

*Clustering* adalah suatu metode pengelompokan berdasarkan ukuran kedekatan (kemiripan). *Cluster* merupakan pola yang terbentuk dalam suatu proses pembagian sekelompok data ke dalam sejumlah sub-kelas. *Clustering* dapat digunakan untuk memberikan label suatu data yang belum diketahui kelasnya. Prinsip dari *clustering* adalah memaksimalkan kesamaan anggota dalam setiap kelompok (*cluster*) dan meminimalkan jarak antara pusat *cluster* dengan *cluster* lain. Perhitungan jarak tersebut digunakan untuk mengukur kemiripan data (Hans dan Kamber, 2000).

### 2.3 Fuzzy Clustering

*Fuzzy clustering* adalah salah satu teknik untuk menentukan *cluster* optimal dalam suatu ruang vector yang didasarkan pada bentuk normal *Euclidian* untuk jarak antar vektor. *Fuzzy clustering* sangat berguna bagi pemodelan *fuzzy* terutama dalam mengidentifikasi aturan-aturan *fuzzy* (Leski, 2016).

## 2.4 Fuzzy C-Means

*Fuzzy C-Means* adalah suatu teknik pengklusteran dimana keberadaan tiap-tiap titik data dalam *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaan. *Fuzzy C-Means* (FCM) merupakan salah satu algoritma *fuzzy clustering*. FCM merupakan teknik pengklusteran dimana tiap-tiap data ditentukan oleh derajat keanggotaannya. Tujuan dari algoritma FCM adalah untuk menemukan pusat *cluster* (*centroid*) dengan meminimumkan fungsi objektif (Bezdek dkk, 1984).

Konsep dasar FCM, pertama kali adalah menentukan pusat *cluster*, yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap *cluster*. Pada kondisi awal, pusat *cluster* ini masih belum akurat. Tiap-tiap titik data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap *cluster*. Dengan cara memperbaiki pusat *cluster* dan derajat keanggotaan tiap-tiap titik data secara berulang, maka akan dapat dilihat bahwa pusat *cluster* akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimisasi fungsi objektif yang menggambarkan jarak dari titik data yang diberikan ke pusat *cluster* yang terbobot oleh derajat keanggotaan titik data tersebut (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

Asumsikan ada sejumlah data dalam set data ( $X$ ) yang berisi  $m$  data:  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , dinotasikan  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ , dimana setiap data mempunyai  $n$  dimensi:  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}$ , dinotasikan  $x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}$ . Selanjutnya sejumlah kelompok  $C$  dengan sentroid:  $c_1, c_2, \dots, c_k$ , dimana  $k$  adalah jumlah kelompok. Setiap data mempunyai derajat keanggotaan pada setiap kelompok yang dinyatakan dengan  $u_{ij}$ , dengan nilai di antara 0 dan 1.  $i$  menyatakan data  $x_i$ , dan  $j$  menyatakan kelompok  $c_j$ .

Algoritma *clustering* dengan *Fuzzy C-Means* (Prasetya, 2012).

- Masukan data yang akan *dicluster* kedalam sebuah matriks  $X$ , dimana matriks berukuran  $m \times n$ , dengan  $m$  adalah jumlah data yang akan *dicluster* dan  $n$  adalah atribut setiap data.  $X_{ij}$  = data ke- $i$  ( $i=1,2,\dots,m$ ), atribut ke- $j$  ( $j=1,2,\dots,n$ ).
- Menentukan parameter.
  - Jumlah *cluster* =  $c$
  - Bobot pangkat =  $w$
  - Maksimum iterasi =  $\text{MaxIter}$
  - Error terkecil yang diharapkan =  $\zeta$
  - Fungsi objektif awal =  $P_0 = 0$
  - Iterasi awal =  $t = 1$
- Bangkitkan bilangan acak  $\mu_{ik}$  (dengan  $i=1,2,\dots,m$  dan  $k=1,2,\dots,c$ ) sebagai elemen matriks partisi awal  $U$ .  
 $\mu_{ik}$  adalah derajat keanggotaan yang merujuk pada seberapa besar kemungkinan suatu data bisa menjadi anggota ke dalam suatu *cluster*. Posisi dan nilai matriks dibangun secara random. Dimana nilai keanggotaan terletak pada interval 0 sampai dengan 1. Pada posisi awal matriks partisi  $U$  masih belum akurat begitu juga pusat *clusternya*. Sehingga kecendrungan data untuk masuk suatu *cluster* juga belum akurat.  
 Hitung jumlah setiap kolom (atribut):

$$Q_j = \sum_{k=1}^c \mu_{ik} \quad (1)$$

dengan  $j = 1, 2, \dots, n$

$Q_j$  adalah jumlah nilai derajat keanggotaan perkolom = 1

3. Hitung pusat cluster ke- $k$ :  $V_{kj}$ , dengan  $k=1, 2, \dots, c$  dan  $j=1, 2, \dots, n$

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w * X_{ij})}{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^w} \quad (2)$$

4. Hitung fungsi objektif pada iterasi ke-  $t$ ,  $P_t$  :

Fungsi obyektif digunakan sebagai syarat perulangan untuk mendapatkan pusat *cluster* yang tepat. Sehingga diperoleh kecendrungan data untuk masuk ke *cluster* mana pada step akhir.

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left( \sum_{j=1}^m [(X_{ij} - V_{kj})^2] (\mu_{ik})^w \right) \quad (3)$$

5. Hitung perubahan derajat keanggotaan setiap data pada setiap cluster (memperbaiki matriks partisi U) dengan

$$\mu_{ik} = \frac{\left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{-1}}{\sum_{k=1}^c \left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{-1}} \quad (4)$$

dengan :  $i = 1, 2, \dots, n$ ; dan  $k = 1, 2, \dots, c$ .

6. Cek kondisi berhenti:

- Jika :  $(|Pt-Pt-1| < \xi)$  atau  $(t > \text{MaxIter})$  maka berhenti;
- Jika tidak :  $t = t + 1$ , ulangi langkah ke 4

## 2.5 Indeks Validitas

Indeks validitas adalah suatu ukuran yang digunakan untuk menentukan jumlah kelompok yang optimal. Beberapa indeks validitas yang dapat digunakan dalam diantaranya : (Wang dan Zang, 2007)

- **Partition Coefficient (PC)**

Indeks ini mengukur jumlah *overlapping* antar kelompok. Indeks ini dirumuskan oleh Bezdek sebagai berikut :

$$PC(c) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ik}^2 \quad (5)$$

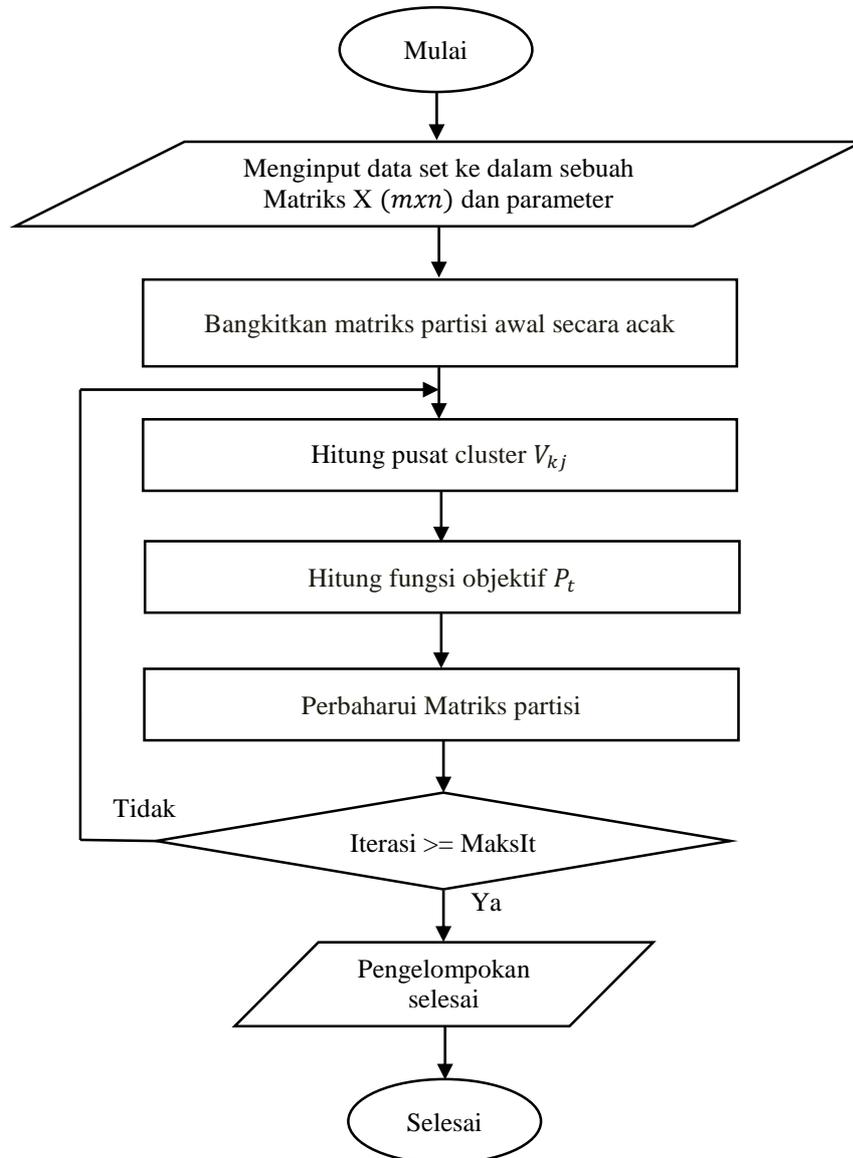
dimana,

$N$  = banyak objek penelitian

$c$  = banyak kelompok

$u_{ik}$  = nilai keanggotaan objek ke- $k$  dengan pusat kelompok ke- $i$ .

Indeks ini memiliki rentang  $1/c$  sampai 1. Jumlah kelompok yang optimal ditunjukkan oleh nilai PC yang paling besar.



Gambar 1. Flowchart Fuzzy C-Means

- **Classification Entropy (CE)**

CE hanya mengukur kekaburan (*fuzziness*) dari partisi kelompok. Indeks ini dirumuskan sebagai berikut :

$$CE(c) = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ik} \ln(u_{ik}) \quad (6)$$

dimana,

N = banyak objek penelitian

$c$  = banyak kelompok

$u_{ik}$  = nilai keanggotaan objek ke- $k$  dengan pusat kelompok ke- $i$ .

Indeks ini memiliki rentang 0 sampai  $\ln(c)$ . Indeks CE yang semakin kecil menunjukkan pengelompokan yang lebih baik.

- **Xie and Beni's index (XB)**

XB bertujuan untuk menghitung rasio total variasi di dalam kelompok dan pemisahan kelompok. Indeks ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$XB(c) = \frac{\sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N (u_{ik})^m \|x_k - v_i\|^2}{N \min_{i,k} \|v_k - v_i\|^2} \quad (7)$$

dimana,

$N$  = banyaknya objek penelitian

$c$  = banyaknya kelompok

$u_{ik}$  = keanggotaan objek ke- $k$  dengan pusat kelompok ke- $i$ .

$m$  = adalah fuzzifier

$\|x_k - v_i\|$  = jarak *euclidean* titik data ( $x_k$ ) dengan pusat kelompok  $v_i$

$\|v_k - v_i\|$  = jarak *Euclidean* antara pusat kelompok.

Nilai XB yang terendah mengindikasikan partisi kelompok yang lebih baik.

### 3. Metode Penelitian

Pengumpulan data kondisi di kepulauan Maluku yaitu titik-titik koordinatnya dan data diperoleh dari *Google Map*. Proses *clustering* wilayah akan dilakukan berdasarkan data skunder. Data skunder yang didapatkan akan di-*cluster* menggunakan metode *Fuzzy C-means*. Proses integrasi data yang dilakukan adalah titik koordinat *dummy* (X dan Y). Integrasi titik koordinat pada data diperlukan untuk visualisasi persebaran *cluster* wilayah pada peta. Titik koordinat yang diberikan bersifat random pada satu daerah.

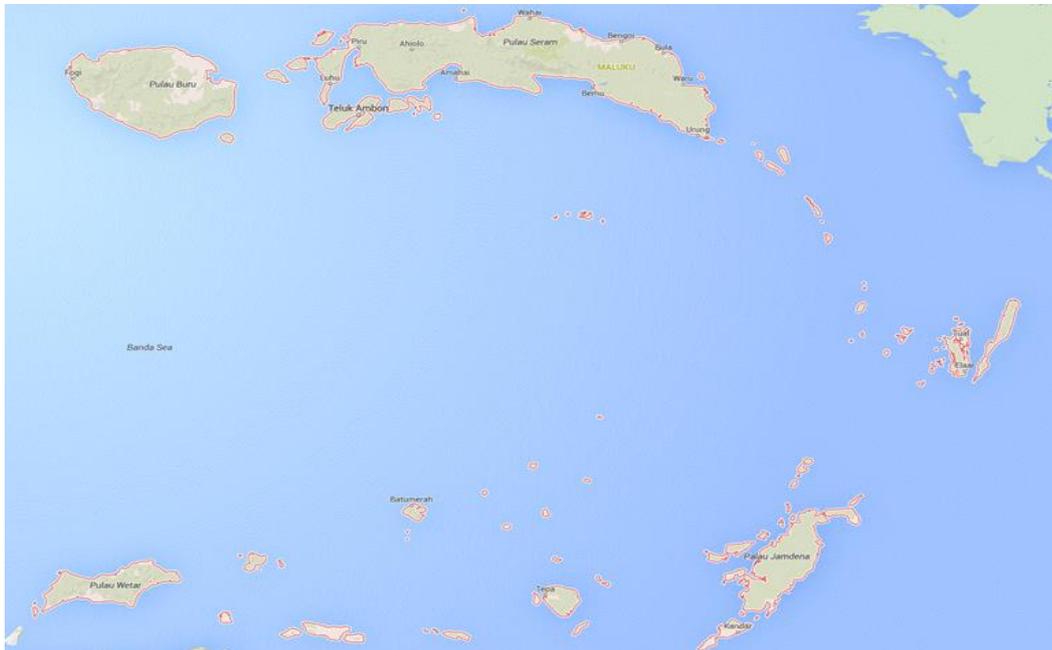
Tujuan dari proses cluster pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan berbagai kelompok data titik koordinat yang dikelompokkan berdasarkan karakteristik titik koordinatnya. Penggunaan data akan dilakukan proses cluster menggunakan *Fuzzy C-means* yang menghasilkan kelompok-kelompok data titik koordinat sebanyak jumlah cluster yang diberikan. Uji coba running *Fuzzy C-means* dilakukan sebanyak 5 kali dalam pemilihan hasil *cluster* yang memiliki total jarak kuadrat di antara setiap titik data dengan representasi *cluster* terdekat yang nilainya paling kecil.

### 4. Hasil dan Pembahasan

#### 4.1. Data Set

Data set yang digunakan pada penelitian ini merupakan data skunder yang diperoleh dari *Google Map* berupa titik koordinat. Pada data set terdapat dua fitur, yaitu garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*). Pada penelitian ini, data set tersebut tidak langsung digunakan untuk menentukan pola jaringan, akan tetapi dilakukan terlebih dahulu proses *clustering* menggunakan metode *Fuzzy C-means* untuk mendapatkan kelompok wilayah yang dikelompokkan berdasarkan kemiripan karakteristik koordinatnya. Proses pembentukan *minimum spanning tree* dilakukan setelah proses pengklusteran dengan membangun jalur *minimum spanning tree* masing-masing *cluster*.

Studi kasus yang digunakan dalam uji coba adalah studi kasus jaringan transportasi laut di Kepulauan Maluku pada 44 pulau. Persebaran pulau di Kepulauan Maluku dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Persebaran Pulau di Kepulauan Maluku**

#### **4.2. Proses *Clustering* menggunakan *Fuzzy C-means***

Penggunaan data set untuk proses *cluster* menghasilkan kelompok-kelompok wilayah sebanyak *cluster* yang diberikan. Uji coba *Fuzzy C-means* dilakukan untuk memilih hasil *cluster* yang memiliki total jarak kuadrat di antara setiap titik data dengan representasi *cluster* terdekat yang nilainya paling kecil.

Data inputan yang diberikan disajikan dalam bentuk *Ms. Excel*, jumlah *cluster* yang akan digunakan adalah 3, 4, dan 5. Setelah dilakukan pengujian pada masing-masing jumlah *cluster* dilakukan validasi untuk mengevaluasi hasil yang telah diperoleh. Proses evaluasi hasil *clustering* bertujuan untuk menentukan *cluster* terbaik yang dapat dilakukan dengan menggunakan indeks validitas *cluster*.

Pada tesis ini indeks validitas yang digunakan adalah *Partition Coefficient (PC)*, *Classification Entropy (CE)*, dan *Xie and Beni's index (XB)*. Penggunaan indeks ini untuk pengelompokan, karena memiliki ketepatan dan kehandalan yang tinggi untuk digunakan sebagai kriteria dalam menentukan jumlah kelompok yang optimum.

Jumlah *cluster* optimal ditentukan dengan validitas indeks *cluster* melalui perbandingan nilai indeks. Perhitungan nilai indeks dilakukan dengan parameter yang telah ditentukan, yaitu  $m = 2$ ,  $\varepsilon = 10^{-3}$ , dan  $c = 3, 4, \text{ dan } 5$ .

#### **4.3. Pengujian Proses *Cluster* dengan *Fuzzy C-Means***

Untuk menentukan banyaknya *cluster* yang diberikan pengujian dilakukan dengan berbagai variasi *cluster*. Pada proses ini banyaknya *cluster* yang digunakan pada data set adalah  $K=3$ ,  $K=4$  dan

K=5. Hasil dari masing-masing jumlah *cluster* akan di validasi menggunakan *Partition Coefficient (PC)*, *Classification Entropy (CE)*, dan *Xie and Beni's index (XB)* untuk mendapatkan jumlah *cluster* terbaik. Hasil validasi jumlah *cluster* dapat disajikan pada **Tabel 1** berikut.

**Tabel 1. Nilai Validitas Jumlah Cluster**

Jumlah Cluster	XB	PC	CE
3	0.0829	0.7339	0.4857
4	0.1011	0.7132	0.5696
5	0.0985	0.7095	0.6162

Berdasarkan **Tabel 1** menunjukkan hasil indeks XB pada jumlah *cluster* 3 lebih rendah yaitu 0.0829 dibandingkan dengan jumlah *cluster* 4 dan 5 dengan nilai masing-masing 0.1011 dan 0.0985. Pada indeks validasi PC didapatkan nilai validasi untuk jumlah *cluster* 3 sebesar 0.7339, jumlah *cluster* 4 sebesar 0.7132, sedangkan jumlah *cluster* 5 sebesar 0.7095. Nilai validasi untuk menggunakan CE pada masing-masing jumlah *cluster* 3, 4, dan 5 yaitu 0.4857, 0.5696, dan 0.6162.

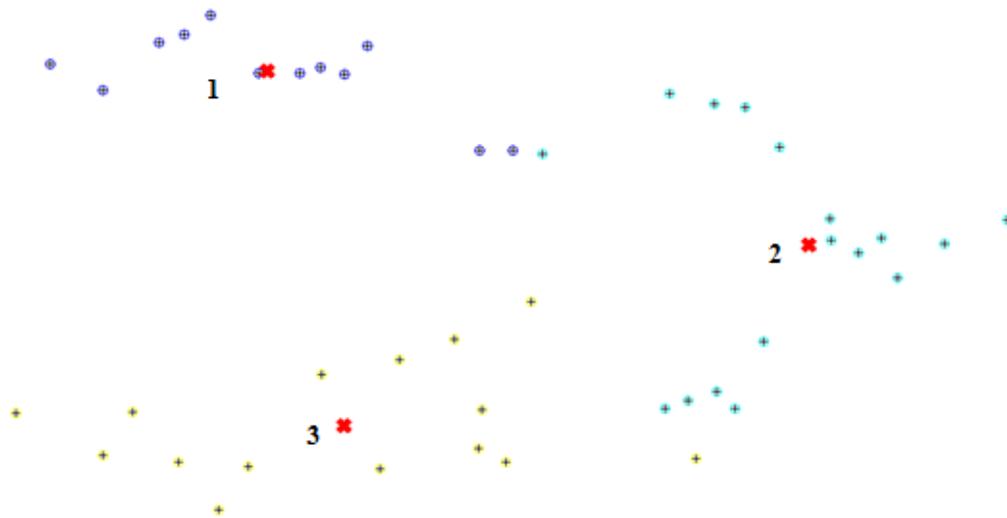
Dari hasil pengujian validasi jumlah *cluster* dapat dilihat bahwa jumlah *cluster* 3 mempunyai tingkat validitas yang lebih baik dibandingkan dengan kelompok lainnya. Hal ini dikarenakan nilai XB yang terendah mengindikasikan partisi kelompok yang lebih baik, nilai PC yang paling besar menunjukkan jumlah kelompok yang optimal, dan indeks CE yang semakin kecil menandakan bahwa jumlah kelompok yang diberikan lebih baik.

Berdasarkan kriteria masing-masing indeks validasi yaitu nilai XB yang rendah, nilai PC yang paling besar, dan indeks CE yang terkecil jumlah *cluster* 3 menunjukkan hasil yang lebih baik dari jumlah kelompok 4 dan 5. Oleh karena itu dalam penelitian ini jumlah *cluster* yang akan digunakan adalah 3 *cluster*.

Setelah didapatkan jumlah *cluster* yang valid, yaitu 3 *cluster* langkah selanjutnya yaitu dilakukan pengklusteran terhadap data set. Pengujian data set sebanyak 44 data dengan jumlah *cluster* 3 diperoleh pembentukan *cluster* yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.

Pada *cluster* 1 terdiri dari 12 titik yaitu P Buru, P Ambelau, P. Manipa, P. Kelang, P. Boano, P. Ambon, P. Haruku, P. Saparua, Nusa Laut, Amahai, P. Banda, P. Run. *Cluster* 2 dengan 12 titik yang terdiri dari P. Rozengain, P. Panjang, P. Gorong, P. Kasiui, P. Wotab, P. Kur, P. Manggu, P. Taam, P. Tajondu, Tual, Kai Tanimbar, P. Kai Besar, P. Wolu, P. Wuliaru, P. Selu, P. Jamdena, P. Ceram Laut. *Cluster* 3 terdiri dari 15 Adaut, P. Serua, P. Nila, Lewa, P. Babar, Masela, P. Teun, P. Damar, Regola, Sera, P. Patti, Serwaru, P. Romang, Kisar, P. Wetar

Berdasarkan hasil *cluster* yang terbentuk akan dilakukan pembentukan jaringan pergerakan logistik. Pembentukan jaringan ini akan dilakukan pada masing-masing *cluster*. Perencanaan pembentukan jaringan akan menggunakan *minimum spanning tree* berbasis algoritma genetika.



Gambar 3. Cluster dengan FCM

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen dan pembahasan terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses *clustering* menggunakan Fuzzy C-Means diperoleh bahwa jumlah *cluster* sebanyak 3 *cluster* menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan jumlah *cluster* 4 dan 5. Dengan demikian, proses pembentukan *cluster* dengan FCM diperoleh 3 *cluster* untuk proses pembentukan pola jaringan logistik, dengan *cluster* 1 berpusat di Ambon, *cluster* 2 berpusat di Taam, dan *cluster* 3 berpusat di Regola.
2. Studi kasus yang digunakan pada penelitian ini adalah studi kasus transportasi laut yang dibatasi untuk permasalahan *minimum spanning tree*. Sehingga, proses penelitian hanya memperhatikan faktor jarak saja tanpa memperhatikan realita yang ada. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai metode yang dapat menyelesaikan studi kasus sesuai dengan kendala-kendala yang ada dan dapat diterapkan di lapangan.

#### Daftar Pustaka

- Bezdek, James C., Ehrlich, R., Full, W. 1984. FCM: The Fuzzy C-Means Clustering Algorithm. Computers & Geosciences, Hal. 191-203. Vol.10, No. 2-3
- Badan Pusat Statistik Maluku, 2013. Maluku Dalam Angka. Laporan Tahunan BPS Maluku, Ambon.

- Gurning, S. 2006. *Analisa Konsep Trans-Maluku Sebagai Pola Jaringan Transportasi Laut di Propinsi Maluku*. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Fakultas Teknologi Kelautan, ITS Surabaya.
- Han, J., & Kamber, M. 2000. *Data Mining Concept and Techniques* Second Edition. United Stated: Morgan Kaufman.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu. Jakarta.
- Leski, J. M. (2016). Fuzzy c-ordered-means clustering. *Fuzzy Sets and Systems* Vol. 286, Hal. 114–133.
- Prasetya, E. (2012). *Data Mining Konsep dan Aplikasi Menggunakan MATLAB*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Wang, W. dan Zhang, Y. 2007. On fuzzy cluster validity indices, *Fuzzy Sets System*, pp.2095-2117. Vol. 158, No. 19.