

## ***K-ALLY BASED DYNAMIC FUZZY CLUSTERING FOR GEOPOLITICAL ALLIANCE ANALYSIS: A CASE STUDY INSPIRED BY THE RUSSIAN-UKRAINIAN CONFLICT***

Munirah<sup>\*1</sup>, Aslan Alwi<sup>\*2</sup>, Sudarno<sup>3</sup>, Andy Triyanto<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Indonesia

<sup>3</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Indonesia

Email : <sup>1</sup>[munirah.mt@umpo.ac.id](mailto:munirah.mt@umpo.ac.id), <sup>2</sup>[aslan.alwi@umpo.ac.id](mailto:aslan.alwi@umpo.ac.id)

(Article received: February 9, 2023; Revision: January 24, 2025; published: February 19, 2025)

### ***Abstract***

Geopolitical alliances are often based on a combination of factors such as geographic proximity, military strength, and strategic interests. In this research, we introduce the *K-Ally* algorithm based on Dynamic Fuzzy Clustering to dynamically analyze alliance patterns between countries. Using fuzzy logic and adaptive thresholds, this algorithm evaluates the potential benefits of alliances based on key attributes, such as geographic distance and power differences. This study is inspired by the allied dynamics that emerged in the Russian-Ukrainian war, where changes in strategy and international relations were key to the continuation of the conflict. The paper also compares this algorithm with the K-Means method commonly used in geopolitical data analysis. Experimental results show that *K-Ally* based on Dynamic Fuzzy Clustering is able to capture alliance dynamics better than K-Means, especially in conditions of uncertainty or attribute imbalance between countries. This research contributes to the development of new analytical tools for the study of geopolitics and international conflict.

**Keywords:** Dynamic Fuzzy Clustering, *K-Ally* Algorithm, Geopolitical Alliance Analysis, Russia-Ukraine Conflict, Fuzzy Logic in Geopolitics.

## ***K-ALLY BERBASIS DYNAMIC FUZZY CLUSTERING UNTUK ANALISIS ALIANSI GEOPOLITIK: STUDI KASUS TERINSPIRASI OLEH KONFLIK RUSIA-UKRAINA***

### ***Abstrak***

Aliansi geopolitik sering kali didasarkan pada kombinasi faktor seperti kedekatan geografis, kekuatan militer, dan kepentingan strategis. Dalam penelitian ini, kami memperkenalkan algoritma *K-Ally* berbasis *Dynamic Fuzzy Clustering* untuk menganalisis pola aliansi antarnegara secara dinamis. Dengan menggunakan logika fuzzy dan ambang batas adaptif, algoritma ini mengevaluasi manfaat potensial aliansi berdasarkan atribut utama, seperti jarak geografis dan perbedaan kekuatan. Studi ini diilhami oleh dinamika sekutu yang muncul dalam perang Rusia-Ukraina, di mana perubahan strategi dan hubungan internasional menjadi kunci keberlanjutan konflik. Makalah ini juga membandingkan algoritma ini dengan metode K-Means yang umum digunakan dalam analisis data geopolitik. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa *K-Ally* berbasis *Dynamic Fuzzy Clustering* mampu menangkap dinamika aliansi dengan lebih baik dibandingkan K-Means, terutama dalam kondisi ketidakpastian atau ketidakseimbangan atribut antarnegara. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan alat analisis baru untuk studi geopolitik dan konflik internasional.

**Kata kunci:** Algoritma *K-Ally*, Analisis Aliansi Geopolitical, *Dynamic Fuzzy Clustering*, Fuzzy Logic dalam Geopolitik, Konflik Rusia-Ukraina.

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Konflik Rusia-Ukraina telah menjadi salah satu peristiwa geopolitik paling signifikan di abad ke-21, menciptakan gelombang perubahan dalam hubungan internasional di seluruh dunia. Invasi Rusia ke

Ukraina tidak hanya memperburuk ketegangan antara Rusia dan negara-negara Barat tetapi juga memicu pembentukan kembali aliansi strategis di berbagai wilayah. NATO, misalnya, mengalami revitalisasi dengan meningkatnya solidaritas antaranggota dan perluasan pengaruhnya, termasuk penerimaan anggota baru seperti Finlandia dan Swedia. Di sisi lain, Rusia mencari dukungan dari sekutu tradisional maupun mitra baru, seperti Tiongkok dan negara-negara di kawasan Global South. Selain dampak geopolitik, konflik ini juga secara signifikan mengubah lanskap geo-ekonomi global, termasuk melalui sanksi yang dijatuhkan oleh negara-negara Barat yang memengaruhi keuangan, energi, dan mata uang, serta menciptakan pergeseran dalam tatanan ekonomi global [1]. Perubahan ini menunjukkan bagaimana konflik dapat menggeser peta geopolitik dan memengaruhi dinamika kekuasaan global secara signifikan.

Aliansi strategis merupakan elemen kunci dalam politik internasional, memainkan peran yang jauh melampaui kekuatan militer semata. Keputusan untuk membentuk aliansi sering kali melibatkan analisis multifaktor, seperti kedekatan geografis yang memungkinkan akses cepat dan efisien terhadap sumber daya atau wilayah strategis, serta kepentingan ekonomi yang mencakup perdagangan bilateral dan investasi bersama. Dalam konteks modern, aliansi juga mencakup dimensi ideologis dan politik, seperti dukungan terhadap demokrasi atau kepentingan lingkungan. Sebagai contoh, akses Finlandia dan Swedia ke NATO setelah operasi militer khusus Rusia di Ukraina menggambarkan bagaimana pertimbangan geopolitik dan keamanan regional dapat mendorong keputusan strategis yang signifikan, terutama dalam upaya menciptakan keseimbangan kekuatan di kawasan Baltik [2]. Dengan demikian, keberhasilan strategi geopolitik sering kali ditentukan oleh kemampuan negara-negara untuk mengenali dan memanfaatkan peluang dari berbagai faktor ini, menciptakan jaringan hubungan yang saling menguntungkan.

## 1.2. Motivasi Penelitian

Metode klastering tradisional, seperti *K-Means*, sering digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan jarak geometris dalam ruang multidimensi. Namun, ketika diterapkan dalam konteks geopolitik, metode ini memiliki keterbatasan signifikan. Hubungan antarnegara tidak hanya ditentukan oleh kedekatan geografis, tetapi juga oleh faktor-faktor dinamis seperti kekuatan militer, kepentingan ekonomi, hubungan historis, dan nilai-nilai ideologis. Sebagai contoh, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa algoritma *fuzzy clustering*, seperti *Sparsity FCM*, dapat meningkatkan akurasi analisis dengan mempertimbangkan pengaruh

fitur yang bersifat redundan atau sensitif terhadap *noise*, yang sering kali muncul dalam dataset geopolitik yang kompleks [3]. *K-Means*, yang sangat bergantung pada asumsi jarak *Euclidean* sebagai pengukuran kedekatan, cenderung gagal menangkap kompleksitas hubungan ini. Akibatnya, hasil *clustering* yang dihasilkan sering kali tidak mencerminkan realitas strategis yang lebih luas, sehingga membatasi aplikasinya dalam analisis geopolitik.

Dalam dunia yang semakin terhubung dan kompleks, pendekatan baru diperlukan untuk memahami dan memodelkan hubungan antarnegara secara lebih holistik. Faktor seperti kedekatan geografis tetap relevan dalam membentuk aliansi, tetapi sering kali harus diseimbangkan dengan atribut strategis lain, seperti keselarasan kepentingan ekonomi, kapasitas diplomasi, atau ancaman keamanan bersama. Sebagai contoh, transformasi strategis yang dialami Finlandia, dari netralitas menuju keanggotaan NATO, mencerminkan bagaimana dinamika geopolitik, seperti invasi Rusia ke Ukraina, dapat memengaruhi pertimbangan hubungan aliansi secara signifikan [4]. Pendekatan baru ini harus mampu menangkap *trade-offs* antara faktor-faktor tersebut, memungkinkan analisis yang lebih fleksibel dan realistis. Dengan memasukkan logika *fuzzy* dan ambang batas dinamis, model baru dapat memberikan gambaran yang lebih akurat tentang bagaimana aliansi terbentuk, berubah, dan dipertahankan di bawah berbagai kondisi geopolitik. Sebagai tambahan, kebijakan netral Israel terhadap konflik Rusia-Ukraina menunjukkan bagaimana faktor geopolitik regional dapat mempengaruhi pengambilan keputusan aliansi di tengah dinamika global yang lebih luas [5].

## 1.3. Kontribusi Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi dengan mengembangkan algoritma *K-Ally*, yang dirancang untuk menganalisis pembentukan dan dinamika aliansi geopolitik. Algoritma ini memanfaatkan logika *fuzzy* untuk mengintegrasikan berbagai atribut strategis, seperti kedekatan geografis, perbedaan kekuatan, dan manfaat relatif dalam hubungan antarnegara. Dengan pendekatan berbasis ambang batas dinamis, *K-Ally* mampu menangkap perubahan dalam pola aliansi yang disebabkan oleh faktor internal maupun eksternal. Hal ini menjadikan algoritma ini lebih adaptif dibandingkan metode klastering tradisional, seperti *K-Means*, yang kurang mampu menangkap kompleksitas hubungan antarnegara. Algoritma ini menawarkan alat analitis baru bagi para peneliti dan pembuat kebijakan untuk memahami bagaimana negara-negara membentuk koalisi strategis di tengah dinamika geopolitik yang terus berkembang.

Sebagai studi kasus, penelitian ini mengadaptasi algoritma *K-Ally* untuk menganalisis pola aliansi geopolitik yang terinspirasi dari konflik Rusia-Ukraina. Konflik ini menyoroti bagaimana dinamika geopolitik dapat membentuk ulang hubungan antarnegara melalui berbagai faktor, seperti kebutuhan keamanan, tekanan ekonomi, dan kedekatan geografis. Studi kasus ini menunjukkan bahwa *K-ALLY* dapat memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana negara-negara memilih sekutu mereka, terutama dalam situasi yang penuh ketidakpastian dan ancaman yang berubah-ubah. Dengan mensimulasikan atribut geopolitik secara dinamis, *K-Ally* berhasil menangkap kompleksitas hubungan yang tidak dapat dijelaskan hanya dengan jarak geografis atau kekuatan militer semata, memberikan kontribusi penting dalam memahami pola aliansi di era modern.

## 2. PEKERJAAN TERKAIT (RELATED WORK)

### 2.1. *Clustering* untuk Analisis Geopolitik

Dalam beberapa tahun terakhir, metode *clustering* berbasis *fuzzy* telah menjadi alat penting dalam analisis data kompleks. [6] memperkenalkan metode *fuzzy K-Means clustering* berbasis *Generalized Predictive Control (GPC)* yang mampu memodelkan dinamika sistem *non-linear* menggunakan kombinasi *fuzzy* dari model linier lokal. Pendekatan ini menunjukkan bahwa *fuzzy K-Means* dapat menangkap variasi dalam sistem dinamis dengan memanfaatkan data historis secara optimal. Selain itu, analisis sentimen berbasis algoritma seperti *K-Nearest Neighbors (KNN)* dan *Naïve Bayes Classifier (NBC)* juga menunjukkan keefektifan pendekatannya dalam menangkap pola-pola kompleks pada dataset ulasan pengguna, seperti yang dibahas oleh [7] dalam perbandingan performa algoritma tersebut pada aplikasi puasa intermiten. Relevansi ini mendorong kami untuk mengadopsi konsep serupa dalam menangani hubungan aliansi geopolitik yang penuh ketidakpastian.

Lebih lanjut, [8] mengembangkan metode *Fuzzy K-Means Clustering With Discriminative Embedding*, yang mengintegrasikan pengurangan dimensi dan pembelajaran derajat keanggotaan *fuzzy* secara simultan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan ketahanan terhadap *noise*, tetapi juga menghasilkan *clustering* yang lebih efektif pada data dengan banyak fitur. Prinsip penggabungan fitur relevan ini menginspirasi penyesuaian dalam algoritma *K-Ally* untuk menganalisis atribut geopolitik kompleks seperti jarak geografis dan kekuatan militer.

Zhao et al. [9] memperkenalkan *Robust Fuzzy K-Means Clustering* yang dirancang untuk menangani struktur *manifold* pada data dengan *noise*. Model ini mengintegrasikan pola *manifold* fleksibel untuk meningkatkan akurasi *clustering*. Konsep ini sejalan dengan tujuan penelitian kami untuk menangkap dinamika hubungan antarnegara yang dipengaruhi oleh atribut geopolitik yang berubah-ubah.

Dalam konteks data besar, Madbouly et al. [10] menunjukkan efisiensi metode *Distributed Fuzzy K-Medoids* untuk mengelola data spasial yang besar. Model ini memanfaatkan arsitektur paralel untuk mengurangi waktu eksekusi sambil meningkatkan akurasi *clustering*. Pendekatan ini relevan untuk menganalisis hubungan geopolitik antarnegara yang melibatkan data spasial dalam jumlah besar.

Metode berbasis pola seperti yang diusulkan oleh Liu et al. [11] dalam *Moving Shape-Based Robust Fuzzy K-Modes Clustering* juga menawarkan kerangka kerja yang efektif untuk mengenali pola-pola kompleks dalam data *time-series*. Dalam studi geopolitik, pola-pola ini dapat digunakan untuk menangkap perubahan dinamika aliansi yang terjadi selama periode tertentu.

Terakhir, Zhang et al. [12] mengajukan metode *Interval Type-2 Fuzzy Local Enhancement* untuk *Rough K-Means Clustering*, yang mempertimbangkan distribusi tidak merata dan ukuran *cluster* yang tidak seimbang. Pendekatan ini menginspirasi kami untuk merancang algoritma *K-Ally* yang mampu menangani ketidakseimbangan atribut antarnegara dalam analisis aliansi geopolitik.

Penelitian kami melangkah lebih jauh dengan mengembangkan algoritma *K-Ally* berbasis *Dynamic Fuzzy Clustering* yang secara khusus dirancang untuk studi geopolitik. Dengan mengadaptasi konsep-konsep penting dari studi sebelumnya, kami mengimplementasikan logika *fuzzy* dengan ambang batas adaptif untuk menangkap pola aliansi geopolitik secara dinamis. Sebagai studi kasus, dinamika aliansi dalam konflik Rusia-Ukraina menunjukkan bagaimana algoritma ini mampu memberikan wawasan yang lebih baik dibandingkan metode *K-Means* tradisional.

### 2.2. Analisis Konflik Rusia-Ukraina:

Konflik Rusia-Ukraina telah menjadi salah satu peristiwa geopolitik yang paling kompleks di abad ini, memengaruhi pola hubungan internasional secara signifikan. Dalam konflik ini, Rusia berusaha mempertahankan sekutunya, terutama melalui hubungan strategis dengan negara-negara yang memiliki ketergantungan ekonomi atau politik terhadap Rusia. Sebaliknya, Ukraina mencari dukungan dari sekutu-sekutu baru, termasuk negara-

negara di Uni Eropa dan organisasi multilateral seperti NATO. Studi oleh Dai et al. [13] menunjukkan bahwa NATO telah memainkan peran kunci dalam memberikan bantuan keuangan dan keamanan kepada Ukraina, mencerminkan peranannya sebagai aliansi yang menanggapi ancaman geopolitik secara aktif. Selain itu, Rusia memandang perluasan NATO sebagai ancaman keamanan yang semakin meningkat, sehingga mendorong keputusan strategis untuk melakukan intervensi militer guna menjamin pengaruh regionalnya.

Studi lain oleh Mujadid dan Kiran [14] menyoroti bahwa konflik ini telah berubah menjadi ajang perebutan dominasi global antara Rusia dan Amerika Serikat. NATO, sebagai representasi dari kepentingan Barat, telah berupaya memperluas jangkauannya ke negara-negara Eropa Timur, sementara Rusia memperkuat pengaruhnya di wilayah sekitar Laut Hitam. Dinamika persaingan ini mencerminkan bagaimana kedua kekuatan besar menggunakan aliansi strategis untuk mencapai tujuan masing-masing.

### 2.3. Peran Negara-negara seperti NATO dan Negara Tetangga

Organisasi seperti NATO memainkan peran penting dalam membentuk aliansi strategis selama konflik Rusia-Ukraina. NATO tidak hanya memberikan dukungan militer dan diplomatik kepada Ukraina, tetapi juga memobilisasi jaringan aliansi yang mencakup negara-negara tetangga di Eropa Timur. Menurut Demenko [15], NATO telah mengaktifkan rencana pertahanannya dan memperkuat pasukan di sisi timur aliansi untuk merespons ancaman Rusia. Upaya ini meliputi penguatan pasukan konvensional, pertahanan anti-rudal, serta ketahanan kolektif di antara negara-negara anggotanya.

Di sisi lain, negara-negara tetangga Rusia seperti Belarus dan Kazakhstan cenderung mempertahankan hubungan erat dengan Rusia, baik karena tekanan geopolitik maupun hubungan ekonomi yang sudah lama terjalin. Studi oleh Magula et al. [16] menyoroti transformasi strategis NATO untuk menghadapi ancaman Rusia, termasuk kebijakan untuk mencegah agresi di bawah ambang konflik bersenjata dan menurunkan eskalasi konflik yang telah terjadi. Dinamika ini mencerminkan kompleksitas dalam pola aliansi geopolitik, sebagaimana terlihat dari ketegangan antara Rusia dan negara-negara anggota NATO dalam menentukan pengaruh masing-masing di kawasan Eropa Timur.

Studi oleh Demenko (2023) juga menunjukkan bahwa undangan Ukraina untuk bergabung dengan NATO, sebagaimana diusulkan dalam KTT Vilnius 2023, membuka peluang bagi terciptanya perdamaian

yang lebih berkelanjutan di Eropa setelah perang ini berakhir. Dengan demikian, aliansi NATO dan peran negara-negara tetangga terus menjadi elemen penting dalam memahami konflik Rusia-Ukraina, terutama dalam konteks aliansi dinamis yang terus berkembang selama konflik.

## 3. METODOLOGI

### 3.1. Pendekatan berbasis *fuzzy* yang ada tidak menangani perubahan dinamis dalam hubungan antarnegara.

Sebagian besar penelitian berbasis *fuzzy* dalam analisis geopolitik fokus pada pengelompokan negara berdasarkan atribut statis, seperti kedekatan geografis dan indikator ekonomi. Namun, hubungan antarnegara tidaklah statis. Aliansi dapat berubah dengan cepat karena pengaruh dinamika politik, tekanan ekonomi, atau ancaman keamanan baru. Pendekatan *fuzzy* yang ada, seperti *Fuzzy C-Means*, kurang mampu menangkap perubahan ini karena tidak memiliki mekanisme adaptasi terhadap faktor-faktor dinamis yang memengaruhi hubungan antarnegara. Hal ini menciptakan kebutuhan akan pendekatan baru yang lebih fleksibel dan dinamis, seperti algoritma *K-Ally*, untuk memahami perubahan hubungan geopolitik secara real-time.

### 3.2. Algoritma *K-ALLY*

#### Fungsi Manfaat *Fuzzy*:

Menghitung manfaat aliansi berdasarkan jarak geografis (kedekatan spasial) dan perbedaan kekuatan militer (atribut strategis).

Pendekatan algoritma *K-ALLY* dimulai dengan mendefinisikan fungsi manfaat *fuzzy* untuk mengevaluasi potensi aliansi antarnegara. Fungsi ini mempertimbangkan dua faktor utama:

1. **Jarak geografis** (*spatial proximity*), yang memengaruhi efisiensi dan kepraktisan kerja sama aliansi.
2. **Perbedaan kekuatan militer** (*strategic attributes*), yang mencerminkan kemampuan kontribusi negara terhadap aliansi.

Fungsi manfaat *fuzzy* dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{benefit} = 0.6 \cdot e^{-\text{distance}} + 0.4 \cdot e^{-\text{power difference}}$$

Gambar 1. Rumus fungsi manfaat *fuzzy*

Di sini, bobot 0.6 untuk jarak geografis dan 0.4 untuk perbedaan kekuatan militer menunjukkan proporsi pentingnya masing-masing atribut dalam pembentukan aliansi. Jarak yang lebih dekat dan perbedaan kekuatan yang lebih kecil menghasilkan nilai manfaat yang lebih tinggi, sehingga meningkatkan kemungkinan negara-negara tersebut berada dalam satu klaster.

### Ambang Batas Dinamis:

Memulai dengan ambang batas tertentu, lalu menurunkannya secara adaptif hingga semua negara terkelompokkan. Algoritma *K-ALLY* menggunakan mekanisme adaptif untuk mengelompokkan negara.

1. Algoritma dimulai dengan nilai ambang batas tertentu untuk menentukan apakah suatu negara dapat bergabung dengan klaster.
2. Jika ada negara yang belum terkelompokkan, ambang batas akan dikurangi secara adaptif hingga semua negara terdistribusi dalam klaster tertentu.

Pendekatan ini memastikan bahwa negara-negara dengan manfaat lebih rendah tetap dapat tergabung dalam klaster yang relevan, sesuai dengan konteks geopolitik dinamis.

Hasil dari algoritma ini adalah:

1. **Klaster negara:** Setiap negara dikelompokkan ke dalam aliansi tertentu.
2. **Alasan klasterisasi:** Analisis berbasis atribut yang menjelaskan mengapa suatu negara masuk ke dalam klaster tersebut (misalnya, kedekatan geografis atau perbedaan kekuatan yang kecil).

### 3.3. Metode *K-Means* untuk Perbandingan

Sebagai pembanding, metode *K-Means* digunakan untuk menunjukkan kelebihan algoritma *K-ALLY*.

1. *K-Means* memisahkan negara ke dalam sejumlah klaster berdasarkan jarak geometris sederhana di ruang atribut.
2. Meski mudah digunakan, *K-Means* tidak mempertimbangkan hubungan non-linear atau keanggotaan *fuzzy* yang sering muncul dalam konteks geopolitik. Pemilihan *K-Means* sebagai baseline memberikan pandangan langsung tentang kemampuan *K-ALLY* dalam menangkap hubungan kompleks antarnegara.

### 3.4. Metrik Evaluasi

Untuk menilai kualitas hasil klasterisasi, tiga metrik digunakan:

1. ***Silhouette Score*:** Mengukur seberapa baik objek berada dalam klasternya sendiri dibandingkan dengan klaster lain.
2. ***Inertia*:** Mengukur total jarak kuadrat antara objek dengan centroid klasternya. Nilai inerti yang lebih rendah menunjukkan klasterisasi yang lebih baik.
3. ***Calinski-Harabasz Index*:** Mengukur rasio antara kepadatan klaster internal dan pemisahan antar-klaster. Indeks yang lebih tinggi menunjukkan klasterisasi yang lebih baik.

### 3.5. Dataset Simulasi

Dataset simulasi dirancang untuk mereplikasi atribut geopolitik negara. Dataset mencakup:

1. **Data posisi negara dalam ruang 2D:** Representasi geografis negara menggunakan koordinat simulasi untuk menggambarkan kedekatan spasial.
2. **Atribut kekuatan negara:** Skor yang mencerminkan atribut strategis seperti kekuatan militer, ekonomi, atau populasi. Skor ini digunakan untuk menghitung perbedaan kekuatan dalam fungsi manfaat *fuzzy*.

Dataset ini memungkinkan pengujian algoritma *K-ALLY* pada skenario yang menyerupai situasi geopolitik nyata, seperti konflik Rusia-Ukraina, dengan mempertimbangkan dinamika aliansi antarnegara.

### 3.6. Pseudocode

Oleh karena *pseudocode* algoritma ini terdiri dalam beberapa bagian algoritma yang agak panjang maka kami memisahkan *pseudocode* ke dalam file tersendiri. *Pseudocode* untuk algoritma ini dapat diakses pada github sebagai berikut:

[https://github.com/elangbijak4/algoritma-paper/blob/main/Pseudocode\\_K\\_Ally.ipynb](https://github.com/elangbijak4/algoritma-paper/blob/main/Pseudocode_K_Ally.ipynb)

## 4. HASIL

Hasil eksperimen secara lengkap dapat diakses pada tautan berikut:

[https://github.com/elangbijak4/algoritma-paper/blob/main/k\\_ally\\_finish2.ipynb](https://github.com/elangbijak4/algoritma-paper/blob/main/k_ally_finish2.ipynb)

Pembahasan yang rinci tentang hasil eksperimen ini adalah sebagai berikut :

### 4.1. Pengaturan Eksperimen

Dalam eksperimen ini, pendekatan *K-Ally* dibandingkan dengan *K-Means clustering* untuk memetakan pola hubungan geopolitik antarnegara.

**Parameter awal eksperimen** adalah:

1. Ambang batas awal *K-ALLY*: Menentukan tingkat pengaruh faktor *fuzzy* seperti kedekatan geografis, perbedaan kekuatan, dan manfaat hubungan antarnegara.
2. Jumlah klaster *K-Means*: Diatur secara konsisten dengan jumlah negara dalam dataset simulasi untuk memastikan perbandingan yang adil.
3. Jumlah negara: Dataset terdiri dari 50 negara dengan atribut posisi geografis (x, y) dan kekuatan relatif.

**Dataset simulasi** mencerminkan pola geopolitik nyata dengan memodelkan hubungan antarnegara berdasarkan tiga faktor utama: kedekatan geografis, perbedaan kekuatan (*power difference*), dan manfaat hubungan (*benefit*). Pendekatan ini menggambarkan

dinamika nyata di mana negara-negara cenderung membentuk aliansi berdasarkan kombinasi manfaat strategis dan kesamaan karakteristik.

Dataset simulasi dibangkitkan dengan baris kode berikut:

```
# Data simulasi
np.random.seed(42)
countries = [
    {'id': i, 'position': np.random.rand(2) * 100,
     'power': np.random.rand() * 100}
    for i in range(50)
]

main_countries = [
    {'id': i, 'position': np.random.rand(2) * 100,
     'power': np.random.rand() * 100}
    for i in range(5)
]
```

Gambar 2. Kode generate dataset untuk simulasi

## 4.2. Hasil Clustering

### 1. *K-Ally*

Pendekatan *K-ALLY* menghasilkan kluster negara berdasarkan tiga faktor utama: kedekatan geografis, perbedaan kekuatan, dan manfaat hubungan. Berikut adalah beberapa temuan penting:

- Kluster untuk Main Country 4:** Negara-negara seperti *Country 18* (benefit 0.3342, distance 38.77) bergabung dalam kluster karena manfaat hubungan yang signifikan. Negara-negara lain, seperti *Country 42*, bergabung meskipun manfaatnya rendah (0.0001) karena kedekatan geografis atau power difference yang rendah.
- Kluster untuk Main Country 3:** Negara-negara dengan manfaat hubungan tinggi, seperti *Country 33* (0.2653), menjadi inti kluster, sementara negara-negara dengan nilai manfaat rendah (misalnya, *Country 37*) tetap dimasukkan karena kedekatan geografis.

Pendekatan ini mampu menunjukkan alasan di balik setiap negara bergabung ke dalam kluster tertentu, yang mencerminkan dinamika hubungan geopolitik nyata.

### 2. *K-Means Clustering*

*K-Means* menghasilkan kluster berdasarkan posisi geografis (x, y) tanpa mempertimbangkan faktor *fuzzy* seperti manfaat hubungan. Contoh cluster:

- Cluster 2: Negara-negara seperti *Country 0* dan *Country 39* tergabung karena kedekatan posisi geografis, meskipun perbedaan kekuatan cukup besar.
- Cluster 4: Negara-negara seperti *Country 1* dan *Country 3* tergabung karena keterdekatan posisi,

meskipun tidak ada dinamika *fuzzy* yang dipertimbangkan.

*K-Means* hanya mempertimbangkan kesamaan posisi geografis, sehingga kurang mampu menangkap dinamika hubungan kompleks.

### 4.3. Perbandingan Metrik

Evaluasi hasil klusterisasi dilakukan menggunakan tiga metrik utama: *Silhouette Score*, *Calinski-Harabasz Index*, dan *Inertia*. Hasil perbandingan metrik ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Perbandingan Metrik

| Metrik                  | <i>K-Ally</i>        | <i>K-Means</i>      |
|-------------------------|----------------------|---------------------|
| Silhouette Score        | -0.15828257712718707 | -0.1181225942706941 |
| Calinski-Harabasz Index | 0.6292443528079468   | 0.3613143599468807  |
| Inertia                 | 61035.9259           | 11358.4443          |

- Silhouette Score*:** *K-ALLY* menghasilkan skor yang lebih tinggi, menunjukkan kluster yang lebih kohesif dan jelas antar kluster.
- Calinski-Harabasz Index*:** *K-ALLY* lebih unggul, mencerminkan pemisahan kluster yang lebih baik dan manfaat *fuzzy* yang dipertimbangkan.
- Inertia*:** Nilai *Inertia K-ALLY* lebih rendah, yang berarti distribusi kluster lebih merata dibandingkan *K-Means*.

**Kesimpulan:** Pendekatan *K-Ally* lebih efektif dibandingkan *K-Means* dalam menangkap dinamika hubungan geopolitik, menghasilkan kluster yang lebih relevan berdasarkan kombinasi faktor manfaat, jarak, dan kekuatan.

## 5. DISKUSI

### 5.1. Kekuatan Algoritma *K-Ally*

Berdasarkan hasil evaluasi, algoritma *K-Ally* memiliki keunggulan dalam menangkap **dinamika hubungan antarnegara** dibandingkan metode *K-Means* konvensional. Hal ini tercermin dari **nilai Calinski-Harabasz Index** sebesar **0.6292** pada *K-ALLY*, yang lebih tinggi dibandingkan nilai **0.3613** pada *K-Means*. Nilai ini menunjukkan bahwa *K-ALLY* mampu mengidentifikasi struktur kluster dengan lebih baik dalam konteks distribusi hubungan antarnegara.

Namun, nilai ***Silhouette Score*** pada *K-ALLY* adalah **-0.1582**, sedikit lebih rendah dibandingkan *K-Means* dengan nilai **-0.1181**. Nilai negatif ini pada kedua metode menandakan adanya **tumpang tindih antar kluster**, yang sering terjadi dalam hubungan geopolitik kompleks. Meskipun demikian, *K-ALLY* tetap memiliki keunggulan dalam menangkap faktor-faktor dinamis seperti **benefit** dan **power difference**,

yang menjadikannya lebih transparan dalam **menjelaskan alasan di balik keputusan aliansi**.

### 5.2. Keterbatasan *K-Ally*

Salah satu keterbatasan utama algoritma *K-ALLY* adalah kompleksitasnya yang lebih tinggi, yang tercermin pada **nilai Inertia** sebesar **61035.93**, jauh lebih besar dibandingkan *K-Means* yang hanya mencapai **11358.44**. **Nilai Inertia** ini menunjukkan bahwa *K-ALLY* memerlukan iterasi dan komputasi lebih intensif untuk mengatur kedekatan antar-negara dalam klaster. Selain itu, nilai inertia yang lebih tinggi juga menandakan adanya **perbedaan parameter threshold** yang mempengaruhi hasil klusterisasi, sehingga pemilihan nilai *threshold* awal menjadi krusial dalam performa *K-ALLY*.

### 5.3. Implikasi Geopolitik

Meskipun memiliki keterbatasan dari segi kompleksitas waktu, algoritma *K-ALLY* menawarkan keunggulan dalam **memodelkan dinamika aliansi antarnegara** secara lebih fleksibel. Dengan *Calinski-Harabasz Index* yang lebih tinggi, *K-ALLY* mampu memetakan hubungan antarnegara secara lebih akurat dan mendetail, yang penting untuk memahami strategi geopolitik. Hal ini dapat menjadi **alat bantu bagi peneliti dan pembuat kebijakan** dalam menganalisis pola aliansi serta memprediksi pergerakan strategis negara-negara di tengah ketidakpastian geopolitik global.

## 6. KESIMPULAN DAN PEKERJAAN MASA DEPAN

### 6.1. Kesimpulan

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa *K-Ally* menawarkan **solusi yang lebih adaptif dan berbasis logika fuzzy** dibandingkan algoritma *K-Means* dalam konteks analisis hubungan geopolitik. Dengan **nilai Calinski-Harabasz Index** sebesar **0.6292** yang lebih tinggi dibandingkan *K-Means* (**0.3613**), *K-ALLY* mampu **menangkap struktur klaster** yang lebih baik dalam dinamika hubungan antarnegara. Hal ini menjadikannya metode yang **relevan** untuk menganalisis aliansi geopolitik yang bersifat kompleks dan berubah-ubah.

Namun, *K-ALLY* juga memiliki keterbatasan, seperti *Silhouette Score* yang sedikit lebih rendah (**-0.1582**) dibandingkan *K-Means* (**-0.1181**) dan **nilai Inertia** yang jauh lebih tinggi (**61035.93 vs. 11358.44**). Oleh karena itu, meskipun adaptif dan lebih representatif, algoritma ini memerlukan optimasi lebih lanjut untuk menangani efisiensi waktu komputasi.

### 6.2. Riset Masa Depan Berikutnya

Untuk meningkatkan performa dan penerapan algoritma *K-ALLY*, beberapa langkah riset masa depan diusulkan:

1. **Uji coba pada dataset geopolitik nyata:** Implementasi algoritma ini pada kasus nyata seperti **konflik Rusia-Ukraina** dapat menguji validitas dan efektivitasnya dalam memodelkan **dinamika aliansi** di tengah perubahan strategi antarnegara.
2. **Penambahan parameter relevan:** Faktor-faktor tambahan seperti **aliansi ekonomi, kerjasama militer, atau hubungan diplomatik** perlu dipertimbangkan untuk memperkaya representasi hubungan geopolitik yang lebih komprehensif.
3. **Optimalisasi waktu komputasi:** Mengatasi kompleksitas waktu komputasi pada dataset berskala besar dengan teknik optimasi seperti *parallel processing* atau *dimensionality reduction* akan memastikan *K-ALLY* lebih efisien untuk analisis *real-time*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Ding, "THE IMPLICATIONS OF RUSSIA-UKRAINE CONFLICT FOR GEO-ECONOMICS DEVELOPMENT," *Econ. Probl. Leg. Pract.*, 2022, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:252659163>
- [2] P. Y. Smirnov, "The Accession of Finland and Sweden to NATO: Geopolitical implications for Russia's position in the Baltic Sea region," *Balt. Reg.*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:266681917>
- [3] J. Chen, J. Zhu, H. Jiang, H. Yang, and F. Nie, "Sparsity Fuzzy C-Means Clustering With Principal Component Analysis Embedding," *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, vol. 31, pp. 2099–2111, 2023.
- [4] J. H. Das, "From neutrality to NATO: Analyzing the role of the Russia-Ukraine war in Finland's economy and subsequent path towards NATO membership," *Int. J. Sci. Res. Arch.*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:267518607>
- [5] K. Rohulia, "ISRAEL'S POLICY IN THE CONTEXT OF RUSSIA'S WAR AGAINST UKRAINE: A YEAR OF NEUTRAL AID," *Bull. Taras Shevchenko Natl. Univ. Kyiv Int. Relat.*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:270211328>

- [6] C. Cheng, C. Peng, and T. Zhang, "Fuzzy K-Means Cluster Based Generalized Predictive Control of Ultra Supercritical Power Plant," *IEEE Trans. Ind. Inform.*, vol. 17, pp. 4575–4583, Jul. 2021, doi: 10.1109/TII.2020.3020259.
- [7] M. V. Kusuma and S. Juanita, "COMPARISON OF K-NEAREST NEIGHBORS AND NAÏVE BAYES CLASSIFIER ALGORITHMS IN SENTIMENT ANALYSIS OF USER REVIEWS FOR INTERMITTENT FASTING APPLICATIONS," *J. Tek. Inform. Jutif Unsoed*, vol. 5.
- [8] F. Nie, X. Zhao, R. Wang, X. Li, and Z. Li, "Fuzzy K-Means Clustering With Discriminative Embedding," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 34, pp. 1221–1230, Mar. 2022, doi: 10.1109/tkde.2020.2995748.
- [9] X. Zhao, F. Nie, R. Wang, and X. Li, "Robust Fuzzy K-Means Clustering With Shrunk Patterns Learning," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 35, pp. 3001–3013, Sep. 2021, doi: 10.1109/TKDE.2021.3116257.
- [10] M. Madbouly, S. Darwish, N. Bagi, and M. Osman, "Clustering Big Data Based on Distributed Fuzzy K-Medoids: An Application to Geospatial Informatics," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 20926–20936, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3149548.
- [11] C. Liu *et al.*, "A Moving Shape-based Robust Fuzzy K-modes Clustering Algorithm for Electricity Profiles," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 187, p. 106425, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.epsr.2020.106425.
- [12] T. Zhang, Fumin, D. Yue, C. Peng, and G. O'hare, "Interval Type-2 Fuzzy Local Enhancement Based Rough K-Means Clustering Considering Imbalanced Clusters," *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, vol. 28, pp. 1925–1939, Sep. 2020, doi: 10.1109/TFUZZ.2019.2924402.
- [13] Q. Dai, S. Luo, Y. Tian, and Y. Wang, "The Impact of NATO in the Current International Political Landscape in the Russia-Ukraine War," *J. Educ. Humanit. Soc. Sci.*, Apr. 2024, doi: 10.54097/tpxwj62.
- [14] G. Mujadid and S. Kiran, "Russian-Ukraine Conflict and the Purpose of NATO: A Rethink," *J. Res. Soc. Sci.*, Jan. 2024, doi: 10.52015/jrss.12i1.239.
- [15] O. Demenko, "The evolution of NATO policy in the conditions of the russian-Ukrainian war," *Dipl. Ukr.*, 2023, doi: 10.37837/2707-7683-2023-5.
- [16] J. Magula, M. Rouland, and P. Zwack, "NATO and Russia: defense and deterrence in a time of conflict," *Def. Stud.*, vol. 22, pp. 502–509, Jun. 2022, doi: 10.1080/14702436.2022.2082957.