BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecamatan Tanjung Tiram merupakan salah satu kecamatan pesisir di Kabupaten Batu Bara, Provinsi Sumatera Utara, yang dikenal sebagai sentra aktivitas perikanan tangkap. Letak geografisnya yang strategis di tepi perairan Selat Malaka memberikan potensi sumber daya laut yang melimpah dan beragam. Sebagian besar penduduk di wilayah ini menggantungkan hidup dari sektor kelautan, khususnya sebagai nelayan tradisional. Aktivitas penangkapan ikan dilakukan secara rutin, baik secara individu maupun berkelompok dalam bentuk nelayan kecil atau koperasi nelayan. Namun, meskipun potensi lautnya besar, kondisi kesejahteraan masyarakat nelayan di Tanjung Tiram masih tergolong rendah dan cenderung stagnan dari waktu ke waktu.

Salah satu penyebab utama kondisi tersebut adalah fluktuasi hasil tangkapan yang tinggi dan tidak menentu. Hasil tangkapan laut menjadi sumber utama mata pencaharian masyarakat pesisir Tanjung Tiram, tetapi pendapatan nelayan masih berfluktuasi akibat ketidakstabilan harga ikan di pasaran serta belum optimalnya pemanfaatan hasil tangkapan berdasarkan nilai ekonomis maupun kandungan gizinya.

Dalam praktiknya, sebagian besar nelayan di Pesisir Tanjung Tiram masih mengandalkan pengalaman dan intuisi turun-temurun dalam menentukan waktu dan lokasi melaut. Minimnya dokumentasi hasil tangkapan serta belum tersedianya sistem informasi yang terintegrasi menyebabkan nelayan kesulitan mengenali pola hasil tangkapan berdasarkan musim, jenis ikan, atau wilayah tangkap. Padahal, pengelolaan data hasil tangkapan secara terstruktur sangat penting untuk mendukung pengambilan keputusan yang rasional dan berbasis informasi.

Penentuan harga ikan di pasar umumnya hanya didasarkan pada ukuran, jenis, dan permintaan tanpa memperhitungkan kandungan gizi seperti vitamin dan asam lemak omega-3. Nilai gizi ikan sebenarnya merupakan aspek penting yang memengaruhi nilai tambah dan daya saing produk perikanan. Penelitian Hasan *et al.*, (2023) dalam *Jurnal Perikanan dan Kelautan (SINTA 3)* menunjukkan bahwa ikan tawassang (*Naso thynnoides*) memiliki kadar omega-3 sebesar 14,79%, yang menegaskan potensi besar ikan lokal Indonesia sebagai sumber gizi penting bagi kesehatan masyarakat.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, pendekatan *data mining* melalui teknik klasterisasi menjadi salah satu solusi yang dapat diterapkan. Salah satu algoritma klasterisasi yang relevan adalah *Fuzzy C-Means* (FCM). Algoritma ini memungkinkan pengelompokan data berdasarkan kesamaan karakteristik dengan mempertimbangkan tingkat ketidakpastian (*fuzziness*) yang sering muncul dalam data dunia nyata. Berbeda dari metode *hard clustering* konvensional, FCM memberikan derajat keanggotaan pada lebih dari satu klaster untuk setiap data, sehingga lebih fleksibel dalam menangani data yang ambigu atau tumpang tindih.

Penerapan algoritma FCM pada data hasil tangkapan nelayan dapat menghasilkan klasifikasi berdasarkan variabel seperti volume tangkapan, jenis spesies ikan, waktu tangkap, dan harga pasar. Melalui proses ini, diperoleh informasi strategis, misalnya jenis ikan yang dominan pada musim tertentu atau kelompok tangkapan dengan nilai ekonomis tinggi yang potensial untuk ekspor. Hasil klasterisasi tersebut dapat dimanfaatkan oleh pemerintah daerah, koperasi nelayan, maupun pemangku kepentingan lainnya dalam menyusun kebijakan, strategi pemasaran, dan pemberdayaan nelayan secara lebih terarah dan berkelanjutan.

Di wilayah pesisir Tanjung Tiram, pendekatan berbasis algoritma komputasi seperti FCM masih jarang digunakan. Padahal, pengembangan sistem klasifikasi berbasis FCM dapat menjadi fondasi dalam membangun sistem informasi perikanan cerdas (*smart fisheries system*) yang tidak hanya mengarsipkan data, tetapi juga menghasilkan wawasan yang dapat ditindaklanjuti. Integrasi metode ini ke dalam aktivitas nelayan sehari-hari berpotensi menciptakan ekosistem perikanan berbasis teknologi yang adaptif, modern, dan mendukung peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir.

Untuk menganalisis hubungan kompleks antara harga dan kandungan gizi ikan, diperlukan pendekatan matematis yang mampu mengelompokkan (*clustering*) dan memprediksi pola tersembunyi di dalam data. Salah satu metode yang sesuai adalah Fuzzy C-Means (FCM) — metode *soft clustering* yang memungkinkan setiap data memiliki derajat keanggotaan pada lebih dari satu kelompok.

Secara matematis, algoritma FCM bekerja dengan meminimalkan fungsi objektif berbasis jarak Euclidean, dan banyak digunakan dalam analisis numerik serta pengelompokan multidimensi. Penelitian Asdi *et al.* (2024) dalam *Jurnal Matematika UNAND (SINTA 3)* menerapkan FCM untuk pengelompokan kesejahteraan masyarakat berbasis spasial, membuktikan fleksibilitas metode ini untuk data kompleks. Pratama *et al.*, (2021) dalam *MATHeunesa: Jurnal Ilmiah Matematika (SINTA 3)* juga menggabungkan FCM dengan metode TOPSIS untuk evaluasi kin-

erja, menunjukkan kekuatan algoritma ini dalam menghasilkan klasifikasi berbasis multiatribut. Sementara itu, Rauf *et al.*, (2023) dalam *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi (SINTA 3)* menunjukkan bahwa FCM lebih stabil dibanding metode Ward dalam mengelompokkan data numerik besar.

Dengan demikian, penelitian ini diarahkan untuk memprediksi dan mengelompokkan jenis ikan hasil tangkapan nelayan di Pesisir Tanjung Tiram, Kabupaten Batu Bara, berdasarkan harga dan kandungan gizinya (vitamin dan omega-3) menggunakan pendekatan matematis algoritma Fuzzy C-Means.

Tantangan lain yang dihadapi nelayan di Pesisir Tanjung Tiram adalah ketergantungan tinggi pada metode tradisional dengan peralatan sederhana dan sistem kerja manual. Kondisi ini mengakibatkan kurangnya dokumentasi tangkapan yang komprehensif dan menyulitkan analisis jangka panjang. Nelayan juga belum memiliki pendekatan sistematis untuk klasifikasi hasil tangkapan berdasarkan jenis ikan, musim, harga pasar, atau lokasi geografis penangkapan. Akibatnya, strategi penangkapan dan penjualan sering dilakukan tanpa dasar data yang kuat, sehingga peluang untuk memperoleh keuntungan maksimal sering terlewatkan (Rustan, 2023).

Selain itu, variabilitas tangkapan juga dipengaruhi oleh kondisi musiman dan meteorologi. Periode kelangkaan menyebabkan penurunan volume tangkapan yang signifikan, sedangkan pada musim kelimpahan, nelayan kerap tidak memiliki strategi penjualan yang efektif untuk mengoptimalkan keuntungan. Lemahnya posisi tawar nelayan terhadap perantara atau pengolah hasil tangkapan juga memperburuk kondisi ini, karena harga jual sering ditentukan secara sepihak oleh pembeli (Hehanussa *et al*., 2024).

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas FCM dalam menganalisis data perikanan. Studi oleh *Ngii et al.*, (2023) di Kota Kendari membuktikan bahwa FCM mampu memberikan prediksi akurat produksi ikan berdasarkan kualitas air dan suhu. Penelitian lain oleh *Pimentel & Souza* (2013) serta *Dubberley & Carnes* (2010) menjelaskan bahwa FCM lebih representatif dalam menggambarkan kondisi dunia nyata karena memungkinkan keanggotaan parsial setiap data terhadap lebih dari satu klaster.

Faktor biologi, lingkungan, dan sosial ekonomi turut memengaruhi produktivitas nelayan (*Juni Susanti Banurea et al.*, 2021). Dalam konteks Indonesia yang perikanannya bersifat *open access*, kebebasan nelayan dalam melakukan penangkapan sering kali mengabaikan efisiensi dan keberlanjutan sumber daya.

Selain itu, penelitian *Ngii et al.*, (2023) menunjukkan bahwa FCM dapat di-

gunakan untuk mengelompokkan hasil tangkapan berdasarkan kondisi lingkungan seperti suhu dan kualitas air. Dalam penelitiannya, tiga *cluster* utama berhasil dibentuk ikan tongkol, tembang, dan tuna dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi.

Namun, industri perikanan di Indonesia masih menghadapi tantangan kompleks seperti perubahan iklim, degradasi lingkungan laut, *overfishing*, dan keterbatasan teknologi (*Love et al.*, 2023; *Tacon & Metian*, 2023). Fluktuasi hasil tangkap yang sulit diprediksi berdampak langsung pada kesejahteraan nelayan. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan analisis berbasis data seperti FCM untuk memprediksi dan mengelompokkan jenis ikan berdasarkan harga serta kandungan gizinya (vitamin dan omega-3).

Dalam upaya untuk mengkategorikan data yang berkaitan dengan tangkapan nelayan berdasarkan karakteristik yang melekat, metodologi pengelompokan digunakan, khususnya melalui pemanfaatan algoritma *Fuzzy C Means* (FCM). *Clustering* merupakan salah satu metodologi dalam penambangan data yang bertujuan untuk mempartisi data ke dalam berbagai *cluster* atau kelompok sesuai dengan tingkat kesamaan atribut yang dimiliki oleh setiap titik data. Algoritma FCM mewakili kemajuan algoritma C-Means tradisional, yang menggabungkan prinsip-prinsip teori himpunan fuzzy, sehingga menawarkan fleksibilitas yang ditingkatkan dalam kategorisasi data. (Pimentel & Souza, 2013) Berbeda dengan metodologi hard clustering tradisional, FCM mengizinkan setiap titik data memiliki tingkat keanggotaan di beberapa *cluster*. Akibatnya, metodologi ini lebih akurat mencerminkan kondisi dunia nyata yang ditandai dengan ketidakpastian dan ambiguitas, yang sering ditemui dalam konteks tangkapan nelayan. Misalnya, spesies ikan tertentu dapat menunjukkan nilai ekonomi yang tinggi selama musim tertentu sementara menunjukkan penurunan nilai di waktu lain, membuat keanggotaan parsial sangat relevan untuk menggambarkan dinamika tersebut. (Dubberley & Carnes, 2010)

Menurut penelitian (Juni Susanti Banurea *et al.*, 2021) Dalam usaha perikanan tangkap, faktor biologi, lingkungan perairan, dan sosial ekonomi baik secara langsung maupun tidak langsung akan berpengaruh terhadap kegiatan produksi. Sistem ini mempunyai interaksi yang kompleks antara stok dan faktor produksi seperti alat tangkap, armada, keterampilan nelayan dan modal usaha yang digunakan dalam operasi penangkapan. Secara umum perikanan indonesia bersifat terbuka (*open access*), dimana nelayan dapat dengan bebas melakukan usaha penangkapan ikan dilaut.

Penelitian lainnya oleh (Katharina Amelia Ngii *et al.*, 2023) yang berjudul Implementasi Algoritma Fuzzy C-Means (FCM) Dalam Memrediksi Hasil Tangkapan

Ikan di Kota Kendari menggunakan algoritma Fuzzy C-Means (FCM) untuk mengatasi kesulitan dalam memprediksi produksi ikan yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu dan kualitas air. FCM bekerja dengan mengelompokkan data ke dalam beberapa klaster berdasarkan tingkat keanggotaan *fuzzy*, di mana satu data dapat menjadi anggota lebih dari satu *cluster*. Proses algoritma FCM dimulai dengan menentukan jumlah klaster, menginisialisasi matriks keanggotaan secara acak, menghitung pusat klaster dengan rumus berbobot, dan mengupdate keanggotaan hingga mencapai kondisi konvergen. Dalam penelitian ini, data hasil tangkapan ikan dari tahun 2019–2021 digunakan untuk membentuk tiga klaster utama, yaitu ikan tongkol, tembang, dan tuna. Prediksi hasil produksi ikan dilakukan selama lima tahun ke depan menggunakan metode defuzzifikasi centroid, yang menghasilkan estimasi produksi ikan berdasarkan pola data historis dan kondisi lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa FCM dapat memberikan prediksi yang cukup akurat dan bermanfaat bagi industri perikanan, meskipun diperlukan validasi lebih lanjut dengan dataset yang lebih luas agar hasilnya lebih akurat dan dapat diterapkan secara lebih luas dalam pengelolaan sumber daya perikanan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma Fuzzy C-Means pada data hasil tangkapan nelayan di Pesisir Tanjung Tiram, Kabupaten Batu Bara, guna mengidentifikasi pola hasil tangkap dan mengelompokkan jenis ikan berdasarkan kesamaan harga dan kandungan gizinya. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan sistem informasi perikanan cerdas dan strategi peningkatan pendapatan nelayan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma Fuzzy C-Means dalam menganalisis data hasil tangkap nelayan di pesisir Tanjung Tiram, Kabupaten Batu Bara. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai pola hasil tangkap, karakteristik cluster nelayan berdasarkan produktivitas, dan rekomendasi strategis untuk meningkatkan efektivitas penangkapan ikan.

Dalam model ini, klasterisasi diberikan kepada pendapatan nelayan melalui hasil tangkap yang diperoleh nelayan. Sehingga, berdasarkan uraian di atas akan dibuat suatu karya ilmiah berupa penelitian dalam bentuk skripsi dengan judul **"Implementasi Algoritma Fuzzy C-Means Terhadap Hasil Tangkap Nelayan Studi Kasus: Pesisir Tanjung Tiram Kabupaten Batu"**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana mengonstruksi pengelompokan jenis ikan hasil tangkapan di Pesisir Tanjung Tiram menggunakan algoritma Fuzzy C-Means untuk mengatasi ketidakpastian (*fuzzy*) pada data yang memiliki variasi harga dan profil nutrisi yang beragam?
2. Bagaimana karakteristik dan pola klaster yang terbentuk dari implementasi Fuzzy C-Means dalam memetakan hubungan antara nilai ekonomis (harga pasar) dengan nilai biologis (kandungan Vitamin dan Omega-3) pada komoditas perikanan lokal?
3. Bagaimana tingkat validitas hasil klasterisasi algoritma Fuzzy C-Means dalam menyediakan informasi strategis yang akurat sebagai dasar rekomendasi pengelolaan hasil tangkap bagi nelayan di Kabupaten Batu Bara?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah objek yang akan dimodelkan dalam penelitian dan mengingat luasnya masalah yang akan diteliti agar terhindar kesimpangsiuran maka peneliti membatasi masalah yaitu :

1. Data yang digunakan berupa data hasil tangkapan nelayan di Pesisir Tanjung Tiram, Kabupaten Batu Bara, yang mencakup harga jual ikan dan kandungan gizinya, meliputi kadar vitamin (A, B, C, D, E) serta asam lemak omega-3 dari beberapa jenis ikan laut yang umum ditangkap di wilayah tersebut.
2. Penelitian ini hanya menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM) sebagai metode utama untuk melakukan proses pengelompokan (*clustering*) tanpa melakukan pembandingan dengan metode lain seperti *K-Means* atau *Fuzzy Subtractive Clustering*.

   Jumlah klaster (*cluster*) yang dibentuk ditentukan sebanyak tiga (3), yaitu:

   - *Cluster* 1 = ikan dengan harga rendah dan kandungan gizi terbatas,
   - *Cluster* 2 = ikan dengan harga sedang dan kandungan gizi menengah,
   - *Cluster* 3 = ikan dengan harga tinggi dan kandungan gizi tinggi (vitamin dan omega-3 tinggi).

3. Faktor-faktor eksternal lain seperti musim penangkapan, lokasi geografis spesifik, dan kondisi pasar global tidak dimasukkan ke dalam analisis untuk menjaga fokus penelitian pada hubungan antara harga dan kandungan gizi ikan.

4. Implementasi dan simulasi algoritma dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python di Google Colab, meliputi tahap normalisasi data, proses iteratif FCM, perhitungan nilai fungsi objektif, serta evaluasi hasil menggunakan indeks validitas klaster seperti *Partition Coefficient (PC)* dan *Modified Partition Coefficient (MPC).*

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini, yaitu:

1. Menerapkan algoritma Fuzzy C-Means (FCM) untuk mengelompokkan hasil tangkapan nelayan di Pesisir Tanjung Tiram berdasarkan variabel harga dan kandungan gizinya (vitamin serta omega-3).

2. Menganalisis kemampuan metode Fuzzy C-Means dalam memprediksi atau menentukan jenis ikan berdasarkan kemiripan pola antara harga dan kandungan gizi yang dimiliki setiap ikan.

3. Mengevaluasi tingkat keakuratan dan validitas hasil *klasterisasi* yang dihasilkan oleh algoritma Fuzzy C-Means menggunakan ukuran validitas seperti *Partition Coefficient* (PC) dan *Modified Partition Coefficient* (MPC).

4. Menyajikan hasil *klasterisasi* dalam bentuk tabel dan grafik visual agar mudah dipahami.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan beberapa manfaat yang dapat diidentifikasi:

1. Bagi Peneliti
   Untuk memperluas pengetahuan penulis, terutama dalam bidang model terapan matematika dan aplikasinya, serta dalam menganalisis isu-isu yang berkaitan dengan keilmuan lain, dan meningkatkan pemahaman peneliti mengenai algoritma Fuzzy, khususnya Algoritma Fuzzy C-Means serta mampu menerapkan secara langsung mengaplikasikannya dalam masalah nyata seperti mengoptimalkan pendapatan nelayan melalui hasil tangkap.

2. Bagi Pembaca

   Pembaca akan mendapatkan wawasan tentang penggunaan Algoritma Fuzzy C-Means dan menambah sumber referensi bagi pembaca yang ingin mengembangkan masalah-masalah di kehidupan bermasyarakat dengan metode yang serupa.

3. Bagi Dinas Perikanan dan Kelautan Kab. Batu Bara

   Sebagai sarana untuk meningkatkan pemahaman tentang analisis model terapan matematika terkait pemahaman yang lebih baik tentang pola hasil tangkapan dan faktor-faktor yang mempengaruhi pendapatan nelayan. Pendekatan Inovatif dengan Model Terapan Matematika. Selain itu penelitian ini dapat menjadi landasan bagi penelitian lebih lanjut, membuka pintu bagi penelitian yang lebih mendalami tentang berbagai aspek serta menjadi sumber informasi yang berguna tentang penerapan metode analisis data untuk pengambilan keputusan dalam sektor ekonomi perikanan dan upaya upaya pengendalian yang lebih efektif dalam mendorong kesadaran akan pentingnya pengelolaan sumber daya laut yang berkelanjutan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir.