

# Klasifikasi Citra Digital Mammografi Berdasarkan Luas Diameter Kanker Payudara dengan Metode K-Means *Clustering*

Dadang Iskandar Mulyana <sup>1</sup>, Anisah Wulandari <sup>2\*</sup>

<sup>1,2\*</sup> Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Cipta Karya Informatika, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibu kota Jakarta, Indonesia.

## article info

### Article history:

Received 24 July 2023

Received in revised form

29 September 2023

Accepted 20 November 2023

Available online January 2024

### DOI:

<https://doi.org/10.35870/jti.k.v8i1.1422>

### Keywords:

K-Means Clustering;  
Mammography; Breast Cancer.

### Kata Kunci:

K-Means Clustering;  
Mammografi; Kanker  
Payudara.

## abstract

Breast cancer is one of the deadly diseases with a mortality rate that increases every year because the higher the stage of cancer, the smaller the chance of people to recover. Technology is currently applied to the medical field such as MRI, CT Scan, and Mammography. Mammography can be done to identify various forms of abnormalities in the breast such as breast cancer. Therefore, in this study, the application of the K-Means method was carried out on 112 mammography digital images for classification based on the diameter area of breast cancer with the T component in the TNM system. The results of this test found that from 100% of the dataset, 24% of mammography images belonged to T2 with diameter area between 20 mm to 50 mm, and 76% of mammography images belonged to T3-T4 with diameter area more than 50 mm, with an average accuracy value of 89,3028%.

## abstrak

Kanker payudara merupakan salah satu penyakit mematikan dengan angka kematian yang setiap tahunnya semakin meningkat karena semakin tinggi stadium kanker maka semakin kecil kesempatan pengidap untuk sembuh. Penerapan teknologi saat ini banyak diterapkan pada bidang medis seperti pemeriksaan MRI, CT Scan, dan Mammografi. Pemeriksaan medis mammografi dapat dilakukan untuk mengidentifikasi berbagai bentuk kelainan pada payudara seperti kanker payudara. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini dilakukan penerapan metode K-Means terhadap 112 citra digital mammografi untuk di klasifikasi berdasarkan luas diameter kanker payudara dengan komponen T pada sistem TNM. Hasil dari pengujian ini didapatkan bahwa dari 100% dataset yang digunakan, 24% citra mammografi tergolong dalam kelas T2 yang menunjukkan luas diameter kanker antara 20 mm hingga 50 mm, dan 76% citra mammografi termasuk ke dalam kelas T3-T4 dengan luas diameter kanker lebih dari 50 mm, dengan nilai akurasi rata-rata sebesar 89,3028%.

\*Corresponding Author. Email: [anisahwldr@gmail.com](mailto:anisahwldr@gmail.com) <sup>2\*</sup>.

## 1. Latar Belakang

Kanker payudara adalah penyakit salah satu penyakit yang sering menyerang kalangan wanita khususnya wanita pada usia diatas 40 tahun yang di mana sel-sel kanker dalam payudara tumbuh di luar kendali [1]. Sel kanker disebut juga sebagai tumor abnormal [2]. Mayoritas pengidap kanker payudara merupakan wanita, namun seiring berjalannya waktu tidak hanya wanita saja yang dapat terdiagnosa penyakit tersebut, laki-laki memiliki potensi untuk mengidap penyakit tersebut. Makan makanan yang tidak sehat seperti makanan cepat saji atau junk food, pola kehidupan yang tidak teratur, kurangnya aktifitas olahraga dan kegiatan lain yang menimbulkan tubuh kita tidak menerima nutrisi dan asupan yang baik, dapat dengan mudah mendatangkan penyakit itu sendiri ke tubuh kita.

Mengutip pernyataan yang di dapat dari laman Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (KEMENKES) yaitu Data Globocan tahun 2020, jumlah kasus baru kanker payudara mencapai 68.858 kasus (16,6%) dari total 396.914 kasus baru kanker di Indonesia. Setiap tahunnya, kanker payudara berdampak pada sekitar 2,1 juta wanita, kanker ini yang paling sering berdampak pada wanita dan penyebab utama kematian pada wanita [1]. Data tersebut menjadi bukti bahwa kanker payudara masih menjadi masalah besar bagi Indonesia atau dunia. Kasus kanker payudara sebanyak 70% ditemukan dalam kondisi stadium akhir, dan tentunya angka ketahanan hidup lima tahun akan lebih tinggi pada pasien yang telah mendapatkan serangkaian pengobatan pada stadium awal [3]. Beberapa teknik medis yang dilakukan untuk mendeteksi kanker payudara seperti mammogram, magnetic resonance imaging (MRI), ultrasound, dan lain sebagainya [4]. Hasil dari pemeriksaan tersebut berupa citra mammografi. Gambar mamografi diagnostik diproses untuk menghilangkan otot dada dengan mammogram yang melingkari dalam proses deteksi, dengan proses tersebut segmentasi profil payudara yang akurat di permukaan dapat ditentukan [5].

Sebelum dilakukan penelitian ini, sejumlah peneliti telah menjalankan studi serupa yang mengkaji deteksi dan diagnosis kanker payudara berdasarkan citra mammografi. Dalam penelitian oleh Arjmand *et al.* (2019) dilakukan segmentasi otomatis pada tumor

berdasarkan sampel MRI dengan memanfaatkan algoritma k-means dan cuckoo search optimization (CSO). Temuan menunjukkan superioritas penerapan algoritma ini dibandingkan dengan metode serupa seperti k-means dan Fuzzy C-Means (FCM) [6]. Penelitian berikutnya, yang dilakukan oleh Karthiga dan Narasimhan (2018) menggunakan pendekatan k-means untuk segmentasi inti sel dan Discrete Wavelet Transform (DWT) pada citra yang sudah di-segmentasi. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan sistem diagnosis otomatis yang presisi, dengan hasil akurasi mencapai 93,3% pada SVM, 92,7% pada SVM Kuadrat, dan 91,3% pada SVM Fine Gaussian [7].

Penelitian lainnya, yang dilakukan oleh Amalia *et al.* (2018) mengimplementasikan k-means clustering pada citra hasil mammografi dengan memanfaatkan komputasi paralel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan komputasi paralel memberikan peningkatan kinerja hingga dua kali lipat [8]. Dalam penelitian oleh Nedra *et al.* (2018) menyajikan suatu sistem untuk mendeteksi tumor pada citra mammografi dan membedakan tumor jinak dan ganas. Metode ini menghasilkan tingkat akurasi sebesar 99%, yang melebihi performa pengklasifikasi lain seperti BPN, KNN, dan Hybrid RGSA [9]. Penelitian yang dipresentasikan oleh Hassan *et al.* (2021) membahas perbandingan akurasi teknik-teknik yang digunakan dalam mendeteksi kanker payudara pada citra medis. Hasil evaluasi menegaskan kapabilitas segmentasi k-means dalam diagnosis kanker payudara dan identifikasi tumor jinak [10]. Terakhir, penelitian oleh El malali *et al.* (2020) mengusulkan penggunaan sistem Computer-Aided Detection (CAD) dengan segmentasi k-means untuk meningkatkan akurasi deteksi kanker payudara pada citra mammogram. Metode ini memanfaatkan peningkatan kontras dan segmentasi guna mengoptimalkan hasil setiap langkah analisis [11].

Stadium yang banyak digunakan saat ini adalah stadium kanker berdasarkan sistem stadium TNM, yaitu penentuan stadium kanker dengan menilai tiga kriteria, dimana T (tumor) adalah ukuran tumor, tumor dan lokasinya, N (node) adalah keberadaannya. kelenjar getah bening di sekitar tumor dan M (Metastasis) adalah kemungkinan tumor telah menyebar ke organ lain. Penelitian ini didasarkan pada penilaian komponen T, yaitu T1 artinya ukuran tumor

berdiameter kurang dari 20 mm, setelah itu T2 dengan ukuran berkisar dari 20 mm hingga 50 mm, dan T3-T4 yang berarti tumor berdiameter lebih dari 50 mm.

Penelitian yang sudah ada selama ini berfokus untuk mengidentifikasi objek kanker pada citra mamografi. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya analisis dini dan pendeteksian dini untuk mengetahui potensi kanker payudara lebih awal supaya dapat dilakukan pengobatan yang tepat dan sesuai. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis mencoba untuk mengembangkan penelitian terdahulu mengenai identifikasi kanker payudara berdasarkan citra mamografi. Penelitian ini akan menerapkan metode segmentasi dari k-means untuk mengidentifikasi objek kanker pada citra mamografi, yang selanjutnya akan dilakukan pengukuran dari diameter kanker yang terdeteksi dan melakukan klasifikasi berdasarkan besar diameter kanker payudara tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Pencitraan mammogram adalah modalitas pencitraan sinar-X energi rendah yang terbukti handal dalam membantu ahli bedah dan radiologist untuk diagnosis berbagai kelainan pada payudara manusia dan rencana perawatan penyakit [9]. Teknik MRI, mamografi, dan ultrasonografi digunakan dalam pencitraan lesi payudara [12]. Mammogram tidak menyembuhkan kanker payudara, tetapi dapat menyelamatkan nyawa pasien dengan mendeteksi kanker payudara sedini mungkin [10].

Algoritma K-Means merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengelompokkan objek sebanyak  $n$  dengan kesamaan atribut ke dalam sejumlah cluster  $k$ , dimana  $k < n$  [8]. K-Means digunakan untuk mendapatkan kelompok data dengan memaksimalkan karakteristik dari objek citra yang digunakan. Manfaat utama dari algoritma k mean adalah jika  $k$  (jumlah cluster) kecil maka kecepatan komputasi yang dicapai tinggi bahkan untuk variabel besar [13]. K-Means Clustering akan menentukan pusat dari setiap kelompok data dan mengelompokkan pada setiap data kedalam salah satu kelompok tersebut berdasarkan jaraknya [14].

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p \{x_{ik} - x_{jk}\}} \quad (1)$$

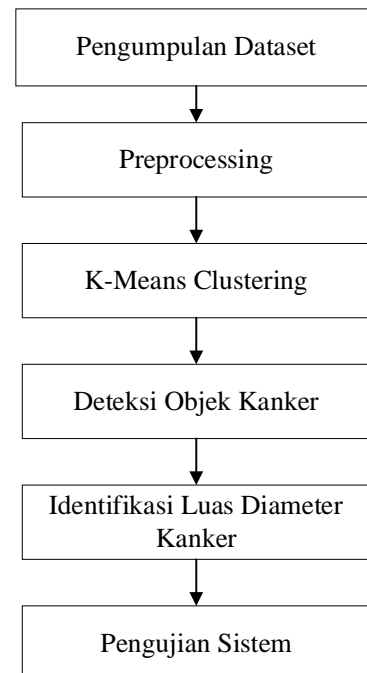
$d_{ij}$  = Jarak Antar Objek.

$P$  = Dimensi Data.

$x_{ik}$  = Dimensi I dan k.

$x_{jk}$  = dimensi j dan k.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang fenomena yang diteliti. Bagian ini merinci pendekatan dan langkah-langkah untuk mengumpulkan dan menganalisis data. Dengan menggunakan metode yang tepat diharapkan diperoleh hasil penelitian yang valid dan reliabel.



Gambar 1. Rancangan Pengujian

### *Pengumpulan Dataset*

Dataset sample yang digunakan berasal dari situs penyedia dataset yang bersifat public. Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan dataset berupa 112 citra digital mamografi yang berasal dari pemeriksaan terhadap pengidap kanker payudara. Data yang dikumpulkan memiliki format dcm atau dicom yang merupakan format file yang umum digunakan untuk kepentingan medis.

*Preprocessing*

Dalam melakukan perancangan sistem, peneliti menggunakan alat bantu berupa aplikasi Matlab yang bersifat open source. Seluruh pengolahan dataset dan perancangan sistem hingga pembuatan program dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi Matlab. Perancangan sistem pada penelitian ini dimulai dengan membuat program yang memungkinkan untuk dapat membaca informasi dari file citra dicom. Selanjutnya, file citra yang sudah di input dilakukan segmentasi menggunakan algoritma k-means clustering. Citra digital mammografi yang digunakan masih berupa citra matrix. Untuk mempermudah dalam melakukan pengolahan citra, diperlukan citra grayscale untuk dapat dilakukan proses segmentasi. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan modul `mat2gray` yang memungkinkan untuk mengkonversi citra matrix menjadi citra grayscale.

*K-Means Clustering*

Penelitian ini menggunakan metode K-Means Clustering sebagai metode utama dalam segmentasi citra. K-Means digunakan dalam penelitian ini untuk memprediksi karakteristik dari suatu citra mammografi sehingga dapat dikelompokkan sesuai dengan ciri-ciri yang paling dominan dari kanker payudara. Dalam penerapan metode K-Means pada penelitian ini dilakukan beberapa tindakan untuk mendukung berjalannya proses supaya lebih baik. Pada proses ini dilakukan segmentasi citra untuk memisahkan atau mengelompokkan cluster pada objek citra, melakukan pelabelan pada objek yang terdeteksi, melakukan ekstraksi ciri pada masing-masing objek, menghilangkan objek selain objek kanker, dan melakukan operasi morfologi. Operasi morfologi digunakan untuk menghilangkan ketidaksempurnaan pada citra yang tersegmentasi. Operasi morfologi merupakan proses yang bertujuan untuk mengubah bentuk objek pada citra aslinya. Proses ini dapat dilakukan pada citra grayscale maupun citra biner. Morfologi sendiri terdiri dari metode-metode yang digunakan untuk memproses keluaran dari tahap segmentasi citra.

*Deteksi Objek Kanker*

Setelah dilakukan segmentasi citra menggunakan metode k-means, dilakukan pendeteksian pada citra mammografi yang dipilih. Hasil dari segmentasi citra sebelumnya dapat memisahkan antara objek kanker dengan yang bukan objek kanker. Pendeteksian ini

dilakukan untuk mengidentifikasi objek kanker yang ada pada citra digital mammografi.

*Identifikasi Luas Diameter Kanker*

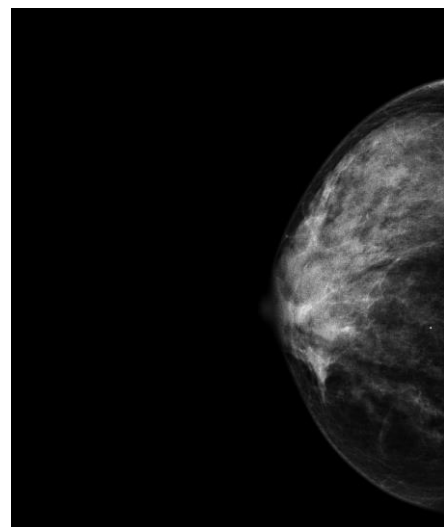
Setelah objek kanker berhasil diidentifikasi, selanjutnya sistem akan melakukan pengukuran pada objek kanker tersebut. Besar diameter kanker dihitung dalam satuan mm sesuai dengan standar yang berlaku. Pengukuran diameter kanker dilakukan dengan menentukan titik centroid dari objek kanker yang terdeteksi. Perhitungan dilakukan dengan menghitung koordinat x dan y dari sumbu utama elips. Kode akan menghitung koordinat x dari salah satu ujung sumbu utama elips dan menghitung koordinat y dari titik akhir sumbu utama elips.

*Pengujian Sistem*

Setelah semua tahapan rancangan penelitian dilakukan, selanjutnya dilakukan pengujian dari sistem yang telah di buat. Pengujian sistem bertujuan untuk menguji kebenaran dalam pembuatan program supaya menghasilkan nilai pengukuran objek kanker yang akurat.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan metode penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, citra mammografi yang digunakan akan diubah menjadi citra grayscale.



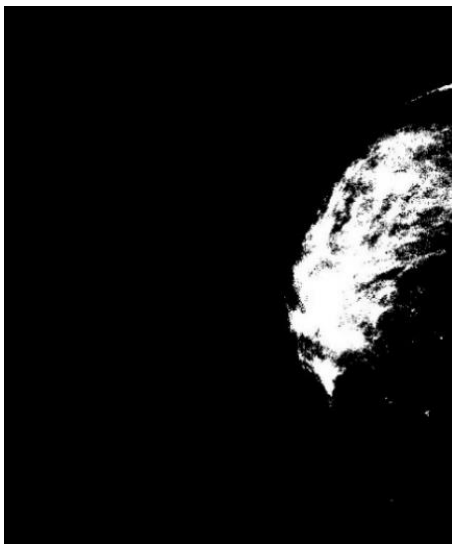
Gambar 2. Citra Greyscale

Penerapan metode K-Means Clustering dilakukan ketika citra medis asli berhasil dilakukan konversi ke citra grayscale. Segmentasi citra yang diterapkan akan

dilakukan ke dalam 3 cluster sesuai dengan metode K-Means Clustering. Region cluster tertinggi akan teridentifikasi sebagai objek kanker.



Gambar 3. Citra Hasil Segmentasi



Gambar 4. Region Cluster Tertinggi

Segmentasi citra merupakan langkah penting dalam proses pengolahan citra medis, terutama dalam identifikasi dan analisis kanker. Pada gambar 3, terlihat citra hasil segmentasi yang memperlihatkan pemisahan antara area yang mengandung kanker dan area yang tidak. Namun, untuk memastikan keakuratan segmentasi, diperlukan langkah tambahan yaitu pelabelan. Pelabelan dilakukan dengan memberikan indeks atau label pada setiap titik dalam citra yang mewakili objek kanker dan objek bukan kanker. Pada gambar 4, terlihat region cluster tertinggi yang menunjukkan titik-titik yang telah diberi label tersebut. Proses pelabelan ini

memungkinkan untuk lebih jelas membedakan antara area yang mengandung kanker dan yang tidak. Dengan demikian, analisis lebih lanjut terhadap citra dapat dilakukan dengan lebih akurat untuk mendukung diagnosis dan pengobatan kanker.



Gambar 5. Index Objek bukan Kanker



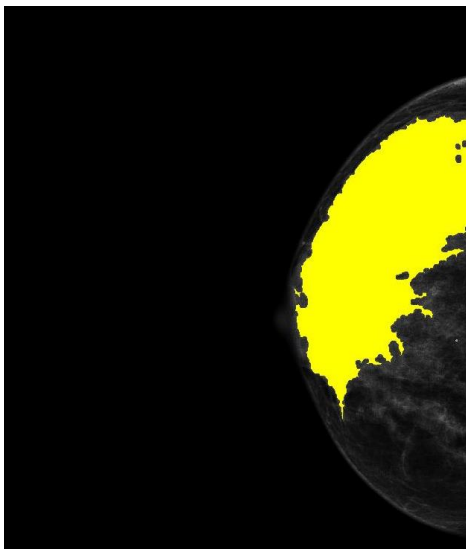
Gambar 6. Index Objek Kanker

Objek kanker ditunjukkan dengan angka empat pada index, sedangkan angka nol ditunjukkan sebagai objek bukan kanker. Setelah dilakukan pelabelan, sistem akan melakukan ekstraksi ciri pada masing-masing objek dan menghilangkan objek selain dari objek kanker. Proses ini akan membantu dalam proses identifikasi citra dalam menentukan antara objek kanker atau bukan. Setelah itu, dilakukan operasi morfologi kembali untuk memastikan bahwa citra hasil dari pemrosesan menggunakan K-Means ini merupakan citra yang baik dan akurat untuk dilakukan

proses selanjutnya. Citra yang telah di segmentasi dipisahkan dengan warna yang berbeda pada objeknya untuk memisahkan antara objek kanker dengan bukan objek kanker.



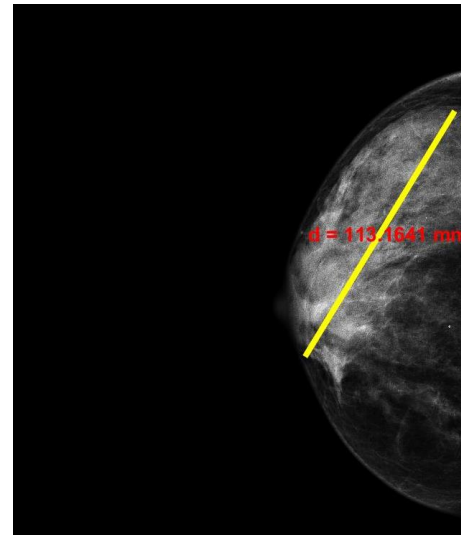
Gambar 7. Hasil morfologi



Gambar 8. Objek kanker terdeteksi

Setelah proses segmentasi dan pelabelan dilakukan, langkah selanjutnya adalah menerapkan operasi morfologi untuk memperbaiki dan memperjelas hasil segmentasi. Pada Gambar 7, terlihat hasil dari operasi morfologi yang telah diterapkan pada citra, yang membantu dalam menghilangkan noise dan meningkatkan ketepatan segmentasi. Setelah proses morfologi, dilakukan deteksi objek kanker pada citra. Gambar 8 menampilkan hasil dari proses deteksi ini, di mana objek kanker telah teridentifikasi dengan jelas. Objek kanker ini ditandai dengan garis lurus dan

ukuran diameter kanker telah berhasil diukur dalam satuan milimeter. Hasil identifikasi ini kemudian akan menjadi dasar untuk menentukan klasifikasi dari citra tersebut, apakah citra tersebut mengandung kanker atau tidak. Proses klasifikasi ini merupakan tahap penting dalam diagnosis dan pengobatan kanker, yang mana informasi yang tepat dari citra dapat membantu dokter dalam membuat keputusan yang lebih akurat dalam penanganan pasien.



Gambar 9. Hasil Perhitungan

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap hasil perhitungan dan pengujian yang telah dilakukan terkait identifikasi kanker dalam citra medis. Gambar 9 menampilkan hasil perhitungan yang melibatkan berbagai metrik dan parameter untuk mengevaluasi kualitas segmentasi dan deteksi kanker. Selain itu, Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian yang mencakup berbagai ukuran dan kelas kanker yang berhasil diidentifikasi dalam citra.

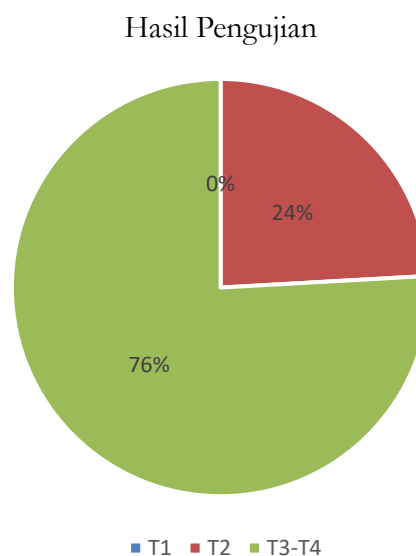
Tabel 1. Hasil pengujian

No	Besar Kanker	Kelas	No	Besar Kanker	Kelas
1	59,7414	T3-T4	57	60,9602	T3-T4
2	62,4189	T3-T4	58	60,3677	T3-T4
3	69,8521	T3-T4	59	52,2065	T3-T4
4	53,5765	T3-T4	60	72,8203	T3-T4
5	37,8849	T2	61	69,4068	T3-T4
6	73,2952	T3-T4	62	62,4959	T3-T4
7	73,0475	T3-T4	63	66,0716	T3-T4
8	86,8972	T3-T4	64	51,8457	T3-T4
9	35,9473	T2	65	59,0627	T3-T4
10	21,2469	T2	66	38,2051	T2



11	59,0541	T3-T4	67	51,8359	T3-T4
12	78,0699	T3-T4	68	79,4273	T3-T4
13	39,2321	T2	69	69,4185	T3-T4
14	46,7868	T2	70	41,5909	T2
15	54,7615	T3-T4	71	52,5689	T3-T4
16	53,7954	T3-T4	72	74,3993	T3-T4
17	44,4652	T2	73	93,2902	T3-T4
18	28,3718	T2	74	38,9192	T2
19	77,8790	T3-T4	75	51,9239	T3-T4
20	74,7422	T3-T4	76	60,2801	T3-T4
21	34,3252	T2	77	33,7700	T2
22	85,2855	T3-T4	78	61,1809	T3-T4
23	53,6861	T3-T4	79	36,7786	T2
24	68,5599	T3-T4	80	54,7133	T3-T4
25	49,8760	T2	81	53,5252	T3-T4
26	75,9568	T3-T4	82	38,4655	T2
27	70,8865	T3-T4	83	73,3044	T3-T4
28	28,3718	T2	84	58,4608	T3-T4
29	73,0645	T3-T4	85	78,1884	T3-T4
30	74,8511	T3-T4	86	45,5129	T2
31	63,8801	T3-T4	87	86,1503	T3-T4
32	64,9928	T3-T4	88	76,0045	T3-T4
33	69,0260	T3-T4	89	65,1411	T3-T4
34	70,1834	T3-T4	90	54,1663	T3-T4
35	63,5713	T3-T4	91	39,2194	T2
36	64,6720	T3-T4	92	39,3006	T2
37	65,1743	T3-T4	93	27,6149	T2
38	50,0465	T3-T4	94	53,5719	T3-T4
39	70,0247	T3-T4	95	53,8469	T3-T4
40	53,8061	T3-T4	96	51,7325	T3-T4
41	55,9878	T3-T4	97	48,3199	T2
42	64,4300	T3-T4	98	58,4195	T3-T4
43	66,7711	T3-T4	99	72,7125	T3-T4
44	49,6730	T2	100	47,4757	T2
45	79,6877	T3-T4	101	70,8865	T3-T4
46	67,6461	T3-T4	102	28,3718	T2
47	76,6655	T3-T4	103	50,8741	T3-T4
48	47,6331	T2	104	52,9464	T3-T4
49	53,8061	T3-T4	105	51,4526	T3-T4
50	56,0388	T3-T4	106	60,6941	T3-T4
51	67,0477	T3-T4	107	77,5949	T3-T4
52	49,1630	T2	108	51,3906	T3-T4
53	72,2800	T3-T4	109	85,5775	T3-T4
54	64,0639	T3-T4	110	83,0091	T3-T4
55	43,5851	T2	111	66,0806	T3-T4
56	87,1723	T3-T4	112	50,7000	T3-T4

Hasil dari penelitian tersebut setelah diterapkan kedalam 100% sampel citra mammografi didapatkan bahwa tidak ada yang termasuk ke dalam klasifikasi T1, 24% citra mammografi yang terdeteksi memiliki objek kanker yang berukuran kurang dari 50 mm dan termasuk dalam klasifikasi T2, sedangkan 76% citra mamografi yang terdeteksi memiliki objek kanker yang berukuran lebih dari 50 mm dan termasuk dalam klasifikasi T3-T4. Nilai akurasi rata-rata yang didapat dari penelitian ini yaitu sebesar 89,3028%, yang artinya penelitian yang dibuat dapat berjalan dengan baik dan cukup akurat.



Gambar 10. Diagram hasil pengujian.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa metode K-Means Clustering terbukti efektif untuk mengklasifikasi citra digital mammografi berdasarkan ukuran diameter kanker payudara. Algoritma ini dapat mengelompokkan objek pada citra berdasarkan kesamaan karakteristiknya dan membantu dalam analisis lebih lanjut. Pada penelitian ini ditemukan bahwa dari 100% citra mammografi yang digunakan, 24% diantaranya teridentifikasi dalam klasifikasi T2, dan 76% citra mammografi teridentifikasi dalam klasifikasi tingkatan T3-T4, dengan nilai rata-rata akurasi sebesar 89,3028%. Hasil dari klasifikasi yang dilakukan akan berguna untuk menganalisis dan mengambil keputusan yang tepat mengenai kanker payudara.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih saya ucapkan untuk semua orang yang telah berperan dalam penulisan ini terutama untuk dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam proses penulisan jurnal ini. Kepada keluarga saya yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam proses penulisan jurnal ini. Kepada reviewer yang telah mereview naskah saya, kritik dan saran yang diberikan sangat membantu saya untuk memperbaiki naskah ini menjadi lebih baik. Kepada penerbit yang telah menerbitkan naskah saya, dan untuk pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penulisan jurnal ini. Dukungan yang kalian berikan sangat berarti bagi saya.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Yadav, A., Verma, V. K., Pal, V., Jain, V., & Garg, V. 2021. Automated Detection and Classification of Breast Cancer Tumour Cells using Machine Learning and Deep Learning on Histopathological Images. In 2021 6th International Conference for Convergence in Technology, I2CT 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/I2CT51068.2021.9417996>.
- [2] Gupta, S., Sinha, N., Sudha, R. and Babu, C., 2019, March. Breast Cancer Detection Using Image Processing Techniques. In *2019 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)* (Vol. 1, pp. 1-6). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/i-PACT44901.2019.8960233>.
- [3] Lestari, P. and Wulansari, W., 2019. Pentingnya pemeriksaan payudara sendiri (sadari) sebagai upaya deteksi dini kanker payudara. *Indonesian Journal of Community Empowerment (IJCE)*, 1(2). DOI: <https://doi.org/10.35473/ijce.v1i2.327>
- [4] Atrey, K., Singh, B.K., Roy, A. and Bodhey, N.K., 2020, January. Breast cancer detection and validation using dual modality imaging. In *2020 First International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T)* (pp. 454-458). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICPC2T48082.2020.9071501>.
- [5] Jebarani, P.E., Umadevi, N., Dang, H. and Pomplun, M., 2021. A novel hybrid K-means and GMM machine learning model for breast cancer detection. *IEEE Access*, 9, pp.146153-146162. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3123425>.
- [6] Arjmand, A., Meshgini, S., Afrouzian, R. and Farzamnia, A., 2019, October. Breast tumor segmentation using K-means clustering and cuckoo search optimization. In *2019 9th International conference on computer and knowledge engineering (ICCCKE)* (pp. 305-308). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICCCKE48569.2019.964794>.
- [7] Karthiga, R. and Narasimhan, K., 2018, March. Automated diagnosis of breast cancer using wavelet based entropy features. In *2018 Second international conference on electronics, communication and aerospace technology (ICECA)* (pp. 274-279). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICECA.2018.8474739>.
- [8] Amalia, A.E., Airlangga, G. and Thohari, A.N.A., 2018. Breast Cancer Image Segmentation Using K-Means Clustering Based on GPU Cuda Parallel Computing. *Jurnal Infotel*, 10(1), pp.33-38. DOI: <https://doi.org/10.20895/infotel.v10i1.344>.
- [9] Nedra, A., Shoaib, M. and Gattoufi, S., 2018, March. Detection and classification of the breast abnormalities in Digital Mammograms via Linear Support Vector Machine. In *2018 IEEE 4th Middle East Conference on Biomedical Engineering (MECBME)* (pp. 141-146). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/MECBME.2018.8402422>.



- [10] Hassan, N.S., Abdulazeez, A.M., Zeebaree, D.Q. and Hasan, D.A., 2021. Medical images breast cancer segmentation based on K-means clustering algorithm: a review. *Asian Journal of Research in Computer Science*, 9(1), pp.23-38. DOI: <https://doi.org/10.9734/ajrcos/2021/v9i130212>.
- [11] Assir, A., Harmouchi, M., Lyazidi, A., Rattal, M. and Mouhsen, A., 2020, April. Fully Automatic Computer-Aided Detection of Breast Cancer based on Genetic Algorithm Optimization. In *2020 1st International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET)* (pp. 1-6). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/IRASET48871.2020.9092186>.
- [12] Çiklaçandır, F.G.Y., Ertaylan, A., Bınzat, U. and Kut, A., 2019, October. Lesion detection from the ultrasound images using k-means algorithm. In *2019 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIPTEKNO.2019.8895050>.
- [13] Dubey, A.K., Gupta, U. and Jain, S., 2018. Comparative study of K-means and fuzzy C-means algorithms on the breast cancer data. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(1), pp.18-29.
- [14] Premana, A., Bhakti, R.M.H. and Prayogi, D., 2020. Segmentasi K-Means Clustering Pada Citra Menggunakan Ekstraksi Fitur Warna dan Tekstur. *Jurnal Ilmiah Intech: Information Technology Journal of UMUS*, 2(01), pp.89-97. DOI: <https://doi.org/10.46772/intech.v2i01.190>.