PENENTUAN KOMBINASI KERNEL TERBAIK MENGGUNAKAN MEDIAN FILTER

Yudianingsih[1], Latifah Listyalina[2]

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains & Teknologi Universitas Respati Yogyakarta[1,2)]
Jl. Laksda Adisucipto Km 6,3 Depok, Sleman, Yogyakarta 55281 Telp 0274 489780
E-mail : nadia_yudia@yahoo.co.id[1], listyalina@gmail.com[2]

ABSTRACT

Many factors such as the use of low-quality lens, inappropriate image acquisition technique, and the uncertainty of environment condition affect digital image acquisition process. As a result, noisy image may be obtainedwhich is difficult to be recognized, processed, and analysed. The most occurred noise is salt and pepper which appears as white and black spots in image. This noise is usually removed or suppressed using median filter. However, improper size of median filter kernel may yield in poor result. This work aims to find the most suitable median filter kernel size combination using Breadth search, Depth Searchand Generate and Testmethods in order to obtain the best median filtering result. In this work, four median filter kernel sizes are used, i.e. 3×3, 5×5, 7×7, and 9×9. Filtering performance using each obtained combination is defined by measuring the Mean Square Error (MSE) of the filtered and unnoisy image (ground truth). Result shows that the best median filter kernel size combination is {3×3}. This combination is obtained using Breadth Search Method with the MSE of 27.0308.

Keywords : Digital Image, Breadth search, Depth Search, Generate and Test, Kernel, Filter Median, Salt and Pepper.

1. PENDAHULUAN

Hampir semua citra yang dihasilkan oleh alat akuisisi citra memerlukan metode peningkatan kualitas untuk selanjutnya dilakukan komputasi lanjut seperti segmentasi, rekontruksi, dan lain sebagainya. Salah satu jenis derau yang paling sering terlihat adalah jenis *salt and paper*. Derau ini memiliki ciri seperti citra yang terkontaminasi titik - titik derau dengan warna putih (*salt*) atau hitam (*pepper*).

Saat ini banyak dilakukannya pengolahan citra khususnya metode untuk meningkatkan kualitas citra yang terkena derau *salt and paper* ini dan salah satu metodenya dapat menggunakan filter berbasis statistik yaitu filter median atau tapis median. Tapis median efektif digunakan untuk mengatasi derau *salt and pepper*. Prinsip kerja dari tapis median adalah menggunakan *sliding neighborhood* dengan dengan mengambil nilai tengah kernel tersebut. Kernel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3×3, 5×5, 7×7, dan 9×9 dengan asumsi ukuran kernel kecil tersebut dapat menghilangkan derau tanpa menghilangkan ciri citra aslinya.

Dalam proses penapisan citra ada bebarapa metode yang digunakan untuk memproses citra, diantaranya metode tapis median dua dimensi. Tapis median citra digital yang digunakan adalah tapis median dua dimensi dan multilevel tapis median. Operasi penapisan citra menggunakan ukuran matriks 3×3, 5×5, 7×7 dan 9×9. Jenis citra dengan ekstensi bmp berformat 24 bit dengan ukuran piksel 640×480. Citra tersebut kemudian ditampilkan ke dalam program lalu dilakukan proses penapisan citra, menampilkan histogram, timing run, serta *Signal to Noise Ratio* (SNR) dari citra filter. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa jenis citra, ukuran citra, ukuran matriks, dan metode yang dipilih mempengaruhi proses penapisan citra. (Murinto, 2012).

Penelitian ini mengangkat suatu metode dalam penghilangan *noise* citra yaitu *switching* median filter yang digabung dengan sebuah metode deteksi *noise* yang disebut *Boundary Discriminative Noise*

Detection (BDND). Citra yang mengalami proses editing ataupun kompresi biasanya akan terkontaminasi *noise* yang akan mengurangi kualitas citra. Beberapa teknik *filtering* telah diperkenalkan untuk penghilangan *noise* citra. Hasil uji coba pada citra *grayscale* dan warna dengan range *noise density* antara 10%-90% menunjukkan bahwa *switching* median filter yang digabung dengan algoritma BDND mempunyai kinerja yang sangat bagus dalam mengembalikan detil citra dalam *range noise density* antara 10% -70% (Saikhu, 2009).

Dari penelitian yang telah dilakukan, terbukti bahwa penggunaan median filter dalam mengeliminasi *salt and pepper*. Penggunaan median filter itu sendiri juga mempunyai suatu kelemahan yaitu gambar yang sudah diproses akan tampak sedikit blur atau kabur. Dari segi kecepatan proses, median filter membutuhkan waktu yang digunakan untuk pengurutan data. Dari hasil penelitian juga didapat bahwa waktu proses masing-masing filter dipengaruhi oleh besarnya ukuran gambar yang diproses. Semakin besar ukuran gambar yang diproses, semakin lama juga waktu prosesnya. Berapapun jumlah *noise* yang ada pada gambar, waktu prosesnya akan tetap sama, selama ukuran gambar yang diproses adalah sama. Untuk menyempurnakan kelemahan yang ada pada Metode Median Filter perlu dilakukan perbaikan atau kombinasi-kombinasi, misalnya dengan pemberian bobot pada *pixel* (Sulistyo, 2009).

Di dalam penelitian ini dirancang sebuah algoritma untuk meningkatkan kualitas citra digital derau *salt and pepper* berbasis pada *Blind Search* dan *Heuristic Search*. Metode khusus yang digunakan pada penelitian ini adalah *Breadth Search, Depth Search*, dan *Generate and Test*. Prinsip kerja metode ini adalah untuk mencari kernel yang terbaik, yaitu kombinasi kernel menggunakan metode - metode tersebut untuk mengurangi derau semaksimal mungkin.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Citra

Citra merupakan kumpulan elemen gambar yang secara keseluruhan merekam suatu adegan / *scene* melalui media indra visual. Citra dapat dideskripsikan sebagai data 2 dimensi dalam bentuk matriks. Citra digital adalah citra 2 dimensi yang dapat direpresentasikan dengan sebuah fungsi intensitas cahaya dimana x dan y menyatakan koordinat spasial. Elemen terkecil dari sebuah citra digital disebut dengan *image element, picture element, pel* atau *pixels*. (Ahmad, 2005).

Citra digital direpresentasikan dalam bentuk matriks H x W (H= tinggi, W= lebar). Bila citra memiliki 256 derajad keabuan, maka nilai setiap elemen matriks adalah bilangan bulat dalam selang 0 sampai 255. Pusat koordinat citra digital terletak pada sudut kiri atas sedangkan pada koordinat kartesius terletak pada sudut kiri bawah (R. Munir, 2004).

Gambar 1. Koordinat Citra (Munir, 2004).

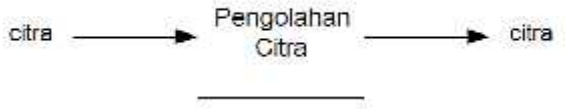
Citra berwarna terdiri dari tiga *layer matriks*, yaitu *R-layer, G-layer*, dan *B-layer*. *Grayscale* merupakan operasi yang digunakan untuk mengubah tiga layar (R, G, dan B) menjadi satu layer matrik *grayscale* dan hasilnya adalah citra *grayscale*. Dalam citra *greyscale* tidak ada lagi citra berwarna, yang ada adalah derajat keabuan (Listyalina, 2016). Untuk mengubah citra berwarna yang mempunyai nilai matrik masing - masing r, g, dan b menjadi citra *grayscale* dengan nilai s, maka konversi dapat dilakukan dengan mengambil rata - rata nilai r, g, dan b sehingga dapat dituliskan menjadi :

$$s = \frac{r + g + b}{3} \quad \text{.....(1)}$$

2.2. Pengolahan Citra

Meskipun citra sebuah informasi kaya informasi, namun seringkali citra mengalami penurunan mutu (degradasi), misalnya mengandung cacat atau derau (*noise*), warnanya terlalu kontras, kurang tajam, kabur (*blurring*), dan sebagainya. Agar citra yang mengalami gangguan mudah di interpretasi (baik oleh manusia ataupun mesin), maka citra tersebut perlu dimanipulasi menjadi citra lain yang kualitasnya lebih baik (pengolahan citra). Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khusunya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih baik (Bourne, 2010).

Pengolahan citra digital adalah suatu proses untuk memperbaiki kualitas citra atau memanipulasi suatu citra agar mudah diintepretasi oleh manusia. Pada proses ini output dari proses tetap berupa citra namun dengan kualitas yang lebih baik dari citra yang sebelumnya. (Karimah, 2012).



Gambar 2. Proses Pengolahan Citra (Karimah, 2012).

Metode median filter merupakan filter non - linear, yang berfungsi untuk menghaluskan dan mengurangi *noise* atau gangguan pada citra. *Filter* median sangat populer dalam pengolahan citra. *Filter* ini dapat dipakai untuk menghilangkan derau bintik - bintik. Nilai yang lebih baik digunakan untuk suatu piksel ditentukan oleh nilai median dari setiap piksel dan kedelapan piksel tetangga pada 8-ketetanggaan (Pratt, 2007).

Sebagai contoh jika diketahui suatu matrik berdimensi 3×3 yang berisi piksel utama dan piksel-piksel di sekitarnya.

9	5	5
3	8	5
2	1	4

lebih dahulu dan dimasukkan dalam sebuah matrik yang berukuran 1×(3×3) atau 1×9 yaitu sebagai berikut.

1	2	3	4	5	5	5	8	9

Dari pernyataan di atas, dapat dicari nilai piksel yang baru dengan menggunakan perhitungan median. Maka nilai mediannya ialah 5. Nilai 5 ini akan menggantikan nilai 8 sehingga piksel utamanya akan memiliki intensitas warna yang berbeda dengan sebelumnya (Putra, 2010).

2.3. Mean Square Error

Mean Square Error (MSE) digunakan sebagai parameter performa objektif dalam mengukur kualitas citra. MSE merupakan nilai yang menyatakan rata - rata kuadrat *error*, di mana dalam hal ini *error* menyatakan selisih antara citra asli dengan citra terderau maupun citra hasil penapisan. Kriteria performa yang baik dengan menggunakan parameter MSE adalah nilai MSE yang kecil. Artinya, semakin kecil nilai MSE dari citra hasil penapisan, maka citra tersebut semakin baik (Gonzales, 2004). *Mean Square Error* dapat dihitung dengan meggunakan rumus yaitu sebagai berikut.

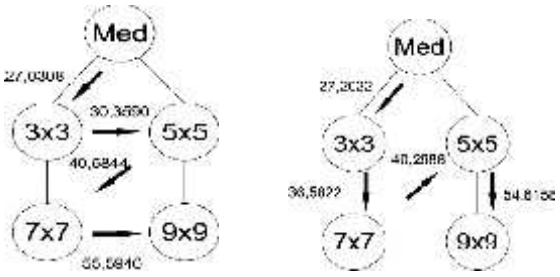
$$MSE = \frac{1}{MN}\sum_{x-1}^{M}\sum_{y-1}^{N}\left(S_{xy} - C_{xy}\right)^2 \quad \text{.....(2)}$$

Dimana x dan y adalah koordinat dari gambar, M dan N adalah dimensi dari gambar, S_{xy} menyatakan *stego-image,* dan C_{xy} menyatakan *cover-image* (Kusumadewi, 2012).

2.4. Model Sistem Real

Sistem pencarian kernel terbaik dilakukan dengan menggunakan tiga model yaitu *Breadth Search, Depth Search,* dan *Generate And Test*. *Breadth Search dan Depth Search* adalah metode dari *Blind Search*. Jika *Breadth Search* dimulai dari atas kemudian pencarian dilakukan ke samping terlebih dahulu maka *Depth Search* dilakukan dari atas hingga ke paling bawah dahulu

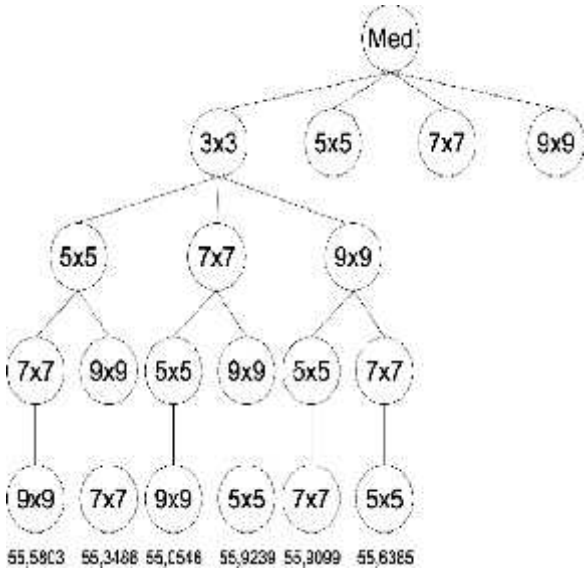
kemudian baru bergeser ke sisi kanan. Masing - masing model di tunjukkan seperti pada gambar 3 berikut.



(a) (b)

Gambar 3. *Breadth Search* (a) dan *Depth Search* (b) (Novriyanto, 2013).

Generate and Test adalah metode pencarian kernel secara komprehensif dengan mempertimbangkan kombinasi dari jumlah kernel tersebut. Dari segi tingkat kerumitan, *Generate And Test* memiliki kerumitan yang lebih jika dibandingkan dengan Metode *Blind Search*. Namun secara hasil, metode ini mempunya performa yang lebih baik (Novriyanto, 2013). Model *system real* yang dibangun dari permasalahan ini dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. *Generate and Test* (Novriyanto, 2013).

3. METODE PENELITIAN

Adapun tahapan dalam penelitian ini diilustrasikan pada gambar 5 di bawah ini, yaitu sebagai berikut.

Gambar 5. Tahapan Penelitian.

3.1. Tahap 1. Pengambilan Data Penelitian

Pengambilan sampel penelitian berupa citra *salt and pepper*. Citra yang digunakan dalam penelitian ini diambil langsung dari Perangkat Lunak Matlab di mana citra tersebut bernama citra '*rice*'. Citra yang diambil dari Matlab tersebut belum merupakan citra yang mempunyai derau. Sesuai dengan tujuan pada penelitian ini, yaitu melakukan pengukuran hasil kualitas menggunakan *Mean Square Error* (MSE) dengan membandingkan citra asli dengan citra hasil, maka pada penelitian ini terdapat dua buah jenis citra. Citra pertama yaitu citra *'rice'* dan citra kedua yaitu citra '*rice*' setelah diberikan derau jenis *salt and pepper*. Sehingga pada hasil penelitian ini, nilai performa diperoleh dengan membandingkan citra asli dan citra setelah diberikan derau dan telah ditapis menggunakan kombinasi median filter menurut model sistem *real* yang digunakan.

3.2. Tahap 2. Implementasi Tapis Median

Noise merupakan gangguan yang disebabkan oleh menyimpangnya data digital yang diterima oleh alat penerima data gambar yang mana dapat mengganggu kualitas citra. Derau dapat disebabkan oleh gangguan fisis (optik) pada alat penangkap citra misalnya kotoran debu yang menempel

pada lensa foto maupun akibat proses pengolahan yang tidak sesuai. Ada tiga jenis *noise* yaitu *gaussian noise, speckle noise,* dan *salt and pepper noise*. *Gaussian noise* merupakan model *noise* yang mengikuti distribusi normal standard dengan rata - rata nol dan standard deviasi 1. Efek dari *gaussian noise* ini pada gambar adalah munculnya titik - titik berwarna yang jumlahnya sama dengan persentase *noise*. *Noise speckle* merupakan model *noise* yang memberikan warna hitam pada titik yang terkena *noise*. *Noise salt and pepper* adalah bentuk *noise* yang biasanya terlihat titik - titik hitam dan putih pada citra seperti tebaran garam dan merica. *Noise salt and pepper* disebabkan karena terjadinya error bit dalam pengiriman data, *pixel - pixel* yang tidak berfungsi dan kerusakan pada lokasi memori.

Pengolahan citra untuk menghilangkan derau citra. Derau citra yang dipilih ialah *salt and pepper*. Derau tersebut diminimalisasi pada langkah ini dengan menggunakan tapis median.

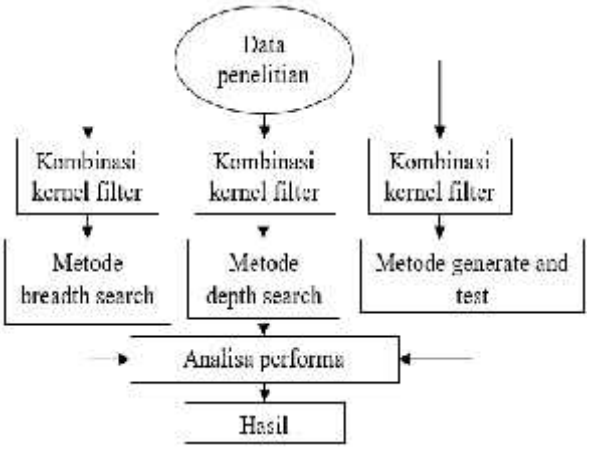
3.3. Tahap 3. Implementasi Variasi Kernel Tapis Median

Pada tapis median, terdapat beberapa ukuran kernel yang dapat digunakan. Ukuran tersebut berbentuk persegi di mana mempunyai ukuran sisi yang sama besar. Beberapa contoh ukuran kernel yaitu 3, 5, 7, dan 9. Variasi ukuran kernel pada filter median untuk meminimalisasi derau citra.

3.4. Tahap 4. Implementasi Kombinasi Variasi Kernel Tapis Median

Dari beberapa variasi ukuran kernel yang digunakan, dilakukan kombinasi dari ukuran - ukuran kernel yang digunakan.Urutan kombinasi tersebut dilakukan berdasar model sistem *real Breadth Search, Depth Search,* dan *Generate and Test* yaitu sesuai pada Gambar 6 berikut.

Hasil dari peneltian ini adalah citra hasil penapisantapis median dengan masing-masing urutan kombinasi kernel yang dihasilkan olehmodel sistem real *Breadth Search, Depth Search,* dan *Generate and Test*.



Gambar 6. Urutan Kombinasi Kernel Median Filter.

3.5. Tahap 5. Pengukuran Performa Metode

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang dapat dipertanggung jawabkan, maka analisis hasil penelitian ini akan dilaksanakan dengan melakukan perhitungan *Mean Square Error* (MSE) yang merupakan parameter performa obyektif dalam mengukur kualitas citra. Citra hasil kombinasi kernel pada tapis median dengan menggunakan model sistem *realBreadth Search, Depth Search,* dan *Generate and Test* dibandingkan dan diukur performanya untuk dipilih citra yang terbaik dengan derau yang minimal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan sampel data citra asli yang telah diberi derau *salt and pepper*. Pengambilan sampel penelitian berupa citra *salt and pepper*. Citra yang digunakan dalam penelitian ini diambil langsung dari Perangkat Lunak Matlab di mana citra tersebut bernama citra *'rice'*. Citra yang diambil dari Matlab tersebut belum merupakan citra yang mempunyai derau. Data citra ini dapat dilihat pada Gambar 7gambar 7.

Gambar 7. Citra *'Rice'*.

Sesuai dengan tujuan pada penelitian ini, yaitu melakukan pengukuran hasil kualitas menggunakan *Mean Square Error* (MSE) dengan membandingkan citra asli dengan citra hasil, maka pada penelitian ini terdapat dua buah jenis citra. Citra pertama yaitu citra *'rice'* dan citra kedua yaitu citra *'rice'* setelah diberikan derau jenis *salt and pepper*. Data citra ini dapat dilihat pada gambar 8.

Gambar 8. Citra *'Rice'* Setelah Diberikan Derau Jenis *Salt and Pepper*.

Pada hasil penelitian ini, nilai performa diperoleh dengan membandingkan citra asli dan citra setelah diberikan derau dan telah ditapis menggunakan kombinasi median filter menurut model sistem realyang digunakan. Di bawah ini merupakan contoh penggunaan tapis median dengan ukuran kernel 3.

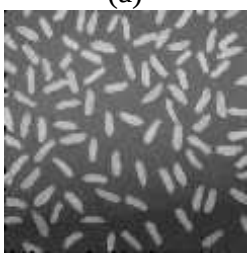
43	38	25	45	38
57	45	98	33	46
65	54	57	45	43
74	58	67	62	58

43	38	25	45	38
57	45	45	33	46
65	54	57	45	43
74	58	67	62	58

Gambar 9. Penerapan Tapis Median dengan Kernel berukuran 3×3.

Contoh citra sebelum (a) dan sesudah dilakukan tapis median (b) yaitu sebagai berikut.

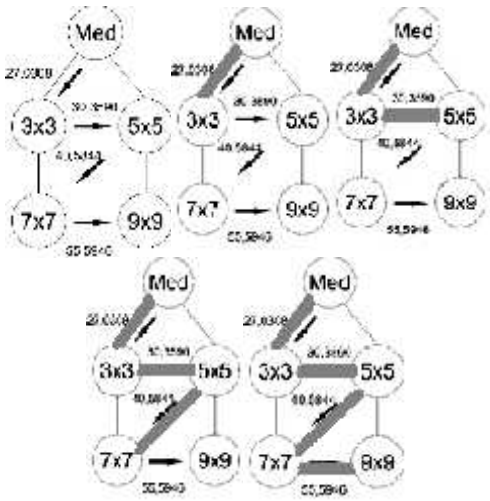
(a)



(b)

Gambar 10. Citra Sebelum Dilakukan Tapis Median (a) Dan Citra Setelah Dilakukan Tapis Median (b).

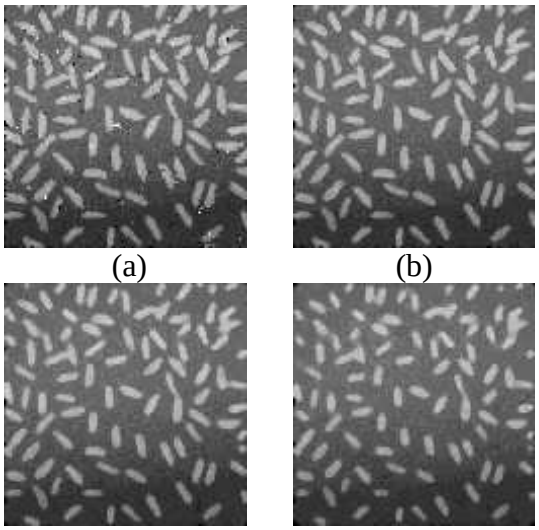
4.1. Sistem *Real Breadth Search*



Gambar 11. Urutan Model Sistem *Real Breadth Search*.

Dari skema model sistem *Real Breadth Search* di atas, diperoleh bahwa urutan model ini dimulai dengan kernel tapis median yang berukuran 3×3, 5×5, 7×7, dan 9×9. Setiap langkah pada sistem *real* ini dihitung mulai MSE di mana hasil performa tersebut yang nantinya dibandingkan dengan

model lainnya dan akan diperoleh model dengan performa terbaik.



(a) (b) (c) (d)

Gambar 12. Hasil Citra Model Sistem *Real Breadth Search* Kernel (a) (3×3) (b) (3×3,5×5) (c) (3×3,5×5,7×7) (d) (3×3,5×5,7×7,9×9).

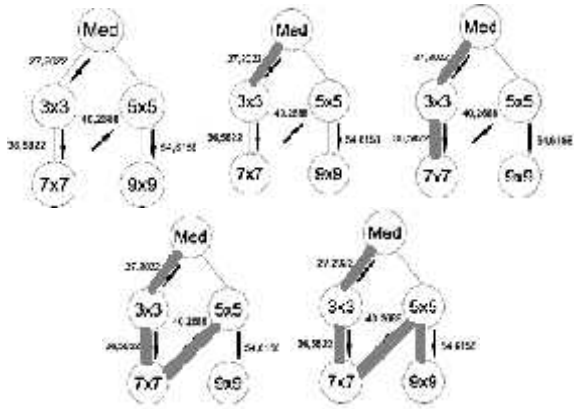
Pada sistem *Real Breadth Search* ini, diperoleh nilai MSE untuk setiap langkah yang berbeda-beda. Nilai MSE yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Performa Citra Model Sistem *Real Breadth Search*.

Kernel	(3×3)	(3×3)(5×5)	(3×3)(5×5) (7×7)	(3×3)(5×5) (7×7)(9×9)
MSE	27,0308	30,3590	40,5844	55,5946

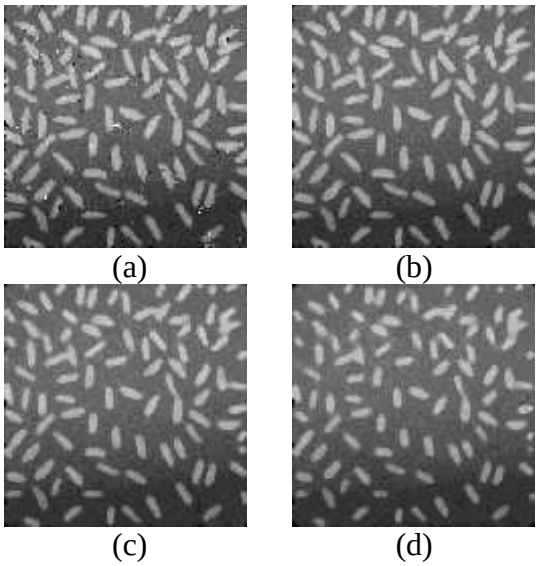
Dari pengujian tapis median berdasarkan model pencarian kernel *Real Breadth Search*, sesuai tabel 1, nilai MSE minimal yang diperoleh adalah sebesar 27,0308.

4.2. Sistem *Real Depth Search*



Gambar 13. Urutan Model Sistem *Real Depth Search*.

Dari skema model sistem *Real Depth Search* di atas, diperoleh bahwa urutan model ini dimulai dengan kernel tapis median yang berukuran 3×3, 7×7, 5×5, dan 9×9. Setiap langkah pada sistem real ini dihitung nulai MSE di mana hasil performa tersebut yang nantinya dibandingkan dengan model lainnya dan akan diperoleh model dengan performa terbaik.



(a) (b) (c) (d)

Gambar 14. Hasil Citra Model Sistem *Real Depth Search* Kernel (a) (3×3) (b) (3×3,5×5) (c) (3×3,5×5,7×7) (d) (3×3,5×5,7×7,9×9).

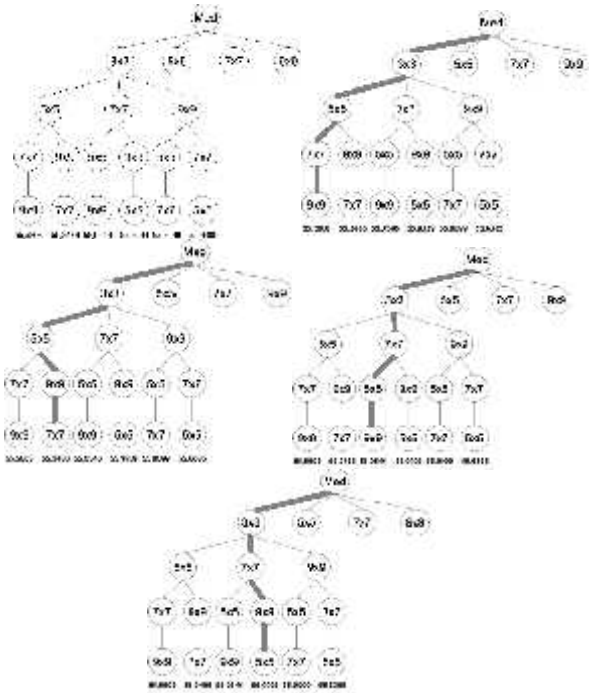
Pada sistem real ini, diperoleh nilai MSE untuk setiap langkah yang berbeda - beda.

Tabel 2. Performa Citra Model Sistem *Real Depth Search*.

Kernel	(3×3)	((3×3)(7×7)	(3×3)(7×7) (5×5)	(3×3)(7×7) (5×5)(9×9)
MSE	27,2022	36,5822	40,2688	54,6158

Dari pengujian tapis median berdasarkan model pencarian kernel *Real Depth Search*, sesuai tabel 2, nilai MSE minimal yang diperoleh adalah sebesar 27,2022.

4.3. Sistem *Real Generate and Test*

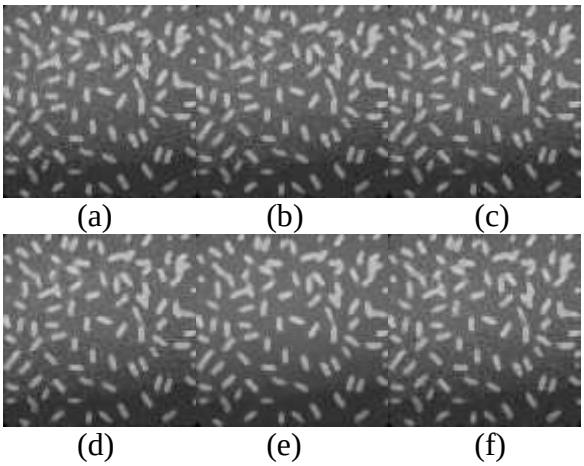


Gambar 15. Urutan Model Sistem *Real Generate and Test*.

Dari skema model sistem *Real Generate and Test* search di atas, diperoleh bahwa urutan model ini dimulai dengan kernel tapis median yang berukuran yaitu sebagai berikut.

a. Kernel (3×3)(5×5)(7×7)(9×9).
b. Kernel (3×3)(5×5)(9×9)(7×7).
c. Kernel (3×3)(7×7)(5×5)(9×9).
d. Kernel (3×3)(7×7)(9×9)(5×5).
e. Kernel (3×3)(9×9)(5×5)(7×7).
f. Kernel (3×3)(9×9)(7×7)(5×5).

Setiap langkah pada sistem real ini dihitung mulai MSE di mana hasil performa tersebut yang nantinya dibandingkan denganmodel lainnya dan akan diperoleh model dengan performa terbaik.



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

Gambar 16. Model Sistem *Real Generate and Test.*

a. Kernel (3×3)(5×5)(7×7)(9×9).
b. Kernel (3×3)(5×5)(9×9)(7×7).
c. Kernel (3×3)(7×7)(5×5)(9×9).
d. Kernel (3×3)(7×7)(9×9)(5×5).
e. Kernel (3×3)(9×9)(5×5)(7×7).
f. Kernel (3×3)(9×9)(7×7)(5×5).

Pada sistem real ini, diperoleh nilai MSE untuk setiap langkah yang berbeda-beda seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Performa Citra Model Sistem *Real Generate and Test*.

Kernel	**MSE**
(3×3)(5×5)(7×7)(9×9)	55,5803
(3×3)(5×5)(9×9)(7×7)	55,3486
(3×3)(7×7)(5×5)(9×9)	55,0546
(3×3)(7×7)(9×9)(5×5)	52,9239
(3×3)(9×9)(5×5)(7×7)	55,9099
(3×3)(9×9)(7×7)(5×5).	55,6385

Dari pengujian tapis median berdasarkan model pencarian kernel *Generate and Test*, sesuai tabel 3 Tabel 3diperoleh nilai MSE minimal yang diperoleh adalah sebesar 55.3486.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan data citra asli yang telah diberi derau *salt and pepper* didapatkan hasil MSE yang bervariasi dengan tiga metode yang berbeda. Nilai MSE pada masing-masing metode dapat ditunjukkan dengan tabel 4 Tabel 4berikut.

Tabel 4. Perbandingan Nilai MSE Ketiga Metode.

Metode	***Mean Squre Error***
Breadth search	27,0308
Depth Search	27,2022
Generate and Test	55.3486

Metode *Depth Search* menghasilkan nilai MSE yang tidak jauh berbeda dengan Breadth Search. Dimana secara kasat mata gambar yang dihasilkan tidak dapat dibedakan. Output yang dihasilkan dari metode *Depth Search* maupun *breadth search* ini sudah cukup baik.

Dari hasil pengujian tersebut didapatkan nilai MSE terkecil pada metode *Breadth Search* yaitu 27,0308. Dengan waktu pengujian yang singkat yakni berhenti pada urutan pertama, maka metode *breadth search* ini adalah metode yang paling baik untuk pencarian kernel median filter. Sedangkan nilai MSE pada metode *Depth Search* terpaut tidak jauh yakni 27,2022 dan yang terakhir adalah metode *generate and test* memiliki nilai MSE terkecil sebesar 55.3486. Maka kernel yang paling baik diterapkan adalah ukuran 3×3 karena memiliki nilai MSE terkecil.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Respati Yogyakarta yang telah memberi dukungan finansial terhadap penelitian ini. Terima kasih kami sampaikan pula kepada Dr. Yeny Sulistyowati, SKM, M.Si.Med selaku kepala P3M, Sri Hasta Mulyani, S.Kom, M.Kom selaku Dekan Fakultas Sains & Teknologi, dan segenap rekan sejawat di Universitas Respati Yogyakarta yang telah membantu dalam proses penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, Usman. Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya. Penerbit Graha Ilmu : Yogyakarta, 2005.

Bourne, R. *Fundamentals of Digital Imaging in Medicine*. Springer-Verlag London Limited, 2010.

Gonzales, R.C.; Woods, R.E; Eddins, S.L. *.Digital Image Processing* Using *MATLAB*. Pearson LPE, 2004.

Karimah, Fatimatul. Implementasi Learning Vector Quantization (LVQ) Sebagai Alat Bantu Identifikasi Kelainan Jantung Melalui Citra Electro cardiogram. Surabaya. Universitas Airlangga, 2012.

Kusumadewi, Sri. Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab & Excel Link. Penerbit Graha Ilmu: Yogyakarta, 2004.

Listyalina, Latifah. Automated Detection of Optic Disc and Centre of Macula to Facilitate The Diagnosis of Retinal Related Diseases. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada, 2016.

Munir, R, *Pengolahan Citra Digital*, Penerbit Informatika Bandung. Bandung, 2004.

Murinto. Analisis Perbandingan Metode 2D Median Filter dan Multi Level Median Filter pada Proses Perbaikan Citra Digital. Jurnal Informatika Yogyakarta, 2012.

Novriyanto. Penerapan Algoritma *Back tracking* Berbasis *Blind Search* untuk Menentukan Penjadwalan Mengajar. Seminar Nasional

Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI). Yogyakarta, 2013.

Pratt, William K. *Digital Image Processing.* John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, 2007.

Putra, Darma. Pengolahan Citra Digital. Penerbit Andi: Yogyakarta, 2010.

Saikhu, Ahmad, dkk. Perbaikan Citra Ber-Derau Menggunakan Switching Median Filter Dan Boundary Discriminative Derau Detection. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2009 (SNATI 2009). Yogyakarta, 2009.

Sulistyo, Wiwin, dkk. Analisis Penerapan Metode Median Filter Untuk Mengurangi Derau Pada Citra Digital. Konferensi Nasional Sistem dan Informatika. Bali, 2009.