

Aplikasi *Image Enhancement* untuk Peningkatan Kualitas Citra Ultrasonografi Ginjal

Ni Larasati Kartika Sari^{1,*}, Inti Ermina Br Barus¹, Budi Santoso¹, Purwantiningsih¹, Idris Kusuma², Dewi Mulyati³

¹Program Studi Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, Jakarta

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, Jakarta

³Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia

*Korespondensi penulis: nilarasati@civitas.unas.ac.id

(Received: 23-03-2022; Revised: 15-05-2022; Accepted: 03-06-2022)

Abstract. *Combination of four filters namely gaussian filter, median filter, wiener filter, average filter were tested using two contrast enhancement techniques, intensity adjustment and histogram equalization, were tested to improve the quality of kidney ultrasound images. The research was conducted using 40 images, consist of 9 normal images, 17 hydronefrosis images, and 14 kidney stones images. The measured image quality were PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) and MSE (Mean Square Error). The higher the PSNR and the lower the MSE, the better the image quality. Visual evaluation through questionnaires to clinicians has also been carried out to assess the visualization of the kidney and its abnormalities. The results of PSNR and MSE calculations showed that every image processings methods combinations produce different results in each image categories. However, whether in normal, hydronefrosis, or kindey stone categories, the combination of filters with image adjustment method gave the highest PSNR and lowest MSE. Meanwhile, the results of the visual evaluation from the clinicians showed that the best image enhancement technique in improving the visualization of abnormalities in kidney ultrasound images (Hydronephrosis and kidney stones) was the combination of a wiener filter with intensity adjustment, in accordance with the results of the PSNR measurement.*

Keywords: *average filter, gaussian filter, median filter, wiener filter, contrast enhancement, image sharpening.*

Abstrak. *Telah diuji kombinasi empat metode filter yaitu gaussian filter, median filter, wiener filter dan average filter dengan peningkatan kontras, intensity adjustment dan histogram equalization untuk meningkatkan kualitas citra ultrasonografi ginjal. Penelitian dilakukan dengan menggunakan 40 citra, dengan rincian 9 citra normal, 17 citra Hydronefrosis, dan 14 citra batu ginjal. Kualitas citra yang diukur adalah PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) dan MSE (Mean Square Error). Nilai PSNR yang tinggi dan MSE yang rendah menunjukkan bahwa citra memiliki kualitas yang baik. Evaluasi visual melalui kuesioner terhadap klinisi juga telah dilakukan untuk menilai visualisasi ginjal dan abnormalitasnya. Hasil perhitungan PSNR dan MSE menunjukkan tiap kombinasi metode pengolahan citra memberikan hasil yang berbeda pada tiap kategori citra. Namun baik pada citra kategori normal, hydronefrosis dan batu ginjal, kombinasi filter dengan metode peningkatan kontras intensity adjustment menghasilkan PSNR tertinggi dan MSE terendah. Hasil evaluasi visual dari dokter klinisi menunjukkan bahwa teknik image enhancement yang paling baik dalam meningkatkan visualisasi abnormalitas pada citra USG ginjal hydronefrosis dan batu ginjal adalah merupakan kombinasi wiener filter dengan intensity adjustment, sesuai dengan hasil pengukuran PSNR.*

Kata kunci: *average filter, gaussian filter, median filter, wiener filter, contrast enhancement, image sharpening.*

PENDAHULUAN

Peralatan kedokteran seperti MRI, CT-Scan, dan Ultrasonografi (USG) merupakan modalitas pencitraan sebagai sarana untuk memudahkan dalam mendiagnosa kelainan atau penyakit. USG merupakan teknik pencitraan medis yang menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi dari 2 Mhz- 18 Mhz. Pemeriksaan ini bersifat non-invasif (tanpa merusak jaringan tubuh), tidak menimbulkan rasa sakit pada penderita, dapat dilakukan dengan cepat, aman dan data yang diperoleh mempunyai nilai diagnostik yang tinggi, dapat membedakan jaringan dengan melihat perbedaan interaksi dengan gelombang suara, dan dapat mendeteksi struktur yang bergerak [1]. Pencitraan ultrasonik memiliki berbagai kelemahan. Salah satunya adalah keberadaan artefak yang dapat mengganggu proses analisis dan diagnosis penyakit [2]. Keberadaan artefak dapat membatasi resolusi kontras yang nantinya menyulitkan untuk mendeteksi lesi berukuran kecil. Selain itu, faktor penghambat utama pada pencitraan USG adalah keberadaan speckle noise [3]. Noise adalah variasi acak dalam pengukuran amplitudo sinyal gema yang terdeteksi dan menyebabkan fluktuasi kecerahan pada gambar USG [4]. Speckle noise adalah bentuk noise multiplikasi yang secara inheren ada dalam semua jenis sistem pencitraan yang koheren. Kualitas gambar yang rendah merupakan hambatan untuk analisis yang efektif. Oleh karena itu, pengolahan citra dengan meningkatkan kontras dan menekan noise perlu dilakukan dengan juga mempertahankan sebanyak mungkin fitur gambar penting untuk diagnosis yang lebih akurat.

Untuk meningkatkan kualitas citra pada USG dapat dilakukan pengolahan citra. Beberapa metode telah dikembangkan untuk menghilangkan *noise* pada citra USG, seperti *temporal averaging* [5], *adaptive speckle reduction* [6], serta *median filter* [7]. Tantangannya adalah untuk dapat mengurangi noise tanpa mengurangi kualitas citra dan menurunkan visualisasi abnormalitas. Kombinasi *median filter* dan CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*) menghasilkan kontras serta gambaran visual kapsul prostat dan ukuran prostat yang baik pada citra USG prostat [8] Kombinasi yang sama juga dapat mengurangi *noise* dan menampilkan visualisasi terbaik pada citra USG lesi jinak payudara [9].

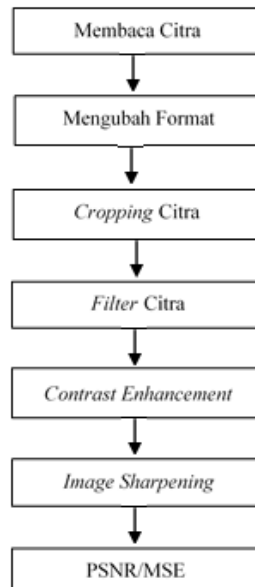
USG ginjal memiliki peran yang esensial dalam hal diagnosis dan manajemen penyakit atau kelainan terhadap ginjal [10]. USG terhadap volume dan ukuran ginjal mampu memprediksi dengan baik fungsi renal pada pasien dengan gangguan renal kronis [11]. Oleh karena itu, kualitas citra USG ginjal sangat krusial dalam diagnosis penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi berbagai teknik *image enhancement* untuk meningkatkan visualisasi abnormalitas pada citra ultrasonografi ginjal. Pengolahan citra yang dilakukan adalah menggunakan *filter*, peningkatan kontras, penajaman tepi citra. Evaluasi hasil pengolahan citra dilakukan dengan pengukuran nilai PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) dan MSE (*Mean Square Error*). Selain itu, evaluasi visual terhadap visual hasil pengolahan citra juga dilakukan dengan memberikan kuesioner kepada dokter klinisi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra USG ginjal dengan berbagai teknik *image enhancement*, sekaligus melakukan evaluasi terhadap performa teknik tersebut dalam meningkatkan visualisasi citra USG ginjal. Citra ginjal yang digunakan merupakan citra USG dua dimensi (2D) dengan frekuensi 1-12 MHz. Terdapat empat puluh citra ginjal yang digunakan dengan rincian, 17 citra diagnosis hidronefrosis, 14 citra dengan diagnosis batu ginjal, dan 9 citra normal.

Teknik *image enhancement* yang digunakan terdiri dari *filtering*, *contrast enhancement* dan *image sharpening*. Teknik *filtering* yang digunakan adalah *gaussian filter*, *median filter*, *wiener filter* dan *average filter*. Peningkatan kontras citra (*contrast enhancement*), dilakukan dengan menggunakan *histogram equalization* dan *intensity adjustment*. Program pengolahan citra dibuat dengan alur seperti pada gambar 1, meliputi pembacaan citra USG,

kemudian mengubah citra dari citra RGB ke citra *grayscale*, melakukan *cropping* citra, selanjutnya melakukan *filtering* terhadap citra, meningkatkan kontras citra (*contrast enhancement*), dan penajaman citra (*image sharpening*).



GAMBAR 1. Alur kerja program

Sehingga terdapat 8 kombinasi metode yaitu kombinasi 1 adalah *gaussian filter* dan *histogram equalization*, kombinasi 2 adalah *gaussian filter* dan *intensity adjustment*, kombinasi 3 *median filter* dan *histogram equalization*, kombinasi 4 *median filter* dan *intensity adjustment*, kombinasi 5 wiener filter dan *histogram equalization*, kombinasi 6 wiener filter dan *intensity adjustment*, kombinasi 7 *avarege filter* dan *histogram equalization*, dan kombinasi 8 adalah *avarege filter* dengan *intensity adjustment*. Kedelapan kombinasi dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL 1. Kombinasi *filter* dan *contrast enhancement*.

<i>Filter/ Contrast Enhancement</i>	<i>Histogram Equalization</i>	<i>Intensity Adjusment</i>
1. <i>GaussianFilter</i>	Kombinasi 1	Kombinasi 2
2. <i>Median Filter</i>	Kombinasi 3	Kombinasi 4
3. <i>Wiener Filter</i>	Kombinasi 5	Kombinasi 6
4. <i>Average Filter</i>	Kombinasi 7	Kombinasi 8

Setelah diproses, citra di evaluasi dengan mengukur PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) dan MSE (*Mean Square Error*). MSE adalah nilai *error* kuadrat rata-rata antara citra hasil pemrosesan terhadap asli. MSE merupakan tolak ukur analisis kuantitatif untuk menilai kualitas citra keluaran dan keunggulan teknn pemrosesan citra yang digunakan. PSNR merupakan perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya noise yang berpengaruh pada sinyal tersebut. Semakin rendah nilai MSE maka akan semakin baik, dan semakin besar nilai PSNR maka semakin baik kualitas citra. MSE dirumuskan pada persamaan (1) [12].

$$MSE = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} [f(i, j) - g(i, j)]^2 \quad (1)$$

Dimana m dan n adalah baris dan kolom pada matriks citra, f (i,j) merupakan nilai keabuan citra asli dan v(i,j) merupakan nilai keabuan citra yang diperoleh dari hasil pemrosesan. Sementara itu, PSNR dirumuskan dalam persamaan (2) [12].

$$PSNR = 10 \log \left(\frac{255^2}{MSE} \right) \quad (2)$$

Selain itu, evaluasi juga dilakukan dengan memberika kuesioner kepada klinisi dokter melalui kuesioner terhadap hasil pengolahan citra. Masing-masing lima citra sampel untuk tiap kategori diagnosis citra dievaluasi. Kuesioner untuk citra normal mencakup pertanyaan mengenai kemampuan untuk menampilkan objek dengan latar, kemampuan untuk menampilkan batas ginjal, kemampuan untuk menampilkan ada tidaknya abnormalitas. Sementara itu, kuesioner untuk citra abnormal (*hydronefrosis* dan batu ginjal) terdiri atas lima pertanyaan, dengan dua pertanyaan tambahan mengenai kemampuan dalam menampilkan ukuran abnormalitas dan efektifitas dalam membantu memprediksi jenis abnormalitas. Kuesioner didesain dengan jawaban mengikuti skala likert dengan empat pilihan, sangat setuju, setuju, kurang setuju, dan tidak setuju. Sangat setuju mendapat poin 4, setuju mendapat poin 3, kurang setuju mendapat poin 2, dan tidak setuju diberi poin 1. Terdapat 5 orang dokter klinisi yang berpartisipasi mengisi kuesioner tersebut.

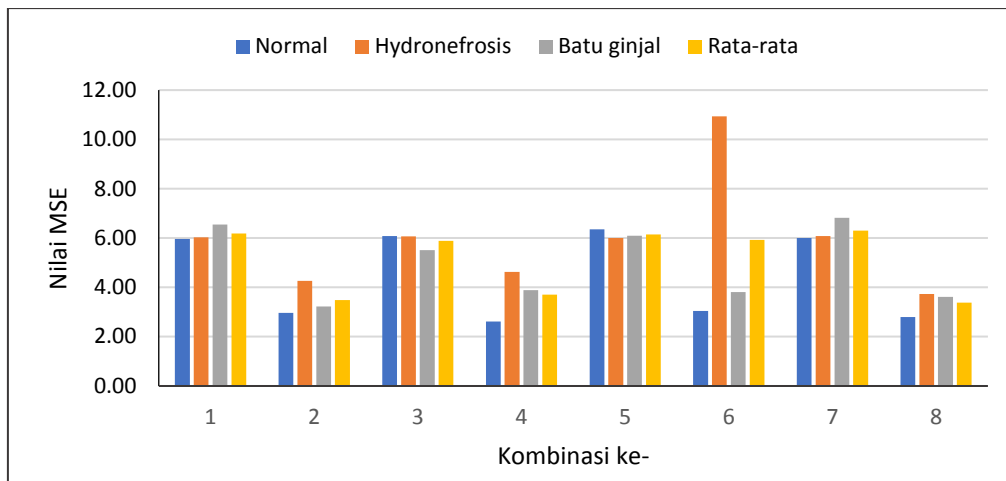
HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai MSE rata-rata dari kedelapan kombinasi untuk tiga diagnosis citra dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 2. Semakin kecil nilai MSE yang diperoleh maka semakin kecil nilai error pada suatu citra, menandakan semakin baiknya kualitas citra. Berdasarkan tabel 2 dan gambar 2 nilai MSE rata-rata untuk semua kombinasi yang paling kecil adalah kombinasi 8, kombinasi 8 merupakan kombinasi *average filter* dengan *intensity adjustment*. Nilai MSE rata-rata untuk citra normal yang paling kecil adalah kombinasi 4, yaitu kombinasi *median filter* dengan *intensity adjustment*. Nilai MSE rata-rata terkecil untuk citra Hydronefrosis adalah kombinasi 8, yaitu kombinasi *average filter* dengan *intensity adjustment*. Pada kategori citra USG batu pada ginjal, kombinasi 2, yang merupakan kombinasi *gaussian filter* dengan *intensity adjustment* mendapat nilai MSE terkecil.

TABEL 2. Nilai MSE rata-rata

Citra	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Normal	5.97	2.97	6.08	2.62	6.36	3.04	6	2.8
<i>Hydronefrosis</i>	6.03	4.27	6.07	4.63	6	10.94	6.08	3.73
Batu ginjal	6.55	3.23	5.51	3.89	6.09	3.81	6.82	3.61
Rata-rata	6.18	3.49	5.88	3.71	6.15	5.93	6.3	3.38

Sementara itu, hasil pengukuran PSNR dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 3. *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) merupakan parameter yang biasa digunakan sebagai indikator untuk mengukur kualitas citra. PSNR sering digunakan untuk membandingkan hasil pengolahan citra dengan citra awal atau citra asli. Semakin besar nilai PSNR, berarti semakin kecil eror yang terjadi, dan semakin baik kualitas output citra hasil pengolahan. Berdasarkan tabel 3 dan gambar 3, nilai PSNR rata-rata tertinggi dari kedelapan kombinasi dan tiga kategori citra adalah kombinasi 6. Kombinasi 6 merupakan kombinasi *wiener filter* dengan *intensity adjustment*. Untuk citra normal kombinasi 4 menghasilkan nilai PSNR yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan kombinasi yang lainnya. Kombinasi 4 merupakan kombinasi *median filter* dengan *intensity adjustment*. Untuk citra Hydronefrosis. Nilai PSNR tertinggi diperoleh pada citra kombinasi 6, yaitu kombinasi *wiener filter* dengan *intensity adjustment*. PSNR yang tertinggi untuk citra batu ginjal juga diperoleh pada kombinasi 6 yang merupakan kombinasi *wiener filter* dengan *intensity adjustment*. Nilai MSE terkecil dan PSNR terbesar dihasilkan oleh kombinasi variasi filter dengan *intensity adjustment*. *Intensity adjustment* bekerja dengan memetakan nilai intensitas dengan mensaturasi 1% terbawah dan 1% teratas dari semua nilai piksel. Metode ini meningkatkan kontras citra serta menyoroti *feature* tertentu pada citra [12].

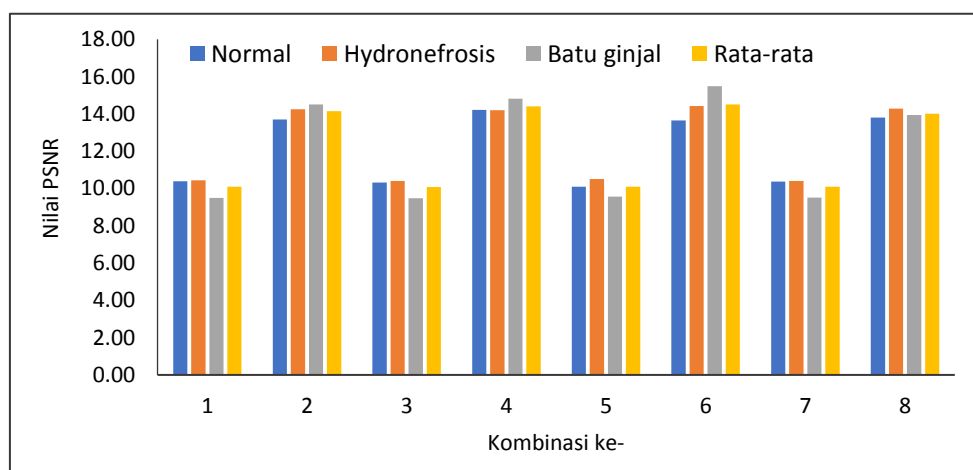


GAMBAR 2. Grafik MSE

TABEL 3. Nilai PSNR rata-rata

Citra	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Normal	10.39	13.7	10.31	14.21	10.1	13.64	10.37	13.8
Hydronefrosis	10.43	14.25	10.41	14.2	10.5	14.42	10.4	14.29
Batu ginjal	9.49	14.51	9.48	14.82	9.56	15.48	9.51	13.94
Rata-rata	10.1	14.15	10.07	14.41	10.1	14.51	10.09	14.01

Pada citra normal, nilai PSNR tertinggi dan nilai MSE terendah diperoleh dari kombinasi 4. Pada citra *hydronefrosis* nilai PSNR yang tinggi adalah kombinasi 6, sementara nilai MSE yang rendah adalah kombinasi 8. Hal tersebut berarti kombinasi 6 bagus untuk meningkatkan sinyal sementara kombinasi 8 lebih bagus untuk mengurangi variasi nilai piksel. Pada citra batu pada ginjal nilai PSNR paling tinggi adalah kombinasi 6 sementara untuk nilai MSE paling kecil adalah kombinasi 2. Keseluruhan nilai PSNR tertinggi dan MSE terendah diperoleh dari kombinasi variasi filter dengan teknik peningkatan kontras, *intensity adjustment*. *Intensity adjustment* merupakan peningkatan kontras dengan menyesuaikan nilai intensitas dari suatu citra. *Intensity adjustment* merubah histogram citra dengan cara melakukan suatu transformasi pemetaan linear nilai intensitas histogram awal menjadi nilai intensitas pada histogram yang baru [13]. Kombinasi *intensity adjustment* dan *gaussian filter* juga telah terbukti menghasilkan nilai sinyal tertinggi pada citra USG payudara lesi jinak [9].



GAMBAR 3. Grafik PSNR

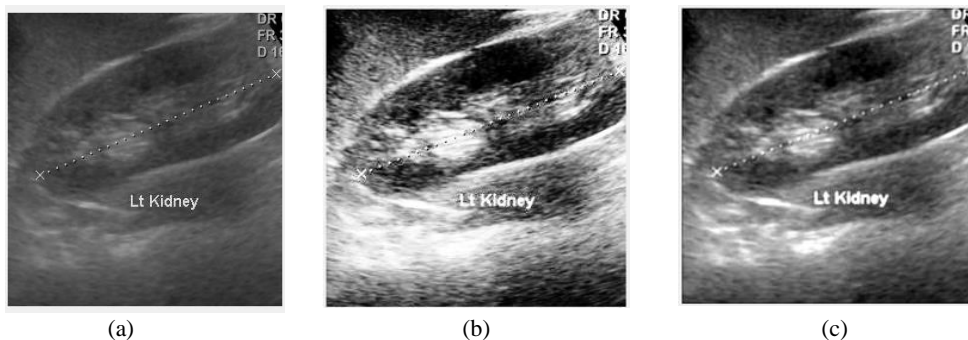
Hasil kuesioner untuk citra normal dapat dilihat pada tabel 4. Skor likert yang digunakan dalam kuesioner berskala 1 sampai dengan 4. Skor 1 menandakan tidak setuju dan 4

menandakan sangat setuju. Sehingga semakin besar skor likert, maka semakin tinggi pula tingkat kesetujuan responden terhadap pernyataan.

Berdasarkan hasil kuesioner kepada ahli klinisi pada citra normal, terlihat bahwa rata-rata skor likert tertinggi diperoleh oleh kombinasi 3 dan kombinasi 8. Kombinasi 3 merupakan *median filter* dengan *histogram equalization*, sedangkan kombinasi 8 merupakan *average filter* dengan *intensity adjustment*. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kombinasi berhasil menampilkan visual ginjal normal pada kondisi keberadaan *noise speckle* dengan baik. Hasil kuesioner ini mengkomplimen hasil pengukuran PSNR dimana kombinasi 8 merupakan nilai PSNR tertinggi kedua pada citra normal. Perbandingan visual citra asli dengan citra kombinasi 3 dan 8 dapat dilihat pada gambar 4. Secara visual dapat dilihat peningkatan kontras dan tingkat kecerahan pada citra hasil pengolahan.

TABEL 4. Hasil Kuesioner dokter klinisi untuk citra normal

Pernyataan	Rata-Rata Skor Likert							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Objek dan latar terlihat dengan jelas	3.13	3.17	3.20	3.20	3.13	3.00	3.47	3.47
Batas ginjal terlihat dengan jelas	3.43	3.43	3.50	3.40	3.43	3.00	3.43	3.50
Ada tidaknya abnormalitas dapat ditampilkan dengan jelas	2.9	2.87	2.97	2.93	2.87	2.83	2.7	2.7
Rata-Rata	3.15	3.16	3.22	3.18	3.14	2.94	3,20	3.22



GAMBAR 4. Hasil citra USG Ginjal Normal (a) Citra asli, (b) Citra kombinasi 3, (c) Citra kombinasi 8.

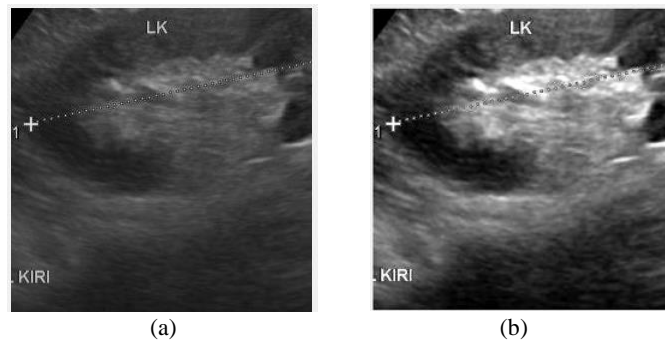
Hasil kuesioner untuk citra *hydronefrosis*, seperti yang terlihat pada tabel 5, menunjukkan bahwa kombinasi 6 memiliki nilai rata-rata skor likert tertinggi yang menunjukkan bahwa kombinasi ini dapat memvisualisasikan abnormalitas *hydronefrosis* dengan baik. Kombinasi 6, yaitu kombinasi antara *wiener filter* dan *intensity adjustment* mampu menampilkan ukuran abnormalitas dengan jelas serta mampu membantu memprediksi jenis abnormalitas.

TABEL 5. Hasil kuesioner dokter klinisi untuk citra *hydronefrosis*.

Pernyataan	Rata-Rata Skor Likert							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Objek dan latar terlihat dengan jelas	3.13	3.13	3.13	3.23	3.3	3.07	3.1	3.17
Batas ginjal terlihat dengan jelas	3.47	3.50	3.50	3.63	3.60	3.07	3.10	3.17
Ada tidaknya abnormalitas dapat ditampilkan dengan jelas	3.17	3.20	3.20	3.30	3.30	3.10	3.13	3.13
Mampu menampilkan ukuran abnormalitas dengan jelas	3.03	3.00	3.00	3.13	3.13	3.53	3.17	3.33
Mampu membantu memprediksi jenis abnormalitas	2.77	2.80	2.80	2.90	2.93	3.53	3.20	3.33
Rata-Rata	3.11	3.13	3.13	3.24	3.25	3.26	3.14	3.23

Hasil ini sesuai dengan hasil pengukuran PSNR, dimana PSNR kombinasi 6 merupakan yang tertinggi pada kategori citra *hydronefrosis*. Perbandingan visual citra asli dengan citra

kombinasi 6 dapat dilihat pada gambar 5. Dapat terlihat perbedaan kontras yang sangat signifikan, serta anatomi di tengah ginjal lebih jelas terlihat pada citra kombinasi 6.

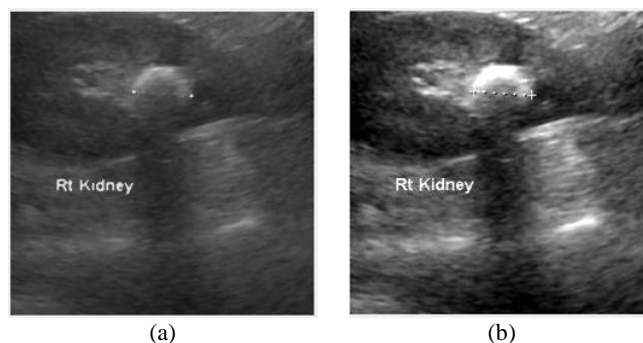


GAMBAR 5. Hasil citra USG Hydronefrosis (a) Citra asli, (b) Citra kombinasi 6.

Hasil kuesioner untuk citra batu ginjal dapat dilihat pada tabel 6. Seperti pada citra *hydronefrosis*, kombinasi yang paling baik menurut dokter klinisi adalah kombinasi 6. Rata-rata skor likert tertinggi pada kombinasi 6 menunjukkan bahwa kombinasi metode *wiener filter* dan *intensity adjustment* mampu menampilkan ukuran abnormalitas dengan jelas serta mampu membantu memprediksi jenis abnormalitas. Hasil ini sesuai dengan hasil pengukuran PSNR, dimana PSNR kombinasi 6 merupakan yang tertinggi pada kategori citra batu ginjal. Pada gambar 6 terlihat citra kategori batu ginjal asli dengan citra setelah di proses dengan kominasi 6. Terlihat bahwa terdapat peningkatan kontras dan tingkat kecerahan. Selain itu, visualisasi batu ginjal juga lebih terlihat. Sehingga dapat memudahkan dokter untuk membantu menentukan jenis abnormalitas.

TABEL 6. Hasil Kuesioner dokter klinisi untuk citra batu ginjal

Pernyataan	Rata-Rata Skor Likert							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Objek dan latar terlihat dengan jelas	3.03	3.03	3.03	2.93	2.97	3.37	3.20	3.33
Batas ginjal terlihat dengan jelas	3.40	3.40	3.40	3.27	3.23	3.40	3.20	3.3
Ada tidaknya abnormalitas dapat ditampilkan dengan jelas	3.03	3.03	3.00	3.07	3.00	3.40	3.17	3.27
Mampu menampilkan ukuran abnormalitas dengan jelas	2.90	2.90	2.87	2.77	2.87	3.47	3.13	3.43
Mampu membantu memprediksi jenis abnormalitas	2.97	2.97	2.90	2.90	2.93	3.47	3.13	3.43
Rata-rata	3.07	3.07	3.04	2.99	3.00	3.42	3.17	3.35



GAMBAR 6. Hasil citra USG batu ginjal. (a) Citra asli, (b) Citra kombinasi 6

Hasil kuesioner menunjukkan, baik citra dengan kategori Hydronefrosis maupun batu ginjal, kombinasi 6 (*wiener filter* dan *intensity adjustment*) mampu menampilkan visualisasi abnormalitas dengan baik. *Wiener filter* mengandalkan pada kekuatan *noise* (*noise* dari kontras) pada citra. Saat kontras tinggi, filter akan melakukan sedikit *smoothing*,

dan sebaliknya [14]. *Wiener filter* mampu memberikan hasil yang lebih baik dalam meningkatkan citra dibanding *filter* lain [15].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian, dapat disimpulkan bahwa metode peningkatan kontras dengan *intensity adjustment* menghasilkan nilai PSNR yang tertinggi dan MSE yang terendah. Nilai PSNR tertinggi dan MSE terendah untuk citra normal diperoleh dari kombinasi *median filter* dengan *intensity adjustment*, yaitu 14.21 dan 2.62. Hasil perhitungan PSNR dan MSE pada citra *hydronefrosis* menunjukkan, nilai PSNR tertinggi, 4.42, diperoleh pada kombinasi *wiener filter* dengan *intensity adjustment*, dan nilai MSE terendah, 3.37, diperoleh pada kombinasi *average filter* dengan *intensity adjustment*. Sementara itu, pada citra batu ginjal, nilai PSNR tertinggi, 15.48, diperoleh pada kombinasi *wiener filter* dengan *intensity adjustment*, serta nilai MSE terendah, 3.32, diperoleh dari kombinasi gaussian filter dengan *intensity adjustment*. Berdasarkan nilai PSNR yang tinggi serta skor likert dari kuesioner dokter klinisi, kombinasi *wiener filter* dan *intensity adjustment* merupakan kombinasi yang paling baik dalam memvisualisasikan abnormalitas, *hydronefrosis* dan batu ginjal, pada citra USG ginjal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Mohamed, Y. Abdallah, A. S. Algaddal, and M. A. Alkhir, "Enrichment of Ultrasound Images using Contrast Enhancement Techniques Segmentation of human organs using image processing technique View project Medical Image processing View project Enrichment of Ultrasound Images using Contrast Enhancement Techniques," 2013. [Online]. Available: www.ijsr.net
- [2] Priyanka and D. Kumar, "Feature Extraction and Selection of kidney Ultrasound Images Using GLCM and PCA," in *Procedia Computer Science*, 2020, vol. 167, pp. 1722–1731. doi: 10.1016/j.procs.2020.03.382.
- [3] S. F. Huang, R. F. Chang, D. R. Chen, and W. K. Moon, "Characterization of Spiculation on Ultrasound Lesions," *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 23, no. 1, pp. 111–121, Jan. 2004, doi: 10.1109/TMI.2003.819918.
- [4] J. J. Cerrolaza, N. Safdar, C. A. Peters, E. Myers, J. Jago, and M. G. Linguraru, "Segmentation of kidney in 3D-ultrasound images using gabor-based appearance models," in *2014 IEEE 11th International Symposium on Biomedical Imaging, ISBI 2014*, Jul. 2014, pp. 633–636. doi: 10.1109/isbi.2014.6867950.
- [5] J. C. Bamber and C. Daft, "Adaptive filtering for reduction of speckle in ultrasonic pulse-echo images.," *Ultrasonics*. January 1986
- [6] T. Loupas, W. N. McDicken, and P. L. Allan, "An Adaptive Weighted Median Filter for Speckle Suppression in Medical Ultrasonic Images," *IEEE Transactions On Circuits And Systems*, VOL. 36, NO. 1, JANUARY 1989
- [7] S. Sudha, G. R. Suresh, and R. Sukanesh, "Speckle Noise Reduction in Ultrasound Images by Wavelet Thresholding based on Weighted Variance," *International Journal of Computer Theory and Engineering*, pp. 7–12, 2009, doi: 10.7763/ijcte.2009.v1.2.
- [8] N. Larasati, K. Sari, R. Dwi Iriani, E. Yunika, and B. Santoso, "Evaluasi Teknik Filtering Contrast Enhancement dan Edge Sharpening untuk Pengolahan Citra Ultrasonografi Prostat," *Jurnal Ilmiah GIGA*, vol. 24, no. 1, pp. 2021–2022, doi: 10.47313/jig.v%vi%i.1076.
- [9] N. L. Kartika Sari, R. D. Iriani, and B. Santoso, "Pengolahan Citra untuk Meningkatkan Visualisasi Lesi Jinak Citra USG Payudara," *Jurnal Ilmiah Giga*, vol. 23, no. 2, p. 76, Nov. 2020, doi: 10.47313/jig.v23i2.935.

- [10] K. Hansen, M. Nielsen, and C. Ewertsen, "Ultrasonography of the Kidney: A Pictorial Review," *Diagnostics*, vol. 6, no. 1, p. 2, Dec. 2015, doi: 10.3390/diagnostics6010002.
- [11] A. A. Sanusi *et al.*, "Relationship of ultrasonographically determined kidney volume with measured GFR, calculated creatinine clearance and other parameters in chronic kidney disease (CKD)," *Nephrology Dialysis Transplantation*, vol. 24, no. 5, pp. 1690–1694, May 2009, doi: 10.1093/ndt/gfp055.
- [12] Budi, U. Fahnun, A Benny Mutiara, J. Harlan, Eri, and P. Wibowo, "Feature Identification of Hepatic Cancer Ultrasound Image using Gaussian Filtering Combined with Intensity Adjustment." *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 8 Issue 09, September-2019
- [13] R. Munir, "Pengantar Pengolahan Citra IF4073 Interpretasi dan Pengolahan Citra," 2019.
- [14] H. Kareem, R. Husain AAli, and G. AHafedh Jaber, "Noise Removed by Processing the Lightness and Chromatic Components Basic on YC b C r Color Space., *Journal of Babylon University/Pure and Applied Sciences/ No.(9)/ Vol.(24): 2016*
- [15] L. Şendur and I. W. Selesnick, "Bivariate shrinkage with local variance estimation," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 9, no. 12. pp. 438–441, Dec. 2002. doi: 10.1109/LSP.2002.806054.