

ANALISIS SINYAL RADAR CUACA MENGGUNAKAN DISCRETE WAVELET TRANSFORM

ANALYSIS OF WEATHER RADAR SIGNAL USING DISCRETE WAVELET TRANSFORM

¹Aliefiya Rachman, ²Rita Purnamasari S.T, M.T, ³Sofia Saidah S.T, M.T

¹²³Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹aliefrachman28@gmail.com, ²ritapurnamasari@telkomuniversity.ac.id,

³sofiasaidahsfi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

IDRA (IRCTR Drizzle Radar) adalah radar resolusi tinggi yang dibangun oleh IRCTR (*International Research Centre for Telecommunications-Transmission and Radar*) di Belanda. IDRA ditujukan untuk pengamatan terperinci distribusi spasial dan temporal dari hujan atau gerimis.

Pada penelitian ini, pengolahan sinyal pada radar IDRA ditambahkan metode DWT (*Discrete Wavelet Transform*) dan IDWT (*Invers Discrete Wavelet Transform*) sebagai fungsi kompresi dan dekompresi. Metode *wavelet* dapat digunakan untuk menunjukkan kelakukan sementara (temporal), untuk meningkatkan kualitas data, dapat juga digunakan untuk mendeteksi kejadian-kejadian tertentu.

Tujuan akhir dari penelitian ini adalah untuk mencari performansi dari reflektifitas radar setelah ditambahkan metode *wavelet* pada pengolahan sinyalnya. Performansi dari reflektifitas radar didapat dari nilai MSE, PSNR, dan SNR yang dilakukan pada proses pengujian .

Kata kunci: IDRA, DWT (*Discrete Wavelet Transform*), 4TU.Center for Reasearch Data

Abstract

IDRA (IRCTR Drizzle Radar) is a high resolution radar built by IRCTR (*International Research Center for Telecommunications-Transmission and Radar*) in the Netherlands. IDRA is intended for detailed observation of the spatial and temporal distribution of rain or drizzle.

The Research of signal processing on IDRA radar is added by DWT (*Discrete Wavelet Transform*) and IDWT (*Inverse Discrete Wavelet Transform*) methods as a compression function. The research is validated with actual data that already exists on the web (4TU.Center for Research Data).

From the web, several data samples have been taken, processed by adding DWT and IDWT methods to the data. After processing, the performance value between sample data and decompression data is calculated.

Keywords: IDRA, DWT (*Discrete Wavelet Transform*), 4TU.Center for Reasearch Data

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

IDRA menyediakan distribusi reflektifitas horisontal, kecepatan Doppler rata-rata, lebar spektrum Doppler dan parameter polarimetrik seperti reflektifitas diferensial, rasio depolarisasi linier atau fase diferensial spesifik. Citra radar IDRA menggambarkan potensi intensitas curah hujan yang dideteksi oleh radar cuaca. Pengukuran intensitas curah hujan (presipitasi) didasarkan pada seberapa besar pancaran energi radar yang dipantulkan kembali oleh butiran-butiran air di dalam awan, pantulan digambarkan dengan nilai reflektifitas yang memiliki besaran satuan dBZ (*decibel*). Semakin besar energi pantul yang diterima radar maka semakin besar juga nilai dBZ, dan semakin besar nilai dBZ reflektifitas menunjukkan intensitas hujan yang terjadi semakin besar.

Data diplot PPI lalu diproses menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT) sebagai fungsi kompresi, dan dihitung performansinya. Analisis *wavelet* merupakan fungsi matematika yang paling sukses dalam bidang pengolahan sinyal dalam dua puluh tahun terakhir ini. DWT menggunakan filter *wavelet* tertentu untuk membagi data ke dalam frekuensi yang berbeda atau komponen-komponen skala, dan selanjutnya menganalisis masing-masing komponen dengan suatu resolusi yang sesuai dengan skalanya. IDWT merupakan rekonstruksi data dari fungsi DWT.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini antara lain

1. Mengkompresi data, menggunakan DWT sebagai fungsi kompresi untuk meminimalisir ukuran data.
2. Dekompresi data, menggunakan IDWT sebagai fungsi pembalikan kompresi.

3. Menganalisa hasil validasi data referensi dan data dekomposisi dengan menghitung nilai performansi

1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan deskripsi latar belakang dan penelitian terkait, maka dapat dirumuskan masalah pada jurnal ini yaitu melihat hasil perbandingan sinyal asli dan sinyal hasil kompresi, kemudian dihitung nilai performansinya.

2. Dasar Teori

2.1 Radar

Radar kependekan dari *Radio Detection and Ranging*. Radar merupakan sistem gelombang elektromagnetik yang digunakan untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat map benda-benda seperti pesawat terbang, kendaraan bermotor dan informasi cuaca / hujan.

Radar pada umumnya beroperasi dengan menyebar tenaga elektromagnetik terbatas di dalam piringan antena yang bertujuan untuk menangkap sinyal dari benda yang melintas pada daerah tangkapan yang bersudut. Ketika suatu benda masuk dalam daerah tangkapan antena, maka sinyal yang ditangkap akan diteruskan ke pusat sistem radar dan akan diproses hingga benda tersebut nantinya akan tampak dalam layar monitor.

2.2 IDRA Radar Cuaca[3]

IDRA adalah radar cuaca yang terletak di atas Cabauw tower, sejak Oktober 2007. IDRA adalah polarimetrik X-band (9.475 GHz, polarisasi horizontal / vertikal) radar FMCW yang dikembangkan di *Delft University of Technology*.

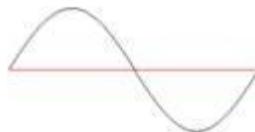
Antena radarnya berputar pada 1 rpm pada sudut elevasi tetap yang rendah. Radar mentransmisikan frekuensi modulasi linear menjalar secara bergantian pada polarisasi horizontal dan vertikal. *Backscattered* sinyal diterima bersamaan secara horizontal dan vertikal pada saluran terpolarisasi.

IDRA menggunakan dua antena, satu untuk mengirim dan satu lagi untuk menerima. *Receiver* yang sensitif dengan rentang dinamis yang besar dan kemungkinan untuk menyesuaikan kekuatan sinyal pada *transmitter*, memungkinkan IDRA untuk memantau distribusi spasial dan evolusi temporal dari pengendapan (dari kabut).

2.3 Wavelet [4]

Wavelet adalah suatu teknik matematika yang bermanfaat untuk analisis numerik dan manipulasi dari kumpulan satu atau dua dimensi sinyal. Proses transformasinya bekerja seperti sebuah mikroskop yang menguji secara rinci dengan membagi sinyal ke dalam komponen frekuensi yang berbeda yang dipetakan ke dalam koefisien dengan energi yang berbeda. *Wavelet* mendekomposisi sinyal f dalam basis fungsi dengan i merupakan level dekomposisi, dengan persamaan :

$$f = \sum a_i \psi_i \quad (1)$$



Gambar 1 Sinyal Wavelet

2.4 Discrete Wavelet Transform (DWT)

Discrete Wavelet Transform (DWT) merupakan proses fungsi wavelet dengan pemilihan subset dari skala dan posisi tertentu dalam proses kalkulasi. DWT menggunakan proses pemfilteran untuk menghasilkan koefisien *wavelet*.

Dalam DWT, sebuah sinyal citra dapat dianalisis dengan dilewatkan pada proses filtering yang dilanjutkan dengan operasi penipisan. Proses *filtering* terdiri dari *low-pass* dan *high-pass* filter pada setiap tahap dekomposisi. Sinyal citra akan terbagi menjadi dua band ketika melewati filter ini. *Low-pass* filter, yang berhubungan dengan operasi rata-rata, akan mengekstraksi informasi kasar dari sebuah sinyal. *High-pass* filter, yang berhubungan dengan *differencing operation*, akan mengekstraksi informasi detail dari sinyal. Hasil operasi *filtering* ini kemudian ditipiskan melalui proses *down-sampling*. Secara matematis, operasi rata-rata atau *low-pass filtering* merupakan inner product antara sinyal dengan fungsi *scaling* (ϕ). Hal ini dapat dirumuskan dalam Persamaan 2:

$$c_j(k) = \langle f(t), \phi_{j,k}(t) \rangle = \int f(t), \phi_{j,k}(t) dt \quad (2)$$

Di sisi lain, operasi detail atau *high-pass filtering* merupakan *inner product* antara sinyal dengan fungsi wavelet (ψ). Hal ini dapat dirumuskan dalam Persamaan 3:

$$d_j(k) = \langle f(t), \psi_{j,k}(t) \rangle = \int f(t) \psi_{j,k}(t) dt \quad (3)$$

Fungsi *scaling* dapat didefinisikan dalam Persamaan 4 :

$$\varphi_{j,k}(t) = 2^{j/2} \varphi(2^j t - k) \quad (4)$$

Fungsi *wavelet* dapat didefinisikan dalam Persamaan 5

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{j/2} \psi(2^j t - k) \quad (5)$$

2.5 Down-sampling dan Up-sampling

Pada proses dekomposisi dilakukan *down-sampling* setelah proses pemfilteran untuk mengurangi jumlah output dari masing-masing filter sehingga sama dengan jumlah input. Misalkan input sinyal $x(n)$, setelah proses *down-sampling* akan menghasilkan output $y(n) = x(2n)$ dengan hanya mempertahankan indeks genap. Pada proses rekonstruksi dilakukan proses *up-sampling* yang dilanjutkan dengan pemfilteran. Proses *up-sampling* membentangkan sinyal input 2 kali panjang awal dan menyisipkan nilai 0 pada indeks ganjil. Dengan kata lain dapat dituliskan $y(2n) = x(n)$ dan $y(2n+1) = 0$.

2.6 Haar Wavelet Transform

Wavelet Haar merupakan *wavelet* yang paling tua dan sederhana. Alasan menggunakan Haar *Wavelet* karena merupakan metode yang lebih bagus digunakan untuk merepresentasikan ciri tekstur dan bentuk. Disamping itu Haar *Wavelet* memerlukan waktu komputasi yang lebih kecil dari pada transformasi *wavelet* lainnya, ciri diperoleh dari citra yang telah melewati proses dekomposisi, yakni *double* untuk dapat dioperasikan.

Dalam proses dekomposisi, *wavelet* Haar menerapkan *bank filter* dengan $h(0) = h(1) = 1/\sqrt{2}$ sebagai koefisien *low-pass* yang menghasilkan citra pendekatan dan $g_0 = 1/\sqrt{2}$, $g_1 = -1/\sqrt{2}$ sebagai koefisien *high-pass* yang menghasilkan citra detail. Citra hasil dekomposisi akan berukuran seperempat dari ukuran citra sebenarnya.

2.7 Daubechies Wavelet Transform [5]

Daubechies *wavelet* memperluas *wavelet* haar dengan menggunakan filter yang lebih panjang, yang menghasilkan fungsi *scaling* dan *wavelet* yang lebih halus. Semakin besar ukuran $p = 2k$ dari filter, semakin tinggi jumlah bilangan yang lenyap. Banyaknya momen lenyap memungkinkan untuk lebih baik mengkompresi bagian reguler dari sinyal. Namun, meningkatkan jumlah momen hilang juga mempengaruhi ukuran dukungan dari *wavelet*, yang dapat menimbulkan masalah di bagian sinyal tunggal (misalnya terputus-putus).

2.8 Symlet Wavelet Transform

Sejenis *wavelet* Daubechies yang dimodifikasi dengan simetri yang meningkat.

2.9 Coiflet Wavelet Transform

Daubechies *wavelet* memperluas *wavelet* haar dengan menggunakan filter yang lebih panjang, yang menghasilkan fungsi *scaling* dan *wavelet* yang lebih halus. Semakin besar ukuran $p = 2k$ dari filter, semakin tinggi jumlah bilangan yang lenyap. Banyaknya momen lenyap memungkinkan untuk lebih baik mengkompresi bagian reguler dari sinyal. Namun, meningkatkan jumlah momen hilang juga mempengaruhi ukuran dukungan dari *wavelet*, yang dapat menimbulkan masalah di bagian sinyal tunggal (misalnya terputus-putus).

2.10 Formulasi Performansi

2.10.1 SNR

Coiflets adalah *wavelet* diskrit yang dirancang oleh Ingrid Daubechies, atas permintaan Ronald Coifman, untuk memiliki fungsi *scaling* dengan momen lenyap. *Wavelet* mendekati simetris, fungsi *wavelet* mereka memiliki momen lenyap $N/3$ dan fungsi penskalaan $N/3-1$

2.10.2 PSNR

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) adalah perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya derau yang berpengaruh pada sinyal tersebut. PSNR biasanya diukur dalam satuan decibel (db). Nilai PSNR yang lebih tinggi menyiratkan kemiripan yang lebih erat antara hasil rekonstruksi dan gambar asli.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE} \right) dB \quad (7)$$

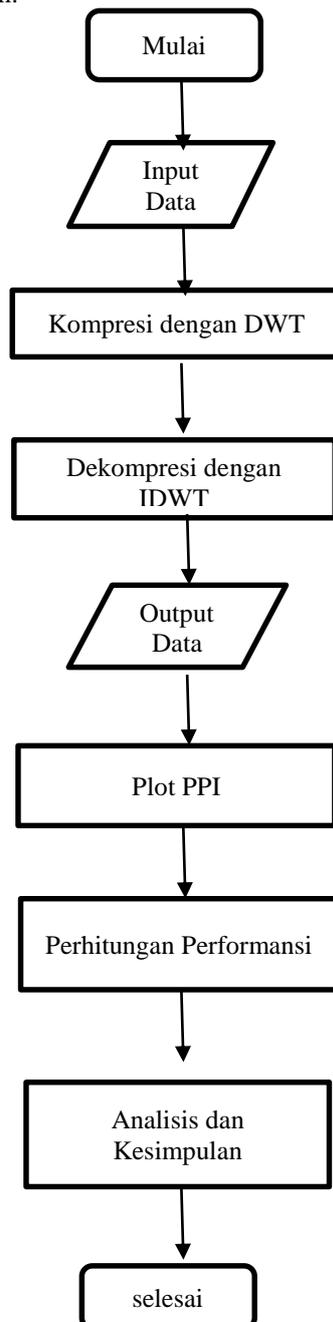
2.10.3 MSE

MSE adalah nilai *error* kuadrat rata-rata antara citra asli dengan citra manipulasi. MSE dinyatakan sebagai *mean square error* yang didefinisikan sebagai :

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{X=1}^M \sum_{Y=1}^N (S_{xy} - C_{xy})^2 \quad (8)$$

3. Perancangan dan Implementasi Sistem

Secara umum, pemodelan sistem dilakukan dalam 2 tahap, diawali dengan memasukan ciri retina kedalam *database* dengan menggunakan *software* matlab yang nantinya akan dikompresi dengan metode dwt. Berikut gambaran umum dari keseluruhan sistem:



Gambar 2 Blok Diagram System

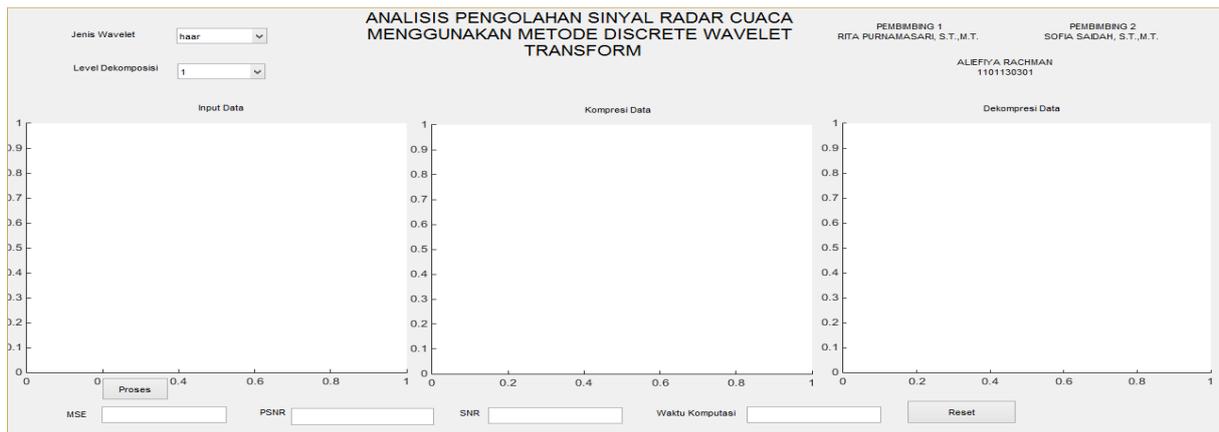
Pada Gambar 2 terlihat proses klasifikasi dimulai dengan proses *preprocessing* kemudian masuk pada *DWT compression*. Setelah dilakukan proses kompresi data, data hasil kompresi dikembalikan lagi ke bentuk awal melewati proses *IDWT decompression*, meskipun hasil pembalikannya tidak akan sama persis.

4. Pengujian dan Analisis

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan penambahan metode *DWT* pada pengolahan sinyal radar cuaca, digunakan beberapa skenario pengujian seperti berikut ini:

1. IDRA raw_data.nc sebagai *input* data diambil dari *data.4tu.nl*, kemudian plot PPI.
2. Proses kompresi data menggunakan metode *DWT*, kemudian plot PPI.
3. Proses dekompresi data menggunakan metode *IDWT*, kemudian plot PPI.
4. Formulasi performansi.

4.1 Hasil Realisasi GUI



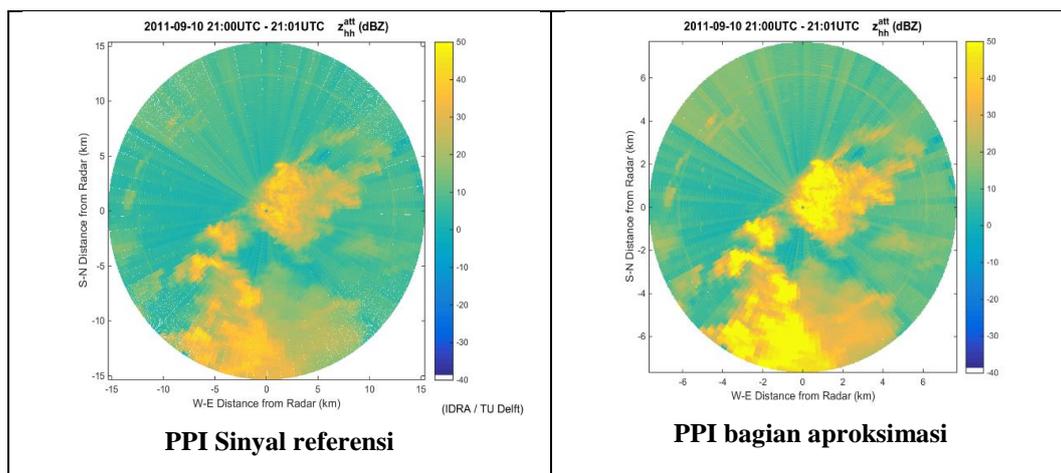
Gambar 3 Realisasi GUI

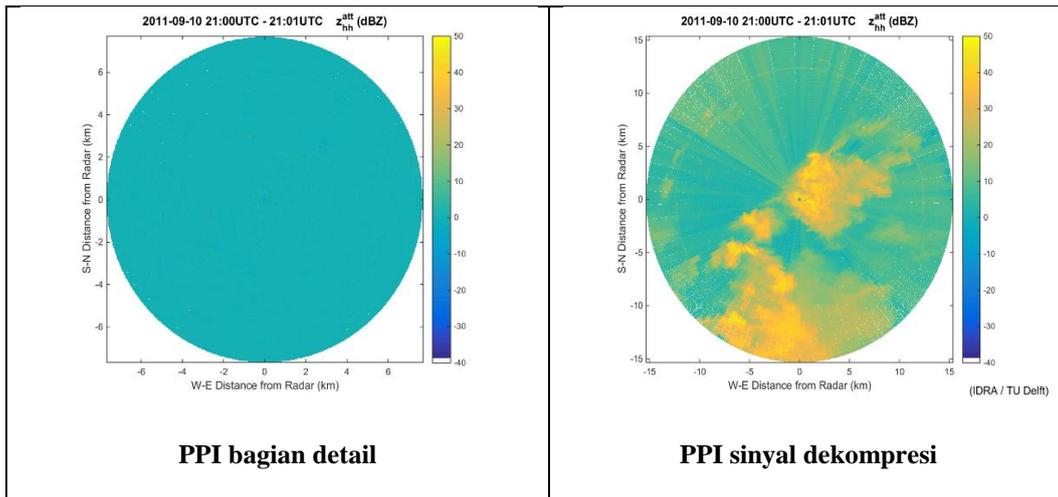
Keterangan:

1. Input Data : Proses pemanggilan data dan menampilkan PPI
2. Kompresi Data : Proses kompresi *DWT* dan menampilkan PPI
3. Dekompresi Data : Proses dekompresi *IDWT* dan menampilkan PPI
4. Level Dekomposisi : Pemilihan level dekomposisi yang akan digunakan
5. Jenis Wavelet : Pemilihan *wavelet* filter yang akan digunakan

4.2. Proses Pengujian

4.2.1 Input Data





Gambar 4 PPI Proses pengujian

Berdasarkan teori Marshall-Palmer, Z adalah faktor pemantulan dan R adalah tingkat curah hujan. Hubungan digeneralisasikan ke bentuk $Z = aR^b$, di mana a dan b adalah parameter yang dapat disesuaikan.

Warna-warna yang terdapat pada gambar dibawah adalah R , menunjukkan intensitas hujan. Semakin kuning warnanya maka reflektifitas yang diterima radar semakin besar, dan menunjukkan sedang terjadi hujan deras pada daerah tersebut.

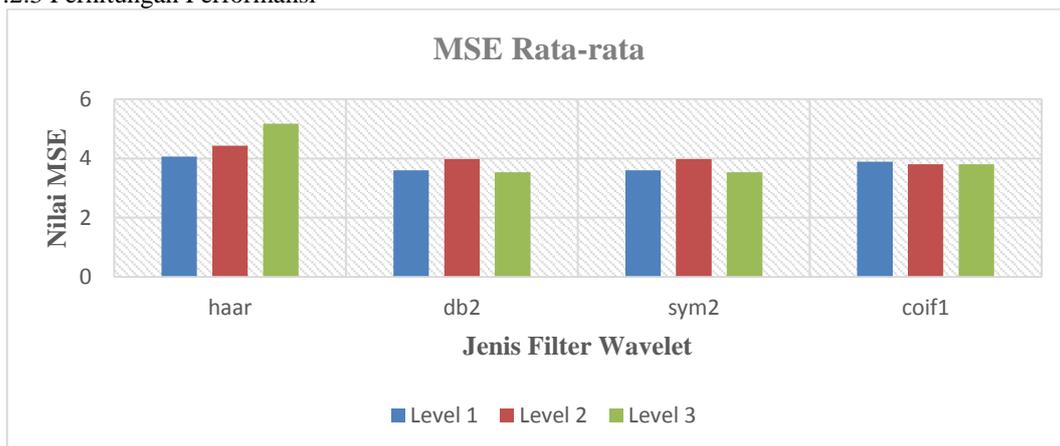
4.2.2 Kompresi Data

Data yang telah dipanggil sebelumnya, kemudian dikompresi menggunakan metode *wavelet*. Kompresi menggunakan *wavelet* menjadikan data sampel terbagi menjadi 2 sub data, yaitu aproksimasi dan detail. Sub data citra aproksimasi pendekatannya menyerupai data sampel. Sedangkan detail seperti Gambar 4 adalah data yang terkompresi, Hal itu menyebabkan gambar detail terlihat biru dan lebih halus karena memiliki rentang nilai -10 s/d 10 dB.

4.2.3 Dekompresi Data

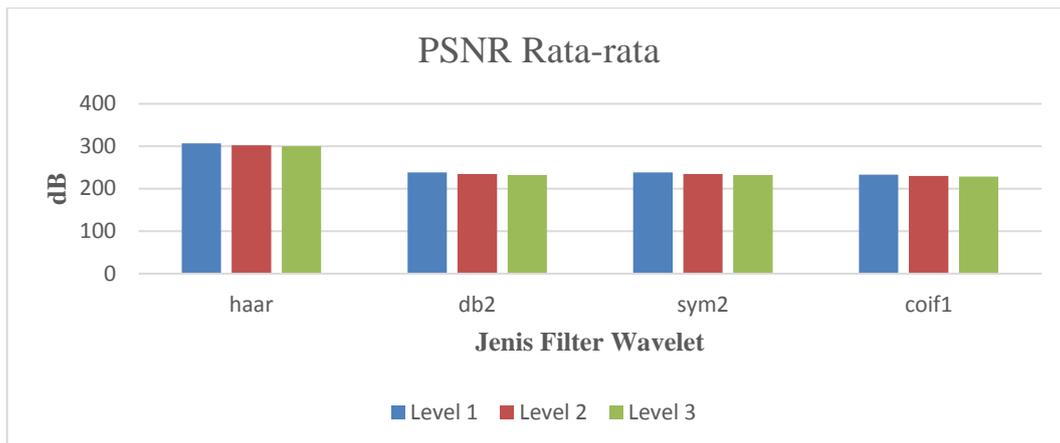
Pada tahap ini, data terkompresi dikembalikan ke bentuk asal dengan *inverse wavelet* atau IDWT. Gambar yang dihasilkan terlihat sama jika dibandingkan dengan gambar 4 sampel data. Sebenarnya tidak persis sama, ada beberapa perbedaan pada nilai matriksnya.

4.2.3 Perhitungan Performansi



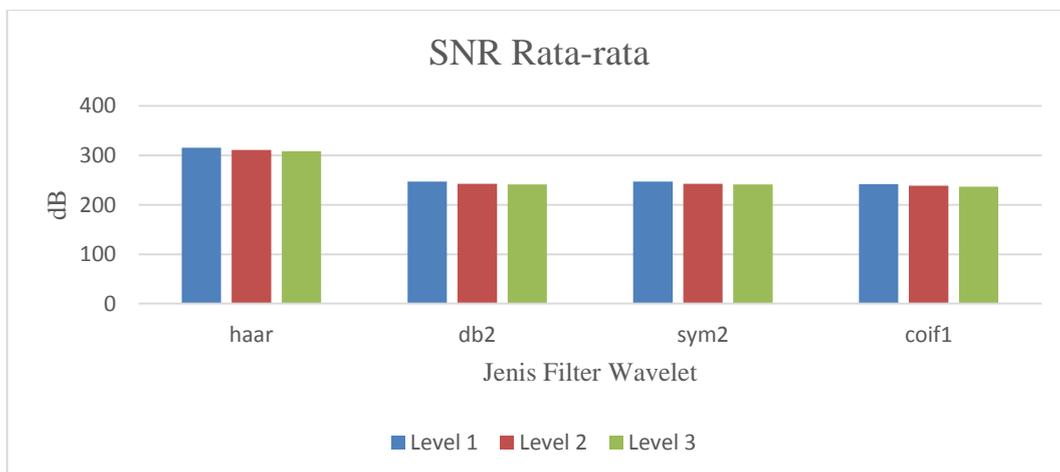
Grafik 1 Rata-rata MSE Keseluruhan

Dari grafik 4.1 diatas terlihat bahwa nilai rata-rata MSE yang terbaik adalah saat menggunakan filter symlet ($sym2$) dan daubechies ($db2$) level dekomposisi 3. Hal itu dikarenakan, Daubechies memiliki fungsi *scaling* dan *wavelet* lebih halus yang memungkinkan untuk lebih baik dalam mengkompresi bagian reguler dari sinyal. Sedangkan untuk $sym2$ bernilai sama, dikarenakan symlet merupakan modifikasi dari daubechies yang hanya meningkatkan simetrisnya saja.



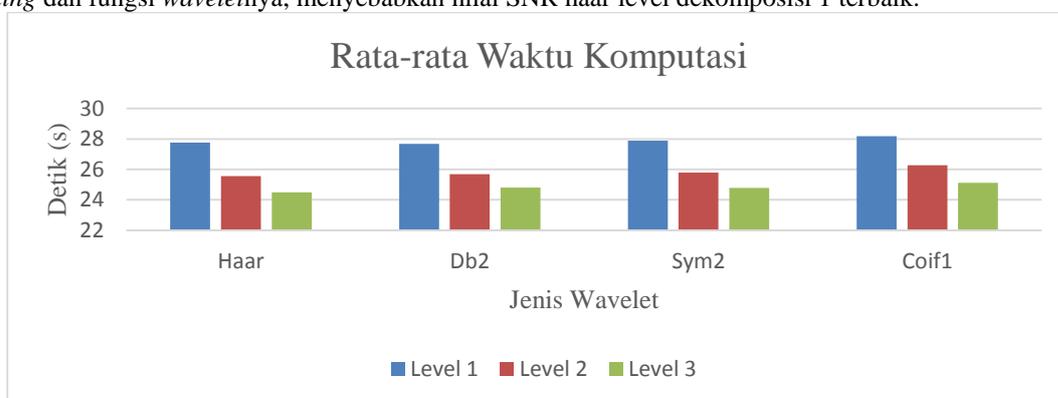
Grafik 1 Rata-Rata PSNR Keseluruhan

Untuk nilai PSNR terbaik adalah saat filter haar wavelet dengan level dekomposisi 1. Haar Wavelet memiliki koefisien yang sederhana pada fungsi *scaling* dan fungsi *waveletnya*, sehingga tidak terlalu signifikan perbedaan antara sinyal asli dan sinyal olah haar wavelet. Artinya bentuk sinyal dekomposisi dengan sinyal sampel semakin mirip dengan menghasilkan nilai maksimum. Pada level dekomposisi 1 haar memerlukan waktu komputasi yang lebih kecil.



Grafik 2 Rata-rata SNR Keseluruhan

Tidak ada perbedaan yang signifikan antara PSNR dan SNR, keduanya sama-sama menghitung sinyal asli terhadap derau. Hanya saja PSNR sangat berkaitan dengan MSE, sehingga menghasilkan nilai yang berbeda. Nilai SNR terbaik adalah saat filter haar wavelet dengan level dekomposisi 1. Dengan koefisien sederhana pada fungsi *scaling* dan fungsi *waveletnya*, menyebabkan nilai SNR haar level dekomposisi 1 terbaik.



Waktu komputasi berbanding terbalik dengan besarnya level dekomposisi. Semakin tinggi level dekomposisinya semakin sedikit waktu yang dibutuhkan untuk memproses data. Pada saat level dekomposisi 1 semua matriks diproses, namun pada level dekomposisi 2 hanya 1/2 dari matriks dekomposisi 1 yang diproses. Pada level dekomposisi 3 hanya mngerjakan 1/2 dari level dekomposisi 2.

4.4 Analisis

Proses pengujian ini menggunakan metode DWT dengan beberapa jenis wavelet dan level dekomposisi. DWT berfungsi sebagai fungsi kompresi, dilakukan kompresi bertujuan untuk meminimalisir ukuran data yang besar. Kompresi data menggunakan DWT menyebabkan data terbagi menjadi 2, yaitu aproksimasi dan detail. Bagian detail adalah data yang terkompresi, kompresi bersifat *lossless* dikarenakan saat data didekompresi, tidak ada data yang hilang. Selanjutnya dihitung nilai performansi antara sinyal asli dengan sinyal hasil dekompresi, didapat nilai PSNR dan SNR terbaik adalah saat menggunakan filter haar level dekomposisi 1. Untuk nilai MSE terbaik didapat pada saat menggunakan db2 atau sym2 dengan level dekomposisi 3.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode DWT sebagai fungsi kompresi dapat meningkatkan kinerja sistem radar. Menggunakan metode DWT menjadikan kompresi bersifat *lossless*, artinya data yang dikompresi dapat dikembalikan (tidak ada data yang hilang). Oleh sebab itu, menambahkan kompresi pada *transmitter* dan dekompresi pada *receiver*, memungkinkan data yang berukuran besar bisa diproses lebih cepat dan data tidak ada yang hilang.

Adapun perhitungan performansi untuk mengukur jenis wavelet dan level dekomposisi yang baik untuk diterapkan pada sistem kinerja radar. Hasilnya didapat MSE terbaik pada saat menggunakan db2 dan sym2 level dekomposisi 3, PSNR dan SNR terbaik didapat pada saat menggunakan haar level dekomposisi 1. Untuk waktu komputasi dari proses pengujian, berbanding terbalik dengan besarnya level dekomposisi.

Daftar Pustaka

- [1] F. i. Ventura, J. Russchenberg and H. W. J, "IDRA: a new instrument for drizzle monitoring," *International Research Centre for Telecommunication and Radar (IRCTR)*, 2007.
- [2] K. Anwar, A. Sugiharto and P. S. Sasongko, "KOMPRESI CITRA MEDIS MENGGUNAKAN DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT) DAN EMBEDDED ZEROTREE WAVELET (EZW)," *Matematika*, vol. 11, pp. 73-77, 2008.
- [3] M. Skolnik, *Radar Handbook Second Edition*, United States:McGraw-Hill: Inc, 1990.
- [4] L. Novamizanti and A. Kurnia, "Analisis Perbandingan Kompresi Haar Wavelet Transform dengan Embedded Zerotree Wavelet pada Citra," *Elkomika Itenas*, vol. 3, 2015.
- [5] L. Chun-Lin, "A Tutorial of the Wavelet Transform," 2010.
- [6] C. Vonesch, T. Blu and M. Unser, "GENERALIZED DAUBECHIES WAVELETS," *Biomedical Imaging Group*, vol. IV, p. 593, 2005.
- [7] D. Wei, "COIFLET-TYPE WAVELETS: THEORY, DESIGN, AND APPLICATIONS," 1998.
- [8] A. F. Isnawati, I. Susanto and R. A. Purwanita, "ANALISIS JARAK TERHADAP REDAMAN, SNR (SIGNAL TO NOISE RATIO), DAN KECEPATAN DOWNLOAD PADA JARINGAN ADSL," *Infotel*, vol. 2, 2010.
- [9] G. M. Male, Wirawan and E. Setijadi, "ANALISA KUALITAS CITRA PADA STEGANOGRAFI UNTUK APLIKASI e-GOVERNMENT," *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV*, 2012.
- [10] S. Kobayashi, T. Oguchi, S. Tanelli and E. Im, "Backscattering enhancement on spheroid-shaped hydrometeors: Considerations in water and ice particles of uniform size and Marshall-Palmer distributed rains," *RADIO SCIENCE*, vol. 42, 2007.