

## APLIKASI INVERSE BACKPROPAGATION PADA PENSKALAAN CITRA MENGGUNAKAN BILINEAR INTERPOLATION

Rosyidah Siregar<sup>1</sup>, Nenna Irsa Syahputri<sup>2</sup>, Herlina Harahap<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan

e-mail: <sup>1</sup>[rosyidah\\_siregar.unhar@harapan.ac.id](mailto:rosyidah_siregar.unhar@harapan.ac.id), <sup>2</sup>[nenna.ziadzha@gmail.com](mailto:nenna.ziadzha@gmail.com),  
<sup>3</sup>[herlina\\_hrp@yahoo.co](mailto:herlina_hrp@yahoo.co)

### ABSTRAK

*Bilinear interpolation* merupakan salah satu metode yang banyak digunakan pada penskalaan citra dimana *Bilinear interpolation* dapat diaplikasikan pada proses *upscaling* dan *downscaling*. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *Bilinear interpolation* memberikan kualitas hasil rekonstruksi yang rendah dibandingkan dengan metode penskalaan lainnya namun masih menjadi alternatif yang baik mengingat kompleksitas proses yang lebih rendah dibandingkan dengan metode penskalaan lainnya. Untuk itu dibutuhkan mekanisme atau model yang dapat disandingkan dengan penskalaan *Bilinear interpolation* sehingga hasil rekonstruksi memiliki kualitas yang lebih baik. Merujuk pada penelitian sebelumnya, *neural network* dapat digunakan dalam proses rekonstruksi dimana jaringan saraf tiruan digunakan untuk mempelajari fitur atau informasi yang hilang pada saat proses *downscaling* sehingga dapat digunakan kembali pada saat proses rekonstruksi atau *upscaling*. Penelitian ini mengaplikasikan *inverse backpropagation* untuk membantu meningkatkan kualitas hasil rekonstruksi citra pada *bilinear interpolation*. Hasil pengujian menunjukkan nilai MSE yang jauh lebih baik yang mencapai 40.25% dibandingkan dengan rekonstruksi menggunakan *Bilinear interpolation* biasa. Sedangkan untuk peningkatan PSNR yang diperoleh berkisar antara 0.4% – 9.7%.

**Kata kunci:** penskalaan citra; *bilinear interpolation*; *inverse*; *backpropagation*; citra digital;

### ABSTRACT

*Bilinear interpolation* is a method that is widely used in image scaling where *Bilinear interpolation* can be applied to *upscaling* and *downscaling* processes. Several previous researches have shown that *Bilinear interpolation* provides low quality reconstruction results compared to other scaling methods but is still a good alternative considering the lower process complexity compared to other scaling methods. For this reason, a mechanism or model is needed that can be juxtaposed with *Bilinear interpolation* scaling so that the reconstruction results have better quality. Referring to previous research, *neural networks* can be used in the reconstruction process where artificial neural networks are used to learn features or information that is lost during the *downscaling* process so that it can be reused during the reconstruction or *upscaling* process. This research applies *inverse backpropagation* to help improve the quality of image reconstruction results on *bilinear interpolation*. The test results show a much better MSE value of up to 40.25% compared to reconstruction using ordinary *bilinear interpolation*. Meanwhile, the increase in PSNR obtained ranged from 0.4% - 9.7%.

**Keywords:** image scaling; *bilinear interpolation*; *inverse*; *backpropagation*; digital image;

## 1. PENDAHULUAN

*Image scaling* merupakan proses yang mentransformasikan citra *input* menjadi citra *output* dengan ukuran yang berbeda. *Image scaling* terdiri dari dua jenis operasi yang mendasar yaitu *downscaling* untuk menghasilkan citra dengan ukuran yang lebih kecil atau sering disebut dengan *Low Resolution Image* dan *upscaling* untuk menghasilkan citra dengan ukuran yang lebih besar atau biasa yang disebut dengan *High Resolution Image*. Tujuan umum dari *downscaling* adalah memperoleh penghematan biaya dari kapasitas penyimpanan [1] dan transmisi citra. Pada penelitian terkini, *downscaling* menjadi alternatif dalam mengelola dataset yang terdiri dari citra digital dan jumlah dan ukuran yang besar [2].

*Low Resolution Image* dapat diperoleh langsung dari perangkat sensor ataupun hasil dari proses *downscaling*. Beberapa teknik atau metode pada *image downscaling* berfokus pada bagaimana memperoleh *downscaled image* yang secara visual memiliki kualitas yang baik dimana fungsi atau kernel yang digunakan pada proses *downscaling* tidak dapat digunakan secara optimal dalam proses rekonstruksi atau *upscaling* [3] [4]. Pada beberapa metode interpolasi standar yang dapat digunakan pada *image downscaling* menghasilkan kualitas yang tidak begitu baik pada saat *image* tersebut di *upscaling* atau di rekonstruksi kembali terutama pada metode *Bilinear interpolation* [5].

Pada beberapa penelitian terkini, aplikasi *image downscaling* menggunakan *Bilinear interpolation* telah di-kembangkan dengan menggunakan pra-proses tambahan sebelum proses *downscaling* seperti yang dilakukan oleh Pawar et al [6]. Walaupun *Bilinear interpolation* pada proses *image downscaling* memiliki kualitas yang lebih buruk dibandingkan dengan metode lainnya [7], kesederhanaan dan kecepatan proses nya membuatnya masih menjadi pilihan seperti yang dapat dilihat pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Fei Yan et al yang mengaplikasikan *Bilinear interpolation* pada quantum images [8] dan *low cost* pada *real time image super-resolution* [9].

Rekonstruksi atau *upscaling* pada *downscaled image* menjadi perhatian utama pada saat fitur – fitur tertentu pada citra dibutuhkan. Wanjie Sun dan Chen mengembangkan model *downscaling* yang menjaga informasi esensial atau fitur penting yang dapat membantu meningkatkan kualitas dari proses *upscaling* [10]. Rekonstruksi pada *downscaled image* juga dapat dilakukan menggunakan jaringan syaraf tiruan atau neural network seperti yang dilakukan oleh Xiao et al [11].

Pada penelitian ini, pendekatan menggunakan jaringan saraf tiruan diaplikasikan dalam bentuk jaringan *backpropagation* yang mana informasi pada saat proses *downscaling* pada *Bilinear interpolation* digunakan sebagai *input* pelatihan jaringan. Jaringan yang telah dilatih kemudian digunakan pada saat proses rekonstruksi atau *upscaling* dengan menggunakan teknik *inverse*, dimana koreksi tidak diaplikasikan pada bobot melainkan pada *input* berdasarkan error yang diperoleh pada saat proses propagasi balik sehingga dapat diperoleh nilai *input* yang mendekati nilai piksel citra original atau citra sebelum *downscaling*.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Bilinear Interpolation

*Bilinear interpolation* merupakan salah satu teknik penskalaan citra yang menggunakan konsep interpolasi. Untuk menghitung nilai setiap piksel pada citra target, digunakan metode interpolasi bilinear setiap piksel  $p_i$  dari gambar asli bersama dengan lingkungan yang terdiri dari empat piksel terdekat  $p_i$  yang terletak di arah [8]. *Bilinear interpolation algorithm* menggunakan 2x2 pixel terdekat untuk menentukan pixel yang tidak diketahui. Kemudian ke 4 pixel ini dicari nilai rata-ratanya tanpa mempertimbangkan jarak untuk menjadi nilai yang diinterpolasi.

$$f(x, y) = w_1f_1 + w_2f_2 + w_3f_3 + w_4f_4 \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

$$w_1 = \frac{(x_2 - x)(y_2 - y)}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} \dots \dots \dots (2)$$

$$w_2 = \frac{(x - x_1)(y_2 - y)}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} \dots \dots \dots (3)$$

$$w_3 = \frac{(x_2 - x)(y - y_1)}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} \dots \dots \dots (4)$$

$$w_4 = \frac{(x - x_1)(y - y_1)}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} \dots \dots \dots (5)$$

### 2.2. Penskalaan Citra

Secara umum proses penskalaan menggunakan *Bilinear interpolation* menggunakan teknik yang sama baik pada proses downscale maupun pada proses upscale. Adapun tahapan dari proses image scaling pada *Bilinear interpolation* yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. *Input* new\_x dan new\_y dari citra *output*.
2. Menghitung skala\_x dan skala\_y
3. Menghitung nilai piksel baru pada citra hasil (x,y) :
  - a. Membaca piksel acuan atau referensi dari citra *input* pada posisi (src\_x, dan src\_y):

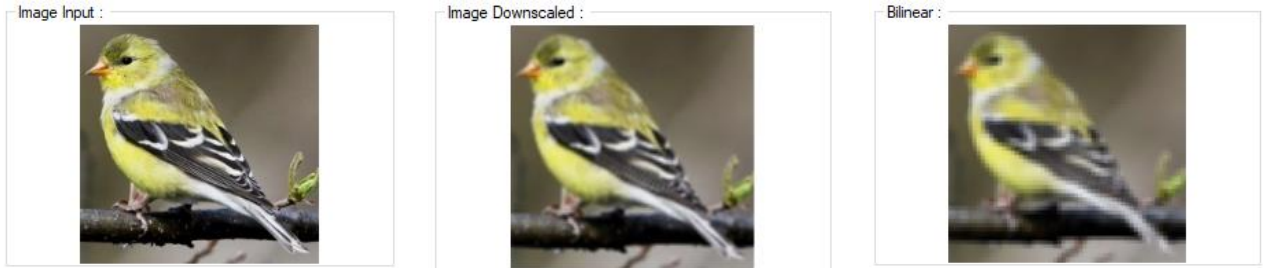
$$src_x = x * skala_x \dots \dots \dots (6)$$

$$src_y = y * skala_y \dots \dots \dots (7)$$

- b. Membaca nilai piksel Q11 (src\_x - 1, src\_y - 1)
- c. Membaca nilai piksel Q21 (src\_x + 1, src\_y - 1)
- d. Membaca nilai piksel Q12 (src\_x - 1, src\_y + 1)
- e. Membaca nilai piksel Q22 (src\_x + 1, src\_y + 1)
- f. Menghitung nilai *Bilinear interpolation* dari Q11, Q21, Q12 dan Q22.

- g. Nilai piksel baru pada (x,y) adalah nilai *Bilinear interpolation* yang telah dihitung.

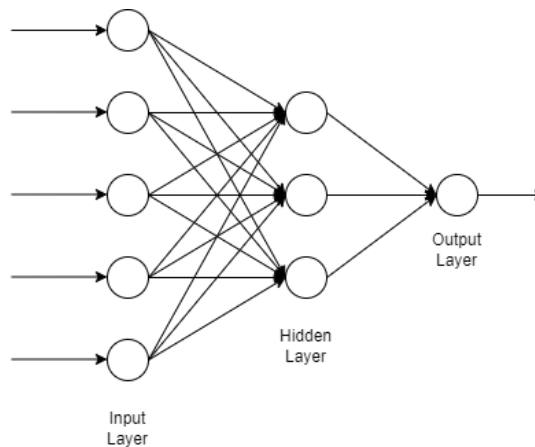
Adapun model penskalaan yang digunakan pada penelitian ini telah di-aplikasikan pada sistem yang dibangun dan dapat melakukan penskalaan baik downscale maupun upscale dengan baik yang dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1 Aplikasi Penskalaan *Bilinear Interpolation*

### 2.3. Model Backpropagation

Model backpropagation yang digunakan pada penelitian ini adalah jaringan backpropagation yang terdiri dari satu lapisan *input* satu lapisan *hidden* dan satu lapisan *output*. Adapun arsitektur jaringan backpropagation yang dibangun pada penelitian ini mengikuti dari model penskalaan dari model bilinear interpolation.



Gambar 2 Arsitektur Jaringan Backpropagation

Proses pembelajaran *backpropagation* diawali dengan proses akumulasi informasi dari lapisan *input* ke lapisan *hidden* yang kemudian dilanjutkan dengan proses yang sama ke lapisan *output*. Akumulasi informasi disini dapat dipresentasikan dengan model matematis seperti yang terlihat pada persamaan 8 untuk lapisan *hidden* dan 9 untuk lapisan *output*. Inti dari pembelajaran jaringan pada jaringan *backpropagation* adalah pembaharuan bobot yang menghubungkan antar *node* pada jaringan sehingga selisih antara luaran lapisan *output* dan target yang di-inginkan seminimal mungkin.

$$z_j = f \left( V_{0j} + \sum x_i V_{ij} \right) \dots \dots \dots (8)$$

$$y_k = f \left( w_{0k} + \sum z_j w_{jk} \right) \dots \dots \dots (9)$$

Persamaan perhitungan selisih (error) dan perubahan bobot :

$$\delta_k = (t_k - y_k) f' \left( w_{0k} + \sum z_j w_{jk} \right) \dots \dots \dots (10)$$

$$w_{jk} = w_{jk} + \alpha \delta_k z_j \dots \dots \dots (11)$$

$$w_{0k} = w_{0k} + \alpha \delta_k \dots \dots \dots (12)$$

$$\delta_j = \left( \sum \delta_k w_{jk} \right) f' \left( v_{0j} + \sum x_i v_{ij} \right) \dots \dots \dots (13)$$

$$v_{ij} = v_{ij} + \alpha \delta_j x_i \dots \dots \dots (14)$$

$$v_{0k} = v_{0k} + \alpha \delta_j \dots \dots \dots (15)$$

Jaringan *backpropagation* akan dilatih menggunakan *input* piksel citra original dan menggunakan piksel hasil *Bilinear interpolation* sebagai target *output*. Pada saat rekonstruksi, maka akan digunakan pendekatan *inverse backpropagation*, dimana menggunakan tahapan berikut :

1. Hasil rekonstruksi dari *Bilinear interpolation* akan digunakan sebagai *input* dan piksel *downscaled* akan digunakan sebagai target *output*.
2. Melakukan proses propagasi maju untuk memperoleh *error* atau selisih antara luaran jaringan dengan target *output*.
3. Melakukan propagasi balik untuk menghitung perubahan bobot, namun pada tahap ini nilai bobot baru hanya disimpan sementara atau tidak lagi merubah bobot pada jaringan.
4. Menghitung perubahan pada *input* menggunakan persamaan 16 berikut.

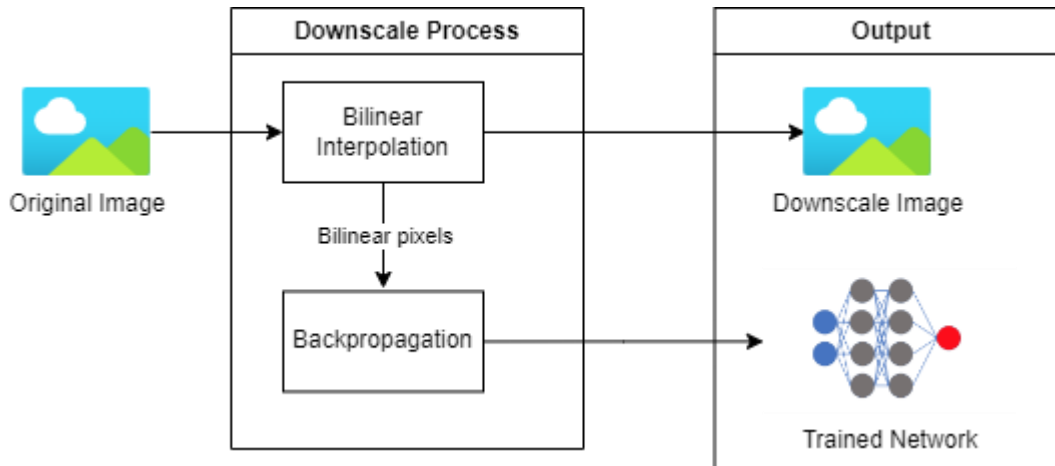
$$\Delta x_i = \alpha \left( \sum \delta_j v_{ij} \right) \dots \dots \dots (16)$$

5. Melakukan koreksi pada *input* sebagai hasil dari rekonstruksi.

$$x_i = x_i + \Delta x_i \dots \dots \dots (17)$$

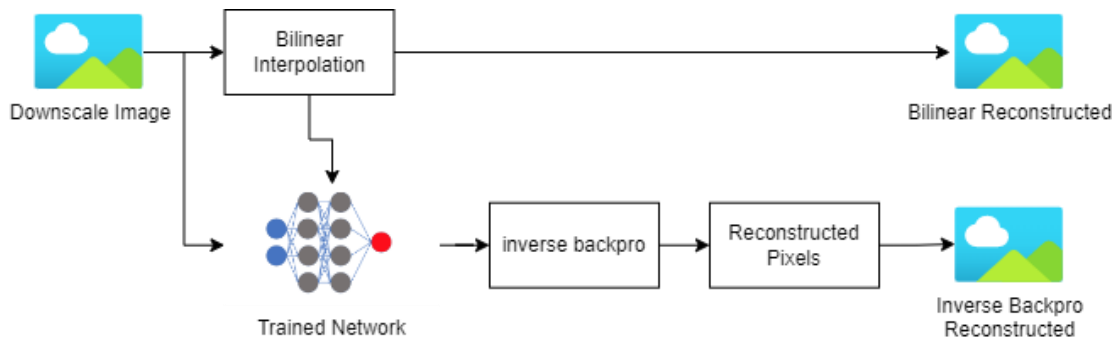
## 2.4. Model Rekonstruksi

Rekonstruksi yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi dua proses utama, yaitu proses rekonstruksi menggunakan *upscale* dari metode *Bilinear interpolation* dan rekonstruksi menggunakan *inverse backpropagation* yang telah dilatih pada saat proses *downscale*.



Gambar 3 Proses Downscale

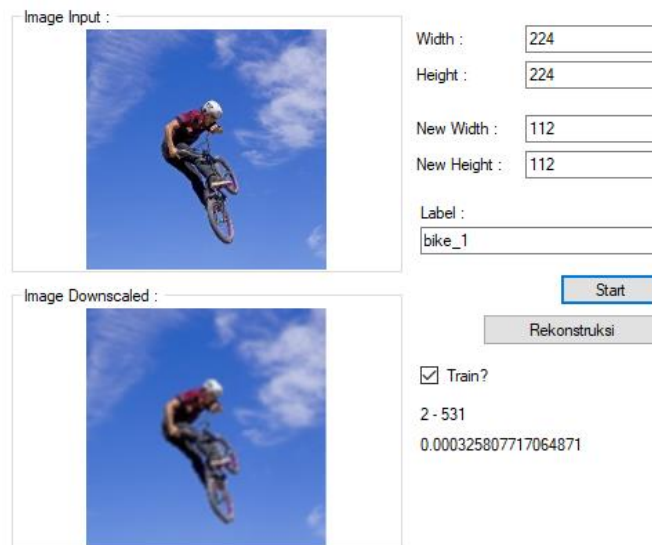
Proses *downscale* pada citra *input* dilakukan dengan menerima original image sebagai citra *input* yang kemudian melakukan *downscale* menggunakan *bilinear interpolation*. Selama proses *downscale* menggunakan *bilinear interpolation*, piksel – piksel yang diproses akan digunakan untuk melatih jaringan *backpropagation* yang kemudian *output* hasil *downscale* adalah citra yang telah di *downscale* dan jaringan yang telah dilatih yang dapat digunakan untuk proses rekonstruksi.



Gambar 4 Proses Upscale

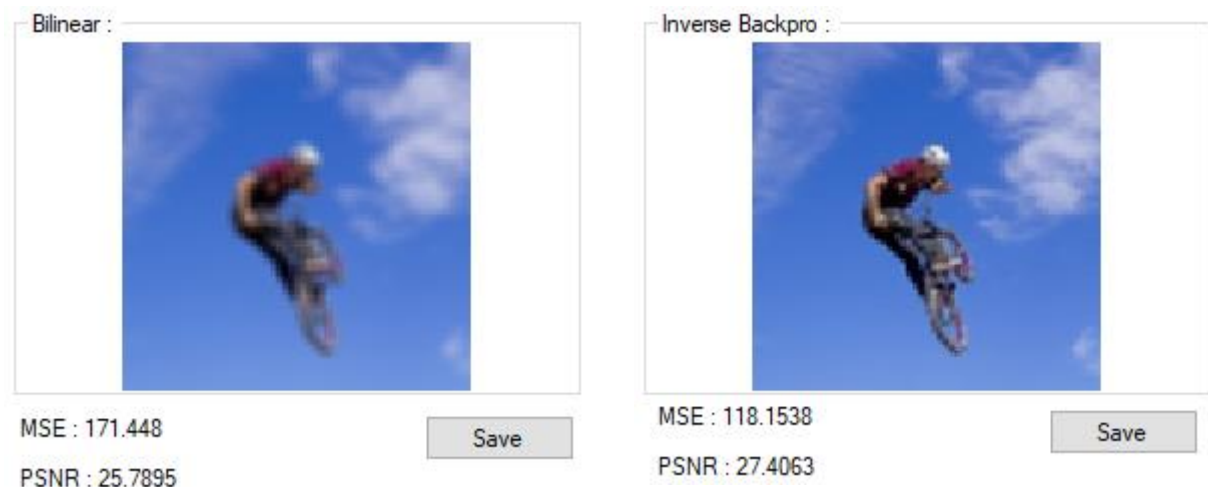
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum, sistem yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari empat proses utama, yaitu proses *downscale*, proses *backpropagation training*, proses rekonstruksi *inverse backpropagation* dan proses rekonstruksi *bilinear interpolation*. Proses *downscale* sepenuhnya menggunakan metode *Bilinear interpolation* untuk memperoleh citra hasil yang telah di *downscale* yang kemudian akan direkonstruksi kembali menggunakan *inverse backpropagation*. Informasi proses *downscale* kemudian akan digunakan untuk melatih jaringan *backpropagation* yang mana akan terdiri tiga buah jaringan terpisah untuk masing – masing kanal RGB. Jaringan yang ditraining akan menjadi *output* seiring dengan citra hasil *downscale*.



**Gambar 5 Proses Training**

Proses rekonstruksi dilakukan menggunakan dua proses, proses pertama adalah rekonstruksi menggunakan *Bilinear interpolation* yang kemudian dilanjutkan dengan rekonstruksi menggunakan inverse backpropagation.



**Gambar 6 Hasil Rekonstruksi**

Pengujian dilakukan untuk menguji model rekonstruksi yang dikembangkan pada penelitian ini. Adapun pengujian akan menggunakan beberapa citra yang berbeda – beda untuk melihat perbandingan kualitas dari rekonstruksi *Bilinear interpolation* biasa dengan rekonstruksi menggunakan inverse backpropagation.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa secara garis besar model rekonstruksi yang dikembangkan menggunakan *inverse backpropagation* dapat memberikan hasil rekonstruksi yang lebih baik dibandingkan dengan rekonstruksi menggunakan *bilinear interpolation*. Adapun perbandingan nilai MSE dan PSNR antara

rekonstruksi menggunakan *Bilinear interpolation* dan *inverse backpropagation* dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

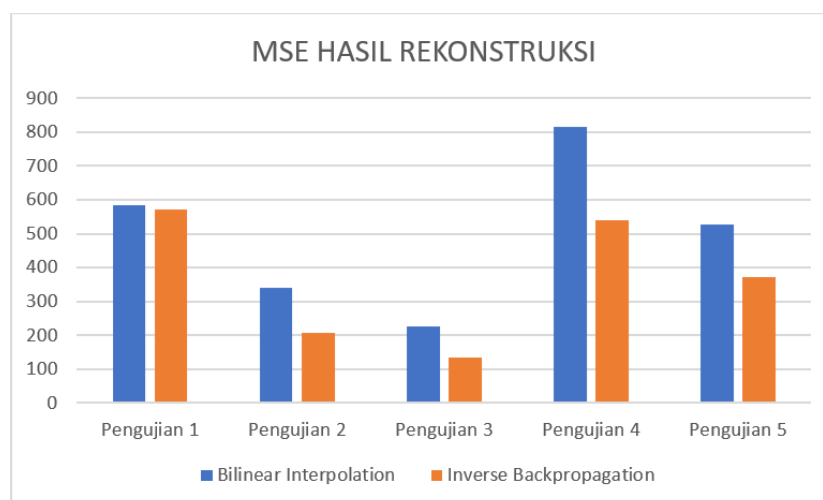
**Tabel 1 Perbandingan MSE Hasil Rekonstruksi**

Pengujian	<i>Bilinear Interpolation</i>	<i>Inverse Backpropagation</i>
Pengujian 1	584.52	572.91
Pengujian 2	338.95	207.01
Pengujian 3	224.97	134.42
Pengujian 4	814.79	540.86
Pengujian 5	527.73	372.36

**Tabel 2 Perbandingan MSE Hasil Rekonstruksi**

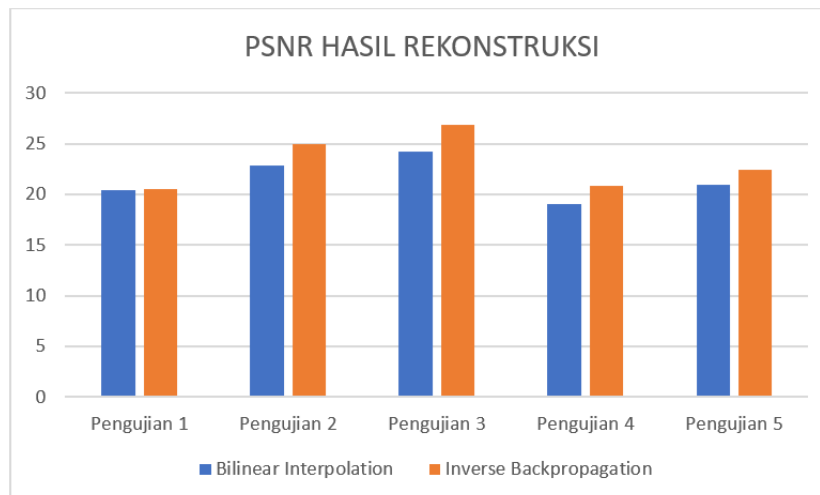
Pengujian	<i>Bilinear Interpolation</i>	<i>Inverse Backpropagation</i>
Pengujian 1	20.46	20.55
Pengujian 2	22.83	24.97
Pengujian 3	24.24	26.85
Pengujian 4	19.02	20.8
Pengujian 5	20.91	22.42

Adapun grafik perbandingan MSE antara rekonstruksi *Bilinear interpolation* dan *inverse backpropagation* dapat dilihat pada gambar 7 dan 8.



**Gambar 7 Grafik perbandingan MSE hasil rekonstruksi**





**Gambar 8 Grafik perbandingan PSNR hasil rekonstruksi**

Pada hasil pengujian diatas, MSE hasil rekonstruksi pada model *inverse backpropagation* memberikan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan model rekonstruksi menggunakan *bilinear interpolation*. Penurunan terendah dapat dilihat pada pengujian 1 dimana MSE yang dihasilkan oleh model *inverse backpropagation* adalah sebesar 572.91 dibandingkan dengan *Bilinear interpolation* biasa. Penurunan paling tinggi dapat dilihat pada pengujian tiga dimana skor MSE yang dihasilkan adalah 134.42 berbanding 224.97. Pada penilaian PSNR, model *inverse backpropagation* memberikan nilai PSNR yang lebih tinggi dibandingkan dengan model *Bilinear interpolation* biasa dimana perbedaan terkecil dapat dilihat pada pengujian 1 yaitu 20.55 berbanding 20.46 dan perbedaan terbesar dapat dilihat pada pengujian 3 yaitu 26.85 berbanding 24.24.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap model rekonstruksi menggunakan *inverse backpropagation* dapat dilihat bahwa perbedaan atau selisih antara hasil rekonstruksi pada *inverse backpropagation* memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan rekonstruksi menggunakan *Bilinear interpolation* biasa dimana pada semua citra pengujian nilai MSE dan PSNR pada rekonstruksi *inverse backpropagation* memberikan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan rekonstruksi menggunakan *Bilinear interpolation* biasa. Hal ini dapat dilihat dari perhitungan nilai MSE dan PSNR antara rekonstruksi menggunakan *Bilinear interpolation* dan model *inverse backpropagation*. Pada nilai MSE, model *inverse backpropagation* memberikan penurunan terendah sebesar 1.98 % dari pengujian 1 dan penurunan terbesar sebesar 40.25 % dari pengujian 3. Pada nilai PSNR, model *inverse backpropagation* mampu memberikan peningkatan terendah sebesar 0.44 % dari pengujian 1 dan peningkatan terbesar sebesar 9.72% dari pengujian 3 sehingga secara garis besar model *inverse backpropagation* yang digunakan pada penelitian ini dapat memberikan peningkatan kualitas pada rekonstruksi citra menggunakan *bilinear interpolation*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Harapan Medan yang telah memberi dukungan financial terhadap penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Mohammad, A. Al-Haj and M. Farfoura, "An improved capacity data hiding technique based on image interpolation," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 78, no. 6, pp. 7181-7205, 2019.
- [2] E. Agustsson and R. Timofte, "Ntire 2017 challenge on single image super-resolution: Dataset and study," in *In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops*, 2017.
- [3] H. Kim, M. Choi, B. Lim and K. M. Lee, "Task-aware image downscaling," in *In Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 2018.
- [4] G. Chen, H. Zhao, C. K. Pang, T. Li and C. Pang, "Image scaling: how hard can it be?," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 129452-129465, 2019.
- [5] E. Dunic, S. Grgic and M. Grgic, "Hidden influences on image quality when comparing interpolation methods," in *In 2008 15th International Conference on Systems, Signals and Image Processing*, 2008.
- [6] P. A. Dilip, K. Rameshbabu, K. P. Ashok and S. A. Shivdas, "Bilinear interpolation image scaling processor for VLSI architecure," *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems*, vol. 3, no. 3, 2014.
- [7] K. H. Kim, P. S. Shim and S. Shin, "An alternative *Bilinear interpolation* method between spherical grids," *Atmosphere*, vol. 10, no. 3, p. 123, 2019.
- [8] F. Yan, S. Zhao, S. E. Venegas-Andraca and K. Hirota, "Implementing *Bilinear interpolation* with quantum images," *Digital Signal Processing*, vol. 117, p. 103149, 2021.
- [9] D. Khaledyan, A. Amirany, K. Jafari, M. H. Moaiyeri, A. Z. Khuzani and N. Mashhadi, "Low-Cost Implementation of Bilinear and Bicubic Image Interpolation for Real-Time Image Super-Resolution," in *In 2020 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, 2020.
- [10] W. Sun and Z. Chen, "Learned image downscaling for upscaling using content adaptive resampler," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 29, pp. 4027-4040, 2020.
- [11] M. Xiao, S. Zheng, C. Liu, Y. Wang, D. He, G. Ke, ... and T. Y. Liu, "Invertible image rescaling," in *In European Conference on Computer Vision*, Cham, 2020.