

APLIKASI ROF TOTAL VARIATION MENGGUNAKAN SPLIT BREGMAN UNTUK MENGURANGI NOISE PADA GAMBAR PEMBULUH DARAH KAPILER DALAM JARI MANUSIA

Mochammad Hafizh^{1,*}, Vita Kusumasari¹, Defri Ahmad²,

¹ Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Malang

² Jurusan Matematika, Universitas Negeri Padang

Email: moch.hafizh.fmipa@um.ac.id (M. Hafizh), vita.kusumasari.fmipa@um.ac.id (V. Kusumasari), defri.ahmad88@gmail.com (D. Ahmad)

* Corresponding Author

Abstract

An image might have noises that could lose important information on that image. As a consequence, we need a consistent method to reduce the noise without erasing the important information. In this paper, ROF Total Variation using Split Bregman is applied to the image to reduce the noise. We choose the monochrome image of the human capillaries on the fingertips.

Keywords: noise, image, capillaries, ROF Total variation, Split Bregman method

Submitted: 06 January 2020; Revised: 27 March 2020; Accepted Publication: 24 April 2020;

Published Online: July 2020

DOI: 10.17977/um055v1i1p33-36

PENDAHULUAN

Suatu gambar sangat dimungkinkan memiliki noise. Noise muncul dapat diakibatkan oleh kurang bagusnya pencahayaan, alat pemotret gambar, atau gambar yang mengalami penurunan kualitas karena usia. Munculnya noise pada suatu gambar dapat mengaburkan atau bahkan menghilangkan informasi penting pada gambar. Jika suatu gambar memiliki noise dan tidak dimungkinkan untuk diulangi pengambilan gambar, maka cara yang terbaik adalah dengan mengurangi atau menghilangkan noise pada gambar. Namun, terkadang proses mengurangi atau menghilangkan noise pada gambar dapat mengakibatkan hilangnya pula informasi penting pada gambar. Oleh sebab itu, metode yang konsisten diperlukan untuk mengurangi noise pada gambar dengan berusaha menjaga informasi yang penting tidak hilang juga. Fan (2019) mereview beberapa teknik untuk menghilangkan noise pada gambar, di antaranya teknik klasik, teknik transformasi, teknik variasional, atau teknik berbasis Convolutional Neural Network. Masing-masing teknik memiliki kelebihan dan kelemahannya, sangat bergantung pada kompleksitas gambar.

Proses mengurangi atau menghilangkan noise pada gambar dalam dunia medis sangatlah penting. Hal ini karena informasi penting dan akurat dari gambar tersebut akan dijadikan sebagai rujukan oleh dokter dalam membuat keputusan dalam menilai pasiennya. Jika terdapat ketidakakuratan keputusan dokter yang diakibatkan oleh noise, maka akibatnya akan sangat fatal, tidak hanya bagi pasien, tetapi juga bagi dokter, rumah sakit, dan beberapa pihak terkait lainnya.

Pada makalah ini, ROF Total Variation menggunakan Split Bregman diterapkan untuk menghilangkan noise pada gambar (Getreuer, 2012). Algoritma numerik pada masalah optimasi dengan kendala, yaitu Total Variasi, yang bertujuan untuk menghilangkan noise dapat ditemukan di tulisan Rudin (1992). Sedangkan algoritma iteratif Bregman untuk masalah minimisasi l_1 diteliti oleh Yin (2008). Split-Bregman juga dapat digunakan untuk

menyelesaikan beberapa masalah optimasi dengan kendala (Goldstein, 2009). Metode ROF Total Variation menggunakan Split Bregman secara umum adalah mencari suatu gambar yang tidak memiliki banyak noise atau osilasi, namun tidak jauh berbeda terhadap gambar yang memiliki noise. Secara khusus, metode tersebut diaplikasikan pada gambar monokrom dari pembuluh darah kapiler dalam jari manusia. Gambar monokrom adalah gambar yang di tiap pixelnya hanya memiliki satu nilai tertentu untuk rentang tertentu. Pembuluh darah kapiler dipilih untuk memudahkan diagnosa oleh dokter. Gambar pembuluh darah kapiler dalam makalah ini diperoleh menggunakan mikroskop.

ROF Total Variation Menggunakan Metode Split Bregman

ROF Total Variation dikenalkan oleh Rudin, Osher, dan Fatemi untuk mengurangi suatu noise pada gambar. Misalkan g adalah gambar yang memiliki noise Gaussian, maka ROF Total Variation adalah mencari $z: \Omega \subseteq \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ dengan

$$z = \arg_{z \in VB(\Omega)} \min \left\{ \|z\|_{TV(\Omega)} + \frac{\gamma}{2} \int_{\Omega} (g(x) - z(x))^2 dx \right\}. \tag{1}$$

VB adalah himpunan semua gambar dengan variasi terbatasnya. $z \in VB(\Omega)$ jika dan hanya jika terdapat suatu Dz yang memenuhi

$$\int_{\Omega} z(x) \operatorname{div} p(x) dx = - \int_{\Omega} \langle p(x), Dz(x) \rangle.$$

Sedangkan,

$$\|z\|_{TV(\Omega)} := \sup \left\{ \int_{\Omega} z \operatorname{div} p dx : p \in C_c^1(\Omega, \mathbb{R}^2)^2, \sqrt{p_1^2 + p_2^2} \leq 1 \right\}.$$

Mencari solusi dari (1) secara numerik tidaklah mudah. Oleh sebab itu, Metode Split Bregman digunakan untuk membantu mencari solusi dari (1) secara numerik.

Iterasi Bregman adalah teknik pencarian solusi dari

$$\arg_z \min L(z)$$

dengan konstrain $K(z) = 0$, dimana L dan K adalah konveks fungsional di suatu ruang Hilbert.

Jika $K(z) = \frac{1}{2} \|Az - g\|_2^2$ adalah linear, dengan A adalah suatu matrix, maka iterasi Bregman secara sederhana adalah

$$z^0 \in \mathbb{R}^n, c^0 = 0$$

Untuk $n = 0, 1, \dots$ lakukan:

$$z^{n+1} = \arg \min_v \left\{ L(z) + \frac{\theta}{2} \|Az - g + c^n\|_2^2 \right\}$$

$$c^{n+1} = c^n + Az^{n+1} - g$$

Penerapan Metode Split Bregman pada ROF Total Variation adalah sbegai berikut. Pertama adalah secara diskrit, total variation didekati dengan

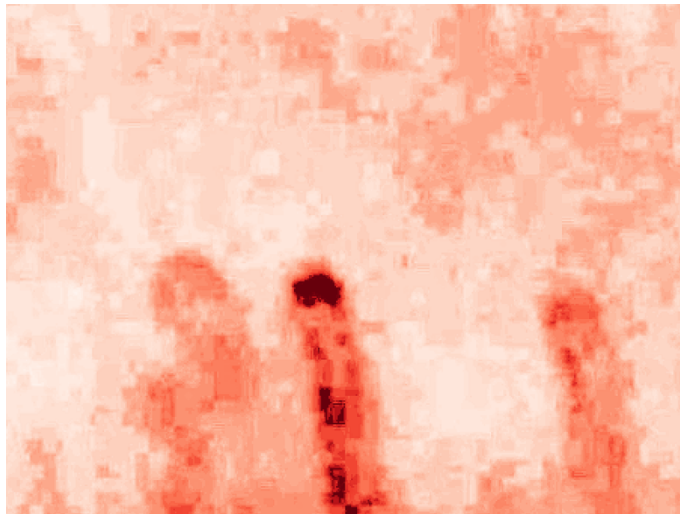
$$\|z\|_{TV(\Omega)} \approx \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{N-1} |\nabla z_{n,m}|.$$

Berikutnya adalah men-*split* ROF Total Variation dan menerapkan iterasi Bregman, diperoleh masalah optimasi sebagai berikut:

$$\arg_{q,z} \min \left\{ \sum_{n,m} |q_{n,m}| + \frac{\gamma}{2} \sum_{n,m} (g_{n,m} - z_{n,m})^2 + \frac{\theta}{2} \sum_{n,m} |q_{n,m} - \nabla z_{n,m} - c_{n,m}|^2 \right\}, \tag{2}$$

dengan $c^{k+1} = c^k + \nabla z - q$. Persamaan (2) diselesaikan secara terpisah untuk q dan z . Pertama, asumsikan z sebagai konstanta, maka persamaan (2) adalah permasalahan optimasi

satu variabel, yaitu q . Berikutnya, q yang diperoleh dari langkah sebelumnya, ditetapkan sebagai konstanta dan persamaan (2) dicari optimasinya untuk variabel z .



Gambar 1. Foto Pembuluh darah kapiler dalam jari manusia yang diambil menggunakan mikroskop.



Gambar 2. Hasil yang diperoleh setelah menghilangkan noise.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuluh darah kapiler dalam jari manusia difoto menggunakan mikroskop, seperti terlihat dalam Gambar 1 yang memiliki resolusi 1356×1810 . Terlihat dengan jelas keberadaan beberapa noise pada hasil foto tersebut. Foto pada Gambar 1 ditetapkan sebagai $g: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$. Hal ini dapat dilakukan karena foto pada Gambar 1 berupa *grayscale*. Foto ini memiliki suatu nilai antara 0 sampai 255 di setiap pixelnya. Rentang nilai ini kemudian dipadatkan menjadi rentang antara 0 dan 1 dengan melakukan transformasi linear.

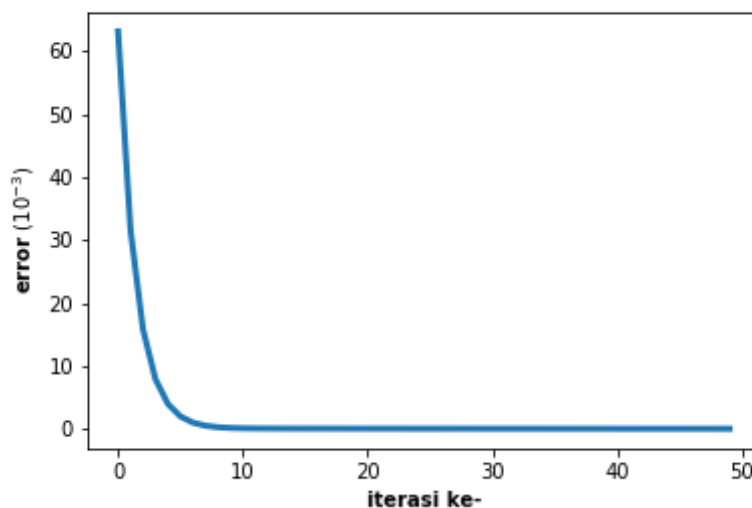
Berikutnya, solusi dari persamaan (2) dicari secara numerik. Hasilnya adalah $z^{(M)}$, yang ditunjukkan oleh foto pada Gambar 2. Hasil pada Gambar 2 adalah foto yang diperlihatkan setelah iterasi ke-10,000. Terlihat bahwa noise sudah berkurang yang mengakibatkan pembuluh darah semakin jelas terlihat.

Salah satu kelemahan metode ini adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk menuju solusi foto stasioner z^k . Hal ini ditunjukkan dengan diperolehnya Gambar 2 dengan noise yang berkurang ketika iterasi mencapai 10,000. Salah satu indikator menentukan berhentinya iterasi adalah dengan menghitung error. Dikarenakan z^k tidak diketahui, maka error dihitung sebagai berikut:

$$error^{(k)} = \frac{\sqrt{\sum_{i,j} (z_{ij}^{(k)} - z_{ij}^{(k-1)})^2}}{1356 \times 1810}$$

dengan $i = 1, 2, \dots, 1356$, $j = 1, 2, \dots, 1810$, dan $k = 1, 2, 3, \dots$

Hasil penghitungan error dapat dilihat pada Gambar 3. Dari grafik di Gambar 3, terlihat bahwa error turun secara drastis untuk lima iterasi pertama, dari 60×10^{-3} menuju 3.7×10^{-3} . Grafik kemudian mulai stabil menuju nol setelah iterasi ke lima. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan yang kecil. Akan tetapi, jika iterasi dihentikan lebih awal, beberapa noise masih terlihat. Oleh sebab itu, iterasi baru dihentikan ketika iterasi ke-10,000. Rata-rata waktu yang diperlukan oleh komputer untuk menyelesaikan penghitungan adalah 0.51 detik/iterasi.



Gambar 3. Grafik error dari iterasi ke-1 sampai 49.

PENUTUP

ROF Total Variation menggunakan Split Bregman dapat mengurangi noise pada gambar pembuluh darah kapiler dalam jari manusia. Meskipun dibutuhkan sekitar 10,000 iterasi untuk mencari solusi persamaan (2), namun hasilnya menunjukkan bahwa noise telah berkurang. Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dicari metode yang dapat mengefisienkan banyaknya iterasi dan metode yang konsisten untuk menentukan berhentinya iterasi.

DAFTAR RUJUKAN

- Fan, L., dkk (2019). Brief Review of Image Denoising Techniques. *Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art*.
- Getreuer, P. (2012). Rudin-Osher-Fatemi Total Variation Denoising using Split Bregman. *Image Processing On Liner*.
- Goldstein, T., dan Osher, S. (2009). The Split Bregman Method for L1 Regularized Problems. *SIAM Journal on Imaging Sciences*, pp 288-307.
- Rudin, L.I., dkk (1992). Nonlinear Total Variation based noise removal algorithms. *Physica D*, pp 259-268.
- Yin, W., dkk (2008). Bregman Iterative Algorithms for l_1 Minimization with Applications to Compressed Sensing. *SIAM Journal on Imaging Sciences*, pp 143-168.