

# Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks

Andi Ilhamsyah Idris  
Computer Science  
Department of Mathematics  
Hasanuddin University

## Abstract

*Image to image translation* adalah sebuah *class* visi dan masalah grafik dimana tujuannya adalah untuk mempelajari pemetaan antara *input image* dan *output image* menggunakan *set train* pasangan gambar yang telah diselaraskan. Adapun untuk banyak *task*, data *train* tidak akan tersedia. Dengan menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam mensintesis foto dari *label maps*, merekonstruksi objek dari *edge map*, serta *colorizing image*.

## I. PENDAHULUAN

Banyak masalah dalam *image processing*, *computer graphics* serta *computer vision* yang dapat menerjemahkan *input image* menjadi *output image* yang sesuai. Misalnya *super resolution* dapat dianggap sebagai masalah pemetaan gambar *low resolution* ke *high resolution*, *colorizing* dapat dianggap sebagai masalah pemetaan gambar *gray scale* yang akan menjadi *color image*

Adapun metode yang akan digunakan pada penelitian ini untuk melakukan pemetaan dari suatu gambar input menjadi sebuah output gambar-gambar tujuan umum adalah metode *pix2pix*. *Pix2Pix GAN* telah didemonstrasikan pada berbagai tugas terjemahan gambar-ke-gambar seperti mengubah peta menjadi foto satelit, foto hitam putih menjadi warna, dan sketsa produk menjadi foto produk.

## II. RUMUSAN MASALAH

Dalam *technical report* ini, kami berfokus untuk mengetahui permasalahan dari *image to image translation*, sebagai contohnya untuk menerjemahkan foto *landscape* dari siang ke malam atau menerjemahkan gambar tersegmentasi ke foto. Dimana hal tersebut menjadi masalah yang menantang yang

membutuhkan pengembangan model khusus dan *loss function* untuk jenis *translation* yang dilakukan.

## III. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Generative Adversarial Network

GAN pertama kali diperkenalkan oleh [7] sebagai cara baru untuk melatih model generatif. Arsitektur GAN terdiri dari dua model, yaitu:

- Model generatif  $G$  yang menangkap distribusi data.
- Model diskriminatif  $D$  yang memperkirakan probabilitas bahwa sampel berasal dari data pelatihan dan bukan dari  $G$ .

Baik  $G$  dan  $D$  bisa menjadi fungsi pemetaan non-linier, seperti *multi-layer perceptron*.

Untuk mempelajari distribusi generator  $p_g$  melalui data  $x$ , generator membangun fungsi pemetaan dari distribusi *noise* sebelumnya  $p_z(Z)$  ke ruang data sebagai  $G(z; \theta_g)$ . Dan *discriminator*  $D(x; \theta_d)$ , mengeluarkan skalar tunggal yang mewakili probabilitas bahwa  $x$  berasal dari data pelatihan, bukan  $p_g$ .

$G$  dan  $D$  keduanya dilatih secara bersamaan, lalu penyesuaian parameter  $G$  untuk meminimalkan  $\log 1 - D(G(z))$  dan penyesuaian parameter  $D$  untuk meminimalkan  $\log D(X)$

seolah-olah mereka mengikuti min-max dua pemain permainan dengan nilai fungsi

### B. Conditional Generative Adversarial Network

Conditional Adversarial Networks atau Conditional Generative Adversarial Network (cGAN) adalah jenis GAN yang melibatkan syarat generasi dari gambar oleh model generator. GAN mengandalkan generator yang belajar menghasilkan gambar baru, dan diskriminator yang belajar membedakan gambar sintetis dari gambar nyata. [5]

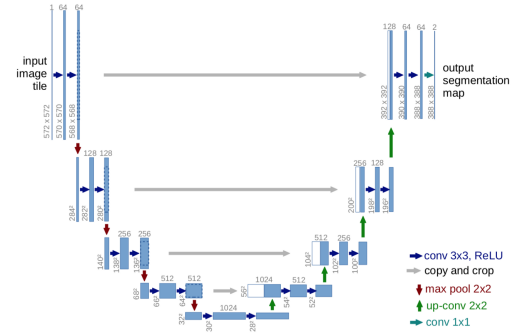
### C. Pix2Pix GAN

Pix2Pix GAN sendiri berarti *pixel to pixel* yang berarti dalam sebuah gambar dibutuhkan satu *pixel*, lalu mengubahnya menjadi *pixel* lain. Tujuan dari model ini adalah untuk mengkonversi dari satu gambar ke gambar lain atau bisa juga dianggap tujuannya untuk mempelajari pemetaan dari gambar input hingga ke gambar output.

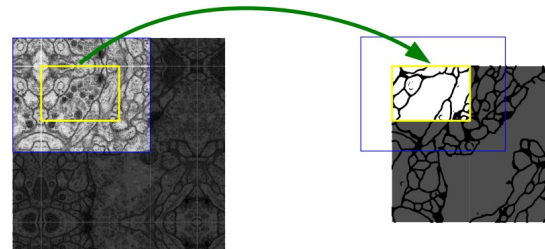
### D. U-Net

*U-Net* pertama kali diperkenalkan oleh [6] untuk menjawab permasalahan dalam melokalisasi dan membedakan batas pada citra dengan melakukan klasifikasi pada setiap piksel, sehingga input dan output berbagi ukuran yang sama. Arsitektur *U-Net* diilustrasikan pada fig:unet-archi terdiri dari,

- *Contracting Path* (sisi kiri dari fig:unet-archi) yang terdiri dari lapisan konvolusi yang menurunkan sampel data saat mengekstrak informasi.
- *Expansive path* (sisi kanan dari fig:unet-archi) yang terbuat dari lapisan konvolusi transpos yang meningkatkan sampel informasi.



*Contracting Path* terdiri dari aplikasi berulang dari dua konvolusi  $3 \times 3$  (konvolusi tanpa *padding*), masing-masing diikuti oleh fungsi aktivasi *ReLU* dan operasi *max-pooling*  $2 \times 2$  dengan *stride* 2 untuk *downsampling*. Pada setiap langkah *downsampling*, jumlah fitur digandakan dan setiap langkah di *expansive path* terdiri dari *upsampling* peta fitur diikuti oleh konvolusi  $2 \times 2$  (“konvolusi-naik”) yang membagi dua jumlah saluran fitur, penggabungan dengan peta fitur yang dipangkas sesuai dari *contracting path*, dan dua  $2 \times 2$  konvolusi, masing-masing diikuti oleh *ReLU*. Pemangkasan diperlukan karena hilangnya piksel batas di setiap konvolusi. Pada lapisan terakhir, konvolusi  $1 \times 1$  digunakan untuk memetakan setiap vektor fitur 64-komponen ke jumlah kelas yang diinginkan. Secara total jaringan memiliki 23 lapisan convolutional. Untuk memungkinkan hasil segmentasi yang mulus dari peta segmentasi output (lihat fig:unet-example), penting untuk memilih ukuran *kernel* input sedemikian rupa sehingga semua operasi *max-pooling*  $2 \times 2$  diterapkan ke lapisan dengan ukuran (x, y) yang genap.



### E. PatchGAN Discriminator

Pada PatchGAN, alih-alih memprediksi seluruh gambar sebagai palsu atau nyata pada diskriminator, model mengambil  $N \times N$  gambar dan memprediksi setiap *pixel* pada *patch* itu sebagai asli atau palsu. PatchGAN memiliki lebih sedikit parameter dan berjalan lebih cepat daripada mengklasifikasikan seluruh gambar. [4]

### F. Loss Function

Adapun *loss function* dari *generator network* sebagai berikut

$$\mathcal{L}_{cGAN}(G, D) = E_{x,y}[\log D(x, y)] + E_{x,z}[\log(1 - D(x, G(x, z)))] \quad (1)$$

Persamaan di atas memiliki dua komponen: satu untuk diskriminator dan yang lainnya untuk generator. Dalam setiap GAN diskriminator dilatih terlebih dahulu di setiap iterasi sehingga dapat mengenali data asli dan palsu sehingga dapat membedakan atau mengklasifikasikan di antara mereka. Di antaranya,

$$D(x, y) = 1 \text{ adalah asli} \quad (2)$$

$$D(x, G(z)) = 0 \text{ adalah palsu} \quad (3)$$

Perlu dicatat bahwa  $G(z)$  juga akan menghasilkan sampel palsu dan dengan demikian nilainya akan mendekati nol. Secara teori, diskriminator harus selalu mengklasifikasikan  $G(z)$  sebagai nol saja. Jadi pembeda harus menjaga jarak maksimum antara asli dan palsu, dengan kata lain diskriminator harus memaksimalkan *loss function*.

Setelah diskriminator, generator akan di *train*. Generator yaitu  $G(z)$  harus belajar untuk menghasilkan sampel yang lebih dekat dengan sampel sebenarnya. Untuk mempelajari distribusi asli dibutuhkan bantuan dari diskriminator yaitu  $D(x, G(z)) = 0$ , dan diubah menjadi  $D(x, G(z)) = 1$ .

Dengan perubahan pelabelan, generator sekarang mengoptimalkan parameternya sehubungan dengan parameter milik diskriminator dengan label *ground truth*. Tahap ini memastikan bahwa generator sekarang dapat menghasilkan sampel yang mendekati data nyata yaitu 1.

*loss function* juga dicampur dengan *L1 loss* sehingga generator tidak hanya menipu diskriminator tetapi juga menghasilkan gambar yang mendekati *ground truth*, yang pada intinya *loss function* memiliki tambahan *L1 loss* untuk generator [1].

$$\mathcal{L}_{L1}(G) = E_{x,y,z}[\|y - G(x, z)\|_1] \quad (4)$$

dan hasil final dari *loss function* sebagai berikut,

$$G^* = \operatorname{argmin}_G \max_D \mathcal{L}_{cGAN}(G, D) + \lambda \mathcal{L}_{L1}(G) \quad (5)$$

## IV. RESEARCH METHODOLOGY

### A. Dataset

Pada penelitian ini, dataset yang digunakan adalah *dataset maps*. Setiap gambar pada dataset ini berukuran 600x1200 pixel dan merupakan citra RGB. Setiap gambar ini tersusun atas citra *satelit* dan citra satelit dalam bentuk peta yang merepresentasikan citra satelit sebelumnya yang masing masing berukuran 600x600 pixel. Citra peta akan menjadi *input* bagi model yang dibangun. Hasil dari model ini akan berupa gambar sintesis dari citra *satelit* yang asli.

### B. Model

Pada metode ini, terdapat 2 arsitektur yang digunakan yakni *generator* yang menggunakan arsitektur U-Net *discriminator* yang menggunakan Patch GAN. U-Net pada *generator* terdiri dari sebuah *encoder* dan *decoder*. Setiap *block* pada *encoder* terdiri dari *convolution*, *batch normalization* dan menggunakan fungsi aktivasi *Leaky ReLU*. Pada blok *decoder*, terdapat *layer transposed convolution*, *Batch Normalization* dan *Dropout*

yang diaplikasikan pada 3 blok pertama. Di antara *encoder* dan *decoder* terdapat *skip connections* seperti pada U-Net.

PatchGAN *classifier* pada *discriminator* berfungsi untuk mengklasifikasikan setiap *patch* pada gambar apakah asli atau palsu. Setiap blok pada *discriminator* terdiri dari *layer* konvolusi, *batch normalization* dan fungsi aktivasi berupa *Leaky ReLU*. *Discriminator* akan menerima 2 input:

- *input image* dan *target image* yang harus diklasifikasikan sebagai gambar asli
- *input image* dan *generated image* (dihasilkan oleh *generator*) yang harus diklasifikasikan sebagai gambar palsu

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pembangunan model dan melakukan *train* terhadap *dataset* latih, maka selanjutnya dilakukan proses pengujian terhadap *dataset* uji. *fig:map-to-aerial* menunjukkan hasil pengaplikasian model *pix2pix* ke 5 citra peta berbeda. Secara sekilas, model *pix2pix* yang dibangun mampu menciptakan gambar *aerial* sintetis yang mirip dengan aslinya. Pada *input image* yang pertama, model menghasilkan citra satelit yang sedikit mirip dengan citra aslinya. Namun hasil yang diperoleh menunjukkan citra satelit yang dihasilkan lebih menyerupai citra satelit pada daerah pedesaan dibandingkan dengan citra satelit yang asli yang lebih menyerupai daerah perkotaan. Pada *input image* yang kedua, keempat dan kelima, citra satelit sintetis yang dihasilkan lebih menyerupai citra satelit aslinya. Begitu pula pada *input image* yang ketiga, citra yang dihasilkan sangat mirip dengan citra satelit aslinya.



## VI. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian terkait model *Pix2Pix*, dapat disimpulkan bahwa model *Pix2Pix* dapat memberikan hasil yang baik. Model tersebut mampu menghasilkan citra sintesis yang sangat mirip dengan citra yang asli khususnya dalam implementasinya pada *dataset maps*. Selain itu, model ini juga bersifat universal dalam artian dapat diterapkan dalam berbagai kasus *image to image translation*.

## APPENDIX

### A. Implementasi Model

Model *pix2pix* yang dibangun diimplementasikan melalui bahasa pemrograman Python. *Source code* dari model ini tersedia pada tautan <https://github.com/yukiao/Pengantar-Deep-Learning/tree/main/Final%20Term>

Setiap konvolusi yang dilakukan akan menggunakan *filter* berukuran 4x4 dengan *stride* 2. Proses konvolusi pada *encoder* dan *discriminator*, akan mengalami *downsample* dengan faktor 2, sedangkan pada *decoder* akan mengalami *upsample* dengan faktor 2.

### B. Detail Pelatihan

Setiap gambar input akan diresize menjadi ukuran 256x256. Setelah itu akan diaplikasikan *random jitter* yakni mengubah ukuran gambar menjadi 286x286 dan secara acak akan dipotong menjadi berukuran 256x256. Parameter weights diinisialisasikan dengan menggunakan fungsi distribusi Gaussian dengan mean 0 dan standar deviasi 0.02.

**Maps ↔ Aerial.** Terdapat 1096 gambar pada *dataset* latih yang dapat diunduh dari <http://efrosgans.eecs.berkeley.edu/pix2pix/datasets/maps.tar.gz>. Data dilatih dengan *batch size* 1 dengan *loss function* yang digunakan adalah Adam.

## REFERENCES

- [1] Isola, P., Zhu, J. Y., Zhou, T., Efros, A. A. (2017). Image-to-image translation with conditional adversarial networks. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 1125-1134).
- [2] Liu, M. Y., Breuel, T., Kautz, J. (2017). Unsupervised image-to-image translation networks. Advances in neural information processing systems, 30.
- [3] Brownlee, J. (2019, July 29). MEMAHAMI PIX2PIX GAN - BLOG. Machine Learning Mastery. Retrieved June 21, 2022, from <https://id.quish.tv/understanding-pix2pix-gan>
- [4] Gopalani, P. (2021, December 27). Understanding Pix2Pix GAN - Artificial Intelligence in Plain English. Medium. Retrieved June 21, 2022, from <https://ai.plainenglish.io/understanding-pix2pix-gan-e21c2bedd213>
- [5] Abbasi, N. (2022, June 20). What is a Conditional GAN (cGAN)? Educative: Interactive Courses for Software Developers. Retrieved June 21, 2022, from <https://www.educative.io/answers/what-is-a-conditional-gan-cgan>
- [6] Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. (2015, October). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention (pp. 234-241). Springer, Cham.
- [7] Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. Advances in neural information processing systems, 27.