



HYBRID QUANTUM CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK ANALISIS CITRA RONTGEN PARU-PARU

ARIQ ISLAM ALFAJRI



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “*Hybrid Quantum Convolutional Neural Network* untuk Analisis Citra Rontgen Paru-Paru” adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir usulan penelitian ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2025

Ariiq Islam Alfajri
NIM G7401211094

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

ARIIQ ISLAM ALFAJRI. *Hybrid Quantum Convolutional Neural Network* untuk Analisis Cintra Rontgen Paru-paru. Dibimbing oleh SITTI YANI dan TONY IBNU SUMARYADA WIJAYA PUSPITA.

Penelitian ini bertujuan mendapatkan model *hybrid* antara komputasi klasik berupa *convolutional neural network* dengan komputasi kuantum yang berisi gerbang Rotasi-X, Rotasi-Y, Pauli-X, Pauli-Y, dan Pauli-Z dengan akurasi terbaik. Data penelitian ini berisi sekumpulan citra rontgen paru-paru yang terdiri dari kategori normal, *lung opacity*, dan viral pneumonia. Total data berjumlah 3,475 citra yang dibagi menjadi data latih dan data uji dengan perbandingan 80:20. Sebanyak sembilan jenis model dibuat untuk membandingkan dampak augmentasi data, penambahan gerbang kuantum, serta perbedaan penggunaan berbagai gerbang kuantum. Pembuatan seluruh model memberikan hasil bahwa model dengan augmentasi terhindar dari *overfitting*, model dengan penambahan gerbang kuantum memiliki akurasi yang lebih rendah dibanding tanpa menggunakan gerbang kuantum, serta model dengan gerbang kuantum yang memiliki akurasi terbaik adalah model dengan gerbang kuantum Rotasi-X dan Pauli-Z yang mendapatkan akurasi sebesar 87%.

Kata kunci: augmentasi data, citra rontgen, gerbang kuantum, klasifikasi citra, QCNN, paru-paru

ABSTRACT

ARIIQ ISLAM ALFAJRI. *Hybrid Quantum Convolutional Neural Network* untuk Analisis Cintra Rontgen Paru-paru. Supervised by SITTI YANI and TONY IBNU SUMARYADA WIJAYA PUSPITA.

This research aims to obtain the highest accuracy of a hybrid model between classical computing by convolutional neural network and quantum computing containing X-Rotation, Y-Rotation, Pauli-X, Pauli-Y, and Pauli-Z gates. The data contains lung X-ray images of ordinary, lung opacity, and viral pneumonia categories. Total data amounted to 3,475 images divided into training and test data with a ratio of 80:20. A total of nine models were created to compare the impact of data augmentation, the addition of quantum gates, and the difference in the use of various quantum gates. The creation of all models results in the model with augmentation avoiding overfitting, the model with the addition of quantum gates has a lower accuracy than without using quantum gates, and the model with quantum gates that has the best accuracy is the model with X-Rotation and Pauli-Z quantum gates that get an accuracy of 87%.

Keywords: data augmentation, image classification, QCNN, quantum gates, lung X-Ray image



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

HYBRID QUANTUM CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK ANALISIS CITRA RONTGEN PARU-PARU

ARIIQ ISLAM ALFAJRI

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Fisika

DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi

1. Dr. Faozan, M.Si.
2. Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.



Judul Skripsi : *Hybrid Quantum Convolutional Neural Network* untuk Analisis
Citra Rontgen Paru-Paru
Nama : Ariiq Islam Alfajri
NIM : G7401211094

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Sitti Yani, M.Si.
NIP. 198606242019032019



Pembimbing 2:

Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya
Puspita, M.Si.
NIP. 197205191997021001



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:

Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya
Puspita, M.Si.
NIP. 197205191997021001



Tanggal Ujian: 2025

Tanggal Lulus: 2025



PRAKATA

Alhamdulillah Rabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga penelitian dengan judul *"Hybrid Quantum Convolutional Neural Network untuk Analisis Citra Rontgen Paru-Paru"* berhasil diselesaikan. Divisi yang dipilih pada penelitian ini adalah divisi teori yang dilaksanakan dari bulan Mei 2024 hingga bulan Januari 2025.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Ibu Nora Karolina selaku orang tua penulis yang telah memberikan dukungan berupa moral, doa, dan kasih sayang, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
2. Ibu Dr. Sitti Yani, M.Si. selaku dosen pembimbing pertama dan Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya Puspita, M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang selalu membimbing, mendampingi, memotivasi, memberi saran, serta arahan kepada penulis selama penelitian ini.
3. Prof. Dr. Husin Alatas, M.Si., yang selalu memotivasi penulis dalam mendalami ilmu fisika.
4. Seluruh dosen dan civitas fisika lainnya yang sering bertemu dan berdiskusi dengan penulis sehingga menjadi motivasi penulis untuk menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan dan kekeliruan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan, Aamiin.

Bogor, Januari 2025

Ariiq Islam Alfajri



DAFTAR ISI

I	PENDAHULUAN	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Perumusan Masalah	2
	1.3 Tujuan Penelitian	2
	1.4 Manfaat Penelitian	2
	1.5 Ruang Lingkup Penelitian	2
II	TINJAUAN PUSTAKA	3
	2.1 <i>Lung Opacity</i>	3
	2.2 Viral Pneumonia	3
	2.3 Pencitraan Rontgen	3
	2.4 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	4
	2.5 <i>Quantum Computing</i>	6
III	METODE	8
	3.1 Waktu dan tempat	8
	3.2 Alat dan bahan	8
	3.3 Prosedur penelitian	8
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	14
	4.1 Hasil Prapemrosesan Data	14
	4.2 Hasil Pemodelan	16
	4.3 Perbandingan dan Evaluasi Model	19
V	SIMPULAN DAN SARAN	24
	5.1 Simpulan	24
	5.2 Saran	24
	DAFTAR PUSTAKA	25



DAFTAR TABEL

1	Beberapa gerbang kuantum	7
2	<i>Confusion matrix</i>	12
3	Pembagian data	14
4	Ringkasan struktur model tanpa lapisan kuantum	18
5	Ringkasan struktur model dengan lapisan kuantum	18
6	Evaluasi perbandingan augmentasi model dengan <i>confusion matrix</i>	20

DAFTAR GAMBAR

1	Contoh struktur CNN (Yopento <i>et al.</i> 2022)	4
2	Struktur <i>convolution layer</i> (Ketkar dan Moolayil 2021)	5
3	Struktur <i>pooling layer</i> (Ketkar dan Moolayil 2021)	5
4	Struktur <i>fully connected layer</i> (Ketkar dan Moolayil 2021)	6
5	Tahapan penelitian	8
6	Citra skala abu-abu dari masing-masing kategori	9
7	Konversi warna citra	14
8	Reduksi skala citra	15
9	Ilustrasi konversi citra menjadi matriks	15
10	Normalisasi data citra	15
11	Ilustrasi augmentasi data	16
12	Grafik <i>epoch</i> terhadap akurasi dan <i>loss</i> model klasik dengan augmentasi	19
13	Grafik <i>epoch</i> terhadap akurasi dan <i>loss</i> model klasik tanpa augmentasi	20
14	Grafik <i>epoch</i> terhadap akurasi dan <i>loss</i> model dengan lapisan kuantum berisi gerbang kuantum Rotasi-X dan Pauli-X	20
15	Grafik <i>epoch</i> terhadap akurasi dan <i>loss</i> model dengan lapisan kuantum berisi gerbang kuantum Rotasi-X dan Pauli-Y	21
16	Grafik <i>epoch</i> terhadap akurasi dan <i>loss</i> model dengan lapisan kuantum berisi gerbang kuantum Rotasi-X dan Pauli-Z	21
17	Grafik <i>epoch</i> terhadap akurasi dan <i>loss</i> model dengan lapisan kuantum berisi gerbang kuantum Rotasi-Y dan Pauli-X	21
18	Grafik <i>epoch</i> terhadap akurasi dan <i>loss</i> model dengan lapisan kuantum berisi gerbang kuantum Rotasi-Y dan Pauli-Y	22
19	Grafik <i>epoch</i> terhadap akurasi dan <i>loss</i> model dengan lapisan kuantum berisi gerbang kuantum Rotasi-Y dan Pauli-Z	22

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.