



STUDI PERFORMA *ADAPTIVE LEARNING RATE* MOMENTUM MODELS DAN SGD-M PADA KLASIFIKASI GAMBAR CIFAR-10 MENGGUNAKAN RESNET-20

ANISA NURHAJIZA



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 mengumumkan 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 “Studi Performa *Adaptive Learning Rate Momentum Models* dan SGD-M pada Klasifikasi Gambar CIFAR-10 Menggunakan ResNet-20” adalah 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 skripsi ini.

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

Bogor, Mei 2025

Anisa Nurhajiza
G5401211074



ABSTRAK

ANISA NURHAJIZA. Studi Performa *Adaptive Learning Rate Momentum Models* dan SGD-M pada Klasifikasi Gambar CIFAR-10 Menggunakan ResNet-20. Dibimbing oleh FAHREN BUKHARI dan SRI NURDIATI.

Pelatihan *deep neural networks* dalam skala besar membutuhkan sumber daya komputasi tinggi, terutama dalam penyetelan *learning rate*. *Stochastic Gradient Descent with Momentum* (SGD-M) merupakan salah satu metode optimasi yang umum digunakan, tetapi performanya sangat bergantung pada pemilihan *learning rate* yang tepat. Pendekatan adaptif seperti *Momentum Models* (MoMo) dikembangkan untuk menyesuaikan *learning rate* secara otomatis sehingga mengurangi kebutuhan *tuning hyperparameter*. Penelitian ini membandingkan performa SGD-M dan MoMo dalam klasifikasi CIFAR-10 menggunakan ResNet-20. Penelitian menunjukkan bahwa MoMo lebih unggul dengan mencapai *training loss* lebih rendah (0.1137) dan *validation accuracy* lebih tinggi (89.57%) pada *learning rate* $\alpha_0 = 1$, sementara SGD-M mencapai performa terbaik pada $\alpha_0 = 0.1$ dengan *training loss* 0.1912 dan *validation accuracy* 87.41%. MoMo juga memperluas rentang *learning rate* yang baik dengan tetap stabil pada *learning rate* tinggi $\alpha_0 = 10$, sedangkan SGD-M mengalami degradasi performa. Selain itu, MoMo lebih cepat dalam menurunkan *training loss* dan mencapai *validation accuracy* lebih tinggi sejak awal, menunjukkan adaptasi *learning rate* yang lebih efektif.

Kata kunci: CIFAR-10, *deep neural networks*, *learning rate*, MoMo, SGD-M.

ABSTRACT

ANISA NURHAJIZA. Performance Study of Adaptive Learning Rate Momentum Models and SGD-M in CIFAR-10 Image Classification Using ResNet-20. Supervised by FAHREN BUKHARI and SRI NURDIATI.

Training deep neural networks on a large scale requires significant computational resources, particularly in optimizing the learning rate. Stochastic Gradient Descent with Momentum (SGD-M) is a commonly used optimization method, but depends heavily on proper learning rate selection. Adaptive approaches such as the Momentum Models (MoMo) adjust the learning rate automatically, reducing the need for hyperparameter tuning. This study compares the performance of SGD-M and MoMo in CIFAR-10 classification using the ResNet-20 architecture. The results show that MoMo achieves a lower training loss (0.1137) and higher validation accuracy (89.57%) at $\alpha_0 = 1$, while SGD-M performs best at $\alpha_0 = 0.1$ with a training loss of 0.1912 and a validation accuracy of 87.41%. MoMo also extends the range of effective learning rates, remaining stable even at a high learning rate $\alpha_0 = 10$, whereas SGD-M suffers performance degradation. Additionally, MoMo reduces training loss more quickly and reaches higher validation accuracy earlier, demonstrating more effective learning rate adaptation.

Keywords: CIFAR-10, deep neural networks, learning rate, MoMo, SGD-M.



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 apa pun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025¹
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.



STUDI PERFORMA *ADAPTIVE LEARNING RATE* *MOMENTUM MODELS* DAN SGD-M PADA KLASIFIKASI GAMBAR CIFAR-10 MENGGUNAKAN RESNET-20

ANISA NURHAJIZA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika pada
Program Studi Matematika

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
Elis Khatizah S.Si., M.Si., Ph.D.



@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Skripsi : Studi Performa *Adaptive Learning Rate Momentum Models* dan
SGD-M pada Klasifikasi Gambar CIFAR-10 Menggunakan
ResNet-20

Nama : Anisa Nurhajiza
NIM : G5401211074

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Fahren Bukhari, M.Sc.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Sri Nurdianti, M.Sc.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Donny Citra Lesmana S.Si., M.Fin.Math.
NIP 197902272005011001



Tanggal Ujian: 5 Maret 2025

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah matematika komputasi dengan judul “Studi Performa *Adaptive Learning Rate Momentum Models* dan SGD-M pada Klasifikasi Gambar CIFAR-10 Menggunakan ResNet-20”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penelitian dan penyusunan karya ilmiah ini, antara lain kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Fahren Bukhari, M.Sc. dan Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Nurdianti, M.Sc. selaku pembimbing pertama dan kedua saya atas segala ilmu, bimbingan, motivasi, arahan, kritik, maupun sarannya sehingga karya ilmiah ini dapat terselesaikan dengan baik,
2. Ibu Elis Khatizah S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen penguji luar dalam ujian tugas akhir ini yang telah memberikan masukan dan perbaikan terhadap penulisan karya ilmiah ini,
3. seluruh dosen dan tenaga kependidikan Departemen Matematika FMIPA IPB atas semua ilmu dan bantuannya selama perkuliahan dan proses penyelesaian karya ilmiah ini,
4. Bapak Sumarno, Ibu Mintarsih, dan Mega Fitria Yulianti selaku ayah, ibu, dan kakak saya yang senantiasa mendukung dan mendoakan saya sepanjang hidup,
5. Aida Zaskia Febrianty, Sabrina, Salsabila Yonita, Shiva Ananda, Poppy Anggraini, Vivi Salma, dan Serefinala Pane selaku teman terdekat penulis yang telah menemani serta memberikan semua bantuan, motivasi, doa, dan pengalaman selama masa perkuliahan,
6. seluruh teman Matematika angkatan 58 yang sudah kebersamai saya dalam menempuh pendidikan di Departemen Matematika IPB atas doa dan dukungannya,
7. pihak-pihak lain yang telah membantu proses penyelesaian karya ilmiah ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2025

Anisa Nurhajiza



DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Stochastic Gradient Descent with Momentum (SGD-M)</i>	3
2.2 <i>Momentum Models for Learning Rate Adaptive</i>	4
2.2.1 Pendekatan Berbasis Model dalam MoMo	4
2.2.2 Momentum dan Metode Berbasis Model	5
2.2.3 <i>Polyak step size</i>	5
2.2.4 <i>Model-Based Momentum Methods</i>	5
2.2.5 <i>Model-Based Viewpoint of Momentum</i>	6
2.2.6 Penurunan MoMo	6
2.3 <i>Learning Rate</i>	8
2.4 <i>Loss Function</i>	9
2.5 <i>Epoch</i>	10
2.6 <i>Batch Size</i>	11
2.7 ResNet-20	11
2.8 Normalisasi Data	13
2.9 Augmentasi Data	13
2.10 <i>Accuracy</i>	13
2.11 <i>Seed</i>	13
III METODE	15
3.1 Dataset	15
3.2 Tahapan Penelitian	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
V SIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	26
RIWAYAT HIDUP	50



DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 1 Pengaruh <i>learning rate</i> terhadap optimasi (Ketkar dan Moolayil 2021)	9
2. Gambar 2 Struktur <i>Skip connection</i> dalam <i>residual block</i> ResNet (He et al. 2016)	12
3. Gambar 3 Sampel gambar untuk setiap kategori di CIFAR-10	15
4. Gambar 4 (a) Kurva <i>training loss</i> dan (b) <i>validation accuracy</i> berdasarkan uji rentang <i>learning rate</i>	19
5. Gambar 5 (a) <i>Training loss</i> dan (b) <i>validation accuracy</i> dengan pelatihan model terbaik	21

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran 1 Perbandingan hasil evaluasi pelatihan model klasifikasi CIFAR-10 dengan <i>optimizer</i> SGD-M dan MoMo pada (Rata-rata dari 3 <i>seed</i>)	27
2. Lampiran 2 Perbandingan <i>training loss</i> dan Validation Accuracypada <i>epoch</i> terakhir untuk model pelatihan dengan <i>optimizer</i> SGD-M dan MoMo pada berbagai variasi <i>learning rate</i> dan <i>seed</i>	35
3. Lampiran 3 Sintaks model pelatihan klasifikasi CIFAR-10 dengan arsitektur ResNet-20 serta <i>optimizer</i> SGD-M dan MoMo	35