

## Tugas Week 12 Machine Learning

Nama : Rizki Ramadhan

NIM : 1103213091

### CNN dengan Dataset FashionMNIST

Setelah melakukan pengujian dihasilkan berdasarkan kategori :

- A. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 3, Pooling: MaxPool2d, Optimizer: SGD, Epochs: 5,50,100,250,350 :

Hasil training model CNN dengan dataset FashionMNIST, kernel size 3, pooling MaxPool2d, dan optimizer SGD menunjukkan performa yang sangat baik. Pada epoch 5, model mencapai akurasi 90.72%, dan pada eksperimen dengan 50, 100, 250, dan 350 epoch, akurasi stabil di sekitar 92% dengan validation loss rendah (sekitar 0.32). Early stopping terpicu pada epoch ke-19 hingga ke-22, menunjukkan bahwa model mencapai titik optimal dengan sedikit peningkatan lebih lanjut meskipun jumlah epoch bertambah. Secara keseluruhan, model menunjukkan performa stabil dan akurasi tinggi tanpa overfitting.

- B. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 3, Pooling: MaxPool2d, Optimizer: RMSProp, Epochs: 5,50,100,250,350 :

Hasil training model CNN dengan dataset FashionMNIST, kernel size 3, pooling MaxPool2d, dan optimizer RMSProp menunjukkan peningkatan performa yang stabil. Pada epoch 5, model mencapai akurasi 84.28% dengan validation loss 0.4322, menunjukkan hasil yang cukup baik pada awal pelatihan. Pada eksperimen dengan 50 epoch, akurasi meningkat menjadi 87.69% meskipun validation loss sedikit menurun menjadi 0.4014. Early stopping terpicu pada epoch ke-17, menunjukkan model mencapai titik optimal lebih awal. Eksperimen dengan 100, 250, dan 350 epoch menunjukkan pola serupa, dengan akurasi stabil di sekitar 87%, meskipun validation loss sedikit meningkat di kisaran 0.418 hingga 0.4542. Early stopping yang konsisten pada hampir semua eksperimen menunjukkan bahwa model mencapai batas generalisasi lebih awal, namun performa tetap stabil dan tinggi.

- C. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 3, Pooling: MaxPool2d, Optimizer: Adam, Epochs: 5,50,100,250,350 :

Hasil training model CNN dengan dataset FashionMNIST, kernel size 3, pooling MaxPool2d, dan optimizer Adam menunjukkan performa yang sangat baik. Pada epoch 5, model mencapai akurasi 91.73% dengan validation loss 0.2347, menandakan pembelajaran yang cepat dan efisien. Pada eksperimen dengan 50 hingga 350 epoch, akurasi stabil di sekitar 91–92%, dengan validation loss berkisar antara 0.3922 hingga 0.4556. Early stopping terpicu pada epoch ke-14 hingga ke-16, menunjukkan bahwa model mencapai batas generalisasi lebih awal. Optimizer Adam memberikan hasil yang konsisten dengan akurasi tinggi dan stabil, menunjukkan kemampuan generalisasi yang baik pada konfigurasi ini. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 3, Pooling: AvgPool2d, Optimizer: SGD, Epochs: 5,50,100,250,350 :

Berdasarkan hasil training dengan berbagai konfigurasi optimizer, optimizer Adam menunjukkan performa terbaik. Pada eksperimen dengan Adam, model mencapai akurasi tertinggi 91.73% pada epoch 5, dengan validation loss yang rendah (0.2347) dan stabilitas tinggi dalam eksperimen dengan jumlah epoch lebih besar (91–92%). Meskipun ada sedikit peningkatan validation loss pada epoch yang lebih tinggi, akurasi tetap stabil, menunjukkan kemampuan generalisasi yang baik. Sementara itu, RMSProp dan SGD juga memberikan hasil yang baik, tetapi Adam secara konsisten menghasilkan akurasi lebih tinggi dan lebih stabil sepanjang epoch. Dengan demikian, Adam adalah pilihan terbaik di antara ketiganya.

D. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 3, Pooling: AvgPool2d, Optimizer: SGD, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 3, pooling AvgPool2d, dan optimizer SGD menunjukkan performa yang sangat baik dan stabil. Pada epoch 5, model mencapai loss 217.5431, validation loss 0.3031, dan akurasi 89.32%, menunjukkan pembelajaran awal yang cukup kuat. Akurasi terus meningkat seiring bertambahnya epoch, mencapai puncaknya pada 250 epoch dengan validation loss 0.2461 dan akurasi tertinggi sebesar 92.87%. Early stopping terpicu pada semua eksperimen, menunjukkan bahwa model mencapai titik optimal lebih awal tanpa overfitting yang signifikan. Konfigurasi ini menghasilkan generalisasi yang sangat baik, menjadikannya salah satu pengaturan paling optimal dalam eksperimen ini.

E. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 3, Pooling: AvgPool2d, Optimizer: RMSProp, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 3, pooling AvgPool2d, dan optimizer RMSProp menunjukkan performa yang cukup baik namun tidak optimal dalam meningkatkan akurasi dan generalisasi. Pada epoch 5, model mencapai loss 232.1168, validation loss 0.3122, dan akurasi 88.69%. Akurasi tertinggi tercapai pada 250 epoch dengan nilai 89.85% dan validation loss sebesar 0.3677. Validation loss cenderung fluktuatif, berkisar antara 0.3122 hingga 0.4201, sementara akurasi stagnan di sekitar 88–89%. Early stopping terpicu pada epoch ke-16 hingga ke-19 di semua eksperimen, menunjukkan bahwa model sulit untuk mencapai peningkatan signifikan meskipun pelatihan dilanjutkan. Secara keseluruhan, konfigurasi ini menghasilkan hasil yang stabil tetapi kurang optimal dibandingkan pengaturan terbaik lainnya.

F. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 3, Pooling: AvgPool2d, Optimizer: Adam, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 3, pooling AvgPool2d, dan optimizer Adam menunjukkan performa yang stabil dan sangat baik. Pada epoch 5, model mencatatkan loss 150.0197, validation loss 0.2266, dan akurasi 91.72%, menandakan pembelajaran awal yang efisien. Akurasi tertinggi tercapai pada 350 epoch dengan nilai 92.61% dan validation loss 0.3211. Validation loss tetap rendah di kisaran 0.3141 hingga 0.3547 sepanjang eksperimen, menunjukkan generalisasi yang baik. Early stopping terpicu pada epoch ke-16 hingga ke-19, menandakan bahwa model mencapai titik optimal lebih awal tanpa overfitting.

signifikan. Secara keseluruhan, konfigurasi ini dengan optimizer Adam menghasilkan akurasi tinggi dan generalisasi yang stabil, menjadikannya salah satu konfigurasi yang sangat efektif.

G. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 5, Pooling: MaxPool2d, Optimizer: SGD, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 5, pooling MaxPool2d, dan optimizer SGD menunjukkan performa yang sangat baik dan stabil. Pada epoch 5, model mencatatkan loss 160.1713, validation loss 0.2374, dan akurasi 91.34%, menunjukkan pembelajaran awal yang solid. Akurasi tertinggi tercapai pada eksperimen 50 epoch dengan nilai 92.38% dan validation loss 0.3344. Validation loss tetap rendah di kisaran 0.3079 hingga 0.3344, menunjukkan generalisasi yang baik tanpa overfitting signifikan. Early stopping terpicu pada epoch ke-17 hingga ke-20, menunjukkan bahwa model mencapai titik optimal lebih awal. Secara keseluruhan, konfigurasi ini memberikan hasil yang stabil dengan akurasi tinggi dan generalisasi yang baik.

H. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 5, Pooling: MaxPool2d, Optimizer: RMSProp, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 5, pooling MaxPool2d, dan optimizer RMSProp menunjukkan performa yang sangat buruk. Pada semua eksperimen, model gagal belajar dengan baik, dengan loss yang stagnan di sekitar 1727.7, validation loss di 2.303, dan akurasi hanya sekitar 10%, setara dengan tebakan acak. Early stopping terpicu di awal pelatihan, antara epoch 11 hingga 25, mengindikasikan bahwa model tidak dapat mengoptimalkan pembelajaran dan gagal mengenali pola dalam data. Secara keseluruhan, konfigurasi ini dengan optimizer RMSProp tidak efektif untuk menghasilkan model yang dapat memberikan performa yang layak.

I. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 5, Pooling: MaxPool2d, Optimizer: Adam, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 5, pooling MaxPool2d, dan optimizer Adam menunjukkan performa yang stabil dengan akurasi yang cukup baik. Pada epoch 5, model mencatat loss 115.3232, validation loss 0.2446, dan akurasi 92.08%, menunjukkan pembelajaran awal yang efisien. Pada eksperimen dengan lebih banyak epoch, akurasi stabil di kisaran 91.58–91.83%, sementara validation loss fluktuatif di antara 0.4013 hingga 0.4447. Early stopping terpicu pada epoch ke-14 hingga ke-15, menandakan bahwa model mencapai batas generalisasi lebih awal. Secara keseluruhan, konfigurasi ini memberikan hasil yang baik dengan stabilitas performa, meskipun tidak ada peningkatan signifikan pada akurasi atau penurunan validation loss pada epoch lebih tinggi.

J. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 5, Pooling: AvgPool2d, Optimizer: SGD, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 5, pooling AvgPool2d, dan optimizer SGD menunjukkan performa yang sangat baik dan stabil. Pada epoch 5, model mencapai loss 205.4378, validation loss 0.2779, dan akurasi 89.76%, menunjukkan pembelajaran awal yang

solid. Akurasi tertinggi tercatat pada 250 epoch dengan nilai 92.00% dan validation loss sebesar 0.2920. Validation loss tetap rendah sepanjang eksperimen, meskipun fluktuasi terjadi di kisaran 0.2754 hingga 0.3257. Early stopping terpicu pada epoch ke-21 hingga ke-27, menandakan bahwa model mencapai titik optimal lebih awal tanpa overfitting signifikan. Secara keseluruhan, konfigurasi ini menunjukkan generalisasi yang baik dan akurasi tinggi, menjadikannya pilihan yang efektif untuk konfigurasi ini.

K. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 5, Pooling: AvgPool2d, Optimizer: RMSProp, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 5, pooling AvgPool2d, dan optimizer RMSProp menunjukkan performa yang cukup baik namun tidak optimal. Pada epoch 5, model mencatatkan loss 393.6706, validation loss 0.4746, dan akurasi 83.75%, menunjukkan pembelajaran awal yang moderat. Akurasi tertinggi sebesar 87.98% tercapai pada 50 epoch dengan validation loss 0.4173. Validation loss fluktuatif di kisaran 0.3858 hingga 0.4746 sepanjang eksperimen, sementara akurasi stagnan di sekitar 87%. Early stopping terpicu pada epoch ke-18 hingga ke-22, menunjukkan bahwa model mencapai batas generalisasi lebih awal tanpa peningkatan signifikan pada epoch tambahan. Secara keseluruhan, konfigurasi ini menghasilkan performa yang stabil, tetapi tidak mampu mencapai generalisasi yang lebih baik.

L. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 5, Pooling: AvgPool2d, Optimizer: Adam, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 5, pooling AvgPool2d, dan optimizer Adam menunjukkan hasil yang stabil dengan akurasi tinggi. Pada epoch 5, model mencatat loss 141.0655, validation loss 0.2342, dan akurasi 91.82%, menunjukkan pembelajaran awal yang sangat baik. Akurasi tertinggi tercapai pada 100 dan 250 epoch dengan nilai 92.02%, sementara validation loss fluktuatif di kisaran 0.3550 hingga 0.4221 sepanjang eksperimen. Early stopping terpicu pada epoch ke-15 hingga ke-17, menandakan bahwa model mencapai batas generalisasi lebih awal tanpa peningkatan signifikan pada epoch tambahan. Secara keseluruhan, konfigurasi ini menghasilkan performa yang stabil dengan generalisasi yang baik, meskipun tidak ada peningkatan besar pada validation loss setelah beberapa epoch.

M. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 7, Pooling: MaxPool2d, Optimizer: SGD, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 7, pooling MaxPool2d, dan optimizer SGD menunjukkan hasil yang baik tetapi sedikit fluktuatif. Pada epoch 5, model mencapai loss 158.4613, validation loss 0.2483, dan akurasi 91.00%, menandakan pembelajaran awal yang solid. Pada eksperimen dengan lebih banyak epoch, akurasi tetap stabil di sekitar 91–92%, dengan akurasi tertinggi 91.92% pada eksperimen 100 epoch. Validation loss sedikit meningkat ke kisaran 0.3409 hingga 0.3755, mengindikasikan adanya sedikit overfitting. Early stopping terpicu pada epoch ke-17 hingga ke-20, menunjukkan model mencapai titik optimal lebih awal tanpa peningkatan berarti meskipun jumlah epoch bertambah. Konfigurasi ini memberikan hasil yang stabil dengan generalisasi yang memadai.

N. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 7, Pooling: MaxPool2d, Optimizer: RMSProp, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Hasil training model CNN dengan konfigurasi kernel size 7, pooling MaxPool2d, dan optimizer RMSProp menunjukkan performa yang sangat buruk. Pada semua eksperimen, model gagal belajar dengan baik, dengan loss yang stagnan di sekitar 1727.7, validation loss tetap di 2.303, dan akurasi tidak lebih dari 10.16%, setara dengan tebakan acak. Early stopping terpicu di awal pelatihan (epoch 14 hingga 28), menandakan bahwa model tidak mampu mengoptimalkan pembelajaran untuk mengenali pola dalam dataset. Secara keseluruhan, konfigurasi ini dengan RMSProp tidak efektif dan gagal menghasilkan generalisasi yang layak.

O. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 7, Pooling: MaxPool2d, Optimizer: Adam, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 7, pooling MaxPool2d, dan optimizer Adam menunjukkan hasil yang baik tetapi kurang signifikan dalam peningkatan performa. Pada epoch 5, model mencapai loss 126.8557, validation loss 0.2566, dan akurasi 90.72%, menunjukkan pembelajaran awal yang solid. Pada eksperimen dengan lebih banyak epoch, akurasi tetap stabil di sekitar 91%, dengan akurasi tertinggi 91.53% pada 250 epoch. Validation loss sedikit meningkat, berkisar antara 0.4065 hingga 0.4682, mengindikasikan potensi overfitting ringan. Early stopping terpicu pada epoch ke-14 hingga ke-15, menandakan bahwa model mencapai batas generalisasi lebih awal. Secara keseluruhan, optimizer Adam dengan konfigurasi ini memberikan performa yang stabil tetapi tidak menghasilkan peningkatan signifikan pada akurasi atau generalisasi.

P. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 7, Pooling: AvgPool2d, Optimizer: SGD, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 7, pooling AvgPool2d, dan optimizer SGD menunjukkan hasil yang cukup baik dengan akurasi stabil di kisaran 89–91%. Pada epoch 5, model mencapai loss 200.4603, validation loss 0.2794, dan akurasi 89.71%, yang menunjukkan pembelajaran awal yang solid. Akurasi tertinggi sebesar 91.59% dicapai pada 100 epoch, tetapi validation loss sedikit meningkat di kisaran 0.3017 hingga 0.3255 pada eksperimen dengan lebih banyak epoch. Early stopping terpicu pada epoch ke-22 hingga ke-25, menunjukkan bahwa model mencapai batas generalisasi lebih awal tanpa peningkatan berarti. Secara keseluruhan, konfigurasi ini memberikan performa yang baik tetapi sedikit fluktuasi pada validation loss dan akurasi.

Q. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 7, Pooling: AvgPool2d, Optimizer: RMSProp, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 7, pooling AvgPool2d, dan optimizer RMSProp menunjukkan performa yang tidak konsisten. Pada epoch 5 hingga 100, model gagal belajar dengan baik, dengan validation loss stagnan di sekitar 2.303 dan akurasi sekitar 10%, setara dengan tebakan acak. Namun, pada eksperimen dengan 250 epoch, model menunjukkan peningkatan signifikan dengan validation loss turun menjadi 0.5103 dan akurasi mencapai 85.43%. Pada 350 epoch, performa menurun dengan validation loss naik menjadi 0.6049 dan

akurasi turun menjadi 81.99%. Early stopping terpicu pada semua eksperimen, menandakan model mengalami kesulitan dalam mempertahankan generalisasi. Secara keseluruhan, konfigurasi ini dengan RMSProp menunjukkan potensi, tetapi performa awal yang buruk dan fluktuasi pada epoch lebih tinggi menunjukkan bahwa optimizer ini kurang stabil untuk konfigurasi ini.

R. Berdasarkan hasil training dengan konfigurasi Kernel Size: 7, Pooling: AvgPool2d, Optimizer: Adam, Epochs: 5,50,100.250.350 :

Training model CNN dengan konfigurasi kernel size 7, pooling AvgPool2d, dan optimizer Adam menunjukkan hasil yang stabil namun tidak ada peningkatan signifikan pada akurasi atau generalisasi. Pada epoch 5, model mencatat loss 151.3519, validation loss 0.2428, dan akurasi 91.24%, menunjukkan pembelajaran awal yang baik. Pada eksperimen dengan lebih banyak epoch, akurasi stabil di kisaran 90.93–91.78%, sementara validation loss fluktuatif di antara 0.4005 hingga 0.4466. Early stopping terpicu pada epoch ke-15 hingga ke-17, menandakan model mencapai batas generalisasi lebih awal tanpa peningkatan berarti meskipun jumlah epoch ditambah. Secara keseluruhan, konfigurasi ini menghasilkan performa yang cukup baik tetapi tidak memberikan lonjakan signifikan dalam akurasi atau penurunan validation loss.

## KESIMPULAN

Best Hyperparameters:

```
{'kernel_size': 3, 'pooling_type': 'AvgPool2d', 'optimizer': 'SGD', 'num_epochs': 250}
```

Best Validation Accuracy: 92.87%

Konfigurasi terbaik yang diperoleh dari eksperimen adalah **kernel size 3**, **pooling AvgPool2d**, **optimizer SGD**, dan **jumlah epoch 250**, dengan **validation accuracy tertinggi sebesar 92.87%**. Kombinasi ini menunjukkan performa yang sangat baik, memberikan kemampuan generalisasi yang optimal pada dataset. Pooling AvgPool2d kemungkinan membantu meratakan fitur yang diekstrak, sementara optimizer SGD memastikan pembelajaran yang stabil dan bertahap. Dengan 250 epoch, model memiliki waktu yang cukup untuk mengonvergensi tanpa mengalami overfitting yang signifikan, menjadikannya pilihan hyperparameter terbaik dalam Model CNN dengan Dataset FashionMNIST ini.