

Nama : Muhamad Hilmi Haidar

NIM : 1103213005

1. Activation Functions

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa fungsi aktivasi **Tanh** memberikan performa terbaik dengan akurasi **97.07%**. Tanh unggul karena memiliki rentang nilai antara **-1 dan 1**, sehingga membantu menjaga kestabilan gradien dan menghasilkan pembelajaran yang lebih baik.

- **ReLU**: Memberikan akurasi tinggi **92.68%** berkat kemampuannya mengatasi masalah *vanishing gradient*.
- **Softmax**: Akurasi **91.71%**, namun lebih cocok untuk output layer dibanding hidden layer.
- **Sigmoid**: Akurasi **85.85%**, tetapi sering kali menghadapi masalah *vanishing gradient*.
- **Linear**: Memiliki performa terendah **80.49%** karena tidak menambahkan non-linearitas pada model.

Rekomendasi: Gunakan **Tanh** atau **ReLU** untuk mencapai akurasi terbaik.

2. Batch Sizes

Perubahan batch size memiliki pengaruh signifikan terhadap performa model. Batch size kecil menghasilkan akurasi tinggi, sedangkan batch size besar cenderung menurunkan akurasi karena pembaruan parameter lebih jarang terjadi.

- **Batch size 32**: Akurasi tertinggi **93.66%**, menunjukkan keseimbangan antara stabilitas pembelajaran dan kecepatan konvergensi.
- **Batch size 16 dan 64**: Akurasi **91.71%**, performa stabil namun sedikit lebih rendah dari batch size 32.
- **Batch size 128**: Akurasi **90.73%**, menurun karena sensitivitas model terhadap pembaruan menurun.
- **Batch size 256**: Sama seperti batch size 16 (**91.71%**).
- **Batch size 512**: Akurasi terendah **88.29%** akibat jarang pembaruan gradien.

Rekomendasi: Batch size **32** adalah pilihan optimal untuk hasil terbaik.

3. Epochs

Jumlah epoch yang digunakan berpengaruh besar terhadap akurasi model. Pada epoch kecil, model belum sempat belajar pola data secara optimal. Namun, peningkatan epoch hingga 100–250 memberikan performa yang mendekati maksimal.

- **1 Epoch:** Akurasi rendah **81.46%**, menunjukkan model underfitting.
- **10 Epochs:** Akurasi meningkat menjadi **83.41%**, namun masih jauh dari optimal.
- **25 Epochs:** Akurasi signifikan meningkat ke **92.20%**, model mulai mendekati performa optimal.
- **50 Epochs:** Akurasi **91.71%**, sedikit menurun karena variasi dalam pelatihan.
- **100 Epochs:** Akurasi **95.61%**, model berhasil belajar dengan baik.
- **250 Epochs:** Akurasi tertinggi **96.10%**, menunjukkan konvergensi optimal.

Rekomendasi: Gunakan **100–250 epochs** untuk hasil maksimal tanpa risiko overfitting.

4. Hidden Layers

Jumlah hidden layers dan neuron dalam setiap layer memengaruhi kapasitas model untuk mempelajari pola data.

- **[32]:** Akurasi tertinggi **93.66%**, menunjukkan bahwa satu layer dengan 32 neuron cukup untuk performa optimal.
- **[64]:** Peningkatan ke **95.12%**, menambah kapasitas model untuk menangkap pola kompleks.
- **[4]–[8]:** Akurasi rendah antara **81.95%–86.34%**, menunjukkan model underfitting.
- **Layer bertumpuk [32, 16, 8]:** Akurasi **92.68%**, sedikit di bawah layer tunggal dengan 32 neuron.
- **[4, 4], [8, 8], [16, 16]:** Akurasi bervariasi antara **86.83%–88.78%**, menunjukkan bahwa penambahan layer harus disesuaikan dengan kapasitas data.

Rekomendasi: Gunakan **32–64 neuron** dalam satu hidden layer untuk performa optimal.

5. Learning Rates

Learning rate yang digunakan berpengaruh besar pada stabilitas dan kecepatan pelatihan model.

- **0.01:** Learning rate optimal dengan akurasi tertinggi **92.20%**.

- **0.1:** Akurasi **86.83%**, cukup baik namun berpotensi melewati solusi optimal jika terlalu cepat.
- **10 dan 1:** Akurasi **49.76%**, model gagal belajar akibat pembaruan parameter yang terlalu besar.
- **0.001:** Akurasi **83.90%**, menunjukkan proses pembelajaran yang lambat.
- **0.0001:** Akurasi rendah **80.49%** karena lambatnya konvergensi.

Rekomendasi: Learning rate **0.01** adalah pilihan terbaik untuk akurasi stabil dan cepat.

Kesimpulan Umum

Dari hasil eksperimen, konfigurasi terbaik untuk model MLP adalah sebagai berikut:

- **Activation Function:** Tanh atau ReLU.
- **Batch Size:** 32.
- **Epochs:** 100–250.
- **Hidden Layers:** 1 layer dengan 32–64 neuron.
- **Learning Rate:** 0.01.

Dengan konfigurasi ini, model berhasil mencapai akurasi tinggi dengan stabilitas pelatihan yang baik