

**TUGAS BESAR 2**  
**IF4074 PEMBELAJARAN MESIN LANJUT**  
***LONG SHORT-TERM MEMORY***



**Dibuat oleh:**  
**Kelompok 9**

Fathan Mubina	13518064
Muhammad Angga Risfanani	13518071
Syarifuddin Fakhri Al Husaini	13518095
Hansel Grady Daniel Thamrin	13518140

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA**  
**SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA**  
**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**  
**2021**

## 1. Penjelasan Kode Program

Terdapat berbagai kelas serta fungsi yang kami gunakan dalam pembuatan model *Long short-term memory* ini. Berikut ini adalah kelas fungsi, serta variabel yang kami buat dalam model ini.

1. Kelas *LSTMLayer* adalah sebuah kelas yang bertugas sebagai model representasi dari *layer LSTM* pada model. Pada kelas ini, sistem akan menjalankan semua operasi yang berada di dalam LSTM. Kelas ini memiliki beberapa atribut dan *method* untuk mendukung kerjanya. Berikut ini adalah atribut yang disimpan di dalam kelas ini.
  - a. Atribut *size* adalah atribut bertipe *integer* yang digunakan untuk menyatakan ukuran dari masukan yang dimasukkan oleh pengguna.
  - b. Atribut *n\_cell* adalah atribut bertipe *integer* yang digunakan untuk menyatakan jumlah *cell* yang akan digunakan pada *layer* ini.
  - c. Atribut *c\_prev* adalah atribut bertipe *float* yang digunakan untuk menyimpan nilai dari C proses perhitungan pada *timestep* sebelumnya.
  - d. Atribut *h\_prev* adalah atribut bertipe *float* yang digunakan untuk menyimpan nilai h dari proses perhitungan pada *timestep* sebelumnya.
  - e. Atribut *x* adalah atribut bertipe data *array of array of integer*. Atribut ini digunakan untuk menyimpan data masukan yang akan dimasukkan ke dalam LSTM Layer. Atribut ini menyimpan semua masukan untuk semua *timestep*, dengan indeks pada *array* digunakan untuk menyatakan urutan *timestep* yang dilakukan.
  - f. Atribut *target* adalah atribut bertipe data *array of integer*. Atribut ini digunakan untuk menyimpan nilai target dari masing-masing *timestep* yang ada.
  - g. Atribut *sigmoid* adalah atribut bertipe data *function*. Atribut ini digunakan untuk menjalankan fungsi sigmoid pada proses penghitungan.
  - h. Atribut *parameter* merupakan atribut bertipe *dictionary*. *Dictionary* ini memiliki *key* berupa *string* dan *value* berupa *array of array of float*. Atribut ini digunakan untuk menyimpan matriks U dan W untuk setiap proses dari LSTM.

Selain itu, berikut ini adalah *method* yang digunakan di dalam kelas ini. Berikut ini adalah semua *method* yang dibuat di dalam kelas ini.

- a. Fungsi *\_\_init\_\_* adalah *method* yang digunakan untuk melakukan proses inisialisasi terhadap objek kelas *LSTMLayer* dengan melakukan pengisian atau inisialisasi terhadap setiap atribut objek. Fungsi ini akan menerima 4 masukan, yaitu *size*, *n\_cell*, *x*, dan *target*. Masukan *size* bertipe data *integer* akan dimasukkan ke dalam atribut *size*. Masukan *n\_cell* bertipe data *integer* akan dimasukkan ke dalam atribut *n\_cell*. Masukan *x* bertipe data *array of array of integer* dan akan dimasukkan ke dalam atribut *x*. Masukan *target* bertipe data *array of integer* dan akan dimasukkan ke dalam atribut *target*. Selain itu, inisiasi akan dilakukan pada atribut *parameter*. Inisiasi dilakukan untuk bias ( $b_f$ ,  $b_i$ ,  $b_c$ ,  $b_o$ ), matriks U ( $U_f$ ,  $U_i$ ,  $U_c$ ,  $U_o$ ), dan matriks W ( $W_f$ ,  $W_i$ ,  $W_c$ ,  $W_o$ ). Bias diisi dengan *array of integer* yang berisi 0. Matriks U dan W diisi dengan nilai *float* random antara 0

sampai 1. Fungsi *sigmoid* dari kelas *Function* akan dimasukkan ke dalam kelas dan disesuaikan agar dapat menerima masukan vektor.

- b. Fungsi *forgetGate* adalah *method* yang digunakan untuk melakukan proses penghitungan pada *forgetGate*. Fungsi menerima parameter *timestep* bertipe *integer* yang menunjukkan *timestep* yang akan digunakan dalam penghitungan rumus *forget gate* pada LSTM. Hasil penghitungan ini akan dimasukkan ke dalam *parameter* dengan key *f<sub>i</sub>* dengan *i* menyatakan nilai *timestep*. Berikut ini adalah rumus yang digunakan di dalam penghitungan pada fungsi ini.

$$f_t = \sigma(U_f x_t + W_f h_{t-1} + b_f)$$

- c. Fungsi *inputGate* adalah *method* yang digunakan untuk menentukan informasi baru yang akan disimpan ke dalam *cell state*. Fungsi ini memiliki dua operasi utama yaitu untuk menghitung nilai *i<sub>t</sub>* dan *C<sub>t</sub>*. Berikut ini adalah rumus yang digunakan di dalam perhitungan *output* pada fungsi ini.

$$i_t = \sigma(U_i x_t + W_i h_{t-1} + b_i)$$

$$C_t = \tanh(U_c x_t + W_c h_{t-1} + b_c)$$

- d. Fungsi *cellState* adalah *method* yang digunakan untuk menyimpan dan meneruskan informasi lama untuk ditambahkan dengan informasi yang baru. Berikut ini adalah rumus yang digunakan di dalam perhitungan *output* pada fungsi ini.

$$C_t = f_t \odot C_{t-1} + i_t \odot \hat{C}_t$$

- e. Fungsi *outputGate* adalah *method* yang digunakan untuk menghasilkan nilai dari *hidden state* yang baru serta nilai keluaran dari suatu sel LSTM. Berikut ini adalah kedua rumus yang digunakan di dalam proses penghitungan nilai dari *hidden state* serta nilai keluaran dari *LSTM Layer* dari satu *timestep*.

$$o_t = \sigma(U_o x_t + W_o h_{t-1} + b_o)$$

$$f. h_t = o_t \odot \tanh(C_t)$$

- g. Fungsi *forwardProp* adalah *method* yang menjalankan proses Feed Forward, dengan memanggil *method* *forgetGate*, *inputGate*, *cellState*, dan *outputGate* secara berurutan. Setiap proses gate terkait dengan gate lainnya. Hasil dari *forwardProp* ini adalah nilai *h* yang merupakan keluaran terakhir dari *outputGate*.
- h. Fungsi *predict* adalah *method* yang memanggil *method* *forwardProp* untuk dikembalikan nilainya. Memiliki 1 parameter *t* yaitu *timestamp* yang menunjukkan *stamp* pada situasi saat ini.

2. Kelas *Function* adalah sebuah kelas yang berfungsi sebagai wadah untuk fungsi-fungsi yang digunakan di dalam kelas lainnya. Pada kelas ini, tidak ada atribut apapun yang disimpan di

dalam kelas. Fungsi ini hanya menyimpan fungsi yang digunakan di dalam model. Kelas ini memiliki beberapa *method* untuk mendukung kerja model. Berikut ini adalah *method* yang disimpan di dalam kelas ini.

- a. Fungsi *relu* adalah *method* yang digunakan untuk menghitung nilai *ReLU* dari suatu nilai. Fungsi ini menerima satu parameter *x* bertipe data *float* dan fungsi akan mengembalikan nilai *ReLU* dari *x*.
- b. Fungsi *sigmoid* adalah *method* yang digunakan untuk menghitung nilai *sigmoid* dari suatu nilai. Fungsi ini menerima satu parameter *x* bertipe data *float* dan fungsi akan mengembalikan nilai *sigmoid* dari *x*.
- c. Fungsi *getOutputDimension* adalah *method* yang digunakan untuk menghitung dimensi yang akan dihasilkan dari proses suatu konvolusi matriks. Fungsi ini menggunakan 4 parameter, yaitu *inputSize*, *filterSize*, *paddingSize*, dan *strideSize*. Keempat parameter ini bertipe data *integer*. Karena fungsi ini ditujukan hanya untuk melakukan penghitungan dimensi keluaran, maka penggunaan semua parameter ini hanya untuk sekedar pelengkap penghitungan. Fungsi ini mengembalikan nilai *integer* yang merupakan penghitungan dari dimensi keluaran yang memenuhi rumus berikut ini.

$$V = \frac{W-F+2P}{S} + 1$$

3. Kelas *DenseLayer* adalah kelas yang digunakan untuk memodelkan *dense layer* pada *sequential model*. Kelas ini menjadi satu layer tersendiri pada model yang dibuat. Terdapat beberapa atribut yang digunakan pada kelas ini. Berikut ini adalah atribut-atribut tersebut.
  - a. Atribut *neuron* berupa *integer* menyimpan jumlah neuron pada layer tersebut.
  - b. Atribut *func* berupa *string* menyimpan jenis fungsi aktivasi yang akan digunakan.
  - c. Atribut *activation* berupa fungsi menyimpan fungsi aktivasi yang digunakan.
  - d. Atribut *input* berupa *array of integer* menyimpan masukan.
  - e. Atribut *weight* berupa *array of integer* menyimpan bobot neuron pada layer tersebut.
  - f. Atribut *output* berupa *array of integer* menyimpan output.
  - g. Atribut *predict* berupa *array of integer* menyimpan nilai prediksi.
  - h. Atribut *delta\_weight* berupa *array of integer* menyimpan nilai *delta weight* yang akan digunakan untuk update bobot.

Selain itu, terdapat fungsi-fungsi atau *method* yang telah kami buat untuk mendukung kerja kelas *DenseLayer* sebagai berikut.

- a. Fungsi Get terdiri dari *getLayerType* untuk mendapatkan tipe layer, *get\_func* untuk mendapatkan jenis fungsi aktivasi yang digunakan, *get\_neuron* untuk mendapatkan jumlah neuron pada layer tersebut.
- b. Fungsi Set terdiri dari *set\_input* untuk memasukkan nilai input, *set\_weights* untuk memasukkan nilai bobot, *set\_predict* untuk memasukkan nilai prediksi.
- c. Fungsi Bobot terdiri dari *randomize\_weights* untuk menginput bobot secara acak, *reset\_delta\_weight* untuk mereset nilai *delta weight*, *update\_weight* untuk mengupdate bobot.

- d. Fungsi Perhitungan terdiri dari *derivative\_output* untuk melakukan perhitungan *derivate o/net*, *erivative\_error* untuk menghitung *derivate error/o*, *compute\_output* untuk melakukan perhitungan output, *compute\_delta\_weight* untuk melakukan perhitungan delta bobot.
4. Kelas Flatten merupakan kelas yang mendefinisikan layer untuk flattening, terdiri dari beberapa atribut dan method. Antara lain:
  - a. Atribut *original\_dim* yang merepresentasikan dimensi asli
  - b. Atribut *output\_dim* yang merepresentasikan dimensi setelah dilakukan *flattening*
  - c. Method *init* yang akan menginisialisasi nilai *original\_dim*
  - d. Method *forward* berfungsi untuk mereshape dimensi asli menjadi dimensi flatten

## 2. Contoh Hasil Prediksi

```

OUTPUT
[[0.7458254865112948]]
PREDICTED Data2:  [[0.7078895292965279]] [[0.67465594229332]] [[0.6403913801388891]] [[0.6458475906008513]] [[0.7458254865112948]]

```

## 3. Pembagian Tugas

NIM	Nama	Bagian yang Dikerjakan
13518064	Fathan Mubina	Forward Propagation
13518071	Muhammad Angga Risfanani	Forward Propagation, Input Gate, Cell State, Output Gate, Sequential Model
13518095	Syarifuddin Fakhri Al Husaini	-
13518140	Hansel Grady Daniel Thamrin	Base LSTM Layer class / init, Forget State

## 4. Link Video

<https://bit.ly/Tubes2LSTMAML>