



Prediksi Angka Bunuh Diri di Beberapa Negara menggunakan Pendekatan *Neural Network* (NN) dengan Platform Pemrograman MATLAB

Aditya Pratama Juliyawan*, Asika Duri, Lavina Mutia Dewi

Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Sekaran, Kecamatan Gunung Pati, Semarang, 50229

Article Info

Article History:

Received

Accepted

Published

Kata kunci:

Prediksi bunuh diri, *Neural Network*, *deep learning*, *analisis data*.

Abstrak

Kesehatan mental merupakan masalah global yang mempengaruhi individu dan masyarakat, meningkatnya tingkat depresi dan kecemasan menyebabkan beban yang signifikan di seluruh dunia. Bunuh diri, salah satu masalah kesehatan mental terbesar telah merenggut sekitar 800.000 nyawa setiap tahunnya, sehingga menjadi perhatian penting bagi kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi tingkat bunuh diri di masa depan selama satu dekade ke depan dengan menggunakan pendekatan *Deep Learning* model *Neural Network* s (NN). Dengan menganalisis data historis dari 13 negara terpilih, penelitian ini menilai hubungan antara faktor ekonomi dan tingkat bunuh diri. Metodologi yang digunakan meliputi *preprocessing* data, pelatihan model menggunakan MATLAB, dan evaluasi melalui *Mean Squared Error* (MSE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE). Penelitian ini menunjukkan akurasi prediksi yang berbeda-beda di setiap negara, yang dipengaruhi oleh ketersediaan dan konsistensi data. Dengan demikian, penelitian ini memberikan wawasan tentang tren bunuh diri di masa depan dan berperan sebagai alat yang bermanfaat bagi para pembuat kebijakan dan organisasi kesehatan mental dalam merencanakan intervensi yang efektif.

How to cite:

Juliyawan, A. P., Duri, A. & Dewi, L. M. 2024. Prediksi Angka Bunuh Diri di Beberapa Negara menggunakan Pendekatan *Neural Network* (NN) dengan Platform Pemrograman MATLAB (...) Semarang. *UNNES Journal of Mathematics*.

1. Pendahuluan

Kesehatan mental atau yang biasa dikenal sebagai *mental health* merupakan isu global yang sedang merebak diberbagai negara. Kesehatan mental juga merupakan aspek fundamental dari keseluruhan kesehatan individu dan masyarakat. Menurut World Health Organization (WHO), kesehatan mental didefinisikan sebagai keadaan kesejahteraan di mana individu menyadari potensi mereka, dapat mengatasi depresi hidup, bekerja secara produktif, dan berkontribusi kepada komunitas mereka. Namun, masalah kesehatan mental seperti depresi dan kecemasan telah meluas dan menjadi beban yang signifikan di seluruh dunia. Menurut WHO (2021), lebih dari 450 juta orang telah mengalami masalah kesehatan mental yang dapat mempengaruhi hidup mereka.

Salah satu fenomena yang berawal dari masalah kesehatan mental adalah bunuh diri. Bunuh diri menjadi solusi bagi orang yang depresi, distorsi, dan transisi budaya memengaruhi perilaku seseorang untuk melakukan bunuh diri (Andari, 2017). Jika bunuh diri berhasil dilakukan, tindakan ini merupakan tindakan fatal yang menunjukkan keinginan orang tersebut untuk mati (Kaplan & Sadock, 2010). Sebagai akibatnya, bunuh diri merupakan salah satu masalah kesehatan mental terbesar di dunia dengan angka kematian yang terus meningkat. Menurut World Health Organization (WHO), kurang lebih 800.000 orang setiap tahun melakukan bunuh diri di seluruh dunia. Fenomena ini terjadi di berbagai kalangan, baik di usia muda, maupun di usia yang sudah matang. Bunuh diri di Amerika Serikat merupakan salah satu penyebab kematian pada usia 24 tahun hingga 44 tahun dan diperkirakan sebanyak 30.000 kasus bunuh diri terjadi dalam setahun (Hawari, 2010). Kasus percobaan bunuh diri di dunia mencapai 800.000 kasus per tahunnya serta menyebabkan satu orang meninggal hampir setiap 40 detik sekali, sehingga dapat disimpulkan jumlah individu yang meninggal setiap tahun akibat bunuh diri melebihi jumlah kematian akibat pembunuhan (Satuharapan, 2014).

Bunuh diri adalah masalah yang tidak *static*, melainkan fluktuatif yang dipengaruhi oleh berbagai faktor sosial, ekonomi, dan psikologis yang dapat berubah seiring waktu. Sehingga terdapat perbedaan yang signifikan pada angka bunuh diri di setiap negara, prediksi ini juga dapat digunakan untuk membandingkan jumlah angka bunuh diri di negara maju dan negara berkembang di setiap benua. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi angka bunuh diri adalah pendekatan *Deep Learning*, dengan salah satu modelnya adalah *Neural Network* (NN). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah metode *Deep Learning Neural Network* (NN) dapat digunakan untuk memprediksi angka bunuh diri 10 tahun mendatang atau tidak, sehingga dapat membantu memberikan gambaran tren bunuh diri di masa depan dan dapat menjadi alat yang berguna bagi pemerintah dan lembaga kesehatan mental dalam merencanakan intervensi atau kebijakan yang tepat.

Menurut Hukubun (2022), *Neural Network* (NN) adalah teknik pemodelan yang digunakan diberbagai keperluan komputasi untuk memprediksi harapan masa depan dan mengklasifikasi nilai data. *Neural Network* memiliki keunggulan dalam memproses data dengan ukuran yang berbeda, mengurangi kompleksitas komputasi, dan mengurangi waktu pelatihan. Jaringan ini juga memiliki ketahanan tinggi dan toleransi terhadap kesalahan, sehingga dapat menangani hubungan internal model yang kompleks. Selain keuntungannya yang besar, ada juga sejumlah kelemahannya, yaitu apabila dengan Dataset berukuran besar akan memakan durasi yang lama, membutuhkan banyak sampel pelatihan, serta hanya dapat mengoprasikan nilai numerik.

2. Metode

Penelitian ini menganalisis data berdasarkan model jaringan *Neural Network* (NN). Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memprediksi angka bunuh diri di beberapa negara tertentu, dengan menganalisis hubungan antara faktor ekonomi dan angka bunuh diri di negara tersebut.

Subjek penelitian ini terdiri dari data bunuh diri yang dikumpulkan dari 13 negara terpilih. Data yang dianalisis meliputi informasi tentang jumlah kematian yang disebabkan oleh bunuh diri di setiap tahunnya, yang memberikan gambaran mengenai tren bunuh diri di masing-masing negara.

Prediksi yang dilakukan menggunakan bantuan program berupa MATLAB yang digunakan untuk menganalisis data dan membuat model. MATLAB menyediakan berbagai fungsi untuk jaringan *Neural Network* (NN) yang memudahkan dalam evaluasi data. Dataset bunuh diri yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari data World Health Organization (WHO) dan World Bank.

Desain penelitian ini bersifat kuantitatif, dengan fokus pada analisis historis untuk memprediksi angka bunuh diri masa depan. Proses penelitian dibagi menjadi beberapa langkah, termasuk pengumpulan data, pengolahan data, pelatihan data, dan visualisasi. Data dibagi menjadi dua *set*: data pelatihan (85%) dan data pengujian (15%). Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dikembangkan dapat belajar dari data yang cukup besar sebelum diuji.

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan Teknik Purposive Sampling, di mana dipilih beberapa berdasarkan negara maju dan berkembang di dunia serta keterbatasan tersedianya data. Kriteria ini memastikan bahwa sampel yang dipilih dapat mewakili perbandingan antara negara maju dan berkembang, sehingga menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan relevan untuk analisis.

Beberapa variabel yang diukur dalam penelitian ini antara lain: angka bunuh diri, jumlah kasus bunuh diri per tahun di setiap negara dan GDP per kapita yang menunjukkan kondisi ekonomi suatu negara. Setelah data diproses, *Neural Network* (NN) digunakan untuk melakukan analisis dan memprediksi data. Model NN dibangun dengan banyak lapisan neuron, di mana fungsi aktivasi dan algoritma pelatihan yang digunakan adalah *Bayesian Regularization*. Proses pelatihan dilakukan selama 250 *epoch*, dan model dievaluasi menggunakan matrik *Mean Squared Error* (MSE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE) untuk menentukan keakuratan prediksi (Bishop, 2006). Dalam proses analisis dibagi lagi menjadi beberapa tahap:

1. *Input data*: data bunuh diri diambil dari 13 negara terpilih, mencakup informasi tahunan tentang jumlah kematian akibat bunuh diri.

2. *Preprocessing* data: untuk memastikan bahwa semua variabel berada dalam rentang yang sama, data dinormalisasi menggunakan metode mapminmax. Dengan rumus

$$X_{norm} = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}$$

3. *Split data training* dan *testing*: data dibagi menjadi data pelatihan (85%) dan data pengujian (15%).
 4. Pelatihan model: data pelatihan digunakan untuk melatih model NN. Beberapa konfigurasi neuron tersembunyi diuji untuk menentukan model terbaik berdasarkan RMSE. Dengan rumus

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_i - Y_i)^2$$

dan

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

5. Evaluasi Model: setelah model dilatih, data digunakan untuk menentukan keakuratan. Hasil prediksi dibandingkan dengan data aktual untuk menghitung MSE dan RMSE.
 6. Prediksi Masa Depan: menggunakan model terbaik, angka bunuh diri diprediksi untuk sepuluh tahun ke depan, menjadi tujuan utama dari penelitian ini (Hastie et al., 2009).

Model yang digunakan untuk memastikan keakuratan, validasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi model dengan data aktual yang tersedia. Jika model memberikan hasil yang akurat dan konsisten, maka model tersebut dianggap valid untuk digunakan dalam prediksi angka bunuh diri di tahun-tahun mendatang.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini, akan dibahas mengenai hasil dari model prediksi angka bunuh diri menggunakan jaringan *Neural Network* (NN) yang telah diimplementasikan pada 13 negara terpilih dari 4 Benua, di mana masing-masing benua dipilih berdasarkan kriteria negara maju dan berkembang diantaranya, yaitu Singapore, Japan, Philippines, Kazakhstan, South Africa, United States, Puerto Rico, Brazil, Grenada, Austria, Russian Federation, Bulgaria, dan Ukraine. Pembahasan mencakup hasil evaluasi model berdasarkan nilai *Mean Squared Error* (MSE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE), serta prediksi angka bunuh diri selama 10 tahun ke depan untuk masing-masing negara. Selain itu, akan dianalisis tren yang muncul dari hasil prediksi.

3.1. Hasil Evaluasi Model

Setelah dilakukan pelatihan jaringan *Neural Network* (NN) pada masing-masing negara, evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi model pada data uji (*Testing set*) dengan nilai aktual jumlah bunuh diri di setiap negara. performa model dievaluasi menggunakan *Mean Squared Error* (MSE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE), yang masing-masing menunjukkan seberapa jauh prediksi model dari nilai aktual. Hasil dari evaluasi ini memberikan gambaran sejauh mana model berhasil menangkap pola bunuh diri di tiap negara yang dijadikan subjek prediksi.

3.1.1 Metrik Evaluasi

Dalam evaluasi performa model, digunakan dua metrik utama, yaitu *Mean Squared Error* (MSE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE):

- MSE mengukur rata-rata kesalahan kuadrat antara nilai prediksi dan nilai aktual. Semakin kecil nilai MSE, semakin baik model dalam memprediksi nilai target.
- RMSE adalah akar dari MSE, yang mengubah kesalahan menjadi satuan yang sama dengan data asli, sehingga lebih mudah untuk ditafsirkan. RMSE memberikan gambaran seberapa jauh prediksi model dari nilai aktual dalam satuan angka bunuh diri

3.1.2 Hasil Evaluasi untuk Setiap Negara

Berikut adalah hasil evaluasi performa model *Neural Network* (NN) untuk 13 negara yang diprediksi, berdasarkan nilai MSE dan RMSE yang diperoleh dari data uji.

Tabel 1. Perbandingan MSE dan RMSE setiap negara

| Country | MSE | RMSE |
|--------------------------|-----------|----------|
| { 'Singapore' } | 0.015236 | 0.12343 |
| { 'Japan' } | 0.40039 | 0.63276 |
| { 'Philippines' } | 0.011003 | 0.10489 |
| { 'Kazakhstan' } | 0.0040236 | 0.063432 |
| { 'South Africa' } | 0.02228 | 0.14926 |
| { 'United States' } | 0.0094443 | 0.097182 |
| { 'Puerto Rico' } | 0.0030255 | 0.055004 |
| { 'Brazil' } | 0.014408 | 0.12003 |
| { 'Grenada' } | 0.012386 | 0.11129 |
| { 'Austria' } | 0.0062224 | 0.078882 |
| { 'Russian Federation' } | 0.065937 | 0.25678 |
| { 'Bulgaria' } | 0.0049704 | 0.070501 |
| { 'Ukraine' } | 0.03341 | 0.18278 |

Dari tabel di atas, kita dapat melihat bahwa model menghasilkan nilai MSE dan RMSE yang bervariasi tergantung pada negara. Negara dengan nilai RMSE yang lebih rendah seperti Kazakhstan, United States, Puerto Rico, Austria, dan Bulgaria menunjukkan bahwa model berhasil melakukan prediksi dengan kesalahan yang lebih kecil. Ini berarti bahwa pola data bunuh diri di negara-negara tersebut relatif lebih mudah ditangkap oleh model *Neural Network* (NN). Beberapa negara seperti Singapore, Japan, Philippines, South Afrika, Brazil, Grenada, Russian Federation, dan Ukraine, menunjukkan nilai RMSE yang lebih tinggi, yang menunjukkan bahwa model kesulitan dalam memprediksi angka bunuh diri di negara-negara tersebut.

3.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Model

Beberapa aktor yang mempengaruhi performa model dalam menghasilkan nilai MSE dan RMSE yang berbeda di setiap negara adalah sebagai berikut:

- Ketersediaan Data: Jumlah data historis yang tersedia sangat mempengaruhi performa model. Negara-negara dengan data yang lebih lengkap dan stabil seperti United States cenderung memberikan hasil prediksi yang lebih akurat. Sebaliknya, negara-negara dengan data yang terbatas atau tidak konsisten menyebabkan kesulitan bagi model untuk belajar dari pola historis.
- Konsistensi Pola: Jika negara memiliki tren angka bunuh diri yang relatif stabil, model *Neural Network* (NN) akan lebih mudah menangkap pola tersebut. Namun, di negara-negara dengan tren yang lebih dinamis atau tidak terduga, seperti Puerto Rico, model kesulitan menghasilkan prediksi yang akurat.

3.1.4 Keterbatasan dan Potensi Perbaikan Model

Model *Neural Network* (NN) yang digunakan memberikan hasil yang cukup memadai, terdapat beberapa keterbatasan yang bisa diperhatikan seperti, kurangnya variabel kontekstual, variasi data antara negara. Untuk memperbaiki performa model di masa mendatang, beberapa langkah yang dapat diambil antara lain adalah dengan menambahkan variabel eksternal yang relevan serta memperluas jumlah data historis yang digunakan, terutama untuk negara-negara dengan data yang lebih terbatas.

3.2. Prediksi Angka Bunuh Diri 10 Tahun Mendatang

Bagian ini menjelaskan hasil prediksi angka bunuh diri untuk 10 tahun ke depan di 13 negara terpilih menggunakan model jaringan *Neural Network* (NN) yang telah dilatih. Prediksi ini membantu memberikan gambaran tren bunuh diri di masa depan dan dapat menjadi alat yang berguna bagi pemerintah dan lembaga kesehatan mental dalam merencanakan intervensi atau kebijakan yang tepat.

3.2.1 Pendekatan Prediksi

Setelah model dilatih dengan data historis, digunakan pendekatan prediksi untuk memproyeksikan angka bunuh diri hingga 10 tahun ke depan, dari tahun terakhir yang tersedia di data asli. Model *Neural Network* (NN) menggunakan pola yang telah dipelajari dari data historis, seperti tren peningkatan atau penurunan jumlah bunuh diri di suatu negara, untuk memprediksi angka bunuh diri di masa depan. Setiap prediksi dilakukan dalam dua tahap utama:

1. Normalisasi Data: Model *Neural Network* (NN) bekerja lebih baik jika data yang dimasukkan sudah dinormalisasi. Oleh karena itu, sebelum memprediksi masa depan, tahun-tahun baru yang akan diprediksi dinormalisasi berdasarkan pengaturan yang digunakan saat pelatihan model.

```
% Normalisasi Data (input dan target)
[X_train, X_train_settings] = mapminmax(X_train, 0, 1);
[T_train, T_train_settings] = mapminmax(T_train, 0, 1);
X_test = mapminmax('apply', X_test, X_train_settings);
T_test = mapminmax('apply', T_test, T_train_settings);
```

Gambar 1. Code normalisasi data

2. Denormalisasi Prediksi: Setelah model memberikan *output* berupa prediksi angka bunuh diri dalam bentuk normalisasi, angka tersebut kemudian dikembalikan ke skala asli (denormalisasi) agar dapat dibandingkan dengan angka aktual di masa lalu.

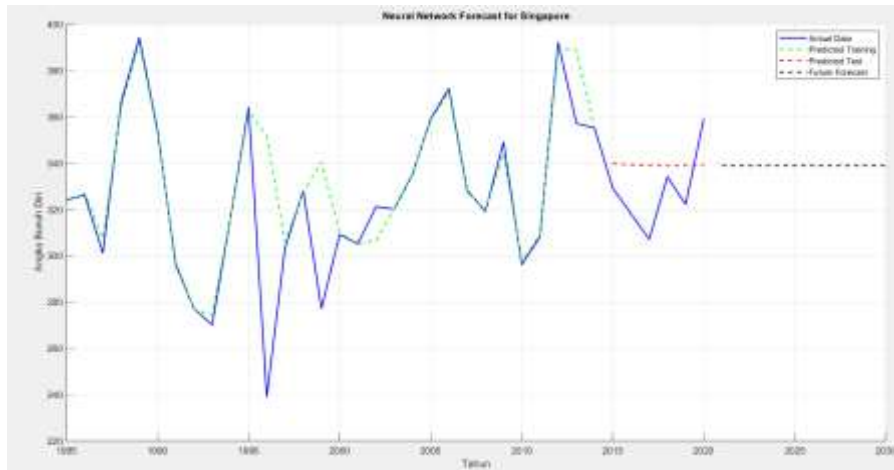
```
% Denormalisasi prediksi
Y_train_best = mapminmax('reverse', Y_train_best, T_train_settings);
Y_test_best = mapminmax('reverse', Y_test_best, T_train_settings);
T_train = mapminmax('reverse', T_train, T_train_settings);
T_test = mapminmax('reverse', T_test, T_train_settings);
```

Gambar 2. Code dermolisasi prediksi

3.2.2 Hasil Prediksi untuk Setiap Negara

Prediksi angka bunuh diri untuk 10 tahun mendatang memberikan hasil yang bervariasi di setiap negara. Berikut ini adalah contoh hasil prediksi untuk beberapa negara yang disertai dengan analisis umum tentang kemungkinan tren yang terjadi.

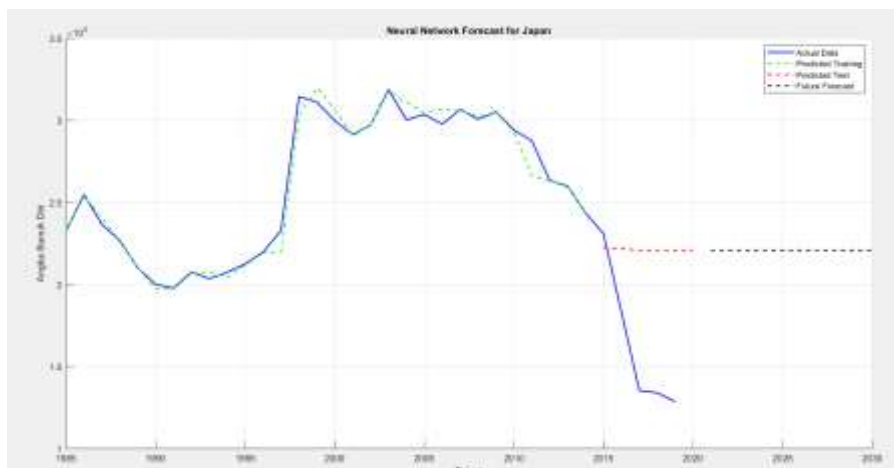
➤ Singapore



Gambar 3. Prediksi angka bunuh diri di Singapore

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan fluktuasi angka bunuh diri dari tahun 1985 hingga 2020, dengan puncak di sekitar tahun 1989, 1995, 2006, dan akhir 2012, serta penurunan tajam setelahnya. Prediksi *Neural Network* (NN) terdiri dari tiga bagian: garis putus-putus hijau menunjukkan hasil pelatihan model hingga 2014 yang mereplikasi pola data aktual dengan cukup baik; garis putus-putus merah menunjukkan prediksi uji untuk periode 2015-2020 memiliki grafik angka bunuh diri yang stabil di sekitar 340 per tahun, maka hasil tersebut tidak akurat; dan garis putus-putus hitam memproyeksikan tren masa depan dari 2020 hingga 2030, dengan angka bunuh diri diperkirakan stabil di sekitar 340 per tahun. Secara keseluruhan, meski ada fluktuasi di masa lalu, proyeksi masa depan menunjukkan stabilitas tanpa perubahan signifikan.

➤ Japan

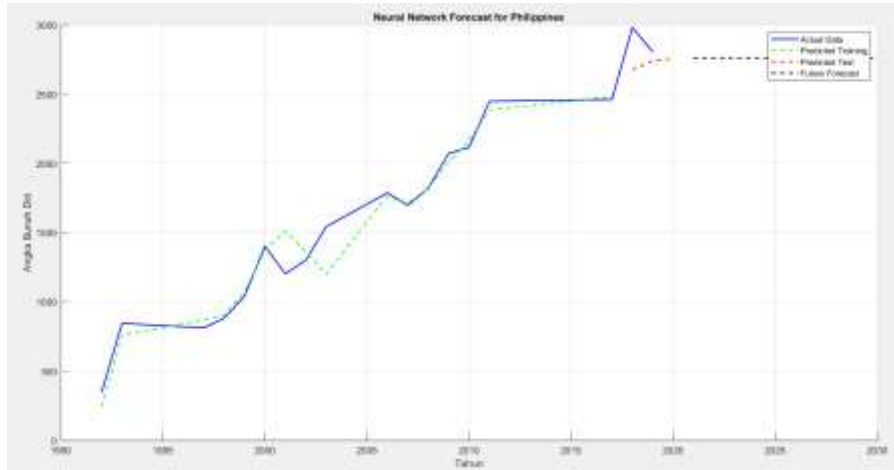


Gambar 4. Prediksi angka bunuh diri di Japan

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan angka bunuh diri dari 1985 hingga 2019. Dari 1986 hingga 1995, terjadi penurunan, namun angka tersebut naik tajam di akhir 1994-an hingga akhir 1998-an, diikuti oleh fluktuasi ringan dan penurunan drastis setelah 2015. Prediksi *Neural Network* (NN) terdiri dari beberapa garis: garis hijau putus-putus untuk data pelatihan menunjukkan prediksi yang cukup akurat hingga awal 2014-an; garis merah putus-putus menunjukkan prediksi uji untuk periode 2015-2020 memiliki grafik angka bunuh diri

yang stabil di sekitar 2.250 per tahun, maka hasil tersebut tidak akurat; garis hitam putus-putus menunjukkan proyeksi dari 2015 hingga 2030, dengan angka bunuh diri yang diperkirakan stabil dan rendah setelah penurunan tajam sebelumnya. Secara keseluruhan, tren menunjukkan penurunan signifikan setelah 2015 dan prediksi masa depan memperkirakan stabilitas di 2.250.

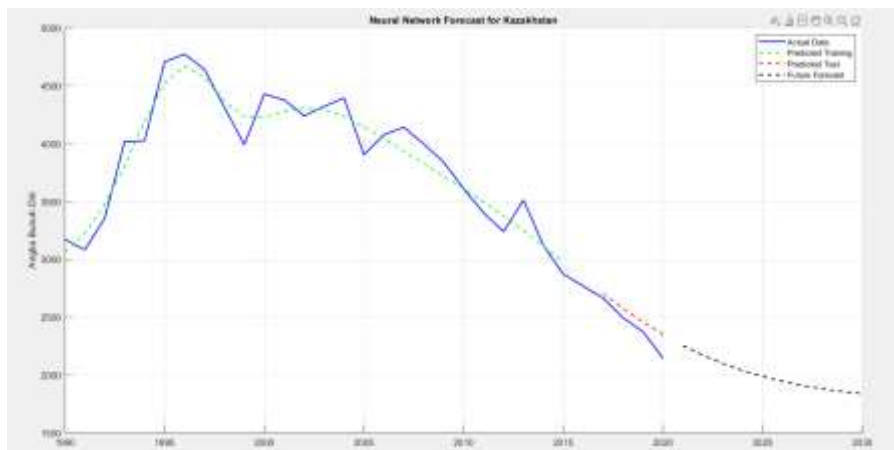
➤ **Philippines**



Gambar 5. Prediksi angka bunuh diri di Phillippines

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan angka bunuh diri dari 1993 hingga 2019 dengan tren peningkatan. Prediksi *Neural Network* (NN) mencakup beberapa garis: garis hijau putus-putus untuk data pelatihan cukup akurat hingga awal 2000-an, mengikuti pola data aktual dengan baik; garis merah putus-putus untuk data uji (2018-2020) juga menunjukkan tren kestabilan; garis hitam putus-putus memproyeksikan tren stabil dari 2021 hingga 2030 dengan angka bunuh diri yang stabil. Secara keseluruhan, grafik menunjukkan peningkatan signifikan setelah awal 1994-an, dan prediksi masa depan memperkirakan stabilitas di angka bunuh diri yang tinggi tanpa perubahan berarti.

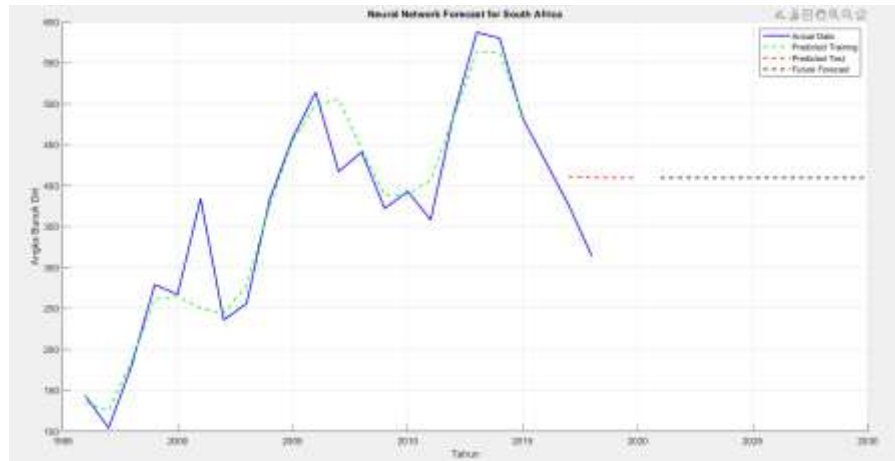
➤ **Kazakhstan**



Gambar 6. Prediksi angka bunuh diri di Kazakhstan

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan angka bunuh diri dari 1985 hingga 2015, dengan peningkatan antara 1990 dan 1995, diikuti oleh penurunan tajam sekitar 1996 dan 1999. Prediksi *Neural Network* (NN) menampilkan beberapa garis: garis hijau putus-putus untuk data pelatihan tidak terlalu akurat, namun masih mengikuti pola data aktual dengan cukup baik; garis merah putus-putus untuk data uji (2010-2015) mengikuti tren penurunan yang ada. Proyeksi masa depan (garis hitam putus-putus) dari 2020 hingga 2030 menunjukkan tren penurunan lebih lanjut, dengan angka bunuh diri tetap rendah setelah penurunan tajam sebelumnya. Secara keseluruhan, tren signifikan penurunan terjadi setelah 2013 dan diperkirakan berlanjut hingga angka bunuh diri sangat rendah pada 2020 dan seterusnya.

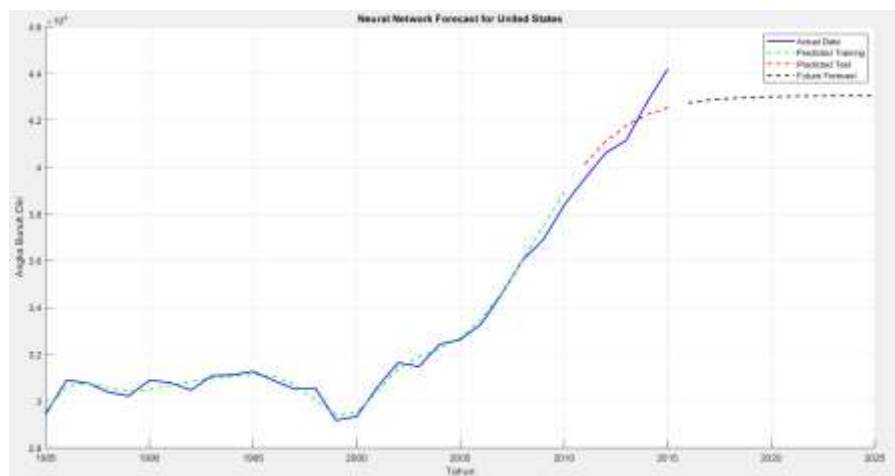
➤ **South Afrika**



Gambar 7. Prediksi angka bunuh diri di South Africa

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan angka bunuh diri dari 1996 hingga 2018. Dari 1996 hingga 1997, angka bunuh diri menurun, namun naik tajam pada 1998 dan 2000. Setelah mencapai puncak pada 2001, angka ini menurun hingga 2002, lalu naik tajam lagi pada 2003. Selanjutnya, angka bunuh diri naik-turun, dengan penurunan drastis dari 2013 hingga 2018. Prediksi *Neural Network* (NN) menunjukkan garis hijau putus-putus untuk data pelatihan yang cukup akurat hingga awal 2000-an; garis merah putus-putus untuk data uji (2010-2015) menunjukkan prediksi yang stabil; sementara proyeksi masa depan (2021-2030) dengan garis hitam putus-putus menunjukkan tren penurunan signifikan setelah 2013, dengan stabilitas diperkirakan setelah 2015.

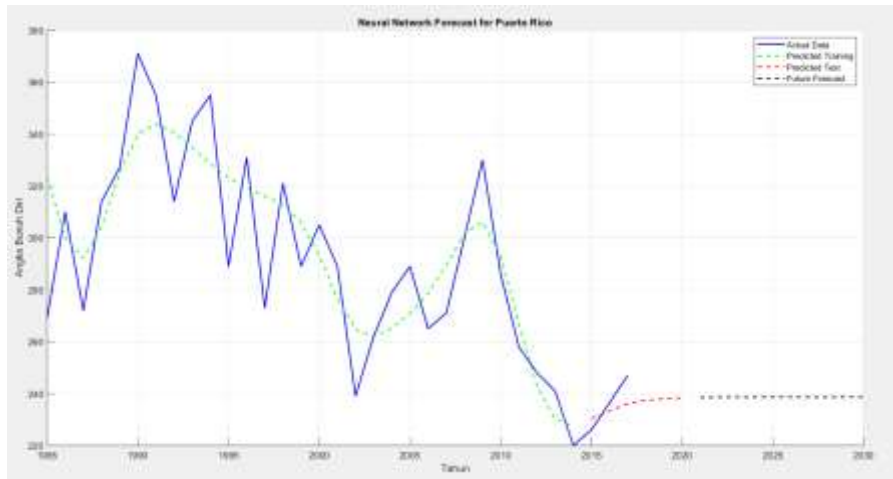
➤ **United States**



Gambar 8. Prediksi angka bunuh diri di United States

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan angka bunuh diri dari 1985 hingga 2015. Dari 1985 hingga 1999, angka bunuh diri mengalami penurunan dan kenaikan yang relatif stabil, namun meningkat tajam di awal 2000-an hingga mencapai puncak pada 2015. Prediksi *Neural Network* (NN) terdiri dari garis hijau putus-putus untuk data pelatihan yang akurat hingga 2010, mengikuti pola data aktual dengan baik; garis merah putus-putus untuk data uji (2010-2015) menunjukkan prediksi yang mengikuti tren kenaikan. Proyeksi masa depan (garis hitam putus-putus) dari 2015 hingga 2025 memperkirakan tren kenaikan lebih lanjut, dengan angka bunuh diri tetap tinggi setelah kenaikan signifikan sebelumnya. Secara keseluruhan, tren menunjukkan peningkatan besar setelah tahun 2000, dengan prediksi masa depan yang memperkirakan kenaikan terus berlanjut hingga 2030.

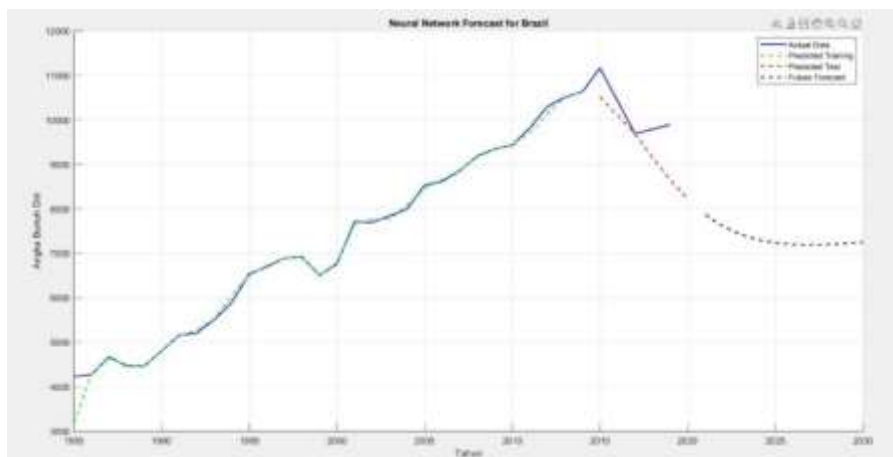
➤ **Puerto Rico**



Gambar 9. Prediksi angka bunuh diri di Puerto Rico

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan angka bunuh diri dari 1985 hingga 2017. Dari 1985 hingga 1986, angka bunuh diri meningkat, namun menurun tajam pada akhir 1986 hingga 1987, lalu naik lagi secara signifikan pada 1987 hingga akhir 1990. Prediksi *Neural Network* (NN) menunjukkan garis hijau putus-putus untuk data pelatihan yang kurang akurat, tidak sepenuhnya mengikuti pola data aktual; garis merah putus-putus untuk data uji (2015-2020) mengikuti tren kenaikan yang ada. Proyeksi masa depan (garis hitam putus-putus) dari 2020 hingga 2030 menunjukkan tren stabil di angka bunuh diri yang rendah. Secara keseluruhan, penurunan signifikan terjadi setelah 2009, dengan angka bunuh diri terus turun hingga mencapai titik sangat rendah pada 2014, dan prediksi masa depan memperkirakan stabilitas di angka bunuh diri rendah setelah 2015.

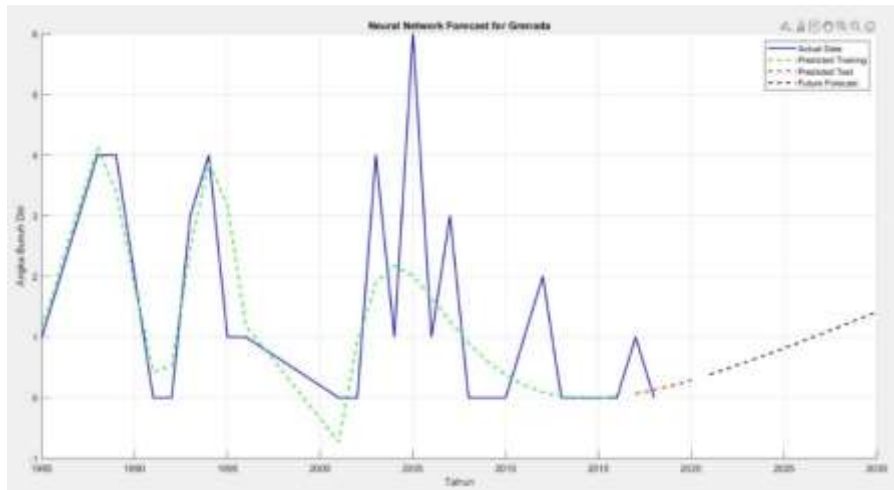
➤ **Brazil**



Gambar 10. Prediksi angka bunuh diri di Brazil

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan angka bunuh diri dari 1985 hingga 2019. Dari 1987 hingga 2015, angka bunuh diri tidak stabil, namun penurunannya tidak signifikan. Pada akhir 2015, terjadi penurunan yang signifikan. Prediksi *Neural Network* (NN) mencakup garis hijau putus-putus untuk data pelatihan yang cukup akurat, mengikuti pola data aktual dengan baik; garis merah putus-putus untuk data uji (2015-2020) mengikuti tren penurunan yang ada. Proyeksi masa depan (garis hitam putus-putus) dari 2021 hingga 2030 memperkirakan tren penurunan lebih lanjut dengan angka bunuh diri tetap rendah setelah penurunan sebelumnya. Secara keseluruhan, penurunan signifikan dimulai setelah 2015, dengan prediksi masa depan menunjukkan angka bunuh diri yang terus rendah setelah 2018.

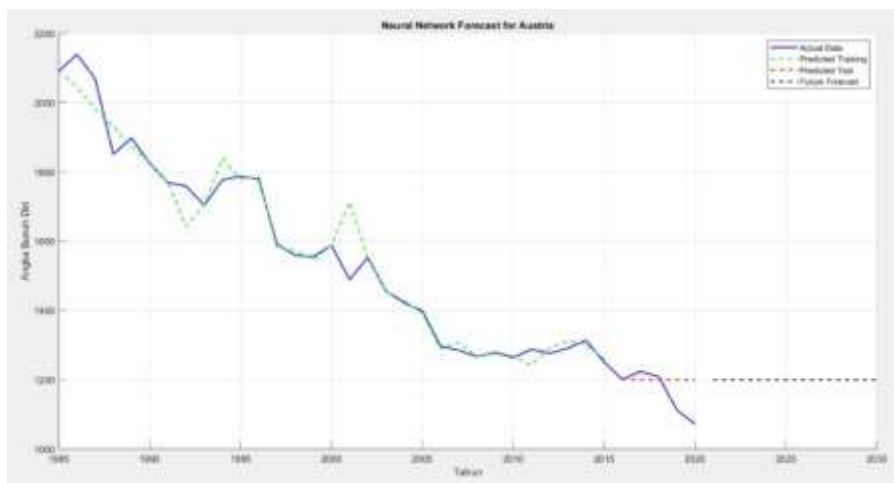
➤ **Grenada**



Gambar 11. Prediksi angka bunuh diri di Grenada

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan angka bunuh diri dari 1985 hingga 2018 di Negara Granada, dengan fluktuasi signifikan dan puncak kenaikan pada akhir 2005. Prediksi *Neural Network* (NN) menunjukkan garis hijau putus-putus untuk data pelatihan yang kurang akurat, tidak mengikuti pola data aktual dengan baik; garis merah putus-putus untuk data uji (2017-2020) tidak mencerminkan tren penurunan, melainkan menunjukkan peningkatan. Proyeksi masa depan (garis hitam putus-putus) dari 2021 hingga 2030 memperkirakan kenaikan angka bunuh diri setelah penurunan signifikan sebelumnya. Secara keseluruhan, penurunan terjadi setelah 2016, dengan angka bunuh diri mencapai nilai sangat rendah pada 2018, namun prediksi masa depan memperkirakan kenaikan dengan angka bunuh diri yang cukup tinggi setelah 2018.

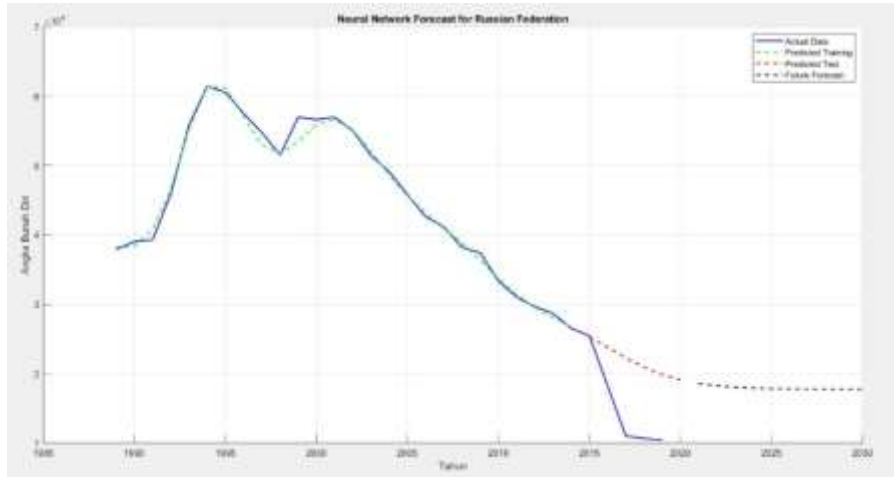
➤ **Austria**



Gambar 12. Prediksi angka bunuh diri di Austria

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan angka bunuh diri dari 1985 hingga 2020, dengan fluktuasi tahunan dan beberapa puncak tinggi, terutama pada tahun 1996, diikuti oleh penurunan signifikan. Prediksi *Neural Network* (NN) mencakup garis hijau putus-putus untuk data pelatihan, yang dilatih hingga 2015 dan berhasil mereplikasi pola data aktual hingga saat itu; garis merah putus-putus untuk data uji (2016-2020) menunjukkan prediksi yang stabil, meski tidak sepenuhnya akurat. Proyeksi masa depan (garis hitam putus-putus) dari 2021 hingga 2030 memperkirakan angka bunuh diri tetap konstan di sekitar 1200 per tahun. Secara keseluruhan, meskipun ada fluktuasi di masa lalu, proyeksi masa depan menunjukkan stabilitas dengan sedikit atau tanpa perubahan signifikan dalam angka bunuh diri.

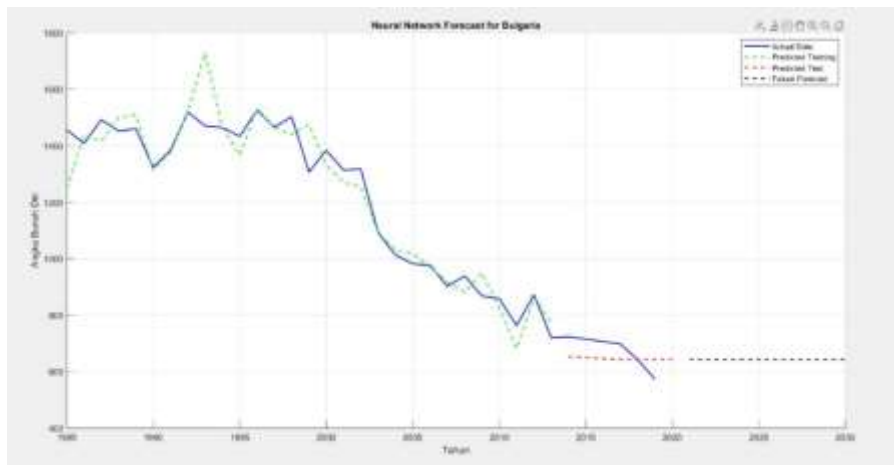
➤ **Russian Federation**



Gambar 13. Prediksi angka bunuh diri di Russian Federation

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan angka bunuh diri dari 1989 hingga 2019. Dari 1991 hingga 1994, angka bunuh diri meningkat, tetapi turun tajam pada akhir 1995 dan terus menurun hingga 2019. Prediksi *Neural Network* (NN) menunjukkan garis hijau putus-putus untuk data pelatihan yang cukup akurat, mengikuti pola data aktual dengan baik; garis merah putus-putus untuk data uji (2015-2020) mengikuti tren penurunan yang ada. Proyeksi masa depan (garis hitam putus-putus) dari 2021 hingga 2030 memperkirakan tren penurunan lebih lanjut dengan angka bunuh diri yang rendah setelah penurunan tajam sebelumnya. Secara keseluruhan, penurunan signifikan terjadi setelah 1995, dan prediksi masa depan memperkirakan penurunan terus berlanjut setelah 2020, meskipun dengan angka bunuh diri yang lebih tinggi dibandingkan tahun 2020.

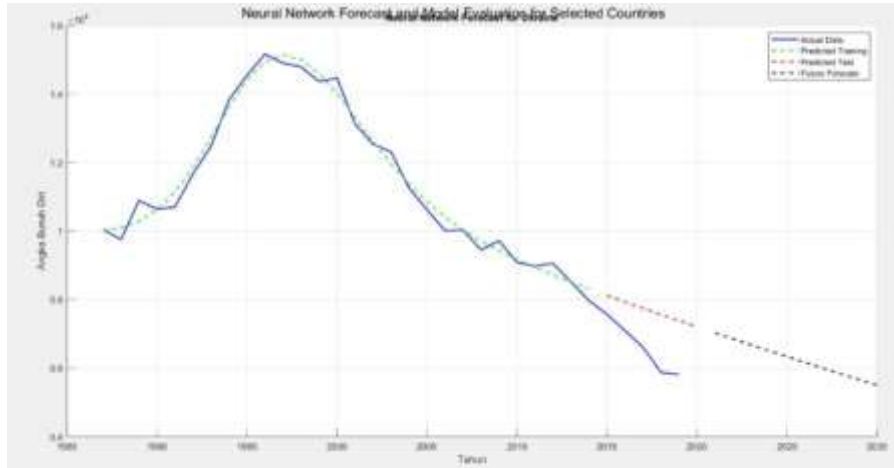
➤ **Bulgaria**



Gambar 14. Prediksi angka bunuh diri di Bulgaria

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan angka bunuh diri di Bulgaria dari 1985 hingga 2019. Grafik menunjukkan fluktuasi angka bunuh diri, tetapi secara perlahan mengalami penurunan hingga kurang dari 600 korban. Prediksi *Neural Network* (NN) mencakup garis hijau putus-putus untuk data pelatihan yang cukup akurat, meski mengalami ketidakakuratan pada tahun 1993; garis merah putus-putus untuk data uji (2014-2020) menunjukkan kestabilan, tetapi keakuratannya tidak dapat dipastikan. Proyeksi masa depan (garis hitam putus-putus) dari 2021 hingga 2030 memperlihatkan tren kestabilan yang sesuai dengan prediksi uji. Secara keseluruhan, penurunan signifikan terjadi setelah 2002, dan angka bunuh diri terus menurun hingga mencapai nilai sangat rendah pada 2019. Prediksi masa depan memperkirakan stabilitas setelah 2020, dengan angka tetap rendah tanpa perubahan signifikan.

➤ **Ukraine**



Gambar 15. Prediksi angka bunuh diri di Ukraine

Data aktual (garis biru solid) menunjukkan angka bunuh diri di Ukraina dari 1988 hingga 2019. Grafik menunjukkan fluktuasi angka bunuh diri, namun secara perlahan mengalami penurunan hingga kurang dari 6000 korban. Prediksi *Neural Network* (NN) mencakup garis hijau putus-putus untuk data pelatihan yang cukup akurat dan mengikuti pola data aktual dengan baik; garis merah putus-putus untuk data uji (2015-2020) menunjukkan penurunan, meskipun keakuratannya tidak dapat dipastikan. Proyeksi masa depan (garis hitam putus-putus) dari 2021 hingga 2030 menunjukkan tren penurunan yang sesuai dengan prediksi uji. Secara keseluruhan, penurunan signifikan terjadi setelah 2000, dan angka bunuh diri terus menurun hingga mencapai nilai yang sangat rendah pada 2019. Prediksi masa depan memperkirakan penurunan berlanjut setelah 2020, dengan angka bunuh diri tetap rendah.

3.2.3 Keterbatasan Prediksi

Meskipun model *Neural Network* (NN) ini mampu memberikan gambaran umum mengenai tren masa depan, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan data yang terbatas untuk beberapa negara, terutama negara dengan populasi kecil atau data historis yang tidak lengkap, hasil prediksi mungkin kurang akurat. Keterbatasan dalam jumlah data historis dapat menyebabkan kesulitan bagi model dalam mendeteksi pola yang konsisten. Terdapat faktor eksternal yang tidak dipertimbangkan, yaitu seperti kebijakan baru, perubahan sosial, atau bencana yang dapat mempengaruhi angka bunuh diri. Hal-hal ini dapat memengaruhi hasil prediksi jika terjadi perubahan signifikan di masa mendatang.

3.3. Tampilan GUI NN

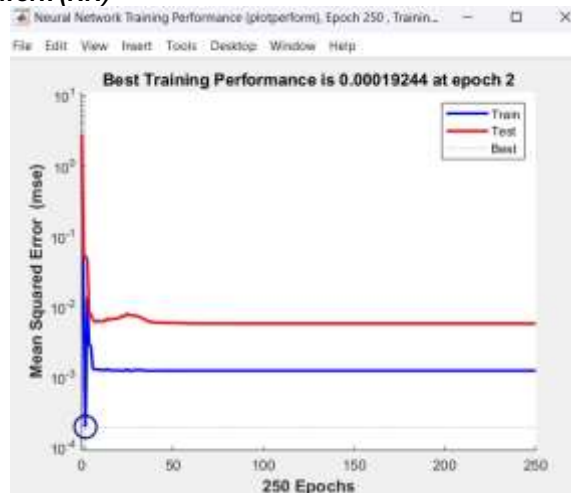


Gambar 16. Tampilan GUI NN

- *Epoch*
Satu putaran lengkap melalui seluruh Dataset pelatihan. Pelatihan mencapai 250 *Epoch*, yang merupakan jumlah maksimum yang ditetapkan.
- *Elapsed Time*
Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pelatihan. Pelatihan selesai dalam 1 detik, menunjukkan proses yang cepat.
- *Performance*
Ukuran seberapa baik model memprediksi *output* yang diinginkan. Menurun dari 1.81 menjadi 0.00121, menandakan peningkatan signifikan dalam akurasi model.
- *Gradient*
Mengukur seberapa cepat kinerja jaringan berubah. Menurun dari 3.81 menjadi 0.000189, menunjukkan konvergensi model.
- *Mu*
Parameter dalam algoritma *Bayesian Regularization* yang mengontrol ukuran langkah *update*. Menurun dari 0.005 menjadi 0.001, menandakan penyesuaian selama pelatihan.
- *Effective # Param*
Jumlah parameter yang efektif digunakan dalam model. Menurun dari 91 menjadi 6.19, menunjukkan regularisasi yang kuat.
- *Sum Squared Param*
Jumlah kuadrat dari semua parameter model. Menurun drastis dari 7.18×10^4 menjadi 22.3, menandakan penyederhanaan model.

3.4. Grafik Training Set dan Dataset

3.4.1. Grafik Performa Neural Network (NN)

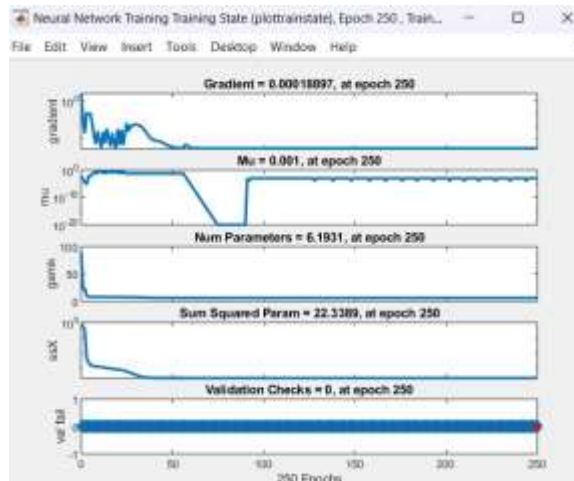


Gambar 17. Grafik performa pelatihan jaringan NN

Gambar ini menunjukkan grafik performa pelatihan jaringan *Neural Network Training Performance* menggunakan *plotperform*. Sumbu X menunjukkan jumlah *epoch*, dengan total 250 *epoch*. Sumbu Y menunjukkan *Mean Squared Error* (MSE) dalam skala logaritma. Ada tiga garis pada grafik: Garis biru: menunjukkan performa pelatihan (*Train*), Garis merah: menunjukkan performa pengujian (*Test*), Garis titik-titik: menunjukkan performa terbaik (*Best*). Teks di bagian atas grafik menyatakan "*Best Training Performance is 0.0001924 at epoch 2*", yang berarti performa pelatihan terbaik dicapai pada *epoch* ke-2 dengan nilai MSE 0.0001924. Garis biru (*Train*) menunjukkan penurunan *error* yang cepat di awal, kemudian stabil pada tingkatan yang rendah (sekitar 10^{-3}). Garis merah (*Test*) juga menunjukkan penurunan awal yang cepat, tetapi kemudian stabil pada tingkatan yang sedikit lebih tinggi dibandingkan garis *Train* (sekitar 10^{-2}). Ada lingkaran biru di sekitar *epoch* 2, yang menandakan titik performa terbaik yang disebutkan di atas.

Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa model jaringan *Neural Network* (NN) mengalami peningkatan performa yang cepat di awal pelatihan, mencapai performa terbaiknya pada *epoch* ke-2, dan kemudian relatif stabil untuk sisa proses pelatihan. Perbedaan antara garis *Train* dan *Test* menunjukkan adanya sedikit *overfitting*, karena *error* pada data pengujian sedikit lebih tinggi daripada data pelatihan.

3.4.2. Grafik Kondisi Pelatihan Neural Network Training State

Gambar 18. Grafik kondisi pelatihan jaringan *Neural Network Training State*

Gambar ini menunjukkan beberapa grafik yang merepresentasikan kondisi pelatihan jaringan *Neural Network Training State* menggunakan *plottrainstate* selama 250 *Epoch*.

a. *Gradient*

Menunjukkan perubahan *gradient* selama pelatihan. Nilai akhir adalah 0.00018897 pada *Epoch* 250. Grafik menunjukkan penurunan dan stabilisasi *gradient* seiring berjalannya waktu.

b. *Mu*

Menunjukkan parameter *Mu* dari algoritma pelatihan (kemungkinan *Levenberg-Marquardt*). Nilai akhir adalah 0.001 pada *Epoch* 250. Grafik menunjukkan fluktuasi di awal kemudian stabil pada nilai 10^0 .

c. *Num Parameters*

Menunjukkan jumlah parameter dalam jaringan. Nilai akhir adalah 6.1931 pada *Epoch* 250. Grafik menunjukkan nilai yang konstan, mengindikasikan arsitektur jaringan tidak berubah selama pelatihan.

d. *Sum Squared Param*

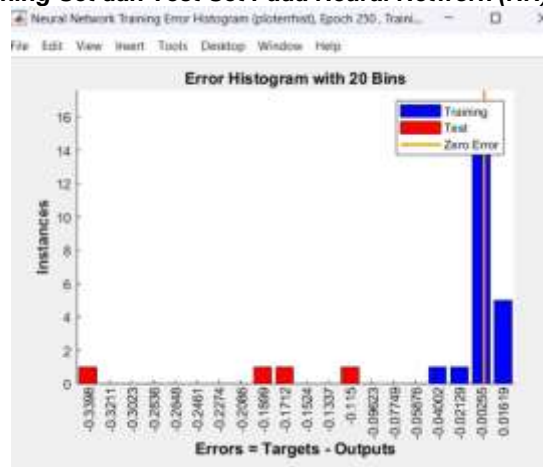
Menunjukkan jumlah kuadrat dari parameter jaringan. Nilai akhir adalah 22.3389 pada *Epoch* 250. Grafik menunjukkan penurunan cepat di awal kemudian stabil.

e. *Validation Checks*

Menunjukkan jumlah pengecekan validasi yang dilakukan. Nilai akhir adalah 0 pada *Epoch* 250. Grafik menunjukkan tidak ada validasi yang dilakukan selama pelatihan.

Secara keseluruhan, grafik-grafik ini memberikan informasi tentang proses pelatihan jaringan saraf: *Gradient* yang menurun menunjukkan konvergensi pelatihan. *Mu* yang stabil menunjukkan algoritma pelatihan telah menemukan langkah optimal. Jumlah parameter yang tetap menunjukkan arsitektur jaringan yang konsisten. Penurunan *sum squared param* menunjukkan optimisasi bobot jaringan. Tidak adanya *validation checks* mungkin mengindikasikan bahwa pelatihan dilakukan tanpa set validasi terpisah. Grafik-grafik ini membantu dalam memahami dinamika pelatihan jaringan saraf dan dapat digunakan untuk mendiagnosa masalah atau mengoptimalkan proses pelatihan.

3.4.3. Grafik Histogram Error Training Set dan Test Set Pada Neural Network (NN)



Gambar 19. Grafik histogram error training set dan test set pada NN

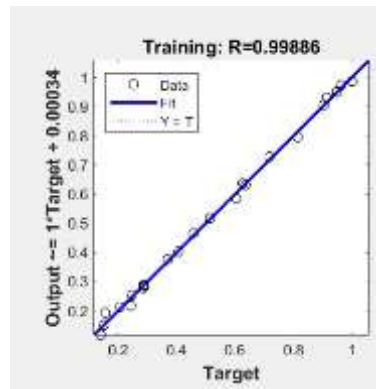
"Error Histogram with 20 Bins" menunjukkan bahwa grafik ini menampilkan distribusi *error* (perbedaan antara target dengan *output*) dalam 20 kategori atau "bins". Label pada sumbu X menunjukkan nilai *error*, dihitung sebagai "*Errors = Targets - Outputs*". *Error* ini diukur dari seberapa besar perbedaan antara nilai target dan hasil keluaran jaringan saraf. *Error* berkisar dari nilai negatif (*underestimation*) hingga positif (*overestimation*). Sumbu Y

menunjukkan jumlah *instance* atau data poin (frekuensi) yang jatuh dalam rentang *error* tertentu. *Training* (Biru) merepresentasi distribusi *error* selama tahap pelatihan model. *Test* (Merah) merepresentasi distribusi *error* selama tahap pengujian model. *Zero Error* (Kuning) merupakan garis vertikal di sumbu X yang menunjukkan titik nol, yaitu ketika tidak ada perbedaan antara target dan *output*. Interpretasi, sebagian besar *error* berkumpul sangat dekat dengan nol, yang terlihat dari banyaknya *instance* di bin yang paling mendekati nol, baik pada pelatihan (biru) maupun pengujian (merah). Ada beberapa *instance* dengan *error* yang lebih besar, ditunjukkan oleh bar yang lebih jauh dari nol di kedua arah (baik positif maupun negatif). Bar yang berwarna merah menunjukkan distribusi *error* pada data pengujian, sedangkan bar biru menunjukkan distribusi *error* pada data pelatihan.

Secara keseluruhan, grafik ini membantu memvisualisasikan bagaimana model *Neural Network* (NN) berperilaku dengan data pelatihan dan pengujian, terutama dalam hal seberapa besar kesalahan yang dihasilkan. *Error* yang lebih kecil, terutama yang mendekati nol, adalah indikator model yang lebih baik.

3.4.4. Grafik Hubungan antara Target dan Output

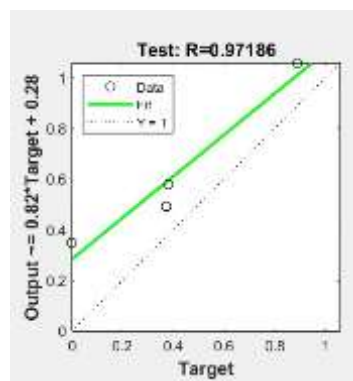
3.4.4.1. Training



Gambar 20. Grafik *training* pada NN

Judul "*Training: R = 0.99886*", Sumbu X adalah target dan sumbu Y adalah *output*. Grafik ini menunjukkan hasil pelatihan model. Garis biru adalah garis *fitting linier* dari data pelatihan, dengan persamaan $\text{Output} \approx 1 * \text{Target} + 0.00034$. Koefisien determinasi (R) sangat mendekati 1, yaitu **0.99886**, yang menunjukkan bahwa model sangat baik dalam menyesuaikan data pelatihan. Hal ini berarti *output* model hampir sepenuhnya sesuai dengan target selama pelatihan. Hampir semua titik data (lingkaran hitam) berada pada garis diagonal $Y = T$ (garis putus-putus), yang menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara target dan *output*.

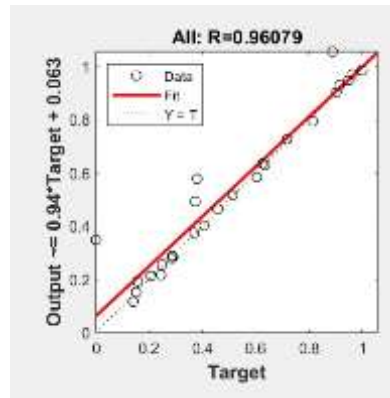
3.4.4.2. Test



Gambar 21. Grafik *test* pada NN

Judul "*Test: R = 0.97186*", Sumbu X adalah target dan sumbu Y adalah *output*. Grafik ini menunjukkan hasil pengujian model. Garis hijau adalah garis *fitting linier* dari data pengujian, dengan persamaan $\text{Output} \approx 0.82 * \text{Target} + 0.28$. Nilai R sebesar **0.97186** masih sangat tinggi, meskipun lebih rendah dibandingkan dengan pelatihan, menunjukkan performa yang baik selama pengujian. Beberapa titik data keluar dari garis diagonal ($Y=T$), yang menunjukkan bahwa model menghasilkan *error* yang lebih besar pada beberapa *instance* data pengujian, terutama pada rentang target yang lebih rendah (0.2 hingga 0.6).

3.4.4.3. All

Gambar 22. Grafik gabungan *training* dan *test* pada NN

Judul " "All: R = 0.96079" ", Sumbu X adalah target dan sumbu Y adalah *output*. Grafik ini menunjukkan performa model pada keseluruhan data (gabungan pelatihan dan pengujian). Garis merah adalah garis *fitting linier* dari keseluruhan data, dengan persamaan $\text{Output} \approx 0.94 * \text{Target} + 0.063$. Nilai R sebesar 0.96079 menunjukkan performa yang cukup baik secara keseluruhan, tetapi lebih rendah dibandingkan dengan pelatihan dan pengujian secara individu. Sejumlah titik data sedikit menyimpang dari garis diagonal, terutama di area target rendah (sekitar 0.2 hingga 0.4), yang menunjukkan bahwa model memiliki sedikit bias dalam memprediksi target yang lebih kecil.

Training: Model bekerja sangat baik pada data pelatihan, dengan nilai R mendekati 1, menunjukkan bahwa model hampir sempurna dalam mencocokkan data pelatihan. *Test*: Meskipun nilai R tetap tinggi, terdapat sedikit penurunan performa dalam pengujian dibandingkan dengan pelatihan, dengan beberapa *outlier* (titik data yang menyimpang dari garis prediksi). *All*: Secara keseluruhan, model memiliki performa yang baik, tetapi performanya sedikit menurun ketika diuji pada data baru (pengujian), dengan adanya sedikit bias yang terlihat pada prediksi target yang lebih kecil.

Perbedaan dalam performa antara pelatihan dan pengujian dapat mengindikasikan adanya *overfitting* (model terlalu menyesuaikan diri dengan data pelatihan), tetapi dalam kasus ini, perbedaan tersebut masih dalam batas wajar, menunjukkan model yang cukup baik secara keseluruhan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan metode *Deep Learning* dengan model *Neural Network* (NN) dapat digunakan untuk memprediksi angka bunuh diri di berbagai negara untuk 10 tahun mendatang dengan cukup akurat. Metode tersebut dapat menghasilkan pola grafik bunuh diri berdasarkan data historis dan memprediksi tren di 10 tahun mendatang. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk membantu lembaga kesehatan mental dan pemerintah dalam merancang intervensi atau kebijakan yang tepat. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa kualitas prediksi bergantung pada faktor-faktor, seperti jumlah dan konsistensi data secara historis. Negara-negara dengan data yang lebih lengkap dapat memberikan hasil prediksi yang lebih akurat, sedangkan negara-negara yang datanya fluktuatif dan terbatas memberikan hasil prediksi yang kurang akurat.

Dengan demikian, *Neural Network* (NN) dapat menjadi model yang efektif untuk memprediksi angka bunuh diri dengan syarat adanya kualitas data yang lengkap. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat membantu pencegahan bunuh diri dengan memberikan gambaran tren yang signifikan sehingga memungkinkan perencanaan intervensi yang tepat dan efektif.

References

- Andari, S. 2017. Fenomena Bunuh Diri di Kabupaten Gunung Kidul. *Sosio Konsepsia: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Kesejahteraan Sosial*. 7(1): 92-108
- Bishop, C. M. 2009. *Pattern Recognition and Machine Learning*. New York: Springer
- Demuth, H. B. & Beale, M. 1997. *Neural Network Toolbox, User Guide Version 4*. Natick: MathWork
- Demuth, H. B., et al. 2014. *Neural Network Design (2nd. Ed)*. New York: Martin Hagan
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. 2009. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. New York: Springer
- Hawari, H. D. 2010. *Psikopatologi Bunuh Diri*. Jakarta: Balai Penerbit FKUI.
- Hukubun, A. J. M. 2022. *Neural Network*. Diunduh di https://www.researchgate.net/publication/365581579_Neural_Network tanggal 21 September 2024

Kaplan, & Sadock. 2010. *Buku Ajar Psikiatri Klinis (Ed 2)*. Jakarta: EGC.

MathWorks. (n.d.). *Neural Network Toolbox™ User's Guide*. Diakses September 21, 2024, dari <https://www.mathworks.com/help/nnet/>

Satuharapan. 2014. *Kasus Percobaan Bunuh Diri Mencapai 800.000 Per Tahun*. Diunduh di <http://www.satuharapan.com/readdetail/read/kasus-percobaan-bunuh-diri-mencapai-800000-per-tahun> tanggal 21 September 2024