

Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Pada Pendeteksi Keaslian Dan Nominal Uang

Linda Sekar Rini*, Oki Teguh Karya, Fadli Sirait

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta

*41418320049@student.mercubuana.ac.id

Abstrak— Uang merupakan alat yang digunakan untuk transaksi jual beli oleh seluruh manusia. Uang menjadi benda berharga bagi banyak orang untuk kehidupan sehari-hari. Namun uang banyak dipalsukan oleh orang yang tidak bertanggung jawab untuk melakukan transaksi. Pemalsuan uang kertas di Indonesia pada tahun 2019 sebesar 8 lembar per 1 juta uang yang beredar. *Vending machine* merupakan sebuah mesin yang berfungsi untuk menjual barang secara otomatis dengan cara memasukkan uang sesuai dengan harga barang yang tertera. Namun pada pendeteksian nominal uang dan keaslian uang ini terbatas hanya pada kondisi uang yang baik. Apabila kondisi uang kurang baik, maka uang konsumen akan ditolak. Penelitian ini dilakukan untuk mengimplementasikan Jaringan Syaraf tiruan dengan mencari model terbaik. Model terbaik akan diverifikasi keahliannya dan keakuratannya dalam mengenal pola warna uang kertas baik asli maupun palsu, dengan menggunakan metode *backpropagation* dengan fungsi aktivasi *sigmoid* untuk mendeteksi keaslian dan nominal uang kertas. Penelitian dilakukan dengan mengambil data nilai RGB dari masing-masing nominal uang dengan menggunakan sensor warna TCS3200. Hasil dari penelitian didapatkan model terbaik menggunakan 5 *hidden layers* dengan *nodes* 75, 38, 19, 10, dan 5. Memiliki tingkat prediksi sebesar 46,8% dari jumlah keseluruhan *dataset testing* yang digunakan sebanyak 600 data.

Kata Kunci— Pemalsuan uang kertas, *vending machine*, sensor warna TCS3200, jaringan syaraf tiruan, *backpropagation*.

DOI: 10.22441/jte.2021.v12i2.004

I. PENDAHULUAN

Uang merupakan alat yang digunakan untuk melakukan transaksi jual beli dan sudah digunakan oleh manusia diseluruh penjuru dunia. Hal ini sudah pasti menjadikan uang sebagai barang pokok untuk setiap manusia [1]. Uang menjadi benda yang sangat berharga bagi banyak orang untuk kehidupan sehari-hari. Hal-hal ini yang membuat uang banyak dipalsukan oleh orang yang tidak bertanggung jawab untuk melakukan transaksi. Uang yang dipalsukan mulai dari nominal terkecil hingga nominal terbesar. Pemalsuan uang juga membuat kerugian bagi masyarakat dan perekonomian nasional. Menurut Bank Indonesia, pemalsuan uang kertas di Indonesia pada tahun 2019 sebesar 8 lembar per 1 juta uang yang beredar [2].

Vending machine merupakan sebuah mesin yang berfungsi untuk menjual barang secara otomatis dengan cara memasukkan uang koin atau uang kertas sesuai dengan nominal barang yang dijual [3]. *Vending machine* banyak digunakan untuk menjual minuman, makanan ataupun barang-barang dengan ukuran kecil. *Vending machine* tidak memerlukan operator dalam menjual barang-barangnya. Konsumen dapat

memilih barang yang akan dibeli sesuai dengan keinginannya. *Vending machine* dirancang sedemikian rupa untuk membaca nominal dan keaslian uang. Namun pada pendeteksian nominal uang dan keaslian uang ini terbatas hanya pada kondisi uang yang baik, tidak terlipat dan berkerut. Apabila kondisi uang kurang baik, maka uang konsumen akan ditolak.

Jaringan syaraf tiruan (JST) [10] merupakan salah satu cabang dari kecerdasan buatan. Jaringan syaraf tiruan adalah sebuah alat pemodelan data numerik non-linier yang terinspirasi dari jaringan syaraf biologis seperti otak manusia. Jaringan syaraf akan memiliki satu set neuron buatan yang terhubung dan memproses informasi menggunakan bentuk penghubung ke komputasi. Jaringan syaraf tiruan banyak digunakan untuk memodelkan hubungan canggih antara *input* dan *output* atau untuk mengungkap pola dalam data berdasarkan informasi eksternal atau internal yang berjalan melalui jaringan selama proses pembelajaran [4]. *Backpropagation* merupakan salah satu metode dari jaringan syaraf tiruan yang dapat diaplikasikan dengan baik dalam bidang peramalan (*Forecasting*) [5]. Metode *backpropagation* memiliki 3 tahapan pelatihan, yaitu tahap maju (*feed forward*), tahap balik (*backward*), dan tahap pengaturan bobot [6]. Jaringan syaraf tiruan akan mempelajari pola yang didapat dari data yang ada. Semakin banyak data yang digunakan, maka hasil dari JST akan semakin akurat dalam memprediksi.

Penelitian ini dilakukan berdasarkan oleh latar belakang yang telah dijabarkan. Penelitian akan mengimplementasikan Jaringan Syaraf Tiruan dengan metode *Backpropagation* dalam mendeteksi keaslian dan nominal uang. Data-data akan diambil dengan menggunakan alat bantu yang tersusun dari sensor warna TCS3200 dan lampu hitam UV dan Bahasa pemrograman python. Uang yang akan digunakan sebagai objek penelitian antara lain Rp 10.000, Rp 20.000, Rp 50.000, dan Rp 100.000 dalam kondisi baik maupun kurang baik serta uang mainan sebagai uang palsu. Data-data yang didapatkan akan diolah menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan metode *Backpropagation*.

II. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian sebelumnya mengenai Jaringan Syaraf Tiruan dilakukan oleh [7] yang berjudul “Implementasi Metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) Pada Alat Deteksi Nilai Nominal Uang”. Penelitian ini dilakukan untuk mendeteksi nominal uang kertas melalui perbedaan warna setiap mata uang dengan menggunakan sensor warna. Hasil penelitian berupa nominal uang yang *dioutput* dalam bentuk suara yang membantu tunanetra. Hasil pengujian rata-rata diperoleh keakuratan sebesar 90.00%.

Penelitian lainnya dilakukan oleh [8] yang berjudul “Identifikasi Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Warna Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST)”. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi kematangan buah tomat yaitu metode pembelajaran *perceptron* dengan bantuan media *webcam*. Tingkat kematangan dibagi menjadi tiga, yaitu mentah, setengah matang, dan matang. Dengan menggunakan metode pembelajaran *perceptron* memperoleh tingkat keberhasilan sebesar 43,33%

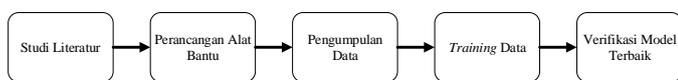
Penelitian JST lainnya disusun oleh [9] berjudul “Deteksi Gula Darah Melalui Gas Buang Pernafasan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation”. Penelitian ini dilakukan untuk mendeteksi gula darah melalui deteksi senyawa aseton dan alkohol menggunakan sensor gas TGS 822 dan MQ 138 dari rongga mulut yang dikeluarkan melalui pernafasan. Data diambil sebanyak 60 sampel dari 7 responden yang akan diklasifikasikan menggunakan JST *Backpropagation*. Penelitian menghasilkan tingkat akurasi deteksi rata-rata 96,53%.

Penelitian yang berjudul “Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Metode Backpropagation Untuk Memprediksi Jumlah Mahasiswa Baru” dilakukan oleh [5]. Penelitian dilakukan untuk memprediksi jumlah mahasiswa baru pada tahun 2018 dengan menggunakan data mahasiswa baru dalam kurun waktu tiga tahun terakhir (2014-2017). Data tersebut digunakan untuk melakukan pelatihan dengan metode *Backpropagation* dan pengujian data. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu model JST *Backpropagation* memiliki presentase akurasi rata-rata 69,5%.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh [6] berjudul “Implementasi Kendali PID Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*.” Penelitian dilakukan untuk menggantikan pengendalian konvensional PID dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan metode *Backpropagation* yang sudah dilatih untuk mengenali pola dan mencari model terbaik. Fungsi aktivasi yang digunakan tansig dan lapisan kedua memakai fungsi aktivasi pureline. Percobaan membandingkan kestabilan dan kehandalan terhadap gangguan dari luar antara metode JST *Backpropagation* dengan metode PID menggunakan Simulink Matlab. Hasil percobaan didapatkan yaitu pengendalian menggunakan metode JST *Backpropagation* sudah cukup baik dan menyamai dengan pengendalian PID.

III. METODOLOGI PENELITIAN

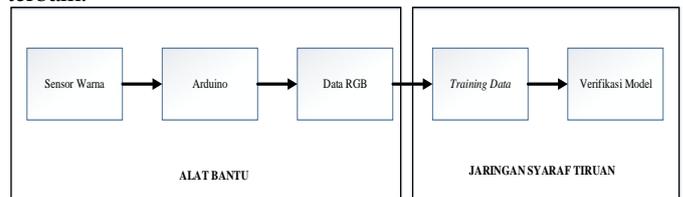
Pada penelitian ini, penulis membedakan menjadi beberapa tahapan utama yang terdiri dari: studi literatur, tahap perancangan alat bantu, tahap pengambilan data, tahap training data, dan tahap testing model terbaik.



Gambar 1. Blok Diagram Penelitian

Studi literatur berguna untuk mengetahui dasar teori, penetapan permasalahan yang akan diangkat, penetapan tujuan dari penelitian serta batasan masalah. Studi literatur didapatkan dari jurnal-jurnal, internet maupun laporan penelitian yang sudah pernah dilakukan. Tahapan perancangan alat bantu dilakukan untuk membantu penulis memperoleh data yang diperlukan pada penelitian ini. Alat bantu terdiri dari kumpulan sensor dan mikrokontroler. Tahapan pengumpulan data merupakan tahapan dimana data-data yang dibutuhkan untuk *training* dan analisa diambil dari hasil baca sensor. Data yang sudah terkumpul akan *training* menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *Training* ini dilakukan untuk mendapatkan model terbaik dengan cara melakukan perubahan-perubahan pada fungsi aktivasi, jumlah neuron *hidden layer*. Selanjutnya, sampai pada tahap akhir yaitu verifikasi model terbaik yang artinya model yang paling baik hasil dari *training* yang dilakukan diuji kredibilitasnya kembali pada data baru.

Alur kerja dari penelitian ini dibagi menjadi dua proses. Pertama, pada alat bantu yang terdiri dari sensor warna, arduino dan pengumpulan data RGB. Kedua, pada Jaringan Syaraf Tiruan yang terdiri dari *training* data dan verifikasi model yang terbaik.



Gambar 2. Blok Diagram Alur Kerja

Alat yang digunakan berupa perangkat lunak yang berperan penting pada penelitian ini yang berguna untuk melakukan pemrograman, yaitu:

- Arduino IDE 1.8.12, digunakan untuk memprogram sensor dan mikrokontroler Arduino mega 2560.
- Google Colaboratory (Colab), digunakan untuk program python yang berguna untuk *training* Jaringan Syaraf Tiruan.

Selain alat berupa perangkat lunak, bahan-bahan yang dibutuhkan untuk membuat alat bantu dalam pengambilan data pada penelitian ini dijabarkan pada Tabel 1.

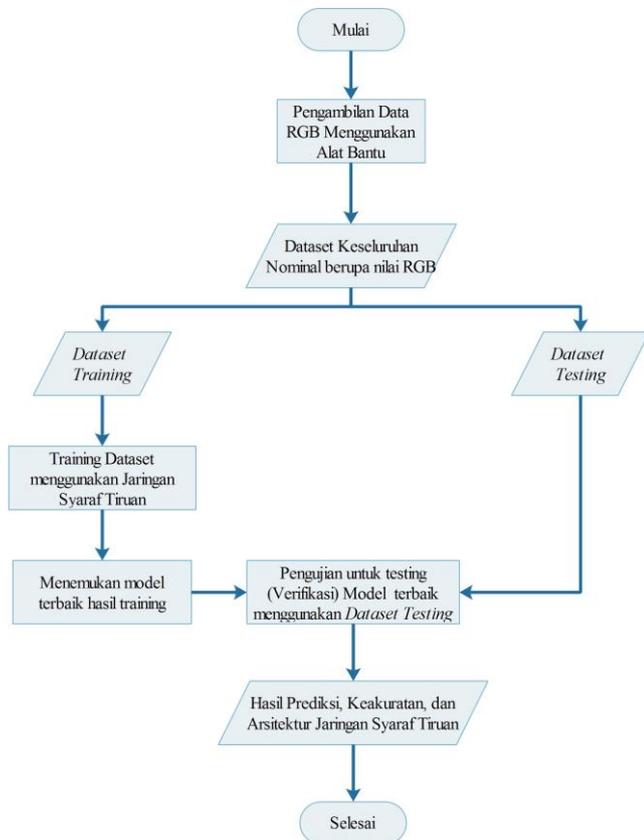
Tabel 1. Contoh Tabel

No	Material	Kuantitas	Keterangan
1.	Arduino Mega 2560	1	Berfungsi sebagai pengendali sensor TCS3200 dan pengambilan data sensor
2.	TCS3200	3	Untuk mendeteksi nilai RGB warna uang
3.	Lampu Hitam Ultraviolet	1	Untuk menyinari uang sehingga ornamen warna unik sebagai

			pengaman uang asli dapat dilihat.
4.	Kabel Pelangi	Secukupnya	Penyambung antar komponen

A. Flowchart

Pada penelitian ini, tahapan penelitian dapat dilihat pada flowchart yang berada di Gambar 3 berikut ini.



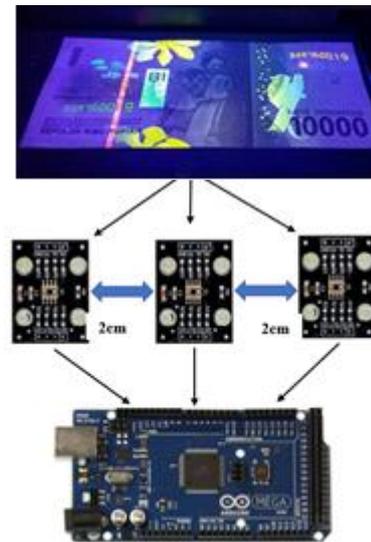
Gambar 3. Flowchat Implementasi JST pada Pendeteksi Keaslian dan Nominal Uang

B. Perancangan Alat Bantu

Alat bantu terdiri dari mikrokontroler, sensor TCS3200 dan lampu hitam UV. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560 yang berfungsi sebagai otak dari alat bantu dan mengakusisi data nilai RGB dari pembacaan sensor TCS3200. Nilai RGB yang dibaca oleh sensor warna TCS3200 akan ditampilkan pada serial monitor dari software Arduino IDE. Sensor warna TCS3200 akan mendeteksi nilai RGB dari uang. Uang kertas memiliki ornamen warna unik masing-masing apabila uang disinari oleh sinar ultraviolet. Ornamen unik pada uang kertas asli ini yang akan digunakan untuk membedakan uang asli dan uang palsu serta nominal. Sehingga nilai RGB dari uang kertas pecahan Rp.10.000, Rp.20.000, Rp.50.000 dan Rp.100.000 akan berbeda-beda. Data inilah yang

akan diambil untuk nantinya diolah menggunakan program Jaringan Syaraf Tiruan.

Skema perancangan hardware dari alat bantu yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Skema Perancangan Alat Bantu

Berdasarkan skema pada Gambar 4, Uang asli atau palsu yang disinari ultraviolet akan diletakkan diatas sensor warna TCS3200 untuk dibaca nilai RGBnya. Selanjutnya, data yang sudah dibaca akan diambil oleh Arduino untuk ditampilkan pada serial monitor pada laptop. Jarak antar sensor ± 2 cm dengan jarak baca uang ke sensor sejauh $\pm 1,5$ cm.

C. Tahap Pengumpulan Data

Data pembacaan sensor dikumpulkan pada tahapan ini dengan menggunakan alat bantu yang telah dibuat. Pada tahap ini akan diambil data pembacaan sensor warna TCS3200 berupa nilai Red pada sensor 1 sampai sensor 3, nilai Green pada sensor 1 sampai sensor 3, dan nilai Blue pada sensor 1 dan sensor 3. Data-data tersebut diambil menggunakan uang kertas pecahan Rp.10.000, Rp.20.000, Rp.50.000, dan Rp.100.000 yang asli dan palsu. Kondisi uang kertas terdapat dua jenis, yaitu dalam kondisi baik maupun kurang baik (lecek atau robek). Masing-masing kondisi dan nominal uang akan diambil data sebanyak-banyaknya. Data-data yang telah dikumpulkan nantinya akan di implementasikan pada sistem program Jaringan Syaraf Tiruan untuk mencari model yang paling baik.

D. Tahap Training Data

Tahap training data berguna untuk mencari model terbaik dengan nilai error terkecil untuk nantinya dilakukan pengujian menggunakan data baru untuk verifikasi. Pada tahapan training Data, data RGB yang sudah terkumpul akan diacak urutan dan dilakukan normalisasi data untuk mengubah range nilai dari 0-1. Selanjutnya, data akan dimasukkan pada system untuk dilakukan training.

Setelah data untuk pembelajaran sistem dimasukkan, pembentukan jaringan dilakukan dengan menentukan jumlah *input*, jumlah *output* dan jumlah *hidden layer* yang akan diuji coba. Diawal berjalannya sistem *training*, jumlah epoch atau iterasi = 0 dimana artinya belum ada *dataset* yang ditraining pada Jaringan Syaraf Tiruan. Selanjutnya akan masuk pada perhitungan menggunakan *feed forward*, pada bagian ini semua nilai *input*, *output*, bobot serta rumus fungsi aktivasi diaplikasikan dan akan mendapatkan *error* antara *predicted output* dan *actual output* dari *dataset*. Nilai *error* ini yang akan digunakan sebagai acuan *update* bobot dari setiap sinapsis dengan menggunakan *backpropagation*. Nilai *epochs* akan terus bertambah karena sudah ada *dataset* yang ditraining. Penelitian akan menggunakan *epochs* sebanyak 700 kali dan proses *training* akan selesai setelah *epochs* terpenuhi. Apabila *epochs* belum terpenuhi, maka proses *training* akan diulang lagi mulai dari perhitungan menggunakan *feed forward* untuk terus mendapatkan *error* antara *predicted output* dan *actual output* dari *dataset* dan peng-*update*-an bobot menggunakan *backpropagation* hingga didapatkan model terbaik dengan *error* terkecil yang nantinya akan digunakan pada saat *testing* model

E. Tahap Testing Model Terbaik

Tahap *testing* model merupakan tahapan terakhir dalam penelitian ini. Setelah melalui tahapan *training* data akan didapatkan model terbaik dengan *error* yang kecil dibandingkan dengan yang lainnya. Model terbaik Jaringan Syaraf Tiruan yang telah didapatkan akan diuji menggunakan *dataset* baru (*dataset testing*) untuk pengujian kredibilitas atau kehandalannya. Pada bagian ini akan didapatkan hasil prediksi data dan tingkat akurasi dari model yang digunakan.

IV. HASIL DAN ANALISA

Data-data yang sudah didapatkan diolah dan diuji menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. Dari hasil pengolahan dan pengujian menggunakan *dataset training* didapatkan hasil yang berbeda dari setiap modelnya. Dari model-model yang sudah didapatkan tersebut, akan dilakukan *test* untuk memvalidasi model Jaringan Syaraf Tiruan dengan menggunakan *dataset testing* dan akan didapatkan juga hasil prediksi dari outputnya.

A. Hasil Perancangan Alat Bantu

Alat bantu yang digunakan terdiri dari 3 buah sensor warna TCS3200 yang digunakan untuk mengambil nilai RGB dari setiap mata uang yang digunakan. Lampu Ultraviolet yang digunakan untuk menerawang uang sehingga ornamen unik dari setiap uang dapat muncul. Pengambilan data RGB dilakukan dengan kondisi alat bantu tertutup dan cahaya lingkungan sekitar redup. Hal ini untuk membantu mengeluarkan warna dari ornamen unik yang ada pada setiap uang kertas asli. Alat bantu pengumpul nilai RGB uang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alat Bantu Pengumpul Nilai RGB

Mekanisme kerja dari alat bantu adalah sensor warna TCS3200 yang terdiri dari tiga buah akan membaca nilai RGB dari uang yang sudah disinari lampu Ultraviolet. Nilai RGB yang terkumpul berasal dari uang asli dan palsu pecahan 10.000, 20.000, 50.000, dan 100.000 rupiah. Jarak antar sensor satu dengan yang lainnya ± 2 cm dimana sensor satu ada disisi kanan, sensor dua disisi tengah, dan sensor tiga disisi kiri dengan jarak pembacaan uang ke sensor sejauh 1,5cm. Data yang sudah dibaca oleh sensor akan ditampilkan pada laptop dengan menggunakan serial monitor pada program Arduino.

B. Pengambilan Dataset Keseluruhan dan Persiapan Dataset

Pengambilan data dilakukan menggunakan delapan buah pecahan uang yaitu 10.000 asli-palsu, 20.000 asli-palsu, 50.000 asli-palsu, dan 100.000 asli-palsu. Satu pecahan diambil sampel data untuk uang dengan kondisi baik dan uang dengan kondisi yang kurang baik. Proses pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses Pengambilan Data RGB Menggunakan Alat Bantu

Data-data yang dikumpulkan berupa nilai RGB dari setiap mata uang yang digunakan. Dataset yang sudah dikumpulkan sebanyak 1600 data yang terdiri dari sembilan kolom *input* yang terdiri dari R1, R2, R3, G1, G2, G3, B1, B2, dan B3 dari tiga

buah sensor warna, dan satu kolom untuk *output* berupa kode dari nominal uang yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kode dan Keterangan Nominal Uang

Kode Nominal	Keterangan Nominal
1	Rp 10.000 ASLI
2	Rp 20.000 ASLI
3	Rp 50.000 ASLI
4	Rp 100.000 ASLI
5	Rp 10.000 PALSU
6	Rp 20.000 PALSU
7	Rp 50.000 PALSU
8	Rp 100.000 PALSU

Setiap satu kode nominal terdiri dari dua buah kondisi uang yaitu kondisi baik dan kurang baik. Terdapat juga dua buah posisi uang yaitu posisi uang bagian depan dan posisi uang bagian belakang.

Dataset keseluruhan yang sudah didapatkan, akan diacak urutannya untuk selanjutnya dibagi menjadi dua yaitu untuk *dataset training* dan *dataset testing* model. *Dataset training* memiliki jumlah data sebanyak 1000 baris dan *dataset testing* memiliki jumlah 600 Baris. *Dataset training* memiliki data dari baris 0-1000 sedangkan *dataset testing* memiliki data dari baris 1001-1600.

Dataset training dan *dataset testing* sebelumnya akan dinormalisasi terlebih dahulu. Normalisasi ini diperlukan untuk mempersempit range dari input maupun outputnya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	
0	0.000000	0.136364	0.106383	0.234043	0.190476	0.450980	0.021242	0.260870	0.545455
1	0.700000	0.515152	0.702128	0.723404	0.404762	0.509804	0.042484	0.282609	0.409091
2	0.983333	0.787879	0.893617	0.425532	0.357143	0.568627	0.032680	0.347826	0.681818
3	0.650000	0.863636	0.659574	0.489362	0.619048	0.568627	0.042484	0.521739	0.704545
4	0.583333	0.621212	0.468085	0.085106	0.166667	0.098039	0.019608	0.195652	0.409091
...
995	0.783333	0.621212	0.659574	0.319149	0.214286	0.196078	0.021242	0.130435	0.113636
996	0.666667	0.500000	0.723404	0.680851	0.500000	0.490196	0.039216	0.260870	0.386364
997	0.200000	0.151515	0.106383	0.617021	0.690476	0.196078	0.034314	0.521739	0.159091
998	0.000000	0.045455	0.255319	0.255319	0.190476	0.431373	0.022876	0.239130	0.522727
999	0.750000	0.590909	0.595745	0.382979	0.214286	0.176471	0.037582	0.456522	0.204545

1000 rows x 9 columns

Gambar 7. Data Normalisasi Input Dataset Training

0	0
0	1.000000
1	0.571429
2	0.857143
3	0.285714
4	0.285714
...	...
995	0.857143
996	0.571429
997	1.000000
998	1.000000
999	0.714286

1000 rows x 1 columns

Gambar 8. Data Normalisasi Output Dataset Training

Hasil dari normalisasi akan mendapatkan data dengan nilai range antara 0-1. Dimana nilai 1 untuk data yang paling besar dan 0 untuk data yang paling kecil dari kumpulan setiap *dataset*.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	
0	0.545455	0.615385	0.708333	0.604167	0.684211	0.54	0.500000	0.422222	0.545455
1	0.145455	0.153846	0.145833	0.583333	0.736842	0.18	0.456522	0.533333	0.113636
2	0.763636	0.630769	0.687500	0.312500	0.157895	0.16	0.108696	0.133333	0.204545
3	0.618182	0.861538	0.645833	0.458333	0.631579	0.54	0.413043	0.555556	0.659091
4	0.618182	0.553846	0.687500	0.458333	0.473684	0.44	0.847826	0.888889	0.636364
...
595	0.145455	0.153846	0.145833	0.458333	0.578947	0.18	0.456522	0.533333	0.090909
596	0.109091	0.153846	0.166667	0.333333	0.368421	0.12	0.347826	0.288889	0.068182
597	0.672727	0.538462	0.979167	0.666667	0.500000	0.68	0.521739	0.244444	0.477273
598	0.109091	0.138462	0.145833	0.208333	0.368421	0.12	0.347826	0.422222	0.136364
599	0.472727	0.600000	0.520833	0.020833	0.157895	0.50	0.391304	0.444444	0.840909

600 rows x 9 columns

Gambar 9. Data Normalisasi Input Dataset Testing

0	0
0	0.000000
1	1.000000
2	0.857143
3	0.285714
4	0.142857
...	...
595	1.000000
596	0.428571
597	0.571429
598	0.428571
599	0.714286

600 rows x 1 columns

Gambar 10. Data Normalisasi Output Dataset Testing

Normalisasi data dilakukan pada variable x (*input*) maupun variabel y (*output*), baik pada *dataset training* maupun *dataset testing*. Normalisasi ini akan membantu untuk mendapatkan

nilai *error* yang baik jika dibandingkan dengan data yang tidak dinormalisasi.

C. Hasil Training Data

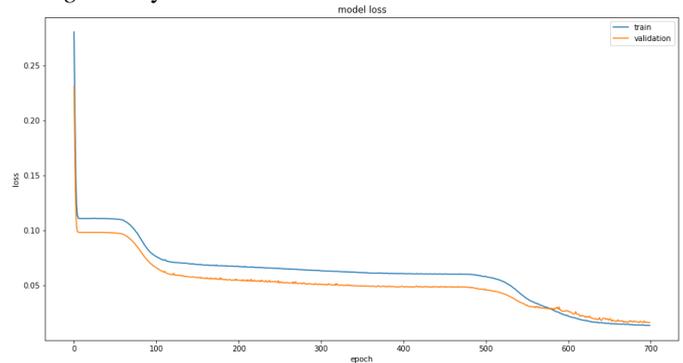
Hasil training ini didapatkan 20 model dengan jumlah *hidden layer* dan *nodes* yang berbeda-beda dapat dilihat pada tabel . Hasil training didapatkan nilai *error* data ternormalisasi dari setiap *epoch*. Perbedaan jumlah *nodes* pada *hidden layer* mempengaruhi cepat lambatnya *epoch* tersebut mencapai nilai *error* terendah dari model yang pada saat training. Semakin banyak jumlah *nodes* pada *hidden layer* maka semakin cepat didapatkan nilai *error* terendahnya. Hasilnya akan didapatkan 2 nilai *error* data normalisasi yaitu nilai *error training* dan nilai *error validasi*.

Tabel 2. Hasil *Error Training* dan *Error Validasi* Dari Model JST

Jumlah Nodes Hidden Layer					Error Training	Error Validasi	Jumlah Epoch
HL1	HL2	HL3	HL4	HL5			
10	-	-	-	-	0.0369	0.0388	700
20	-	-	-	-	0.0356	0.0377	700
30	-	-	-	-	0.0317	0.0341	700
40	-	-	-	-	0.0370	0.0384	700
15	7	-	-	-	0.0288	0.0309	700
20	10	-	-	-	0.0286	0.0309	700
35	17	-	-	-	0.0278	0.0314	700
40	20	-	-	-	0.0287	0.0313	700
15	10	5	-	-	0.0270	0.0299	700
20	15	10	-	-	0.0249	0.0270	700
30	20	10	-	-	0.0241	0.0273	700
40	20	10	-	-	0.0196	0.0198	700
15	10	5	3	-	0.0304	0.0326	700
25	20	15	10	-	0.0229	0.0253	700
30	15	7	4	-	0.0180	0.0193	700
40	20	10	5	-	0.0176	0.0174	700
30	15	7	4	2	0.0192	0.0192	700
40	20	10	5	2	0.0181	0.0185	700
50	25	13	7	4	0.0176	0.0180	700
75	38	19	10	5	0.0137	0.0163	700

Nilai *error training* terendah yang dapat dicapai oleh dimasing-masing *hidden layer* dan *nodes* yaitu : 1 *hidden layer* dengan *nodes* 30 dengan *error* 0.0317, 2 *hidden layer* dengan *nodes* 35, 17 dengan *error* 0.0278, 3 *hidden layer* dengan *nodes* 40, 20, 10 dengan *error* 0.0196, 4 *hidden layer* dengan *nodes* 40, 20, 10, 5 dengan *error* 0,0176, dan 5 *hidden layer* dengan *nodes* 75, 38, 19, 10, 5 dengan *error* 0,0137. Nilai terendah yang dapat dicapai model Jaringan Syaraf Tiruan ini akan berpengaruh pada performa model yang digunakan pada penelitian pendeteksi

nominal dan keaslian uang. Dimana akan berpengaruh pada jumlah ketepatan model dalam memprediksi hasil *dataset testing* nantinya.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Nilai *Error Training* dan *Error Validasi* yang paling terkecil

Gambar 11 merupakan grafik hasil dari nilai *error* data normalisasi yang diploting dan dibandingkan hasil *error training* dan *error validasi*. Terdapat 2 buah garis, dimana garis berwarna biru merupakan nilai *error* dari hasil training sedangkan garis berwarna kuning merupakan nilai *error* untuk hasil validasi. Sumbu x pada grafik menerangkan jumlah *epoch* yang digunakan dan sumbu y menerangkan nilai *error (loss)* dari setiap *epoch*. Dari 20 model, didapatkan grafik dimana dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan *nodes*-nya, maka grafik akan semakin landai. Hal ini menyatakan pula semakin kecil nilai *error* yang didapatkan dan semakin banyak nilai prediksi yang didapatkan. Maka dapat dikatakan jika model tersebut merupakan model terbaik yang didapatkan dari penelitian.

D. Hasil Dataset Training Model

Model Jaringan Syaraf Tiruan yang memiliki 5 *hidden layer* dengan jumlah *nodes* 75, 38, 19, 10, 5 dipilih sebagai model paling baik pada sistem ini. Hal ini dikarenakan nilai *error training* yang didapatkan paling kecil diantara model lainnya dan hasil prediksi yang dapat dihasilkan yaitu, jumlah data benar sebanyak 281 data dari 600 *dataset testing* yang berisikan *input* nilai RGB dan *output* berupa kode nominal. Hasil prediksi dengan menggunakan model tersebut yang diterapkan pada pendeteksi nominal dan keaslian uang mencapai 46,8%.

Tabel 3. Sampel Hasil Prediksi Keaslian dan Nominal Uang Keseluruhan

No	Output Sebenarnya	Output Prediksi	No	Output Sebenarnya	Output Prediksi
1	1	1	39	8	8
2	8	6	40	5	3
3	7	7	41	2	1
4	3	2	42	8	6
5	2	1	43	3	6
6	7	7	44	8	8

7	5	5	45	6	6
8	4	6	46	4	6
9	4	6	47	1	1
10	7	7	48	6	6
11	6	6	49	5	2
12	6	6	50	7	6
13	3	2	51	4	6
14	5	4	52	4	6
15	6	6	53	5	6
16	4	5	54	3	2
17	2	3	55	2	1
18	1	1	56	7	7
19	5	5	57	6	5
20	5	5	58	1	1
21	3	3	59	4	6
22	3	2	60	8	6
23	4	6	61	8	8
24	4	6	62	5	2
25	8	8	63	3	4
26	6	6	64	2	1
27	6	6	65	1	1
28	1	1	66	3	4
29	6	6	67	7	7
30	7	6	68	8	6
31	4	6	69	1	1
32	1	2	70	4	5
33	1	2	71	2	1
34	4	5	72	4	7
35	5	5	73	1	1
36	1	1	74	6	6
37	7	7	75	1	2
38	2	1	76	4	6

Dari hasil prediksi menggunakan model tersebut, didapatkan nilai *error* prediksi yang dapat dikatakan besar. Dikatakan besar karena nilai kesalahan prediksi yang didapatkan dari data diatas terdapat sebanyak 319 data yang berbeda antara data *output* sebenarnya dengan *output* prediksi. Sekitar 53.17% tingkat kesalahan prediksi. Namun hasil prediksi diatas merupakan hasil prediksi terbaik dari model terbaik dibandingkan dengan model lainnya.

E. Hasil Dataset Testing Model Pernominal Uang

Model terbaik yang didapatkan dari hasil *training dataset* ini digunakan untuk mengetahui *output* prediksi yang didapatkan dengan menggunakan *dataset testing* pernominal uang mulai

dari 10.000, 20.000, 50.000, dan 100.000. *Dataset testing* yang digunakan terdiri dari uang asli kondisi baik, uang asli kondisi kurang baik, uang palsu kondisi baik, dan uang palsu kondisi kurang baik.

Dataset testing yang menggunakan data yang berisikan RGB pernominal saja yang berjumlah 400 baris data. Dengan menggunakan data tersebut maka akan mendapatkan data prediksi yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Prediksi dari *Testing Model* Pernominal Uang

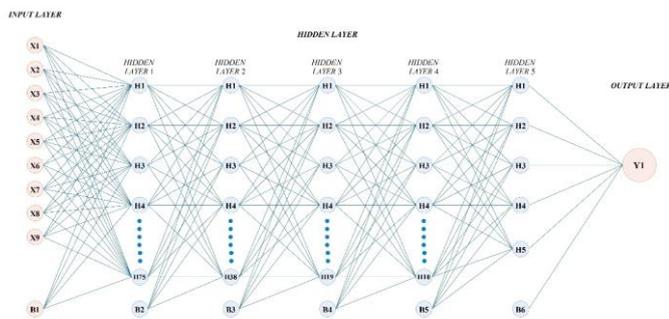
Nominal Uang	Hasil Prediksi		Persentase Prediksi
	Jumlah Data Benar	Jumlah Data Salah	
Rp. 10.000	195	205	48,75%
Rp. 20.000	178	222	44,50%
Rp. 50.000	92	308	23,00%
Rp. 100.000	98	302	24,50%

Hasil prediksi yang dapat dilihat pada Tabel 4.5 menghasilkan hasil persentase prediksi pada nominal Rp. 10.000 sebesar 48,75% dengan jumlah data yang dibaca dengan benar sebanyak 195 data, dan data yang dibaca dengan salah sebanyak 205 data. Nominal Rp. 20.000 mendapatkan hasil persentase prediksi sebesar 44,50% dengan data yang dibaca benar sebanyak 178 data, dan data yang dibaca salah sebanyak 222 data. Untuk nominal Rp. 50.000 mendapatkan persentase prediksi yang paling kecil yaitu 23,00% dengan jumlah data benar sebanyak 92 data, dan 308 data dibaca salah. Terakhir, untuk nominal Rp. 100.000 hasil persentase prediksinya sebesar 24,50%. Data yang dibaca benar sebanyak 98 data, dan data yang dibaca salah sebanyak 302 data.

Hasil pembacaan yang kecil pada nominal Rp. 50.000 dikarenakan banyak data yang terbaca sebagai nominal Rp. 20.000 Palsu. Hal ini dikarenakan nilai RGB pada uang asli kondisi baik tidak terlalu berbeda jauh serta pada uang palsu kedua nominal dalam kondisi kurang baik juga tidak terlalu berbeda jauh. Pada nominal Rp. 100.000 terdapat juga kesalahan pembacaan nominal yang disebabkan oleh hal yang sama yaitu nilai RGB yang tidak berbeda jauh dengan nominal Rp. 10.000.

F. Arsitektur Model Jaringan Syaraf Tiruan Terbaik

Penelitian ini menghasilkan arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang memiliki model terbaik dibandingkan dengan model lainnya yang telah diuji coba. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang didapat terdiri dari *input*, *hidden layer*, dan *output* dengan fungsi aktivasi yang digunakan adalah sigmoid. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan dengan model terbaik dapat dilihat padagambar 12.



Gambar 12. Arsitektur Model Jaringan Syaraf Tiruan Terbaik

Gambar 4 terdapat 9 *input* yang berisikan nilai R1, R2, R3, G1, G2, G3, B1, B2, B3 yang merupakan nilai RGB dari 3 buah sensor warna. Lapisan berikutnya ada 5 *Hidden layer* dengan jumlah *nodes* 75, 38, 19, 10, dan 5. Lapisan paling luar ada *output* yang berjumlah 1 berupa kode nominal uang.

Sistem pendeteksi nominal dan keaslian uang ini menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. Hasil dari *backpropagation* adalah nilai bobot dan bias pada setiap sinapsis yang digunakan untuk melakukan *testing* dan validasi model tersebut baik atau tidak. Sehingga didapatkan nilai prediksi yang berada pada Tabel 4.4. Jumlah bobot dan bias yang didapatkan bergantung pada jumlah *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Jumlah bobot pada *input layer* dan *hidden layer* sebanyak 675 buah dengan jumlah bias sebanyak 75 buah. Jumlah bobot pada *hidden layer* 1 dan *hidden layer* 2 sebanyak 2850 buah dengan jumlah bias sebanyak 38 buah. Jumlah bobot pada *hidden layer* 2 dan *hidden layer* 3 sebanyak 722 buah dengan jumlah bias sebanyak 19 buah. Jumlah bobot pada *hidden layer* 3 dan *hidden layer* 4 sebanyak 190 buah dengan jumlah bias sebanyak 10 buah. Jumlah bobot pada *hidden layer* 4 dan *hidden layer* 5 sebanyak 50 buah dengan jumlah bias sebanyak 5 buah. Terakhir jumlah bobot pada *hidden layer* 5 dan *output* sebanyak 5 buah dengan jumlah bias sebanyak 1 buah.

V. KESIMPULAN

Model terbaik dari Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* yang didapatkan pada penelitian yaitu menggunakan 5 *hidden layer* dengan *nodes* 75, 38, 19, 10, dan 5 serta *epoch* sebanyak 700. Model terbaik dari Jaringan Syaraf Tiruan dengan fungsi aktivasi *sigmoid* menghasilkan *error* pada saat *training* yaitu 0,0137 pada data yang dinormalisasi. Hasil dari model terbaik memiliki tingkat prediksi sebesar 46,8% dengan jumlah data benar sebanyak 281 data dari jumlah keseluruhan data sebanyak 600 data. Pada model terbaik didapatkan tingkat kesalahan yang masih cukup tinggi yaitu sebesar 53,17%. Sehingga simulasi JST pada pendeteksian keaslian dan nominal uang pada penelitian ini masih dianggap belum berjalan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pengerjaan penelitian ini dan memberikan *support* kepada penulis. Dengan adanya hal tersebut, penelitian ini dapat selesai dengan baik. Ucapan terimakasih penulis sampaikan juga kepada Universitas Mercu Buana serta Program Studi Teknik Elektro yang telah memfasilitasi dan menunjang proses pengerjaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Penyusunan Referensi yang mengikuti teknik yang standar harus dilakukan secara baku dan konsisten. Untuk menjaga konsistensi cara pengacuan, pengutipan dan daftar pustaka sebaiknya menggunakan aplikasi Reference Manager, seperti Zotero, Mendeley, atau aplikasi berbayar yang lain. Referensi menggunakan aturan IEEE Style. Referensi ditulis dalam TNR 10, spasi tunggal, antar Referensi diberi jarak 1 spasi. Sebagian contoh cara penulisan referensi, diberikan sebagai berikut.

- [1] Ikhsan, I., & Sari, P. P. (2018). Sistem Pendeteksi Nominal Dan Keaslian Uang Kertas Rupiah Untuk Penyandang Tuna Netra Berbasis Arduino. *Jurnal Ilmiah Informatika*, 6(02), 10–15. <https://doi.org/10.33884/jif.v6i02.570J>. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [2] Halim, V. (2020, Maret 1). *Okefinance*. Retrieved from Okezone.com: <https://economy.okezone.com/read/2020/02/29/320/2176134/fakta-uang-palsu-di-indonesia-rp100-juga-dipalsukan>
- [3] Putra, R. P., Agung, I. G. A. P. R., & Rahardjo, P. (2019). Rancang Bangun Vending Machine Menggunakan QR Code Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal SPEKTRUM*, 6(2), 102–111.
- [4] Nasser, I. M., & Abu-Naser, S. S. (2019). Predicting Tumor Category Using Artificial Neural Networks. *International Journal of Academic Health and Medical Research*, 3(2), 1–7. www.ijeais.org/ijahmr
- [5] Nurhani, L., Gunaryati, A., Andryana, S., & Fitri, I. (2018). Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Metode Backpropagation Untuk Memprediksi Jumlah Mahasiswa Baru. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 25–30.
- [6] Sukamto, J. N., & Dewantoro, G. (2019). Implementasi Kendali PID Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Elkha*, 11(1), 12–18. <https://doi.org/10.26418/elkha.v11i1.29959>
- [7] Saputra, I. G., Susanto, E., & Nugraha, R. (2016). Implementasi Metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) Pada Alat Deteksi Nilai Nominal Uang (Implementation of Neural Network Method in the Detection Tools Nominal Value of Banknotes). *E-Proceeding of Engineering*, 3(1), 65–71
- [8] Kusumaningtyas, S., & Asmara, R. A. (2016). Identifikasi Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Warna Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST). *Informatika Polinema*, 2(2), 72–75.
- [9] Yahya, M., Haddin, M., Nuryanto, E., & Susila, B. (2017). Deteksi Gula Darah Melalui Gas Buang Pernafasan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *JETri Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 15(1), 1–12.
- [10] Farras Timorremboko and Oki Teguh Karya, "Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Pada Kendali Lampu Sorot Mobil Adaptif Berbasis Python," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 11, no. 3, pp. 142–147, 2020, doi: 10.22441/jte.2020.v11i3.006.