

SKRIPSI

IDENTIFIKASI DAN KLASIFIKASI OTOMATIS BOTOL PLASTIK DENGAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)



DINDA ROSILIANI

03051181621027

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

SKRIPSI

IDENTIFIKASI DAN KLASIFIKASI OTOMATIS BOTOL PLASTIK DENGAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH
DINDA ROSILIANI
03051181621027**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI DAN KLASIFIKASI OTOMATIS BOTOL PLASTIK DENGAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar sarjana Teknik Mesin
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

DINDA ROSILIANI
03051181621027

Inderalaya, Desember 2019
Pembimbing

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
197209021997021001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
197209021997021001

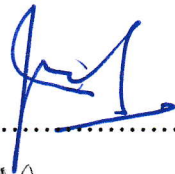


HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul “Identifikasi dan Klasifikasi Otomatis Botol Plastik Dengan Metode *Artificial Neural Network (ANN)*” telah dipaparkan dihadapan Tim Penguji Sidang Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 26 Desember 2019.


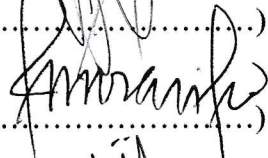

Indralaya, 2019
Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi
Ketua :

1. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP 19770507 200112 1 001

(.....

.....)

Anggota :

2. Ir. Firmansyah Burlian, M.T
NIP 19561227 198811 1001
3. Amir Arifin, S.T, M. Eng, Ph.D
NIP 19790927 2003 1004
4. Astuti, S.T, M.T
NIP 19721008 199802 2001

(.....

.....)
(.....

.....)
(.....

.....)



Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP 19711225 199702 1 001

Pembimbing

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP 19711225 199702 1 001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dinda Rosiliani

Nim : 03051181621027

Judul : Identifikasi dan Klasifikasi Otomatis Botol Plastik Dengan
Metode Artificial Neural Network

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi saya ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari manapun juga.



Indralaya, Desember 2019

Penulis,



Dinda Rosiliani

NIM.03051181621027

RINGKASAN

**IDENTIFIKASI DAN KLASIFIKASI OTOMATIS BOTOL PLASTIK
DENGAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)**

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 26 Desember 2019

Dinda Rosiliani ; Dibimbing oleh Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.d.

**AUTOMATIC IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF PLASTIC
BOTTLE USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) METHOD**

XXVI + 67 pages, 14 tabel, 37 gambar.

RINGKASAN

Di masa yang serba praktis ini plastik menjadi satu dari sekian bahan favorit yang digunakan untuk membuat berbagai macam benda. Kita bisa melihat bahwa plastik digunakan sebagai bahan dasar dalam membuat suatu barang. Plastik memiliki bermacam-macam sifat yang antara lain lentur, mudah dibentuk, transparan, tahan panas, dan ringan. Karena sifat-sifat itulah plastik menjadi pilihan utama dalam pembuatan berbagai macam benda, menyebabkan semakin menumpuknya sampah plastik dari waktu ke waktu. Penambahan jumlah sampah plastik yang kian banyak harusnya diimbangi juga dengan proses pengolahan yang baik. Hal inilah yang menjadikan proses pengolahan dan daur ulang sampah plastik menjadi suatu hal yang memiliki peran dalam mengurangi permasalahan sampah plastik, terutama botol plastik. Proses daur ulang plastik adalah metode alternatif untuk pengelolaan limbah padat yang berupa plastik selain landfill dan insinerasi, proses daur ulang sampah plastik dipilih dikarenakan siklus hidup dari sampah plastik yang cenderung lama dan stabil, sampah plastik dapat digunakan kembali dan mengurangi intensitas jumlahnya yang kian meningkat. Kebutuhan untuk mengotomatisasikan proses penyortiran merupakan langkah baik agar proses penyortiran berjalan dengan aman, bersih, dan efisien. Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur berupa buku, jurnal dan karya ilmiah lainnya. Dilanjutkan dengan

melakukan persiapan dan pemrograman. Persiapan yang dilakukan adalah mengumpulkan sampel plastik yang berjumlah 783 buah sampel, dimana terdapat 258 buah jenis PET, 243 jenis HDPE dan 237 buah jenis PP. Persiapan pemrograman menggunakan software MATLAB R2012b, pengambilan citra botol plastik menggunakan *webcam* yang memiliki resolusi 720 piksel dan berada dalam posisi statis. Pengambilan citra dilakukan dalam 3 posisi, yaitu posisi vertikal, horizontal dan diagonal. Citra tersebut selanjutnya difokuskan pada sebagian bidang melalui proses *cropping* dengan ukuran piksel 34 x 34 dan kemudian diproses ekstraksi citra dengan ruang warna HSV (*hue, saturation, value*). Semua data hasil ekstraksi kemudian disimpan dalam database. Database berfungsi untuk menyimpan semua ciri yang didapat melalui proses ekstraksi ciri dari masing-masing citra. Pembuatan database dilakukan dengan proses pelatihan dan pengujian menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN). Input dari yang digunakan adalah nilai rata-rata dari masing-masing ciri, yaitu RHSV, GHSV, BHSV, *mean2*, *entropy*, dan *varians*. Dan output yang didapatkan adalah berupa jenis dari plastik, yaitu PET, HDPE dan PP. Pengujian menggunakan 90 sampel citra yang diambil secara acak. Dan persentase keberhasilan yang didapat dari hasil pelatihan adalah 65,3%, dan proses pengujian citra mendapatkan persentase keberhasilan sebesar 57%.

Kata Kunci : *Artificial Neural Network*, ANN, Jaringan Saraf Tiruan, PET, HDPE, PP, Botol Plastik, HSV, RGB, MATLAB

Kepustakaan : 18 (2005-2019)

SUMMARY

AUTOMATIC IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF PLASTIC BOTTLE USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) METHOD

Scientific writing in the form of a thesis, Desember 26th 2019

Dinda Rosiliani ; Supervised by Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.d.

IDENTIFIKASI DAN KLASIFIKASI OTOMATIS BOTOL PLASTIK DENGAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)

XXVI + 67 pages, 14 tables, 37 images.

SUMMARY

In this practical era, plastic that has beneficial characteristics such as flexible, easy to form, heat resistant, light, and cheap is chosen to be one of the most used material to make various things. Especially to make one-time use thing such as plastic bottle. The increased use of plastic bottles start to pile up the waste, therefore the efficient processing is needed. Recycling is one of the most common plastic bottle waste processing, but it is still done manually that causes the probability of human error is still high. The plastic recycling process is an alternative method for managing solid waste in the form of plastic in addition to landfill and incineration, the process of recycling plastic waste is chosen because the life cycle of plastic waste tends to be long and stable, plastic waste can be reused and reduce the intensity of the amount that is increasing. Automation of recycling processing needs to be done to reduce the probability of human error. This research began by conducting a literature study in the form of books, journals and other scientific works. Followed by preparation and programming. Preparations made were collecting 783 plastic samples, of which there were 258 types of PET, 243 types of HDPE and 237 types of PP. Programming preparation using MATLAB R2012b software, image taking of plastic bottles using a webcam that has a resolution of 720 pixels and is in a static position. The image is taken in 3 positions, namely

vertical, horizontal and diagonal positions. The image is then focused on a portion of the field through a cropping process with a pixel size of 34 x 34 and then image extraction is processed with HSV color space (hue, saturation, value). All extracted data is then stored in a database. The database functions to store all the features obtained through the process of extracting features from each image. The input is the characteristics of plastic bottles, that are RHSV, GHSV, BHSV, mean2, entropy and variance. And the output is the type of plastic bottle that used as the object of this research, that are PET, HDPE and PP. Based on the development of an automatic identification and classification system for plastic bottles, the database research has been through the training and testing process, in this case the images that used in testing process are 90 images. And the value for the percentage of success obtained from the training process is 65.3% and the percentage of success from the testing process is 57%.

Keywords : *Artificial Neural Netwrok*, ANN, PET, HDPE, PP, Plastic Bottle, HSV, RGB, MATLAB

Literatures : 18 (2005-2019)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Seminar dan Sidang sarjana pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Identifikasi dan Klasifikasi Otomatis Botol Plastik dengan Metode *Artificial Neural Network* (ANN)”.

Pada kesempatan ini, penulis setulus hati menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada Allah SWT, karena rahmat-Nya, anugerah ilmu, kesempatan dan kesehatan dari-Nya, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi, dan juga tak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua saya yang telah tanpa lelah selalu memberi dukungan dalam segala bentuk, materil maupun moril.
2. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D sebagai pengajar sekaligus dosen pembimbing.
3. Ketua jurusan, sekretaris jurusan dan dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membekali saya dengan ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun proposal ini.
4. Keluarga serta teman-teman Teknik Mesin yang membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta berkontribusi di dalam dunia pendidikan dan industri.

Indralaya, Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Literatur	5
2.2 Pengertian Citra.....	6
2.3 Citra Digital.....	7
2.4 Pengolahan Citra	7
2.5 Segmentasi Citra	8
2.6 Konsep Warna.....	12
2.6.1 RGB	13
2.6.2 Ruang warna HSV (Hue, Saturation, Value)	14
2.7 ANN (Artificial Neural Network).....	15
2.8 Backpropagation	16
2.9 Pemrograman MATLAB	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Diagram Alir Penelitian	21

3.2	Desain Eksperimental.....	22
3.2.1	Meja Kerja.....	22
3.2.2	Webcam.....	23
3.2.3	Perangkat Komputer.....	24
3.2.4	Lampu.....	24
3.3	Analisis Pra-Pemrosesan Citra	25
3.3.1	Citra	25
3.3.2	Pendeteksian Warna	26
3.4	Ekstraksi Fitur Warna.....	26
3.5	Pembuatan Database.....	27
3.6	Analisis Artificial Inteligent Network Backpropagation	28
3.7	Proses Identifikasi	29
3.8	Hasil Yang Diharapkan	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Eksperimental Setup Penelitian	31
4.2	Pengambilan Citra	34
4.3	Pemrosesan Citra.....	35
4.4	Ekstraksi Ciri Citra.....	43
4.5	Pembuatan Database	46
4.6	Identifikasi dan Klasifikasi dengan ANN (Artificial Neural Network)	53
4.6.1	Rancangan ANN (Artificial Neural Network).....	53
4.6.2	Input Layer	54
4.6.3	Output Layer.....	55
4.6.4	Hidden Layer	56
4.7	Pelatihan ANN (Artificial Neural Network)	56

4.7.1	Hasil Pelatihan.....	58
4.8	Pengujian Identifikasi.....	60
4.8.1	Hasil Pengujian.....	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran.....	63
DAFTAR RUJUKAN.....		i
LAMPIRAN		i

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Sampel Citra Digital Botol Plastik Tipe PET.....	37
Tabel 4.2 Sampel Citra Digital Botol Plastik Tipe HDPE	39
Tabel 4.3 Sampel Citra Digital Botol Plastik Tipe PP	41
Tabel 4.4 Nilai HSV Botol Plastik Jenis PET	47
Tabel 4.5 Nilai HSV Botol Plastik Jenis HDPE.....	47
Tabel 4.6 Nilai HSV Botol Plastik Jenis PP.....	48
Tabel 4.7 Tabel Nilai Minimal dan Maksimal dari RHSV, GHSV, dan BHSV Masing-Masing Jenis Botol Plastik	51
Tabel 4.8 Nilai RHSV, GHSV, BHSV, <i>Mean2</i> , <i>Entropy</i> , dan <i>Varians</i> PP 42	52
Tabel 4.9 Nilai Input <i>Layer</i> PET	54
Tabel 4.10 Nilai Input <i>Layer</i> HDPE.....	54
Tabel 4.11 Nilai Input <i>Layer</i> PP.....	55
Tabel 4.12 Hasil Output <i>Layer</i>	55
Tabel 4.13 Tingkat Keberhasilan Pelatihan Data	58
Tabel 4.14 Tingkat Keakuratan Sistem Terhadap PET, HDPE, dan PP	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>State of the Art</i> Penelitian	6
Gambar 2.2 Ilustrasi Proses Segmentasi	9
Gambar 2.3 <i>Mark Laplacian</i> Deteksi Titik	9
Gambar 2.4 Hasil Deteksi Titik.....	10
Gambar 2.5 <i>Mark Laplacian</i> Deteksi Garis	10
Gambar 2.6 Hasil Deteksi Garis	11
Gambar 2.7 Modal Digital Tepi	11
Gambar 2.8 Hasil Deteksi Ambang Batas.....	12
Gambar 2.9 Proyeksi RGB berdasarkan Sistem Koordinat Cartesian	13
Gambar 2.10 RGB	14
Gambar 2.11 Representasi dari ruang warna HSV.....	15
Gambar 2.12 Skema Komponen ANN.....	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Meja Kerja beserta Komponen	22
Gambar 3.3 Meja Kerja.....	23
Gambar 3.4 <i>Webcam</i>	24
Gambar 3.5 Lampu.....	25
Gambar 3.6 Langkah Pembuatan Identifikasi dan Klasifikasi	28
Gambar 3.7 Jaringan ANN Backpropagation.....	29
Gambar 4.1 Tampak Depan 2D dan Tampak Samping 2D.....	32
Gambar 4.2 Tampak Atas 2D dan <i>Webcam</i> 2D	32
Gambar 4.3 Tampak Depan dan Samping(a), dan Tampak Atas (3D) (b).....	33
Gambar 4.4 <i>Trimetric</i> Sistem Identifikasi dan Klasifikasi.....	33
Gambar 4.5 Sistem Identifikasi dan Klasifikasi	34
Gambar 4.6 Luas Total Area Penangkapan Citra.....	35
Gambar 4.7 Penangkapan Citra.....	35
Gambar 4.8 Template Cropping	44
Gambar 4.9 Hasil <i>Cropping</i> Citra Botol Plastik.....	45
Gambar 4.10 Hasil Nilai Warna HSV pada Citra Botol Plastik.....	46

Gambar 4.11 Grafik Nilai RHSV pada Masing-Masing Jenis Botol Plastik ...	49
Gambar 4.12 Grafik Nilai GHSV pada Masing-Masing Jenis Botol Plastik ...	49
Gambar 4.13 Grafik Nilai BHSV pada Masing-Masing Jenis Botol Plastik ...	50
Gambar 4.14 Grafik Nilai Rata-Rata RHSV, HHSV, dan BHSV	51
Gambar 4.15 Botol Plastik PP 42	52
Gambar 4.16 <i>Layer</i> pada Pelatihan Data <i>Artificial Neural Network</i>	56
Gambar 4.17 Pelatihan Data	57
Gambar 4.18 Pengujian Sampel Citra	62

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di masa yang serba cepat ini plastik menjadi satu dari sekian bahan favorit yang digunakan untuk membuat berbagai macam benda. Hampir di semua aspek kehidupan kita dapat mendapati plastik digunakan sebagai bahan dasar dalam membuat suatu barang. Plastik memiliki bermacam-macam sifat yang antara lain lentur, mudah dibentuk, transparan, tahan panas, dan ringan. Karena sifat-sifat itulah plastik menjadi pilihan utama dalam pembuatan berbagai macam benda, menyebabkan semakin menumpuknya sampah plastik dari waktu ke waktu.

Terutama pada negara-negara berkembang seperti Indonesia. Sampah plastik sendiri adalah jenis sampah anorganik yang dimana merupakan jenis sampah yang sulit dan bahkan sangat sulit untuk terurai. Dibutuhkan waktu yang tidak sebentar untuk mengurai sampah jenis plastik ini. Waktu yang dibutuhkan untuk sampah plastik dapat terurai adalah sekitar puluhan, ratusan, dan bahkan ribuan tahun. Penambahan jumlah sampah plastik yang kian banyak harusnya diimbangi juga dengan proses pengolahan yang baik, agar tidak terjadi penimbunan sampah plastik yang berujung pada terciptanya polusi plastik. Hal inilah yang menjadikan proses pengolahan dan daur ulang sampah plastik menjadi suatu hal yang memiliki peran dalam mengurangi permasalahan yang berkaitan dengan sampah plastik itu sendiri.

Menurut (Chow, 2016), proses daur ulang plastik merupakan salah satu metode alternatif untuk mengelola limbah padat yang berupa plastik selain landfill dan insinerasi. Proses daur ulang sampah plastik dipilih dikarenakan siklus hidup dari sampah plastik yang cenderung lama dan stabil, sampah plastik dapat digunakan kembali dan mengurangi intensitas jumlahnya yang kian meningkat. Mengotomatisasikan proses penyortiran adalah sebuah

langkah baik guna proses penyortiran berjalan dengan aman, bersih, dan efisien (Yani, dkk., 2015).

Akan tetapi dalam beberapa prosesnya, sistem sortir otomatis memiliki beberapa keterbatasan yaitu sistem sukar dikembangkan dan memiliki beberapa masalah pada kualitas gambar dan pencahayaan (Yani, dkk., 2017). Pengolahan melalui cara pembakaran dan penguburan dinilai sangat tidak efektif dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, serta berdampak terhadap kehidupan makhluk hidup biotik maupun abiotik. Sampah plastik sendiri terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan senyawa penyusunnya, yaitu *polyethylene terephthalate* (PET), *high density polyethylene* atau HDPE, *polyvinyl chloride* (PVC) atau vinil, *low density polyethylene* atau LDPE, *polypropylene* atau PP, polistirena (PS) dan lainnya (*other*).

Penelitian ini menggunakan sensor warna dengan menginterpretasikan citra digital dari sampah plastik untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi jenis sampah plastik agar didapat proses yang mudah dan efisien dalam proses pengolahannya. *Artificial Neural Network* adalah salah satu analisis yang tepat dalam kecerdasan buatan yang berbentuk sistem komputasi yang efisien (Yanis, dkk., 2019).

1.2 Rumusan Masalah

Berhubungan dengan pengembangan sistem identifikasi dan klasifikasi agar mempermudah proses penyortiran untuk daur ulang, dapat disusun beberapa permasalahan, antara lain:

1. Sistem sortir masih dilakukan secara manual, sehingga kemungkinan terjadinya *human error* cukup tinggi.
2. Masih sedikitnya pengembangan teknologi mengenai identifikasi dan klasifikasi otomatis sampah botol plastik yang dapat mempermudah proses penyortiran.
3. Belum adanya sistem yang mempermudah proses penyortiran yang dapat dipersentasekan keakuratannya.

1.3 Batasan Masalah

Bertujuan supaya apa yang dibahas dalam penelitian terarah dan jelas, maka dari itu diperlukan pembatasan masalah penelitian, antara lain:

1. Proses pendeteksian citra warna botol plastik menggunakan metode HSV.
2. Plastik yang terlibat dalam penelitian ini berjenis PET, HDPE, dan PP.
3. Benda uji pada penelitian kali ini bersifat statis diatas meja kerja dengan diberi perlakuan, yaitu pencahayaan yang berasal dari lampu dan *webcam* diposisikan dibagian atas meja kerja untuk mengambil citra benda uji.
4. Pengidentifikasian jenis plastik menggunakan metode *Back Propagation*.
5. Pengklasifikasian jenis plastik memakai *Artificial Neural Network*.

1.4 Tujuan

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian identifikasi dan klasifikasi otomatis botol plastik ini adalah:

1. Membangun sistem sortir otomatis guna mengurangi kemungkinan terjadinya *human error*.
2. Mengembangkan sistem identifikasi dan klasifikasi otomatis botol plastik untuk mempermudah proses penyortiran.
3. Mendapatkan persentase keberhasilan sistem identifikasi dan klasifikasi otomatis botol plastik.

1.5 Manfaat

1. Diharapkan penelitian ini dapat berkontribusi dalam pengembangan penelitian prototype sistem identifikasi dan klasifikasi botol plastic dalam proses sortir dan daur ulang.
2. Dapat menjadi suatu pendekatan hasil analisis proses identifikasi dan klasifikasi otomatis botol plastik.

3. Penelitian ini bisa menjadi referensi guna merancangan otomatisasi sistem identifikasi dan klasifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, C. F., So, W. M. W., & Cheung, T. Y. (2016). Research and development of a new waste collection bin to facilitate education in plastic recycling. *Applied Environmental Education and Communication*, 15(1), 45–57.
- Gaxiola, F., Melin, P., & Valdez, F. (2016). *New Backpropagation Algorithm with Type-2 Fuzzy Weights for Neural Networks*.
- Gong, S., Liu, C., Ji, Y., Zhong, B., & Li, Y. (2019). *Modeling and Optimization in Science and Technologies: Advanced Image and Video Processing Using MATLAB*.
- Gonzalez, R. C. & Woods, R. E. (2018). *Digital image processing* (4th ed).
- Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines* 3rd Edition.
- Ingle, V.K. & Proakis, J.G. (2017). *Digital Signal Processing Using MATLAB Third Edition*.
- Iswahyudi, Catur. (2010). Jurnal Teknologi Prototype Aplikasi Untuk Mengukur Kematangan Buah Apel Berdasarkan Kemiripan Warna.
- Jong, Jek. (2005). Jaringan Syaraf Tiruan & pemogramannya Menggunakan Matlab.
- Kharab, A. & Guenther, R. B. (2019). *An Introduction to Numerical Methods - A MATLAB Approach (4th Ed.)*.
- Livshin, I. (2019). Artificial Neural Networks with Java In *Artificial Neural Networks with Java*.
- Masoumi, H., Safavi, S., & Khani, Z. (2012). Identification and Classification of Plastic Resins using Near Infrared Reflectance. *Waset*, 6(5), 213–220.
- Mitiche, A & Ayed I. B. (2010). Variational and Level Set Methods in Image Segmentation.
- Mustafic, A., & Li, C. (2015). Classification of cotton foreign matter using color features extracted from fluorescent images. *Textile Research Journal*, 85(12), 1209–1220.
- Ruj, B., Pandey, V., Jash, P., & Srivastava, V. K. (2015). Sorting of plastic waste for effective recycling. *Int. Journal of Applied Sciences and Engineering Research*, 4(4), 564–571.
- Thanki, R. M. & Kothari. (2019). *Digital Image Processing using Scilab – Exercise* (Vol. 1).
- Yani, I., & Budiman, I. (2015). Development of identification sistem of cans and

bottle.

Yanis, M., Mohrni, A. S., Sharif, S., Yani, I., Arifin, A., & Khona'ah, B. (2019). Application of RSM and ANN in Predicting Surface Roughness for Side Milling Process under Environmentally Friendly Cutting Fluid.

Yulianti, T., Yudamson, A., Septama, H. D., Sulistiyanti, S. R., Setiawan, F. X. A., & Telaumbanua, M. (2017). Meat quality classification based on color intensity measurement method.