



Buku Tugas Akhir

Perancangan Sistem Penentu Kualitas Tomat dengan *Artificial Neural Network*

Haryo Senggoro Adikusumo

2016630009

Pembimbing:

Nico Saputro, S.T., M.T., Ph.D.

Triana Mugia Rahayu, S.T., M.Sc.

Diajukan untuk memenuhi salah satu
syarat mendapatkan gelar Sarjana
Teknik

September 2021

Lembar Persetujuan Selesai



Tugas Akhir berjudul:

Perancangan Sistem Penentu Kualitas Tomat dengan *Artificial Neural Network*

oleh:

Haryo Senggoro Adikusumo
NPM : 2016630009

ini telah diujikan pada Sidang Tugas Akhir 2 (IME 184500) di Program Studi Sarjana
Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Katolik Parahyangan serta dinyatakan SELESAL.

TANDA PERSETUJUAN SELESAL,

Bandung, September 2021

Ketua Program Studi Sarjana
Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika

Dr. Ali Sadiyoko, S.T., M.T

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,

Nico Saputro, S.T., M.T., Ph.D.

Triana Mugia Rahayu, S.T., M.Sc.

**PERNYATAAN TIDAK MENCONTEK ATAU
MELAKUKAN TINDAKAN PLAGIAT**

Saya yang bertandatangan dibawah ini,

HARYO SENGGORO ADIKUSUMO

Dengan ini menyatakan bahwa Buku Tugas Akhir dengan judul:

"PERANCANGAN SISTEM PENENTU KUALITAS TOMAT DENGAN
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK"

adalah hasil pekerjaan Saya. Seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka Saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada Saya.

Bandung, 11 September 2021



Haryo Senggoro Adikusumo

NPM: 2016630009

Abstrak

Tomat (*Solanum lycopersicum*) adalah buah dengan komoditas penting karena pemanfaatannya di bidang makanan, bidang kosmetik, dan obat-obatan. Oleh sebab itu kualitas tomat perlu dijaga dengan baik. Penentuan kualitas tomat biasanya ditentukan dari adanya kecacatan pada kulitnya. Cacat yang dapat dialami tomat dapat berupa robekan pada kulitnya dan adanya kebusukan pada buah tersebut. Selama ini penentuan kualitas dilakukan oleh petugas. Inspeksi tersebut dapat dikembangkan menjadi sistem otomasi untuk memudahkan penentuan kualitas tomat. Sistem otomasi yang sudah ada hanya dapat melakukan penilaian terhadap 1 gambar. Agar penilaian lebih sesuai dengan kondisi tomat, maka penilaian untuk lebih satu gambar dibuat pada penelitian ini. Agar otomasi tersebut dapat berjalan, diperlukan sistem yang memiliki kepintaran buatan *artificial intelligence*. *Artificial intelligence* yang digunakan pada sistem ini adalah kepintaran jaringan buatan atau ANN (*Artificial Neural Network*). ANN yang dibuat pada penelitian ini dibuat menjadi dua model berdasarkan *training* yang diberikan. Setelah *trained model* dibuat, dilakukan verifikasi model menggunakan dataset yang tidak ada pada *training set*. Model pertama melakukan penilaian terhadap buah tomat dan model kedua melakukan penilaian terhadap gambar tomat yang digabungkan dengan logika AND. Diberikan 40 buah tomat dimana 30 buah digunakan untuk *training* dan 10 lainnya untuk verifikasi. Model pertama memiliki keakurasian 90% terhadap data *training* namun, memiliki keakurasian 70% terhadap dataset diluar *training set*. Model kedua memiliki keakurasian 86% terhadap *training set*, namun memiliki keakurasian 80% terhadap dataset diluar *training set*. Kedua model tersebut juga akan melakukan pengujian terhadap dataset yang gambarnya tidak lengkap yaitu data tidak lengkap yang diisi dengan gambar hitam dan data tidak lengkap yang memiliki replikasi salah satu gambar sisi tomat. Hasilnya kedua model tidak dapat melakukan penilaian yang sesuai terhadap gambar hitam. Lalu untuk dataset dengan replikasi kedua model dapat melakukan penilaian dengan keakurasian 90% untuk model pertama dan keakurasian 100% untuk model kedua.

Abstract

Tomato (*Solanum lycopersium*) is one the fruit with important commodities because of the usage in food, medicine, and drug industries. That's why the tomato quality needs to be in good condition. Good condition tomato is measured by the defectiveness on the skin. The defectiveness are scar or ripped in the surface of the skin. Usually the quality inspection is done by the staff who knows the detailed that are needed. The quality inspection can be automate and many research are made to solve this matter. Many of the research are grading based on only one image that show the side of the tomato. To make the grading more accurate, the research to grading based one two or more images are purposed. To make the system work, system need artificial intelligence (AI) and AI that used in this research are Artificial Neural Network (ANN). ANN in this research are separated by two models based on the training methods. After trained model are done, the models are used to grade tomato from the training set data and data outside the training set. First ANN model is grading based on the fruit that are given, while the second ANN model is grading based by the condition of each images that are given and each graded image are combined using AND logic to grade a tomato. First model has accuracy of 86% based on the data in training set and accuracy of 70% based on data outside training set. Second model has accuracy of 86% based on the training set and accuracy of 80% based on data outside of training set. Both model then tested again using incomplete data that represented by black image and image replica of one of the side of tomato. Both model cant grade the incomplete data using black image, but both can grade data that has image replica. First model has accuracy of 90% and second model hase accuracy of 100% for data that has image replica.

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat, kebaikan dan karunia-Nya lah penyusunan Buku Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku Tugas Akhir yang berjudul 'Perancangan Sistem Penentu Kualitas Tomat dengan *Artificial Neural Network*' disusun, sebagai syarat untuk mengikuti Sidang Proposal pada mata kuliah Tugas Akhir II (IME 184500) pada Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika) Universitas Katolik Parahyangan. Semoga dengan kuasa-Nya, penelitian yang penulis pilih dapat berguna bagi penelitian lain yang memiliki keterkaitan bagi penulis lainnya.

Penulis sadar bahwa jerih payah dan kerja keras adalah landasan utama dalam penyusunan Buku Tugas Akhir dan karena itu penulis mengingatkan kepada penulis lainnya bahwa janganlah terbujuk pada kemalasan yang membuat usaha dan kerja keras menjadi tidak sepenuhnya dapat tercapai. Selain usaha dan kerja keras yang telah dilakukan, tentunya perlu ada dukungan moral baik dari keluarga, teman dan dosen agar disaat penulis mengalami kebuntuan dalam menciptakan ide, dukungan mereka dapat memberikan titik terang untuk menghadapi kebuntuan yang sedang dialami.

Atas dukungan yang telah diberikan tentunya ucapan terima kasih harus ditunjukkan kepada mereka yang telah membantu. Karena itu penulis menunjukkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya ditujukan kepada:

- Dosen pembimbing yaitu Nico Saputra, PhD. dan Triana Mugia Rahayu, S.T., M.Sc. yang telah membimbing dan memberi masukan kepada saya dalam pembuatan proposal tugas akhir ini.
- Bapak Ali Sadiyoko S,T.,M.T., yang telah memberikan pengarahan dan langkah pembuatan dalam penelitian tugas akhir 2.
- Kedua orang tua saya yaitu Bapak Bimoseno Adipratopo dan Ibu Christiyana Wahyu Nurhandjati atas seluruh kasih sayang, bantuan, dan doa restunya yang diberikan kepada penulis dalam pembuatan proposal tugas akhir ini.
- Teman baik saya sejak SMP yaitu Rangga Eka Nanda yang senantiasa selalu membantu saya dalam memberikan materi dan pengajaran yang sesuai dengan penelitian tugas akhir ini.

- Muhammad Zaki Gandara, Armando Luis, Rafael Olsen, dan teman-teman lainnya yang tidak bisa saya sebutkan yang telah membantu dalam memberikan dorongan, perhatian serta diskusi yang sangat bermanfaat saat mengerjakan Tugas Akhir ini.
- Guru les pemrograman komputer saya yaitu Pak Muhammad Yunnus yang telah sangat membantu saya dalam pembuatan program yang dapat berjalan sesuai dengan sistem yang diinginkan.
- Seluruh teman-teman yang mengambil tugas akhir 2 yang telah memberikan motivasi ide dan kawan seperjuangan dalam menjalani tugas akhir 2

Rasa terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menjalankan penelitian tugas akhir 2 dan semoga seluruh kebaikan yang telah diberikan dapat dibalas dengan kebaikan yang lebih oleh Allah SWT.

Penulis berharap bahwa penelitian yang dilakukan ini dapat bermanfaat bagi Program Studi Sarjana Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika) Universitas Katolik Parahyangan serta peneliti lain yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian yang penulis rancang.

Daftar Isi

Abstrak	ix
Abstract	xi
Kata Pengantar	xiii
Daftar Isi	xv
Daftar Tabel	xix
Daftar Gambar	xxi
Daftar Simbol dan Variabel	xxiii
1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.	2
1.3 Batasan Masalah dan Asumsi	2
1.4 Tujuan Tugas Akhir	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir	3
1.6 Metodologi Tugas Akhir	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
2 Tinjauan Pustaka	7
2.1 <i>paper review</i>	7
2.2 <i>Computer Vision</i>	11
2.3 Gambar Digital	13
2.4 <i>Segmentation</i>	13
2.5 Pengenalan Objek Gambar Digital	16
2.6 <i>Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)</i>	18

2.6.1	Kontras	21
2.6.2	korelasi	22
2.6.3	Energi	23
2.6.4	Homogenitas	23
2.7	<i>Artificial Neural network</i> (ANN)	23
2.8	OpenCV	25
2.9	Jupyterlab	26
3	Perancangan Sistem	27
3.1	Cara Kerja Sistem	27
3.1.1	Sub-proses <i>Image Processing</i>	29
3.1.2	Subproses Ekstraksi Fitur	33
3.1.3	Sub-proses <i>training</i> model <i>Neural Network</i>	35
3.1.4	Sub-proses Verifikasi Model	36
3.2	Tampilan Aplikasi	38
3.2.1	Feature Extraction	40
3.2.2	Training Model	43
3.2.3	Predict Data	45
3.3	Rencana Pengujian Sistem	47
3.3.1	Rencana Pengujian Model <i>Neural network</i>	47
3.3.2	Rencana Pengujian <i>Neural Network</i> Pembanding	48
3.3.3	Rencana Pengujian dengan Gambar Dataset yang Kurang Lengkap	48
4	Pengujian dan Analisis Sistem	49
4.1	Spesifikasi Data	49
4.2	Model Pengujian	52
4.3	Pengujian Model <i>Neural Network</i> Pertama	53
4.3.1	<i>Training</i> dan Validasi Model Pertama	54
4.3.2	Verifikasi Model Pertama	55
4.3.3	Analisis Pengujian model <i>neural network</i> pertama	60
4.4	Pengujian Model <i>Neural Network</i> Kedua	60
4.4.1	<i>Training</i> dan Validasi Model Kedua	61
4.4.2	Verifikasi Model Kedua	62
4.4.3	Analisis Pengujian model <i>Neural Network</i> kedua	67
4.5	Pengujian dengan Gambar Dataset yang Kurang Lengkap	67
4.5.1	Pengujian dengan Menggunakan Gambar Berwarna Hitam	68
4.5.2	Pengujian dengan Menggunakan Replikasi Salah Satu Sisi Tomat	72
4.5.3	Analisis Pengujian Ketiga	77
5	Simpulan dan Saran	79
5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran	81

Daftar Pustaka	83
-----------------------	-----------

Daftar Tabel

4.1	Dataset tomat untuk <i>training</i>	50
4.2	Tabel model pengujian	52
4.3	Hasil verifikasi oleh sistem dengan model pertama	56
4.4	Perbandingan penilaian oleh model pertama	58
4.5	Hasil verifikasi oleh sistem dengan model kedua	63
4.6	Perbandingan penilaian oleh model kedua	65
4.7	Dataset pengujian ketiga bagian satu	68
4.8	Pengujian ketiga bagian satu dengan model pertama	71
4.9	Pengujian ketiga bagian satu dengan model kedua	72
4.10	Dataset pengujian ketiga bagian dua	73
4.11	Pengujian ketiga bagian dua dengan model pertama	76
4.12	Pengujian ketiga bagian dua dengan model kedua	77

Daftar Gambar

2.1	Representasi warna pada kanal warna HSV [?]	15
2.2	Rentang <i>hue</i> pada kanal warna HSV [?]	16
2.3	Sudut pada GLCM [?]	18
2.4	Contoh matriks gambar	19
2.5	Rangka matriks GLCM	19
2.6	Pengisian nilai matriks GLCM	20
2.7	Matriks GLCM yang telah simetri	20
2.8	Matriks GLCM yang telah dinormalisasi	21
2.9	<i>Artificial neural network</i>	24
3.1	Flowchart cara kerja sistem	28
3.2	Flowchart sub-proses <i>image processing</i>	30
3.3	Gambar Asli	31
3.4	<i>Mask</i> yang digunakan	31
3.5	Hasil <i>masking</i>	31
3.6	Hasil <i>edge detection</i> pada gambar yang telah di <i>masking</i>	31
3.7	Hasil <i>contour detection</i> pada gambar tomat	32
3.8	Hasil <i>Bounding rectangle</i> gambar tomat	32
3.9	<i>Cropped bounding rectangle</i> .	32
3.10	Contoh gambar tomat yang telah di <i>resized</i>	33
3.11	<i>Flowchart</i> sub-proses ekstraksi fitur	34
3.12	<i>Flowchart</i> sub-proses <i>training</i> model <i>neural network</i>	35
3.13	<i>Flowchart</i> sub-proses Verifikasi model	37
3.14	Tampilan aplikasi " <i>Tomato grading system</i> "	38
3.15	Pemilihan folder dataset untuk <i>training</i>	39
3.16	<i>Preview</i> gambar dataset untuk <i>training</i>	39
3.17	Hasil proses " <i>Run Preprocessing</i> "	40
3.18	<i>Preview</i> gambar tomat yang sudah <i>resized</i>	40
3.19	Tampilan bagian " <i>Feature Extraction</i> "	41
3.20	Pemilihan folder dataset yang telah di- <i>resized</i>	41
3.21	Folder dataset <i>training</i> yang telah dipilih	42
3.22	<i>Pop up</i> setelah <i>feature extraction</i> dilakukan	42
3.23	Tampilan aplikasi untuk melihat nilai fitur yang dimiliki gambar <i>training</i>	43

3.24	Tampilan bagian "Training Model"	43
3.25	Tampilan bagian "Training Model"	44
3.26	Tampilan Setelah "Run Training Model" dijalankan	44
3.27	<i>Confusion Matrix</i> dan karakteristik model yang sudah dilatih	45
3.28	Tampilan bagian "Predict data"	45
3.29	Pemilihan dataset untuk verifikasi	46
3.30	Dataset yang telah dipilih	46
3.31	Hasil prediksi <i>neural network</i>	47
4.1	<i>Confusion matrix</i> model <i>neural network</i> terhadap dataset <i>training</i>	54
4.2	<i>Confusion matrix</i> model <i>neural network</i> 1	59
4.3	<i>Confusion matrix</i> model <i>neural network</i> 2	61
4.4	<i>Confusion matrix</i> model <i>neural network</i> kedua	66

Daftar Simbol dan Variabel

μ	nilai rata-rata pada gambar
N	Ukuran piksel pada gambar
P_i	nilai piksel pada gambar
σ	nilai standar deviasi gambar
μ_i	nilai rata-rata baris
μ_j	nilai rata-rata kolom
σ_i	standar deviasi dari suatu baris
σ_j	standar deviasi dari suatu kolom

Bab 1

Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang topik tugas akhir yang dipilih. Dari latar belakang tersebut dapat mengidentifikasi dan merumuskan masalah. Agar topik tidak melebar terlalu jauh ditentukan batasan masalah dan asumsi yang telah ditentukan. Topik yang dipilih pasti memiliki tujuan untuk dicapai sehingga tugas akhir dapat memberikan manfaat. Dijelaskan juga metodologi yang digunakan untuk penelitian ini dan sistematika penulisan yang menjelaskan tentang sekilas bab yang ada di laporan ini .

1.1 Latar Belakang Masalah

Tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan buah yang sering ditemukan di kehidupan sehari-hari dan dapat diperoleh dengan membelinya di pasar, supermarket, atau dengan menanamnya di kebun. Tomat di Indonesia merupakan komoditas penting untuk pasar dalam negeri karena banyak dimanfaatkan untuk industri makanan dan minuman dan industri kosmetik. Tomat menjadi komoditas hortikultura populer ke-5 setelah cabai, bawang merah, kentang, dan kubis [?].

Menurut peraturan Uni Eropa (EU) tentang pemrosesan buah dan sayuran [?], penentuan buah yang nantinya akan diproses untuk keperluan industri harus memiliki kriteria seperti, harus segar, tidak ada retakan pada kulit, tidak mengalami kebusukan atau kecacatan, dan harus sampai pada tujuan dengan kondisi yang sesuai baik untuk diproses maupun dijual.

Sebelum tomat dikirimkan ke industri atau pasar perlu dilakukan pemilihan dan penentuan kualitas tomat terlebih dahulu. Hanya tomat berkualitas baik saja yang seharusnya dikirimkan. Selama ini pemilihan dan penentuan kualitas tomat dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Menurut [?] pemilihan secara manual merupakan pemilihan subjektif yang dilakukan oleh orang yang memanen buah tersebut dengan melakukan inspeksi secara satu persatu terhadap buah yang akan

dinilai. Sedangkan pemilihan dengan menggunakan teknologi (pemilihan secara otomatis) dapat dilakukan secara objektif dan lebih efisien. Namun, kekurangan dari pemilihan secara otomatis adalah harga mesin yang digunakan untuk memanen memiliki harga yang mahal. Mesin otomatis yang dapat digunakan untuk menyortir tomat secara massal diperkenalkan oleh Gould [1] pada tahun 1975 yang dilakukan pada mesin konveyor namun penyortiran hanya dilakukan berdasarkan bentuk dan berat saja.

Di era dimana teknologi semakin berkembang pesat, perkembangan teknologi untuk menyortir semakin berkembang dengan adanya teknologi pengolahan gambar yang dapat digabungkan dengan teknologi pengambilan keputusan oleh mesin yaitu *machine learning*. Gabungan kedua teknologi tersebut dapat membuat pengambilan keputusan berdasarkan gambar secara otomatis. Sebagai contoh di industri makanan dan agrikultur, *image processing* dapat membantu dalam mengambil dan mengolah gambar tomat yang akan diinspeksi dan *machine learning* digunakan untuk penentuan kualitas. Hasil dari studi literatur menunjukkan bahwa sudah ada sistem identifikasi kualitas tomat. Namun, identifikasi yang dilakukan hanya berdasarkan dari satu sisi gambar tomat saja. (tampak atas, tampak bawah, tampak kiri, tampak kanan, tampak depan, tampak belakang) [2] [3] [4] [5].

1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.

Berdasarkan latar belakang yang telah dibuat dapat diidentifikasi masalah yaitu sistem penentu kualitas tomat otomatis hanya bisa menyimpulkan dari satu buah gambar.

Sehingga dari identifikasi tersebut dapat dirumuskan masalah "Bagaimana membuat sistem penentu kualitas tomat yang mampu melakukan identifikasi berdasarkan gambar tiga dimensi dari tomat?"

1.3 Batasan Masalah dan Asumsi

Berdasarkan masalah yang dirumuskan, terdapat batasan untuk masalah tersebut sebagai berikut:

1. Tomat yang gambarnya diambil dengan kamera dalam keadaan diam.
2. Warna latar yang digunakan untuk mengambil gambar adalah putih.
3. Gambar tiga dimensi terdiri dari 6 gambar yang diambil dari sisi yang berbeda-beda (tampak atas, tampak bawah, tampak kiri, tampak kanan, tampak depan, dan tampak belakang).
4. Tomat yang digunakan adalah tomat jenis amala.
5. Pembagian tomat dibagi menjadi 2 jenis yaitu baik dan cacat.

Asumsi untuk batasan masalah tersebut adalah pencahayaan dianggap konstan dan tidak memengaruhi kualitas gambar.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tugas akhir ini memiliki tujuan yang harus dicapai, berikut tujuan tugas akhir ini:

1. Membuat sistem sederhana dengan ke pintarannya untuk menentukan kualitas tomat.
2. Menguji apakah sistem dapat menilai 6 gambar tampak tomat.
3. Menguji pengaruh *training* yang berbeda dalam melakukan penilaian.
4. Membantu bidang industri dan agrikultur dalam menentukan buah dengan kualitas yang baik.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Tugas akhir yang dibuat memiliki manfaat berikut:

1. Sistem yang dibuat dapat menjadi referensi bagi pembuatan sistem penentu kualitas tomat.
2. Menjadi referensi untuk penelitian yang lain terkait dengan topik *image processing* dan ANN.
3. Memberikan bahan pembelajaran bagi peneliti lain dengan topik terkait.

1.6 Metodologi Tugas Akhir

Metodologi yang akan digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini diawali dengan studi literatur dari berbagai riset dan makalah terkait untuk menentukan sistem yang akan dibuat nantinya. Dalam perancangan aplikasi, terdapat dua tahap utama dalam membuat jaringan neural buatan, yaitu tahap *training* dan tahap verifikasi. Pada tahap *training* dibuat basis data yang berisi gambar tomat yang digunakan untuk *training* jaringan buatan yang akan dibuat. Pada tahap pembuatan basis data, buah tomat dipisahkan berdasarkan kegunaannya untuk *training* atau uji coba jaringan buatan. Setelah gambar diambil, gambar-gambar tersebut diberi label baik dan cacat. Gambar yang sudah diberi label kemudian diekstrak fiturnya yang kemudian fitur tersebut digunakan sebagai input utk *training* pada jaringan buatan yang akan dibuat. Jaringan yang akan dibuat akan terus menyesuaikan modelnya sampai keakurasian yang sudah ditentukan atau sampai batas *training* yang sudah ditentukan.

Setelah model dibuat, dilakukan validasi menggunakan gambar *training* untuk mendapatkan keakurasian model. Validasi dilakukan dengan mengambil acak gambar

buah tomat yang digunakan untuk *training* lalu dibandingkan hasil dari model dengan label yang diberikan pada gambar acak tersebut. Pada tahap validasi dibuat juga *confusion matrix* untuk mengetahui karakteristik model yang sudah dibuat. Model yang sudah jadi akan digunakan untuk tahap verifikasi. Pada tahap ini gambar tomat yang tidak dimasukan sebagai gambar *training* dan tidak diberi label akan diuji penilaiannya dengan model yang sudah dibuat. Hasil dari tahap verifikasi adalah penilaian baik atau cacatnya buah tomat berdasarkan gambar yang diberikan dengan menggunakan model yang telah dibuat.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui perancangan model jaringan buatan yang sudah dibuat. terdapat 3 pengujian yaitu pengujian 2 variasi model jaringan buatan dan pengujian input untuk melihat respon sistem. Pada tahap pengujian variasi model, variasi pertama untuk model yang digunakan adalah pada tahap verifikasi, 6 gambar akan diekstrak fiturnya dan dijadikan sebagai input untuk sebuah jaringan buatan untuk menilai kategori tomat tersebut. Variasi kedua adalah untuk satu gambar representasi tampak tomat, dilakukan ekstraksi fitur dan digunakan sebagai input untuk satu jaringan buatan dan ditentukan penilaiannya. pada variasi ini dihasilkan 6 penilaian dari setiap gambar tomat dan dari 6 penilaian tersebut akan dihasilkan satu kesimpulan untuk kualitas tomat tersebut. Jika pada salah satu penilaian ada yang dianggap cacat, maka kesimpulan yang dihasilkan untuk tomat tersebut adalah cacat.

Pengujian terakhir adalah pengujian respon model terhadap dataset yang tidak lengkap. Pada pengujian ini diberikan 2 dataset yang telah dimodifikasi. Dataset pertama adalah dataset yang memiliki gambar hitam di setiap folder gambar buah tomat. Dataset kedua adalah adanya gambar sisi yang berulang pada folder gambar buah tomat. Setelah tahap pengujian dilakukan, dibuat tahap kesimpulan yang digunakan untuk menyimpulkan penelitian dan saran apa yang diperlukan untuk penelitian tersebut.

1.7 Sistematika Penulisan

Buku Tugas Akhir ini dibagi menjadi 5 bab, yakni sebagai berikut:

1. **Bab 1 Pendahuluan.** Dalam bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, batasan masalah dan asumsi, tujuan Tugas Akhir, manfaat Tugas Akhir, metodologi Tugas Akhir serta sistematika penulisan Buku Tugas Akhir.
2. **Bab 2 Tinjauan Pustaka.** Bab ini berisi teori-teori yang berhubungan dengan pemecahan masalah dan dibutuhkan dalam pengolahan data serta analisis. Bab ini berisi:
 - (a) *paper review*
 - (b) *computer vision*
 - (c) Gambar digital

- (d) *segmentation*
- (e) *Gray Level Co-occurrence Matrix*
- (f) *Artificial Neural Network*
- (g) OpenCV
- (h) Jupyterlab

3. **Bab 3 Perancangan Sistem.** Dalam bab ini dijelaskan antara lain:
 - (a) Cara Kerja Sistem.
 - (b) Tampilan Aplikasi.
 - (c) Rencana Pengujian.
4. **Bab 4 Pengujian dan Analisis.** Pada bab ini dilakukan pengujian dari sistem yang telah dirancang. Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui karakteristik sistem. Pada bab ini dibahas:
 - (a) Pengujian model *neural network* pertama.
 - (b) Pengujian model *neural network* kedua.
 - (c) Pengujian dengan gambar dataset yang kurang lengkap
5. **Bab 5 Kesimpulan dan Saran.** Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran bagi sistem yang telah dirancang untk penelitian selanjutnya.

