

SKRIPSI

**PENILAIAN KUALITAS CITRA DENGAN MODEL FUZZY
TAKAGI-SUGENO**



Arlin Sasqia Puspa Shiffa

NPM: 2015730023

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2019**

UNDERGRADUATE THESIS

**IMAGE QUALITY ASSESSMENT USING TAKAGI-SUGENO
FUZZY MODEL**



Arlin Sasqia Puspa Shiffa

NPM: 2015730023

**DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

PENILAIAN KUALITAS CITRA DENGAN MODEL FUZZY TAKAGI-SUGENO

Arlin Sasqia Puspa Shiffa

NPM: 2015730023

Bandung, 27 Mei 2019

Menyetujui,

Pembimbing

Dr. Veronica Sri Moertini

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Luciana Abednego, M.T.

Natalia, M.Si.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

PENILAIAN KUALITAS CITRA DENGAN MODEL FUZZY TAKAGI-SUGENO

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 27 Mei 2019

Meterai Rp. 6000

Arlin Sasqia Puspa Shiffa
NPM: 2015730023

ABSTRAK

Pengolahan citra adalah salah satu ilmu yang mempelajari bagaimana cara melakukan transformasi dan manipulasi digital dari suatu gambar dengan bantuan komputasi [1]. Karena semakin meningkatnya penggunaan gambar digital, maka penilaian kualitas citra atau *Image Quality Assessment* (IQA) menjadi salah satu perhatian dalam citra digital. Sudah ada begitu banyak cara perhitungan kualitas objektif yang telah dikembangkan dan digunakan untuk menilai kualitas citra. Namun tidak bisa dipastikan cara-cara yang sudah ada menghasilkan penilaian yang berkorelasi dengan persepsi manusia. Skripsi ini menyelesaikan bagaimana cara peningkatan korelasi terhadap penilaian kualitas citra terhadap penilaian mata manusia terhadap suatu citra.

Terdapat tiga model dalam penilaian citra secara objektif maupun subjektif, yaitu *full-reference* (FR), *no-reference* (NR), dan *reduced-reference* (RR). Pada penelitian dalam skripsi kali ini, telah dibangun perangkat lunak yang memanfaatkan penilaian citra secara objektif dengan nama *Peak Signal to-Noise Ratio* (PSNR), *Universal Quality Index* (UQI), dan *Structural Similarity Index Measure* (SSIM) dengan menerima *input* berupa dua gambar dengan tipe *'bmp'*, *'png'*, serta *'jpg'* (satu gambar asli dan satu gambar terdistorsi). Perangkat lunak membandingkan 2 gambar tersebut dan menilai kualitas citra dengan ketiga jenis IQA tersebut. Hasil penilaian dari ketiga IQA digabungkan dan diproses dengan Model *Fuzzy* Takagi Sugeno untuk mendapatkan nilai MOS yang diharapkan memiliki korelasi tinggi dengan hasil MOS aktual. Model *Fuzzy* Takagi Sugeno dibuat menggunakan ANFIS pada *toolbox* MATLAB dengan melatih model menggunakan data survey TID2008 yang mengandung hasil pengumpulan penilaian MOS dari banyak sumber terhadap beberapa gambar asli dengan beberapa macam gambar terdistorsinya.

Pengujian pada skripsi ini dilakukan dengan cara membandingkan korelasi dan *error* yang didapatkan antara hasil MOS aktual dengan MOS prediksi perangkat lunak yang dibangun. Gambar yang digunakan merupakan gambar salah satu data TID2008. Hasil aktual dengan prediksi dihitung korelasinya dengan menggunakan perhitungan korelasi Spearman dan MAPE sebagai rumus perhitungan *error*. Pengujian dilakukan dengan beberapa jumlah *grid partition* yang berbeda-beda. Mulai dari 4 sampai 7 *grid partition* pada setiap himpunan PSNR, UQI, dan SSIM. Pada pengujian dengan 4 *grid partition* dihasilkan korelasi sebesar 0.82855 dengan *error* 0.15874, pengujian dengan 5 *grid partition* dihasilkan korelasi sebesar 0.85324 dengan *error* 0.13107, pengujian dengan 6 *grid partition* dihasilkan korelasi sebesar 0.85196 dengan *error* 0.11533 dan pengujian dengan 7 *grid partition* dihasilkan korelasi sebesar 0.90016 dengan *error* 0.09149. Dari hasil pengujian yang didapatkan, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar jumlah *grid partition* yang digunakan, maka korelasi akan semakin tinggi dan *error* akan semakin rendah.

Kata-kata kunci: pengolahan citra, kualitas citra, penilaian, prediksi, fuzzy, Takagi-Sugeno, ANFIS

ABSTRACT

Image processing studies how to transform and digitally manipulate an image with the help of computation. The increasing of the digital image usage caused the image quality assessment (IQA) become one of the concerns in image processing. There are already many ways in determining the quality of image that have been developed and used to assess image quality. However, the existing methods can't be ascertained in the assessment that correlate with human perception. This thesis was done to increase correlation of the image quality assessment towards subjective assessment through human vision on an image.

There are three models of objective or subjective image quality assessment (IQA): full-reference (FR), no-reference (NR), and reduced-reference (RR). The purpose of this study is to create software that can assess image with with three objectives of IQA, namely Peak Signal to-Noise Ratio (PSNR), Universal Quality Index (UQI), and Structural Similarity Index Measure (SSIM). The software accepts two image(one original image and one distorted image) for input (type: '.bmp', '.png', and '.jpg') and produce one MOS value. Two pictures will be compared by all those three types of objective of IQA to determine the quality of the distorted one and then will combined or processed by Takagi Sugeno Fuzzy Model to get the MOS value. Takagi Sugeno Fuzzy Model was built using ANFIS in Matlab Toolbox by training the model using the TID2008 database that have MOS value for every image file in it.

This research was tested by Spearman Correlation and Mean Absolute Error (MAPE). The MOS prediction that software produced will be compared with actual MOS value. Testing was done with different number of grid partition starting from 4 to 7 grid partition in each PSNR set, UQI set, and SSIM set. Test done using 4 grid partition result in 0.82855 of correlation with 1.5874 of error, at 5 grid partition the test gained 0.85324 of correlation with 0.13107 of error, while at 6 grid partition in result 0.85196 of correlation with 0.11533, and at 7 grid partition the test gained 0.90016 of correlation with 0.09149 of error. It can be concluded that the greater the number of grid partition used, the higher the correlation and the lower the error will be.

Keywords: *image processing, image quality, assessment, prediction, fuzzy, Takagi-Sugeno, ANFIS*

Dipersembahkan untuk keluarga dan para sahabat yang tersayang.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan kekuatan, anugerah, keteguhan, kesehatan, serta karunia yang luar biasa sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana di Program Studi Informatika Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini berhasil karena tidak terlepas dari dukungan, bantuan, serta bimbingan dari berbagai pihak yang diberikan secara langsung maupun tidak langsung serta berkat rahmat dari Allah SWT. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Keluarga tercinta yang telah memberikan doa dan dukungan.
- Dr. Ir. Veronica Sri Moertini, MT selaku dosen pembimbing.
- Pak Husnul Hakim, S.Kom, M.T. yang selalu sabar menghadapi penulis dan memberi bimbingan, masukan, serta membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.
- Taliida N. K, Cornelius David H., Adriswara Dwikarkasa I., dan Richard Suprayogi atas doa, dukungan, semangat yang telah diberikan serta kesabaran dalam menemani penulis mengerjakan skripsi ini.
- Teman-teman seperjuangan IT 2015.
- Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Setelah melalui proses yang panjang dan penuh tantangan, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis ingin mengucapkan maaf jika ada kekurangan dan kesalahan dalam skripsi ini. Walaupun demikian, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Bandung, Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Citra	5
2.1.1 Representasi Citra Digital	5
2.1.2 Citra Digital Bertipe <i>Grayscale</i>	5
2.1.3 Citra Digital Bertipe warna RGB atau True Color	5
2.1.4 Konversi Citra <i>True Color</i> ke <i>Grayscale</i>	6
2.1.5 <i>Relative Luminance</i>	7
2.2 <i>Digital Image Processing</i>	7
2.3 Penilaian Kualitas Citra	7
2.3.1 Penilaian Kualitas Citra Subjektif	7
2.3.2 Penilaian Kualitas Citra Objektif	8
2.4 Logika <i>Fuzzy</i>	11
2.5 Himpunan <i>Fuzzy</i>	11
2.6 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i>	13
2.7 <i>Grid-partition</i>	18
2.8 Operator Dasar untuk Operasi Himpunan Fuzzy	19
2.9 <i>Fuzzy Inference System</i> (FIS)	20
2.9.1 FIS Model Tsukamoto	20
2.9.2 FIS Model Mamdani	21
2.9.3 FIS Model Takagi-Sugeno-Kang	21
2.10 <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS)	22
2.10.1 Struktur ANFIS[14]	22
2.10.2 Algoritma <i>Hybrid</i>	23
2.10.3 <i>Least Square Estimator</i> [14]	24
2.10.4 <i>Error Backpropagation</i> [15]	25
2.11 Evaluasi Akurasi Peramalan <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS)	26
2.11.1 <i>Root Mean Squared Error</i> (RMSE)	26

2.11.2	<i>Korelasi Rank Spearman</i>	26
2.11.3	<i>Mean Absolute Percentage Error (MAPE)</i>	26
3	ANALISIS	27
3.1	Analisis Masalah	27
3.2	Tahapan Penyelesaian Masalah	28
3.3	Analisis Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i> dengan Metode Takagi-Sugeno-Kang	29
3.3.1	Proses Pengembangan Model ANFIS	30
3.3.2	Hasil <i>Training</i> dan <i>Testing</i> Model ANFIS	32
3.4	Analisis Perangkat Lunak	38
3.4.1	Masukan dan Keluaran	38
3.4.2	Diagram Kelas Sederhana	38
3.4.3	<i>Use Case Diagram</i>	40
4	PERANCANGAN	43
4.1	Kebutuhan Masukan	43
4.2	Perancangan Tampilan Antarmuka	43
4.3	Diagram Kelas Rinci	45
4.3.1	Kelas <i>TakagiSugeno</i>	46
4.3.2	Kelas <i>MFInput</i>	48
4.3.3	Kelas <i>Rules</i>	49
4.3.4	Kelas <i>MFOutput</i>	51
4.3.5	Kelas <i>PenilaiGambar</i>	52
4.3.6	Kelas <i>PSNRCalculator</i>	53
4.3.7	Kelas <i>Pair<X></i>	54
4.3.8	Kelas <i>PairIterator</i>	55
4.3.9	Kelas <i>Window</i>	56
4.3.10	Kelas <i>WindowManager</i>	58
4.3.11	Kelas <i>UQICalculator</i>	59
4.3.12	Kelas <i>SSIMCalculator</i>	61
5	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	63
5.1	Implementasi	63
5.1.1	Lingkungan Perangkat Lunak	63
5.1.2	Fitur-fitur Perangkat Lunak	63
5.1.3	Implementasi Antarmuka	63
5.1.4	Implementasi Perangkat Lunak	66
5.2	Rancangan Pengujian	71
5.2.1	Skenario Pengujian Fungsional	71
5.2.2	Skenario Pengujian Eksperimental	73
5.3	Hasil Pengujian	73
5.3.1	Hasil Pengujian Fungsional	73
5.3.2	Kesimpulan Pengujian Fungsional	81
5.3.3	Hasil Pengujian Eksperimental	82
5.3.4	Kesimpulan Pengujian Eksperimental	84
6	KESIMPULAN DAN SARAN	85
6.1	Kesimpulan	85
6.2	Saran	85
	DAFTAR REFERENSI	87
	A KODE MATLAB	89

B KODE PROGRAM	107
C HASIL <i>Training</i> PADA MATLAB	117
D HASIL <i>Testing</i> PADA MATLAB	121

DAFTAR GAMBAR

2.1	contoh citra bertipe <i>grayscale</i>	6
2.2	citra bertipe RGB	6
2.3	Contoh penilaian MOS pada beberapa gambar	8
2.4	Himpunan <i>Fuzzy</i> untuk Variabel Umur [11]	12
2.5	Representasi Linear Naik [11]	13
2.6	Himpunan <i>fuzzy</i> : PANAS [11]	14
2.7	Representasi Linear Turun [11]	14
2.8	Himpunan <i>Fuzzy</i> : DINGIN [11]	15
2.9	Kurva Segitiga [11]	15
2.10	Himpunan <i>Fuzzy</i> : NORMAL [11]	16
2.11	Kurva Trapesium [11]	16
2.12	Himpunan <i>Fuzzy</i> : NORMAL [11]	17
2.13	Contoh Kurva Gbell pada Matlab	17
2.14	Kurva Gauss	18
2.15	Grid-partition	18
2.16	Rules	19
2.17	Inferensi dengan Menggunakan Metode Tsukamoto [4]	21
2.18	Struktur ANFIS	22
3.1	Penilaian MSE pada Gambar Wajah Einstein Dengan Distorsi yang Berbeda-beda	27
3.2	Diagram Tahapan Penyelesaian Masalah	29
3.3	Diagram Alur Proses Pengembangan Model ANFIS <i>toolbox</i>	30
3.4	Beberapa <i>Sample</i> Gambar Dari TID2008 yang Dijadikan Data <i>Training</i>	31
3.5	Beberapa <i>Sample</i> Gambar Dari TID2008 yang Dijadikan Data <i>Testing</i>	31
3.6	Hasil <i>Training</i> Data TID2008 pada ANFIS <i>toolbox</i> Dengan Jenis MF Gbell	33
3.7	Hasil <i>Testing</i> Data TID2008 pada ANFIS <i>toolbox</i>	33
3.8	Hasil Perhitungan MOS dengan <i>input</i> nilai PSNR, UQI, dan SSIM	39
3.9	<i>Class Diagram</i> Diagram	40
3.10	<i>Use Case Diagram</i>	41
4.1	Rancangan Desain Antarmuka	43
4.2	Diagram kelas	45
4.3	Kelas <i>TakagiSugeno</i>	46
4.4	Kelas <i>MFInput</i>	48
4.5	Kelas <i>Rules</i>	49
4.6	Kelas <i>MFOuput</i>	51
4.7	Kelas <i>PenilaiGambar</i>	52
4.8	Kelas <i>PSNRCalculator</i>	53
4.9	Kelas <i>Pair<X></i>	54
4.10	Kelas <i>PairIterator</i>	55
4.11	Kelas <i>Window</i>	56
4.12	Kelas <i>WindowManager</i>	58
4.13	Kelas <i>UQICalculator</i>	59

4.14	Kelas <i>SSIMCalculator</i>	61
5.1	Tampilan Antarmuka	64
5.2	Tampilan Antarmuka Saat Mencari <i>File</i> Gambar	64
5.3	Tampilan Antarmuka Saat Menampilkan Gambar	65
5.4	Tampilan Antarmuka Jika Tidak Ada <i>Input</i>	65
5.5	Tampilan Antarmuka Jika Tidak Ada <i>Input</i>	66
5.6	Tampilan Antarmuka Jika Tipe <i>File Input</i> salah	66
5.7	Tampilan Antarmuka Saat Mengeluarkan <i>Output</i>	66
5.8	Gambar untuk Pengujian Fungsional Pertama	72
5.9	Gambar untuk Pengujian Fungsional Kedua	73
5.10	<i>Rule Viewer</i> Pada ANFIS <i>Toolbox</i> yang Menampilkan Hasil Pengujian MOS	80
5.11	Hasil Pengujian Perangkat Lunak Fungsional	81
5.12	Hasil Pengujian Perangkat Lunak Fungsional dengan <i>Input File</i> Gambar Ali dengan Versi <i>Grayscale</i>	81
5.13	Grafik Nilai MOS Aktual Dengan Prediksi Perangkat Lunak	84
5.14	Hasil Perhitungan Korelasi Spearman	84
C.1	<i>Training</i> Menggunakan <i>Trimmf</i>	117
C.2	<i>Training</i> Menggunakan <i>Trapmf</i>	118
C.3	<i>Training</i> Menggunakan <i>Gbellmf</i>	119
C.4	<i>Training</i> Menggunakan <i>Gaussmf</i>	120
D.1	<i>testing</i> Menggunakan <i>Trimmf</i>	121
D.2	<i>Testing</i> Menggunakan <i>Trapmf</i>	122
D.3	<i>Testing</i> Menggunakan <i>Gbellmf</i>	123
D.4	<i>Testing</i> Menggunakan <i>Gaussmf</i>	124

DAFTAR TABEL

2.1	Contoh Penilaian Kualitas Citra Secara Subjektif	8
2.2	Tabel Jenis-Jenis Algoritma Penilaian Kualitas Citra Berdasarkan Kriteria	9
2.3	Proses Belajar ANFIS	24
3.1	Peringkat Metode IQA yang Dibandingkan dengan MOS Menggunakan Korelasi Spearman	28
3.2	Hasil <i>Training Data TID2008 di MATLAB</i>	32
3.4	Pengelompokan Kriteria MOS yang dihasilkan	38
4.1	Fungsi dari Elemen yang Ada Pada Rancangan Tampilan	44
5.1	Spesifikasi Perangkat Lunak	63
5.2	Hasil Perhitungan PSNR Manual Pada Excel	73
5.3	Proses Perhitungan UQI dan SSIM Pada <i>Window Pertama</i> Pada Excel	76
5.4	Proses Perhitungan UQI dan SSIM Pada <i>Window Kedua</i> Pada Excel	78
5.5	Prediksi MOS Untuk Setiap Jumlah <i>Grid Partition</i>	82

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengolahan citra adalah ilmu yang mempelajari bagaimana cara melakukan transformasi dan manipulasi digital dari suatu gambar dengan bantuan komputasi [1]. Proses pengolahan citra berguna dalam banyak hal, salah satunya yaitu mengolah informasi yang terdapat pada suatu gambar untuk keperluan pengenalan objek secara otomatis, untuk memperbaiki kualitas suatu gambar sehingga lebih mudah diinterpretasi oleh mata manusia, dan lain-lain.

Karena semakin meningkatnya penggunaan gambar digital, maka penilaian kualitas citra atau *Image Quality Assessment (IQA)* menjadi salah satu perhatian dalam citra digital. Secara tradisional, kualitas dari suatu citra dievaluasi oleh manusia karena manusia dipercaya merupakan pengamat yang dapat secara akurat dan konsisten dalam menilai kualitas citra. Sekelompok orang diminta untuk menilai kualitas secara visual dengan memberi nilai dalam jangkauan tertentu dari citra terdistorsi yang akan dibandingkan dengan citra aslinya. Lalu, *Mean Opinion Score (MOS)* akan digunakan untuk menghitung rata-rata dari hasil survei.

Meskipun menggunakan sumber yang terpercaya, metode MOS sangat lambat dalam proses pengaplikasiannya di dunia nyata, memakan biaya yang mahal dan sulit karena tergantung dengan persepsi visual manusia. Hal ini bisa diatasi dengan metode lain yaitu metode penilaian kualitas citra secara objektif. Metode ini memanfaatkan model komputasi yang diharapkan akan memprediksi suatu kualitas citra secara otomatis dan akurat[2].

Terdapat tiga model dalam penilaian citra secara objektif maupun subjektif, yaitu *full-reference (FR)*, *no-reference (NR)*, dan *reduced-reference (RR)*. *Full-reference* adalah penilaian citra dengan memanfaatkan citra asli yang bebas dari distorsi atau memiliki kualitas yang sempurna sebagai citra referensi untuk mengestimasi kualitas dengan versi yang sudah diproses. Tetapi di dalam beberapa kasus, proses penilaian kualitas citra tidak dapat dilakukan dengan mengakses referensi citra yang asli. Maka ada kemungkinan penilaian kualitas citra dilakukan dalam keadaan buta tanpa referensi citra asli. Penilaian dengan cara ini disebut *no-reference IQA*. Model yang terakhir adalah *reduced-reference*. Dalam model ini citra referensi tidak sepenuhnya ada. Tetapi beberapa sifat dari citra referensi akan diekstraksi dan digunakan sebagai informasi yang membantu untuk menilai kualitas dari citra yang telah terdistorsi[2].

Sudah ada begitu banyak cara perhitungan kualitas objektif yang telah dikembangkan dan digunakan untuk menilai kualitas citra. Namun tidak bisa dipastikan cara-cara yang sudah ada menghasilkan penilaian yang berkorelasi dengan persepsi manusia dan hanya bisa menilai satu jenis distorsi. Untuk bisa meningkatkan korelasi, maka diperlukan pemahaman terhadap bagaimana aspek dari penglihatan manusia.

Pada penelitian ini, dibuat sebuah perangkat lunak yang diharapkan dapat memprediksikan nilai kualitas citra subjektif dengan menggabungkan beberapa perhitungan kualitas citra secara objektif. Metode yang digunakan untuk memprediksi adalah metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*. ANFIS merupakan teknik prediksi yang menggabungkan dua sistem yaitu sistem logika fuzzy dengan metode *fuzzy logic* Takagi-Sugeno dan sistem jaringan syaraf tiruan. Sistem *neuro fuzzy* berdasar pada sistem inferensi fuzzy yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang

diturunkan dari sistem jaringan syaraf tiruan. Dengan demikian, sistem *neuro fuzzy* memiliki semua kelebihan yang dimiliki oleh sistem inferensi fuzzy dan sistem jaringan syaraf tiruan[3].

Pada sistem yang semakin kompleks, *fuzzy logic* biasanya sulit dan membutuhkan waktu lama untuk menentukan aturan dan fungsi keanggotaannya yang tepat. Pada *neural network*, tahapan proses sangat panjang dan rumit sehingga tidak efektif pada jaringan yang cukup besar. *Fuzzy logic* tidak memiliki kemampuan untuk belajar dan beradaptasi. Sebaliknya *neural network* memiliki kemampuan untuk belajar dan beradaptasi namun tidak memiliki kemampuan penalaran seperti yang dimiliki pada *fuzzy logic*. Oleh karena itu dikembangkan metode yang mengkombinasikan kedua teknik itu yaitu biasa disebut sistem *hybrid*, salah satunya adalah *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* atau ANFIS [4]. ANFIS yang digunakan dalam penelitian ini adalah ANFIS dengan model Sugeno orde satu.

Aplikasi yang dibuat menerima masukan berupa citra dengan dua jenis kualitas, yaitu citra terdistorsi dan citra asli. Kedua masukan tersebut dimanfaatkan sebagai bahan untuk memproses penilaian citra terdistorsi secara objektif menggunakan 3 jenis cara pengukuran *full-reference* yang terdiri dari *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR), *Universal Quality Index* (UQI), dan *Structural Similarity Index* (SSIM). Hasil-hasil dari penilaian kualitas secara objektif yang sudah didapat diproses kembali menggunakan ANFIS untuk memprediksikan nilai kualitas citra secara subjektif. Hasil prediksi nilai kualitas citra subjektif ini dijadikan sebagai keluaran akhir dari aplikasi yang dibuat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini:

1. Bagaimana cara menilai kualitas dari suatu citra digital secara objektif?
2. Bagaimana cara menerapkan Model *Fuzzy Takagi-Sugeno* pada penilaian kualitas citra?
3. Bagaimana mengembangkan perangkat lunak otomatis penilai kualitas citra menggunakan Model *Fuzzy Takagi-Sugeno*?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini:

1. Mempelajari cara menilai kualitas citra secara objektif.
2. Mempelajari Model *Fuzzy Takagi-Sugeno* dan cara penerapannya pada penilaian kualitas citra.
3. Membangun perangkat lunak untuk menilai kualitas citra secara objektif dengan menggunakan Model *Takagi-Sugeno*.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini ditetapkan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Metode penilaian kualitas citra yang digunakan adalah 3 jenis cara pengukuran *full-reference* yang terdiri dari *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR), *Universal Quality Index* (UQI), dan *Structural Similarity Index* (SSIM).
2. Aplikasi model ANFIS diaplikasikan dengan bantuan perangkat lunak MATLAB.

1.5 Metodologi

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah:

1. Melakukan studi literatur mengenai penilaian kualitas citra secara umum, penilaian kualitas citra secara objektif dan subjektif, sistem *fuzzy*, model *Fuzzy Takagi-Sugeno* dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*(ANFIS).
2. Melakukan analisis masalah penilaian kualitas citra dan menentukan solusinya.
3. Melakukan analisis perangkat lunak penilaian kualitas citra.
4. Melakukan perancangan perangkat lunak penilaian kualitas citra menggunakan Model *Fuzzy Takagi-Sugeno*.
5. Membangun perangkat lunak berdasarkan hasil analisis dan perancangan yang telah dilakukan.
6. Melakukan pengujian dan eksperimen.
7. Membuat dokumen skripsi.

1.6 Sistematika Pembahasan

Untuk penulisan skripsi ini akan dibagi dalam enam bagian sebagai berikut:

1. Bab 1 Pendahuluan
Bab 1 Pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika pembahasan.
2. Bab 2 Landasan Teori
Bab 2 Landasan Teori berisi dasar-dasar teori yang digunakan dalam penilaian kualitas citra. Dasar-dasar teori yang digunakan di antaranya adalah citra, *digital image processing*, penilaian kualitas citra, logika *fuzzy*, himpunan *fuzzy*, himpunan *fuzzy*, fungsi keanggotaan *fuzzy*, operator dasar untuk operasi himpunan *fuzzy*, *fuzzy inference system*, *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*, dan evaluasi akurasi peramalan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*.
3. Bab 3 Analisis
Bab 3 Analisis berisi analisis perangkat lunak yang dibangun, *use case diagram*, skenario, dan diagram kelas sederhana.
4. Bab 4 Perancangan
Bab 4 Perancangan berisi perancangan tampilan dan diagram kelas rinci.
5. Bab 5 Implementasi dan Pengujian
Bab Implementasi dan Pengujian berisi implementasi antarmuka yang sudah dirancang pada bab sebelumnya, serta pengujian. Pengujian yang dilakukan antara lain adalah pengujian fungsional dan pengujian eksperimental.
6. Bab 6 Kesimpulan dan Saran
Bab 6 Kesimpulan dan Saran berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dari awal hingga akhir serta saran untuk pengembangan selanjutnya.