

# PEMBANGUNAN PERANGKAT LUNAK ANALISA HUBUNGAN ANTARA VARIABEL FISIK DAN KELAS MUTU TEH HITAM

**Iping Supriana Suwardi<sup>1)</sup>, Renan Prasta Jenie<sup>2)</sup>**

Sekolah Tinggi Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung<sup>1)</sup>

Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology<sup>2)</sup>

Jl. Raya Tajur Km. 6 PO BOX 116 Bogor 16000, Indonesia

E-mail : Qwerty\_User1983@yahoo.com<sup>1)</sup>

## Abstrak

*Ketiadaan standard kuantitatif dalam pengamatan kualitas teh hitam menjadi salah satu kendala dalam penjaminan mutu. Penelitian ini berisi tentang usulan penggunaan alat ukur standard di mana setiap pengguna dapat menerapkan standardnya masing – masing, bagaimana perangkat tersebut dirancang dan dibangun, dan bagaimana performa alat tersebut dalam pengujian nyata. Alat dibangun berupa perangkat lunak berkomponen pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan. Alat dirancang untuk menemukan parameter ukur dan bentuk jaringan syaraf tiruan yang sesuai dengan pola data dari standard kualitas yang diinginkan. Alat diujikan terhadap penentuan kualitas teh kering standard SNI 01-1902-2000, dengan sampel berupa sampel nyata, bukan sampel teroptimasi. Performa sistem yang dibangun dibandingkan dengan performa alat ukur kualitas berdasarkan pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan standard.*

*Kata Kunci : Teh hitam, sistem pakar, analisis korelasi parameter, jaringan syaraf tiruan*

## PENDAHULUAN

Teh hitam merupakan salah satu komoditas ekspor andalan Indonesia. Komoditas ini merupakan komoditas mewah, di mana mutu teh merupakan salah satu penggerak utama tingkat penerimaan konsumen.

Mutu teh merupakan fungsi dari beberapa hal, sebagaimana diatur dalam SNI 01-1902-2000. Pengawasan mutu teh merupakan bagian dari tahapan produksi secara keseluruhan. Salah satu parameter mutu yang diukur dalam penentuan mutu teh adalah parameter fisik partikel teh hitam.

Badan Standardisasi Nasional mendeskripsikan metode penilaian mutu teh hitam dengan pengamatan langsung. Penilai dilatih dengan metode perbandingan. Pola ini dapat memberikan dua batasan, yakni penilaian mutu teh hitam bersifat kualitatif dan subjektif. Ini adalah penyebab mengapa belum ada data hubungan antara parameter fisik teh hitam dan kelas mutu teh hitam.

Perancang suatu sistem pakar harus dapat menemukan suatu metode untuk mengkuantifikasi hubungan tersebut sebelum dapat membangun sistem pakar yang sesuai.

Salah satu alternatif pengenalan mutu teh hitam dapat diterapkan dengan menggunakan pendekatan pengolahan citra. Masalah yang timbul adalah penggunaan pengolahan citra sangat rentan terhadap gangguan dari sampel yang dibaca polanya; diperlukan

upaya tambahan untuk mengeliminir gangguan tersebut.

Karena sifat hubungan antara parameter fisik teh dengan kelas mutu teh cenderung kualitatif, diperlukan suatu upaya untuk mengkuantifikasi hubungan tersebut ke dalam suatu sistem persamaan matematis yang dirancang untuk beradaptasi dengan pola hubungan yang diinginkan, yakni sistem jaringan syaraf tiruan.

Agar suatu jaringan syaraf tiruan dapat beradaptasi dengan baik terhadap bentuk permasalahan, harus dibentuk suatu pasangan masukan dan keluaran sistem yang ideal dan gangguan pada data harus dapat diminimalisir. Peranan analisis bentuk untuk uji hubungan antara parameter fisik dan kelas mutu cukup penting, agar secara manual dapat ditemukan suatu parameter fisik yang memiliki hubungan yang erat dengan parameter keluaran.

Dalam pemilihan jaringan syaraf tiruan yang digunakan, aspek kecocokan antara faktor laten dari jaringan syaraf tiruan dan masalah yang dihadapi menjadi salah satu pertimbangan dalam pemilihan jaringan syaraf tiruan yang sesuai.

Terbentuk empat masalah yang harus diselesaikan agar perangkat lunak dapat berfungsi dengan baik, yakni Parameter fisik apa saja yang dapat dipakai sebagai parameter masukan dalam pengenalan pola teh hitam dengan pendekatan pengolahan citra, Parameter mana yang harus dipakai untuk meminimalisir gangguan akibat korelasi yang rendah terhadap kelas mutu,

Bagaimana pemilihan jaringan syaraf tiruan dilakukan, Bagaimana parameter tersebut diimplementasikan dalam suatu perangkat lunak pengolahan citra teh hitam dan seberapa besar performa perangkat lunak tersebut.

## TINJAUAN PUSTAKA

### *Objek Pengamatan, Teh Hitam*

Teh adalah suatu minuman yang dihasilkan dari infusi daun dari tanaman *Camellia sinensis* atau *Thea sinensis* di dalam air panas dalam beberapa menit. Teh telah dikenal sejak 2737 SM di Cina [1].

Teh hitam menguasai 90 % produksi teh dunia [2] dan menguasai 90 % pasar konsumsi teh Amerika [2]. Produksi teh hitam Indonesia sebesar 133 000 ton per tahun pada tahun 1995 [2].

Sebagai minuman kesehatan, teh hitam kaya akan kandungan catechins (2 %), flavonols, Theaflavins, dan Thearubigins (total flavonoids 17.4 %), serta kafein (3.54 %) [1] [3].

Tahapan produksi teh hitam meliputi pelayuan, penggilingan, oksidasi enzimatis, pengeringan, dan sortasi [4]. Setiap tahapan memberikan pengaruh yang nyata terhadap mutu teh hitam.

prosedur pengamatan fisik teh hitam kering distandardkan dalam SNI 01-1902.2000 meliputi pengamatan terhadap ukuran fisik, warna, bentuk, bau, kemampuan mempertahankan bentuk, dan keberadaan benda asing, warna, jumlah, dan keadaan tip [5]. Pengamatan menggunakan peralatan yang telah distandardkan [6].

Klasifikasi teh hitam meliputi klasifikasi berdasarkan elevasi penanaman [2], grade ukuran partikel [5], dan kelas mutu teh hitam [5]. Klasifikasi teh hitam dilakukan terhadap sampel yang telah diambil sesuai standard [5], dan penilaian mutu teh hitam dilakukan oleh ahli yang terlatih berdasarkan rincian mutu partikel teh hitam yang telah dinyatakan dalam standard [5].

### *Pengolahan Citra*

Citra adalah suatu objek yang dibuat untuk menghasilkan ulang sesuatu yang serupa dengan objek tertentu. Citra dapat pula dipandang sebagai kumpulan titik dengan warna tertentu pada bidang 2 dimensi yang mewakili suatu objek [7].

Pengolahan citra adalah suatu bentuk pengolahan informasi, di mana masukan berupa sebuah atau rangkaian citra [8].

Pengenalan pola adalah suatu usaha untuk menginferensi informasi dari data mentah dan melakukan aksi berdasarkan kategori data. Tujuan utama pengenalan pola adalah untuk menerjemahkan data mentah ke dalam bentuk data yang lebih mudah diolah untuk keperluan subjek. [8].

Dalam konsep pengenalan pola, suatu citra dapat terdiri atas rangkaian objek dan latar. Setiap objek merupakan suatu rangkaian titik, dan setiap objek memiliki rangkaian parameter masing – masing yang bersifat terukur.

### *Konsep Analisis*

Korelasi, atau dikenal dengan nama lain koefisien korelasi menyatakan kekuatan dan arah hubungan linear antara dua variabel acak. Korelasi dalam wujud matematis merupakan hasil bagi antara kovarian dari kedua parameter dengan standard deviasi [9], dinyatakan dalam (1).

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Sebaran data atau standard deviasi merupakan suatu besaran yang melambangkan seberapa besar suatu data tersebar dalam suatu ruang nilai, atau seberapa besar variasi yang terjadi dalam suatu himpunan data [10]. Semakin besar ketersebaran suatu data, maka semakin lemah hubungan antara parameter pembentuk data tersebut [9], dinyatakan dalam (2).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (2)$$

### *Sistem Pakar*

Sistem pakar merupakan suatu sistem komputer atau perangkat lunak yang dengan sengaja dibuat untuk menyelesaikan pekerjaan yang biasanya dikerjakan oleh seorang pakar [11]. Suatu sistem pakar merupakan penerapan dari baik suatu kecerdasan buatan ataupun sistem dapat latih.

Sistem pakar sendiri dapat dikatakan sebagai suatu agen, yakni sesuatu yang dapat memahami lingkungan dengan pemindai dan melakukan tindakan dengan aktuator [12].

Perancang harus dapat menjamin pemasangan, konsistensi, dan kelengkapan basis pengetahuan yang digunakan agar sistem pakar dapat berfungsi selayaknya pakar yang disimulasikan [11]. Pengujian sistem dapat dilakukan dengan pengujian Turing [12].

### *Jaringan Syaraf Tiruan*

Jaringan syaraf tiruan adalah program komputer yang beroperasi dengan meniru jaringan syaraf alamiah dalam otak manusia [11]. Salah satu contoh jaringan syaraf tiruan yang banyak dipakai untuk keperluan ilmiah adalah jaringan syaraf tiruan propagasi balik [13].

Ciri dari jaringan syaraf tiruan adalah pengetahuan didistribusikan ke keseluruhan dari jaringan itu sendiri, tidak dengan menulis secara eksplisit pada program. Jaringan dapat belajar tentang sesuatu dengan

berinteraksi langsung terhadap objek yang diinginkan [11].

Klasifikasi jaringan syaraf tiruan dibedakan menurut paradigma pelatihan [14], perlakuan terhadap parameter masukan, dan pola pelatihan [11].

Jaringan syaraf tiruan yang dikenal antara lain jaringan syaraf tiruan searah [11] [15], peta atur diri [11], jaringan syaraf rekuren [16] [17], jaringan syaraf modular, dan bentuk lanjut seperti jaringan impulsif [18] dan jaringan dapat kembang [19]. Sebagian besar merupakan jaringan syaraf berbasis hubungan, kecuali jaringan rekuren Hopfield non statistik [20].

### ***Penelitian Terkait***

Borah dan Bhuyan telah melakukan rangkaian penelitian terhadap teh hitam meliputi penelitian untuk mendapatkan umur oksidasi enzimatik optimal teh hitam pada tahapan oksidasi enzimatik dengan melihat nilai ketidaksamaan piksel berdasarkan nilai hue dari permukaan tumpukan teh tahap oksidasi enzimatik [21], penelitian untuk mendapatkan warna teh dengan tingkat oksidasi enzimatik optimal dengan mengekstraksi nilai warna hue dan saturasi (HSL) dari teh hitam masa oksidasi enzimatik, penelitian untuk mendapatkan grade teh hitam berdasarkan tekstur (dimensional) permukaan tumpukan teh hitam, dan penelitian untuk mendapatkan grade teh berdasarkan kandungan zat volatil dari teh hitam [22].

## **ANALISIS AWAL**

### ***Teknik Pengambilan Gambar***

Kontrol kualitas pengambilan citra dapat dilakukan pada dua tahap, mengatur lingkungan pengambilan citra ke dalam bentuk yang lebih mudah diukur dan atau melakukan perbaikan citra pasca pengambilan citra tersebut.

Pengaturan lingkungan pengambilan citra dapat dilakukan dengan cara pengaturan pilihan latar belakang pengambilan citra dan pengaturan pencahayaan. Latar belakang yang memiliki rentang warna yang diketahui akan lebih mudah dibedakan dengan objek yang akan diekstraksi dari citra. Pencahayaan dilakukan agar perangkat pengambilan citra (semisal kamera digital) mendapatkan tingkat pencahayaan yang cukup agar dapat membentuk citra dengan tingkat kualitas maksimal.

### ***Hipotesa Hubungan antara Parameter Masukan dan Parameter Keluaran***

Karena data nilai korelasi antara parameter ukur dan parameter mutu teh hitam tidak ada, hipotesa dari keeratan hubungan antara kedua parameter tersebut didekati berdasarkan kedekatan antara parameter pengukuran dan parameter pengamatan. Hipotesa yang digunakan, bila suatu parameter ukur memiliki

hubungan dengan parameter pengamatan, maka ia diduga memiliki hubungan yang erat terhadap parameter kualitas.

### ***Kecepatan Ekstraksi Parameter kontra Kecepatan Pengolahan Parameter***

Dalam membangun suatu sistem berbasis jaringan syaraf tiruan, pemilihan parameter yang digunakan juga harus memperhatikan banyaknya usaha yang diperlukan untuk mengekstraksi parameter tersebut, karena performa sistem pakar tidak hanya diperhatikan dari akurasi, namun juga kecepatan eksekusi sistem.

### ***Konsep Penyelesaian Masalah***

Masalah yang dihadapi dalam pengamatan teh hitam meliputi ketiadaan standard terukur, perbedaan kondisi dalam setiap pengamatan, kebutuhan atas kemampuan alat untuk menyimpan informasi penilaian, kebutuhan atas kemampuan alat sebagai alat bantu pembentukan standard, penjajagan alternatif penggunaan alat, penanganan terhadap masalah laten pengambilan citra dan jaringan syaraf tiruan.

Pengembangan standard parameter dilakukan dengan cara penambahan sebanyak mungkin parameter teh hitam dan pengukuran koefisien korelasi parameter tersebut. Informasi tersebut dipakai untuk penentuan parameter terpilih untuk diujikan.

Perbedaan kondisi pengamatan ditangani dengan cara merancang lingkungan pengamatan teh hitam yang bebas pengaruh eksternal. Secara tidak langsung, ini juga menangani sebagian masalah pengolahan citra.

Penjajagan alternatif penggunaan alat dilakukan untuk mengetahui bagaimana secara logis sebuah alat dapat dipakai sebagai simulator dalam alat persepsi pengamatan nyata, seperti penggunaan lensa kamera sebagai pengganti mata.

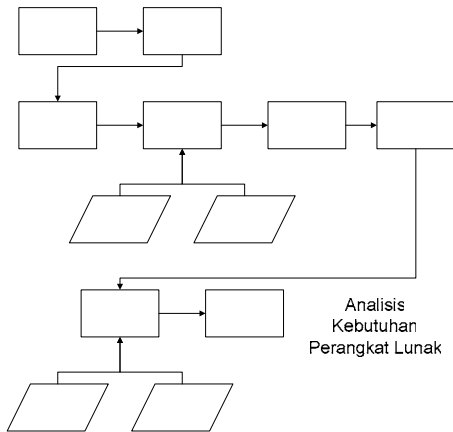
Masalah laten jaringan syaraf tiruan berkaitan erat dengan kecocokan logis antara pola pengamatan teh hitam dan ciri dari setiap jaringan syaraf tiruan. Pengamatan teh hitam membutuhkan suatu jaringan syaraf tiruan yang dapat dikomposisi, bersifat kontinu, pembelajaran berbasis pemberian contoh, pelatihan berbasis gradasi menurun, semua masukan sistem ditangani dalam satu waktu, sistem dapat mempelajari pola data, dan pembedaan masukan dan keluaran sistem. Berdasarkan batasan tersebut, jaringan syaraf tiruan yang paling cocok untuk digunakan adalah jaringan syaraf modular dari jaringan syaraf tiruan searah kontinu seperti jaringan syaraf dapat kembang dan propagasi balik.

## **PEMBANGUNAN PERANGKAT LUNAK**

### ***Lingkup Masalah***

Perangkat lunak dibangun dengan dua tahapan. Kedua tahapan dari perangkat lunak tersebut merupakan perangkat lunak yang berdiri sendiri, seperti pada

Gambar 1.

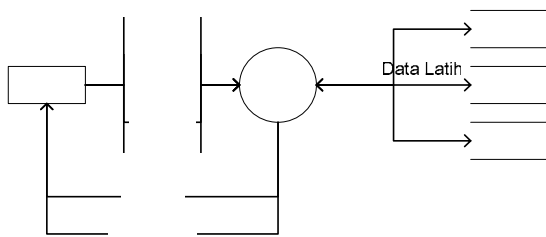


Gambar 1. Tahapan pembangunan perangkat lunak.

Fungsi perangkat lunak tahap analisis adalah untuk menemukan parameter citra daun teh hitam yang memiliki korelasi tinggi terhadap parameter kualitas daun teh hitam. Perangkat lunak terapan dibangun sebagai bentuk terapan dari perangkat lunak analisis, di mana ia akan menerapkan parameter optimal yang telah ditemukan oleh bagian analisis untuk menentukan kualitas teh hitam, dengan penekanan efikasi prosesor dan memori.

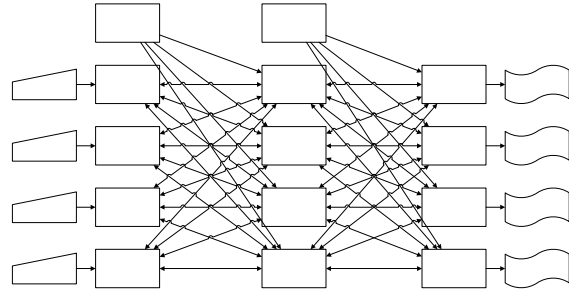
**Kebutuhan Perangkat Lunak**

Secara umum, sistem bekerja sebagai agen sederhana, di mana ia menerima masukan dari pengguna dan mengolah masukan tersebut untuk memberikan keluaran yang diinginkan (agen reflek sederhana), seperti pada Gambar 2.

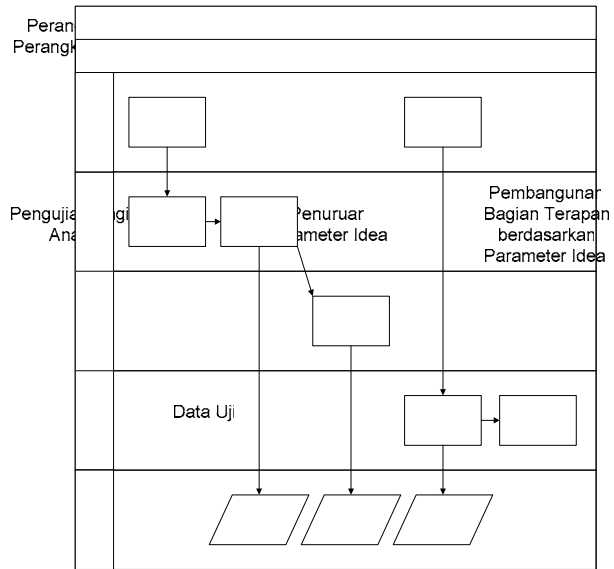


Gambar 2 Struktur sistem pakar.

Sistem dirancang untuk dapat melakukan ekstraksi data parameter dari citra teh hitam, kemudian melakukan analisis korelasi dan memberikan data parameter tersebut pada pengguna. Pengguna dapat memilih parameter berdasarkan informasi tersebut sebagai masukan untuk jaringan syaraf tiruan, dan struktur jaringan syaraf tiruan berubah sesuai jumlah masukan dan keluaran, seperti pada Gambar 3. Pengguna dapat melatih jaringan syaraf tiruan tersebut dan menerapkannya dalam pengamatan teh hitam nyata, seperti pada Gambar 4.



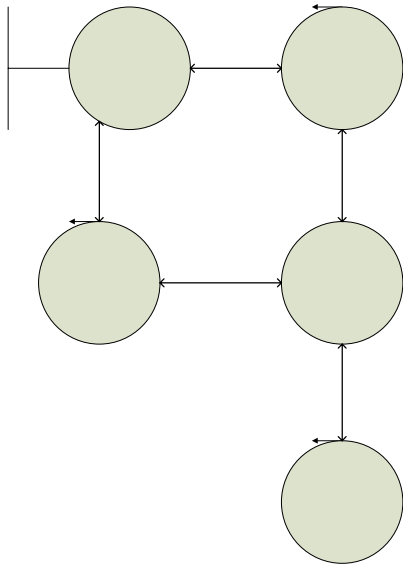
Gambar 3. Struktur jaringan syaraf tiruan.



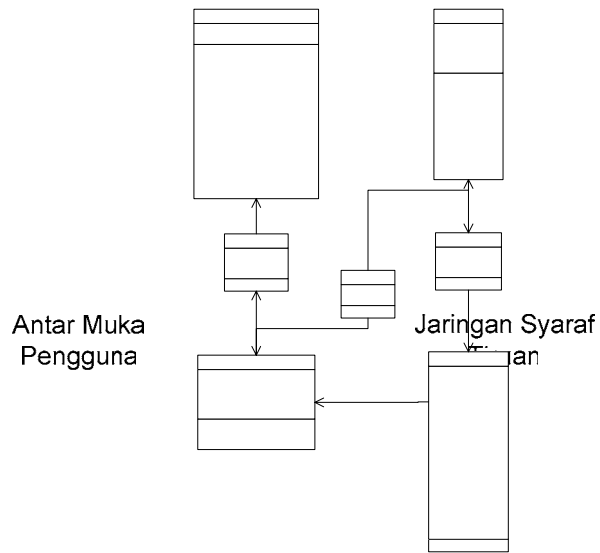
Gambar 4. Proses sistem keseluruhan.

**Model Analisis**

Berdasarkan informasi yang didapatkan dari spesifikasi kebutuhan, perangkat lunak terdiri atas rangkaian komponen meliputi antarmuka sistem kepada pengguna, bagian jaringan syaraf tiruan sebagai mesin penggerak sistem pakar, bagian ekstraksi data sebagai sistem kontrol pemisahan dan penambangan data parameter objek pada citra, bagian analisis korelasi untuk menghitung hubungan antara parameter ukur dan parameter mutu objek teh hitam, dan bagian penyimpanan data, seperti pada Gambar 5.



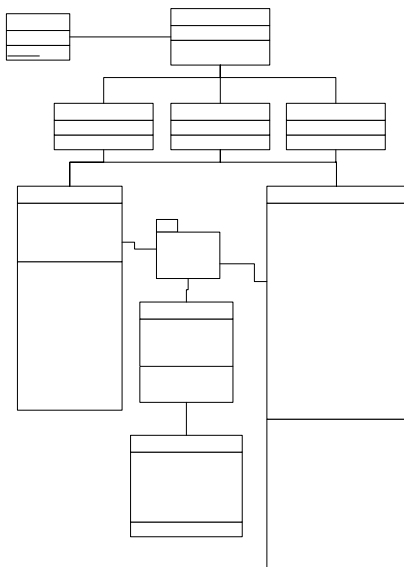
Gambar 5 Model analisis.



Gambar 7 Struktur penyimpanan data.

### Model Perancangan

Dalam penerapannya ke tahapan perancangan perangkat lunak, bagian antarmuka pengguna dipisahkan ke dalam empat form sesuai masing-masing kebutuhan. Kelas analisis korelasi diperlakukan sebagai kelas pembantu terhadap kelas penyimpanan data, dan dipecah menjadi dua kelas, seperti pada Gambar 6. Kelas penyimpanan data dipecah menjadi tujuh kelas, sesuai hirarki bahwa citra adalah kumpulan objek, objek merupakan kumpulan titik, dan baik titik maupun objek memiliki rangkaian parameter, seperti pada Gambar 7.



Gambar 6 Model perancangan.

### Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di dua tempat, yakni Laboratorium Tesis Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung dan Laboratorium Manajemen dan Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Perangkat lunak dibangun dalam bahasa Java. Perangkat keras meliputi seperangkat computer dan perangkat pengambilan citra terkontrol. Sampel teh hitam yang digunakan adalah sampel yang telah dipersiapkan oleh pakar terlatih, dipisahkan dalam dua kelompok (butiran, tumpukan), dan lima kelas mutu (A hingga E).

Tahapan penelitian meliputi pengambilan gambar, analisis korelasi parameter teh hitam, dan pengujian performa perangkat lunak.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Korelasi

#### Analisis Parameter

Analisis parameter membuktikan bahwa dalam dua kasus sampel, parameter yang memiliki korelasi tinggi terhadap parameter mutu dijabarkan seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Parameter pilihan sampel tumpukan.

Nama	Nilai Korelasi Mutu Tampak	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Mean HSL-L / Mean RGB-G	0.8058	0.9231	0.9606
Mean YIQ-Q / Mean RGB-IG	0.7655	1.3446	1.4157
Mean HSV-S / Mean HSL-IS	0.7578	1.1141	1.2869
Mean CMYK-Y / Mean HSL-S	0.7544	0.6787	0.8439
Mean CMYK-CV / Mean HSV-IH	0.6729	0.0014	0.0278
Mean HSL-S / Mean CMYK-Y	-0.7499	1.1850	1.4735
Mean RGB-IG / Mean YIQ-Q	-0.7672	0.7064	0.7437
Mean HSL-IS / Mean HSV-S	-0.7675	0.7771	0.8976
Mean RGB-G / Mean HSL-L	-0.8075	1.0411	1.0832
Mean RGB-IG	-0.8692	0.3444	0.3533

Tabel 2 Parameter pilihan sampel butiran.

Nama	Nilai Korelasi Mutu Tampak	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Mean CIE XYZ-IX / Mean YIQ-II	0.5046	0.6967	0.9233
Mean RGB-IR / Mean YUV-IV	0.5016	0.5452	1.1114
Mean RGB-IR / Mean YIQ-II	0.4981	0.5378	1.1411
Mean RGB-IR / Mean YDbDr-IDr	0.4852	0.5175	1.2690
Mean CIE XYZ-IX / Mean YDbDr-IDr	0.4851	0.6704	1.0267
Luas / Mean HSL-S	-0.5305	3.0488	20078
Tinggi / Mean HSL-S	-0.5257	0.0000	721.22
Luas / Mean CMYK-M	-0.5194	1.0000	838181
Luas / Mean CMYK-IM	-0.5168	1.0000	817114
Keliling / Mean HSL-S	-0.5163	3.0488	3197

### Hasil Uji Sistem Pakar

Berdasarkan data hasil pengujian, secara umum penerapan parameter tersebut memberikan perbaikan pada kecepatan pelatihan yang dibangun. Dari 18 kaus uji, sistem pakar dengan parameter tersebut memberikan hasil yang lebih baik dari sistem pakar lain.

Di lain pihak, peningkatan kecepatan pelatihan dapat menyebabkan proses penyederhanaan pola data (generalisasi) menjadi lebih cepat sehingga sistem pakar lebih cepat mencapai kondisi terlalu terlatih. Terjadi perbaikan akurasi terapan dalam 50 % kasus dengan penerapan parameter pilihan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Akurasi latihan dan terapan sistem.

Jenis Sampel	Struktur JST	Kelompok Parameter	Akurasi Latih	Akurasi Terapan		
Tumpukan	3 - 5 - 1	Standard	0.0162	0.87		
		Baik	0.0128	0.56		
		Buruk	0.0483	0.20		
		Standard	0.0033	0.73		
		Baik	0.0028	0.77		
		Buruk	0.0483	0.20		
	11 - 21 - 5	Standard	0.0346	0.75		
		Baik	0.0200	0.72		
		Buruk	0.0400	0.76		
		Butiran	3 - 5 - 1	Standard	0.0134	0.26
				Baik	0.0121	0.22
				Buruk	0.0141	0.21
11 - 21 - 1	Standard		0.0116	0.23		
	Baik		0.0087	0.27		
	Buruk		0.0120	0.18		
11 - 21 - 5	Standard	0.0385	0.31			
	Baik	0.0307	0.39			

Jenis Sampel	Struktur JST	Kelompok Parameter	Akurasi Latih	Akurasi Terapan
		Buruk	0.0373	0.34

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lam, Michael. Detox Tea. *Dr Lam*. [Online] 2001. [Cited: April 30, 2007.] [www.drlam.com/pictures/pdf/DetoxTea.pdf](http://www.drlam.com/pictures/pdf/DetoxTea.pdf).
- [2] Hicks, Alastair. Article 4. *Journal*. [Online] Oktober 2001. [Cited: April 30, 2007.] [www.journal.au.edu/au techno/2001/oct2001/article4.pdf](http://www.journal.au.edu/au techno/2001/oct2001/article4.pdf).
- [3] Beverages Health and Vitality Team, Lipton, Unilever. Tea Flavonoids. *Lipton*. [Online] September 2005. [Cited: April 30, 2007.] [www.lipton.com/downloads/tea\\_health/beverage\\_guide/tea\\_flavanoids.pdf](http://www.lipton.com/downloads/tea_health/beverage_guide/tea_flavanoids.pdf).
- [4] Ningrat, R. G. S. Soeria Danoe. *Teknologi Pengolahan Teh Hitam*. Bandung : Penerbit ITB, 2006.
- [5] Badan Standardisasi Nasional. *SNI 01-1902-2000*. s.l. : Badan Standardisasi Nasional, 2000.
- [6] British Standard Institution. BS Tea. *Surrey*. [Online] July 12, 2002. [Cited: April 1, 2008.] [http://ftp.ee.surrey.ac.uk/papers/AI/L.Gillam/bs\\_te\\_a.pdf](http://ftp.ee.surrey.ac.uk/papers/AI/L.Gillam/bs_te_a.pdf).
- [7] Ahmad, Usman. *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*. Jogjakarta : Penerbit Graha Ilmu, 2005.
- [8] Munir, Rinaldi. *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung : Informatika Bandung, 2004.
- [9] Spiegel, Murray R and Liu, John. *Mathematical Handbook of Formulas and Tables*. Singapore : McGraw-Hill Book Co, 1999.
- [10] Niles, Robert. Standard Deviation. *RobertNiles.Com*. [Online] 2007. [Cited: Mei 7, 2007.] <http://www.robertniles.com/stats/stdev.shtml>.
- [11] Rich, Elaine and Knight, Kevin. *Artificial intelligence, 2nd ed*. s.l. : McGraw-Hill, inc., 1991.
- [12] Russell, Stuart and Norvig, Peter. *Artificial Intelligence, A Modern Approach*. New Jersey : Pearson Education, Prentice Hall, Inc., 2003.
- [13] Encyclopaedia Britannica, Inc. *Encyclopaedia Britannica*. 2000.
- [14] Kristanto, Andri. *Jaringan Syaraf Tiruan, Konsep Dasar dan, Algoritma dan Aplikasi*. Yogyakarta : Gava Media, 2004.
- [15] Artificial Neural Networks. Artificial Neural Networks. *Artificial Neural Networks*. [Online] Artificial Neural Networks, 2007. [Cited: April 1, 2008.] <http://www.learnartificialneuralnetworks.com/>.
- [16] Annealing/Boltzmann Machine Notes. *cse*. [Online] cse, 2007. [Cited: April 1, 2008.] <http://www.cse.unsw.edu.au/~billw/cs9444/Boltzmann-07-4up.pdf>.

- [17] Wiki. Elman Networks. *Elman Networks*. [Online] TCL, Desember 31, 2005. [Cited: April 1, 2008.] <http://wiki.tcl.tk/15206>.
- [18] Song, Jeong-Woo, Zhang, Byoung-Tak and Kaang, Bong-Kiun. Temporal Pattern Recognition Using a Spiking Neural Network with Delays. *BCS*. [Online] Seoul National University, 1999. [Cited: April 1, 2008.] <http://www.bcs.rochester.edu/people/jwsohn/ijcnn0386.pdf>.
- [19] Chandra, B and Varghese, P. Paul. Applications of Cascade Correlation Neural Networks for Cipher System Identification. *waset*. [Online] April 2007. [Cited: April 1, 2008.] <http://www.waset.org/pwaset/v20/v20-59.pdf>.
- [20] Supriana, Iping and Zacharias, Theo. *Pemberian Argumentasi pada Jaringan Syaraf Tiruan non Statistik*. Bandung : Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2007.
- [21] Borah, S and Bhuyan, B. Non-destructive testing of tea fermentation. *Warwick*. [Online] Maret 29, 2005. [Cited: Mei 8, 2007.] [www.eng.warwick.ac.uk/~esreal/SBorahNDT-02UK.pdf](http://www.eng.warwick.ac.uk/~esreal/SBorahNDT-02UK.pdf).
- [22] Borah, S. Machine vision for tea quality monitoring with special emphasis on fermentation and grading. *biriz*. [Online] Tezpur University, Juli 2005. [Cited: Mei 31, 2008.] [www.biriz.biz/cay/imalat/ENose.pdf](http://www.biriz.biz/cay/imalat/ENose.pdf)