

Sistem Klasifikasi Kondisi Pita Suara dengan Metode *Decision Tree*

Hertiana Bethaningtyas¹, Suwandi², Chintia Dara Anggraini³

Abstract— This paper presents the study of pathological vocal cords classification using digital image processing. There are six classifications of vocal cords, including the normal vocal cords condition. Before the classification process, image vocal cords are extracted to obtain the characteristics or information of objects in the image. In this study, shape measurement is used to extract the glottis contour of the vocal cords that can be analyzed and classified. The process of measuring the glottis contour of vocal cords requires the vocal image in the binary image. To get the binary image, this study uses a method to automatically obtain the glottis area segmentation without user initialization. The segmentation is mainly based on active contour, which is Chan-Vese algorithm. The result of this study can optimize glottis contour extraction and results of the classification training process using Decision Tree algorithm obtains an accuracy of 98.3%.

Intisari— Makalah ini menyajikan studi tentang klasifikasi kondisi pita suara menggunakan pengolahan citra digital. Ada enam klasifikasi dari pita suara termasuk kondisi normal pita suara. Sebelum proses klasifikasi, gambar pita suara diekstraksi untuk mendapatkan karakteristik atau informasi objek dalam gambar. Dalam makalah ini digunakan pengukuran bentuk untuk mengekstrak kontur glotis pita suara yang dapat dianalisis dan diklasifikasikan. Proses mengukur kontur glotis pita suara membutuhkan citra biner pita suara. Untuk mendapatkan citra biner digunakan metode segmentasi otomatis tanpa inisialisasi pengguna. Segmentasi dilakukan menggunakan kontur aktif, yaitu algoritme Chan-Vese. Hasil studi ini dapat mengoptimalkan ekstraksi kontur glotis pita suara dan hasil dari proses pelatihan klasifikasi yang menggunakan algoritme pohon keputusan mendapatkan akurasi 98,3%.

Kata Kunci— Pita Suara, Pengukuran Bentuk, Algoritme Chan-Vese, Algoritme Pohon Keputusan.

I. PENDAHULUAN

Pentingnya diagnosis dari spesialis *otorhinolaryngology* dalam studi patologi pita suara sangat tinggi. Diagnosis dan perawatan medis kondisi pita suara sangat bergantung pada analisis subjektif oleh tenaga medis atau dokter spesialis THT berdasarkan citra yang diambil oleh kamera endoskopi [1]. Pita suara terdiri atas lipatan kembar selaput lendir yang membentang horizontal pada laring. Getaran pada lipatan kembar tersebut akan menghasilkan suara pada setiap orang [2].

Kondisi pita suara dapat mengalami gangguan fisiologis sementara atau permanen yang mengakibatkan perubahan suara yang dihasilkan, sehingga menyebabkan terganggunya aktivitas sehari-hari dalam berkomunikasi, bahkan mengakibatkan kematian [3]. Salah satu *gold standard* yang digunakan oleh dokter untuk melakukan diagnosis kondisi pita suara adalah dengan menggunakan alat laringoskop. Prosedur laringoskop yang ada saat ini hanya pada tahap mengamati getaran pada lipatan kembar dan bentuk dari kontur glotis pada pita suara yang ditampilkan pada layar monitor. Sedangkan untuk deskripsi digital yang objektif belum tercatat secara optimal. Pengukuran geometris struktur tenggorokan cukup sulit dilakukan karena sistem optik menggunakan laringoskop yang keras dan tidak fleksibel [4], sehingga hasil diagnosis dokter dapat bervariasi bergantung pada keahlian dan pengalaman dokter yang melakukan prosedur tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, makalah ini bertujuan untuk membantu dokter mendeteksi dan mengevaluasi penyakit pita suara dengan menggunakan teknologi pemrosesan sinyal berbasis citra (gambar). Sistem klasifikasi ini dapat menjadi referensi bagi dokter dalam hal diagnosis kelainan pada pita suara. Dalam sebuah penelitian mengenai deteksi penyakit pita suara dengan metode *Moore Neighbor Tracing* menggunakan teknologi pemrosesan citra, diperoleh nilai akurasi 85,83% dan dapat mengklasifikasikan kelainan pada pita suara: Paralisis, Papilloma, Granuloma, Nodul/Kista. Studi ini memperoleh kontur glotis pita suara dengan metode *Moore Neighbor Tracing*. Sebelum mendapatkan kontur glotis dari pita suara, gambar diproses menjadi citra biner dengan hitam sebagai area glotis dan putih sebagai latar belakang. Koordinat dari kontur glotis yang dihasilkan membentuk dasar dari klasifikasi parameter kelainan pada pita suara [5]. Dalam penelitian tersebut, pemrosesan gambar masih dilakukan secara manual oleh pengguna seperti proses rotasi, *fitting*, dan *multiple grayscale*.

Berdasarkan survei yang ditemukan dalam literatur, dinyatakan bahwa tidak ada pengukuran universal untuk menilai kualitas keluaran segmentasi dan proses segmentasi biasanya dilakukan sebelum mengekstraksi ciri atau fitur pada citra [6]. Dalam makalah ini, pemrosesan gambar tidak dilakukan secara manual lagi, dengan cara mengoptimalkan proses segmentasi kontur glotis menggunakan algoritme Chan-Vese. Pada penelitian sebelumnya, proses segmentasi citra pita suara menggunakan filter gabor dikombinasikan dengan metode Chan-Vese untuk menganalisis kontur glotis dan *error area* segmentasi citra kontur glotis [7]. Makalah ini mengoptimalkan metode segmentasi kontur glotis berdasarkan kontur aktif Chan-Vese pada citra pita suara agar kontur glotis terdeteksi secara otomatis tanpa inisialisasi seperti metode *Moore Neighbor Tracing*.

^{1,2} Dosen, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom, Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia (telp: +62 (22) 7564 108; fax: -; e-mail: hertiana@telkomuniversity.ac.id, suwandi@telkomuniversity.ac.id)

³Mahasiswa, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom, Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia (telp: +62 (22) 7564 108; fax: -; e-mail: chintianggraini@student.telkomuniversity.ac.id)

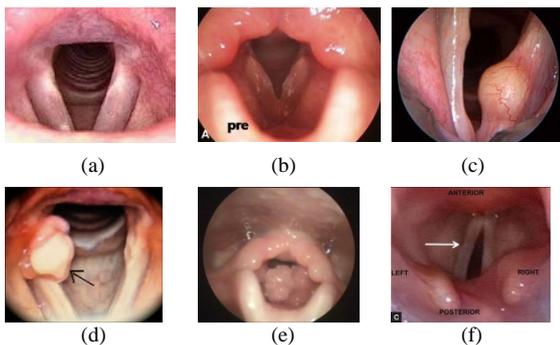
Untuk klasifikasi kondisi pita suara, makalah ini menggunakan metode *decision tree*. Berdasarkan penelitian dengan metode *decision tree* pada proses peningkatan analisis pengenalan citra kontur glotis, ditemukan peningkatan efisiensi pada operasional sistem dan nilai karakteristik yang akurat untuk mengidentifikasi kontur glotis kondisi pita suara normal dan nodul [8]. Oleh karena itu, berdasarkan referensi tersebut, untuk meningkatkan akurasi klasifikasi kondisi pita suara, makalah ini menggunakan klasifikasi menggunakan metode *decision tree* dengan menganalisis pengukuran bentuk kontur glotis berupa nilai area dan *eccentricity*.

II. METODOLOGI

A. Kelainan pada Pita Suara

Pita suara merupakan salah satu organ pada tubuh manusia yang berfungsi memproduksi suara. Pita suara adalah otot pada laring yang menggetarkan udara yang berasal dari paru-paru sehingga menghasilkan suara. Kelainan pada pita suara dapat ditandai dengan suara menjadi serak. Dalam dunia medis kelainan pita dapat diamati dengan menggunakan laringoskop/stroboskop. Ciri yang teramati merupakan bentuk fisik dari citra suara secara langsung, seperti terdapat bintil, adanya pembengkakan, kelumpuhan, dan lainnya [5].

Kelainan pada pita suara dapat mengubah bentuk dari kontur area glotis. Gbr. 1 memperlihatkan beberapa kondisi pada pita suara yang mengalami kelainan.



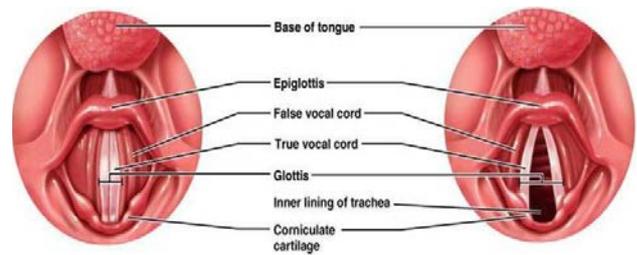
Gbr. 1 Kondisi pita suara: (a) normal [5], (b) nodul [5], (c) kista [9], (d) *granuloma* [10], (e) *papilloma* [11], dan (f) paralisis [12].

Kelainan pada pita suara dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Beberapa jenis kelainan, yaitu *nodul*, *kista*, *granuloma*, *papilloma*, dan paralisis, dapat mengubah bentuk dari kontur glotis pita suara. Kontur glotis merupakan tepi pita suara bagian dalam. Gbr. 2 menunjukkan anatomi pita suara manusia.

B. Pengolahan Citra Digital

Pemrosesan citra secara digital bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar sehingga mudah difafsirkan oleh manusia atau mesin, dalam hal ini komputer. Ada beberapa operasi pemrosesan citra dalam makalah ini.

1) *Citra Keabu-abuan*: Keabu-abuan adalah teknik mengubah citra warna (RGB) menjadi citra abu-abu. Citra RGB (merah, hijau, dan biru) dapat disebut citra warna asli, disimpan dalam *array* berukuran $m \times n \times 3$ yang mendefinisikan merah, hijau, dan biru untuk setiap piksel. Setiap komponen warna



Gbr. 2 Anatomi pita suara [13].

diberi nilai antara 0 dan 255. Untuk mengonversi ke citra skala abu-abu, ketiga komponen RGB harus dijumlahkan dan dibagi tiga, sehingga menjadi satu komponen yang menyimpan nilai piksel antara 0 (hitam) dan 255 (putih), sedangkan nilai antara 0-255 berwarna abu-abu [14]. Secara matematis, konversi citra RGB menjadi citra skala abu-abu ditunjukkan dalam (1).

$$Keabu - abuan = \frac{(R+G+B)}{3} \quad (1)$$

2) *Citra Biner*: Citra biner adalah citra yang hanya terdiri atas dua warna, dengan skala 0 untuk hitam dan skala 1 untuk putih. Untuk mengubah citra menjadi format citra biner, umumnya citra diubah menjadi format skala abu-abu terlebih dahulu [14]. Setelah citra menjadi format abu-abu, citra diubah menjadi format gambar biner menggunakan (2).

$$\tau\theta(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq \theta \\ 1, & x > \theta \end{cases} \quad (2)$$

dengan nilai x adalah sinyal yang diuji, berada di bawah nilai *threshold* atau tidak, dan θ adalah nilai *threshold*. Jika nilai x lebih besar daripada *threshold*, maka nilai x akan menjadi 1, sedangkan untuk nilai x yang lebih kecil dari nilai *threshold*, maka nilai x akan menjadi 0 dalam skala format citra *biner*.

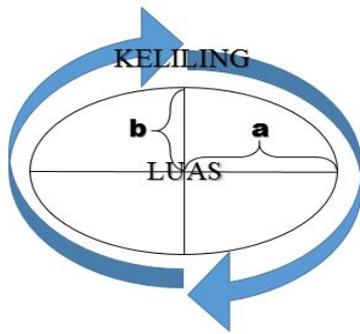
3) *Algoritme Chan-Vese*: Algoritme Chan-Vese adalah algoritme segmentasi citra yang pada dasarnya merupakan metode kontur aktif. Kontur tersebut dipengaruhi oleh informasi yang ditemukan di area di dalam kontur aktif dan area di luar kontur aktif yang memungkinkannya tidak terpengaruh oleh tepian. Model Chan-Vese adalah kontur aktif berbasis daerah, sehingga sebagai hasilnya, fungsi meminimalkan energi di wilayah dalam dan luar kontur [15]-[17]. Fungsi energi yang digunakan dalam model Chan-Vese dapat didefinisikan dengan (3).

$$E(C, u, v) = \lambda_1 \iint_R (I - u)^2 dx dy + \lambda_2 \iint_{R^c} (I - v)^2 dx dy + \mu \int_C ds + \nu \iint_R dx dy \quad (3)$$

I mewakili citra, u intensitas rata-rata di dalam gambar, v intensitas rata-rata di luar gambar, C adalah kontur, R adalah domain di dalam kontur, R^c adalah domain di luar kontur, serta λ_1 , λ_2 , μ , dan ν adalah parameter penyekalaan. Setiap istilah dalam persamaan ini adalah bagian dari keseluruhan energi yang ditentukan dalam gambar dan merupakan nilai yang hendak diperkecil.

C. Analisis Pengukuran Bentuk Kontur Glotis

Analisis pengukuran bentuk kontur glotis pada makalah ini menggunakan parameter area dan *eccentricity*. Pada



Gbr. 3 Ilustrasi penghitungan nilai *eccentricity*.

pengolahan citra digital, area didefinisikan sebagai jumlah piksel gambar yang terdapat pada objek [4], sedangkan *eccentricity* (e) adalah nilai perbandingan antara jarak *foci ellipsis minor* (b) dengan *foci ellipsis mayor* (a) dari suatu wilayah/bentuk pada objek. Nilai *eccentricity* berada dalam rentang skala 0 sampai 1. Jika wilayah berbentuk memanjang (mendekati garis lurus), nilai *eccentricity* akan mendekati 1, sedangkan jika wilayah berbentuk lingkaran, nilai *eccentricity* akan mendekati 0 [18]. Penghitungan nilai *eccentricity* dideskripsikan pada Gbr. 3 dan (4).

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \quad (4)$$

D. Algoritme Pohon Keputusan (Decision Tree)

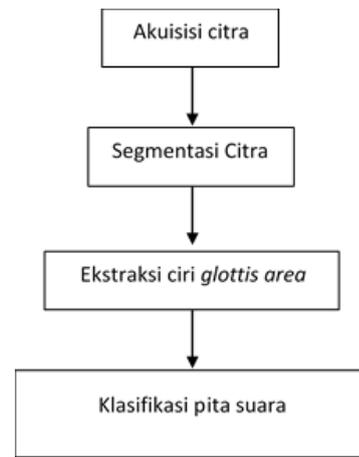
Metode klasifikasi ini menggunakan representasi suatu struktur pohon yang berisi alternatif-alternatif untuk pemecahan suatu masalah [7] dan memiliki struktur hierarki yang terdiri atas *nodes* dan *directed edges*. Pohon keputusan memiliki tiga jenis *nodes*, yaitu sebagai berikut.

- *Root Node*, terletak di bagian paling atas dari suatu pohon. *Root node* tidak memiliki *incoming edges* dan *zero* atau disebut juga *outgoing edges*.
- *Internal Node*, yang merupakan percabangan dan hanya memiliki satu masukan serta minimal dua keluaran.
- *Leaf* atau *Terminal Nodes*, yang hanya memiliki satu masukan dan tidak memiliki keluaran.

Proses dimulai dari *root* hingga *leaf* yang dilakukan secara *recursive*. Setiap percabangan menyatakan suatu kondisi yang harus dipenuhi dan pada setiap ujung pohon menyatakan kelas dari suatu data.

Membangun sebuah pohon keputusan dilakukan menggunakan algoritme Hunt (*Hunt's algorithm*). Algoritme Hunt merupakan algoritme yang secara *recursive* memartisi *training records* menjadi *subset-subset*. Misalnya, D_t adalah set *training records*, t adalah *node*, dan y adalah label kelas $y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, maka definisi dari algoritme Hunt *recursive* adalah sebagai berikut.

1. Langkah 1: Jika semua *records* D_t memiliki kelas yang sama dengan y_t maka t adalah *leaf node* dengan label y_t .
2. Langkah 2: Jika D_t terdiri atas *records* yang memiliki kelas lebih dari satu, maka dipilih satu kondisi uji atribut untuk memartisi *records* menjadi *subset* yang lebih kecil.



Gbr. 4 Diagram blok sistem klasifikasi kondisi pita suara.

Algoritme Hunt akan bekerja jika setiap kombinasi nilai atribut ada pada *training records* dan setiap nilai kombinasi memiliki label kelas yang unik [19].

III. DESAIN SISTEM

Gbr. 4 memperlihatkan langkah-langkah utama sistem klasifikasi kondisi pita suara dalam bentuk diagram blok.

A. Akuisisi Citra

Akuisisi citra pada makalah ini merupakan proses menangkap citra analog sehingga diperoleh citra digital. Langkah ini disebut tahap awal pemrosesan. Citra pita suara diperoleh dari penelitian sebelumnya dan dokumentasi tenaga medis menggunakan laringoskop.

B. Segmentasi Citra

Langkah selanjutnya adalah segmentasi citra menggunakan algoritme Chan-Vese. Proses segmentasi bertujuan untuk mendapatkan citra biner, dengan warna hitam adalah latar belakang gambar dan warna putih adalah kontur area glotis.

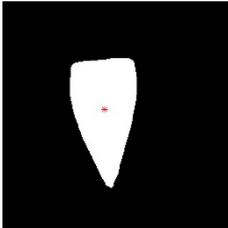
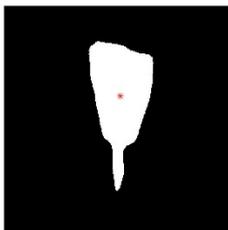
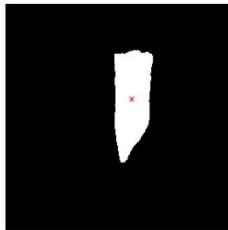
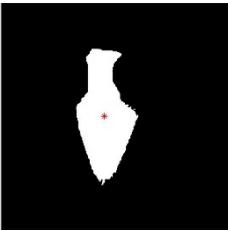
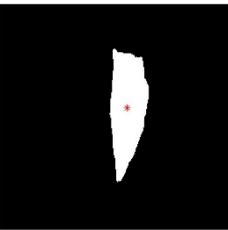
C. Ekstraksi Ciri

Langkah selanjutnya adalah ekstraksi ciri dari kontur area glotis. Dengan ekstraksi ciri dapat diperoleh nilai parameter sebagai referensi untuk menentukan penyakit pita suara. Area kontur glotis diukur oleh area tersebut sehingga nilai dengan rentang tertentu akan diperoleh. Rentang nilai akan menjadi parameter dalam mengklasifikasikan citra pita suara. Semua kondisi pada pita suara, seperti paralisis, *papilloma*, *granuloma*, *nodul*, dan kista diukur di area kontur glotis. Objektivitas nilai didasarkan pada pengukuran citra biner. Selain parameter area, parameter yang dimasukkan ke dalam klasifikasi adalah *eccentricity*.

D. Klasifikasi Pohon Keputusan

Klasifikasi penyakit pada pita suara menggunakan algoritme keputusan bertujuan untuk menentukan kelas yang tepat dari citra uji berdasarkan citra yang diekstraksi sebelumnya. Algoritme terdiri atas nilai parameter yang sebelumnya telah diperoleh dari ekstraksi citra pita suara. Klasifikasi dilakukan dengan mengumpulkan citra pelatihan sehingga memiliki basis data rentang nilai yang nantinya dapat digunakan sebagai

TABEL I
HASIL SEGMENTASI KONDISI PITA SUARA

| Citra Pita Suara | Area Kontur Glotis |
|--|--|
|  Normal [5] |  Normal |
|  Nodul [5] |  Nodul |
|  Kista [5] |  Kista |
|  Granuloma [5] |  Granuloma |
|  Paralisis [5] |  Paralisis |

perbandingan nilai dengan citra uji. Dalam merancang sistem ini, algoritme keputusan menggunakan metode pohon keputusan. Parameter yang digunakan adalah ekstraksi ciri berdasarkan pengukuran bentuk, yaitu area dan *eccentricity*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa hasil sebagai berikut.

TABEL II
PENGUKURAN BENTUK KONTUR NORMAL

| Citra Pita Suara Normal | Pengukuran Bentuk | |
|-------------------------|-------------------|---------------------|
| | Area | <i>Eccentricity</i> |
| Citra Normal 1 | 6.336 | 0,856525172 |
| Citra Normal 2 | 5.131 | 0,856754102 |
| Citra Normal 3 | 4.845 | 0,859053393 |
| Citra Normal 4 | 5.144 | 0,856434454 |
| Citra Normal 5 | 6.484 | 0,858558398 |
| Citra Normal 6 | 9.425 | 0,855190771 |
| Citra Normal 7 | 6.255 | 0,855288833 |
| Citra Normal 8 | 5.188 | 0,857540073 |
| Citra Normal 9 | 4.752 | 0,856675142 |
| Citra Normal 10 | 5.054 | 0,855714185 |

TABEL III
PENGUKURAN BENTUK KONTUR NODUL

| Citra Pita Suara Nodul | Pengukuran Bentuk | |
|------------------------|-------------------|---------------------|
| | Area | <i>Eccentricity</i> |
| Citra Nodul 1 | 5.966 | 0,891696875 |
| Citra Nodul 2 | 5.085 | 0,896941857 |
| Citra Nodul 3 | 4.652 | 0,895615564 |
| Citra Nodul 4 | 4.822 | 0,892220170 |
| Citra Nodul 5 | 6.009 | 0,891388323 |
| Citra Nodul 6 | 9.558 | 0,897256940 |
| Citra Nodul 7 | 6.130 | 0,892869048 |
| Citra Nodul 8 | 4.978 | 0,894554825 |
| Citra Nodul 9 | 4.673 | 0,895584029 |
| Citra Nodul 10 | 5.010 | 0,897966034 |

A. Hasil Segmentasi

Beberapa hasil segmentasi area kontur glotis kondisi pita suara ditunjukkan pada Tabel I. Segmentasi ini menggunakan algoritme Chan-Vese. Tabel tersebut mewakili setiap kondisi pita suara.

Terlihat pada Tabel I bahwa pada setiap kondisi citra pita suara dengan format citra RGB dilakukan proses segmentasi sehingga menghasilkan *Regional of Interest* (ROI) berupa area kontur glotis. Area kontur glotis tersebut merupakan citra biner sehingga dapat dilakukan analisis bentuk dari objek tersebut. Sebelum proses segmentasi citra menggunakan algoritme Chan-Vese dilakukan, citra masukan berupa citra RGB diubah menjadi citra keabu-abuan. Citra keabu-abuan tersebut berguna untuk menemukan rata-rata intensitas pada citra. Fungsi energi (3) akan menunjukkan proses kontur berubah-ubah sehingga akan menghasilkan kontur pada citra. Pada tahap ini kontur belum menghasilkan area kontur glotis. Tahap selanjutnya adalah melakukan pengurangan citra hasil algoritme Chan-Vese dengan citra berwarna putih yang besarnya sama dengan citra keluaran Chan-Vese. Hasil pengurangan matriks tersebut menghasilkan area kontur glotis saja seperti yang diperlihatkan pada Tabel I kolom area kontur glotis.

B. Nilai Karakteristik Pengukuran Bentuk

Setelah proses segmentasi citra pita suara, proses selanjutnya adalah ekstraksi citra menggunakan parameter pengukuran bentuk kontur glotis. Semua hasil pengukuran bentuk pada setiap kondisi pita suara disajikan pada Tabel II sampai Tabel VII.

TABEL IV
PENGUKURAN BENTUK KONTUR PARALISIS

| Citra Pita Suara Paralisis | Pengukuran Bentuk | |
|----------------------------|-------------------|--------------|
| | Area | Eccentricity |
| Citra Paralisis 1 | 506 | 0,972489459 |
| Citra Paralisis 2 | 379 | 0,974944314 |
| Citra Paralisis 3 | 358 | 0,973653438 |
| Citra Paralisis 4 | 380 | 0,975415644 |
| Citra Paralisis 5 | 477 | 0,974608847 |
| Citra Paralisis 6 | 725 | 0,975636004 |
| Citra Paralisis 7 | 486 | 0,974998268 |
| Citra Paralisis 8 | 385 | 0,975163278 |
| Citra Paralisis 9 | 363 | 0,973411909 |
| Citra Paralisis 10 | 388 | 0,974625964 |

TABEL V
PENGUKURAN BENTUK KONTUR GRANULOMA

| Citra Pita Suara Granuloma | Pengukuran Bentuk | |
|----------------------------|-------------------|--------------|
| | Area | Eccentricity |
| Citra Granuloma 1 | 5.637 | 0,939466693 |
| Citra Granuloma 2 | 4.377 | 0,940591448 |
| Citra Granuloma 3 | 3.970 | 0,941194879 |
| Citra Granuloma 4 | 4.689 | 0,938589398 |
| Citra Granuloma 5 | 5.528 | 0,940326208 |
| Citra Granuloma 6 | 8.469 | 0,939750912 |
| Citra Granuloma 7 | 5.334 | 0,941073238 |
| Citra Granuloma 8 | 4.022 | 0,940544244 |
| Citra Granuloma 9 | 4.001 | 0,941211721 |
| Citra Granuloma 10 | 4.285 | 0,941045168 |

Perbandingan seluruh hasil pengukuran bentuk dijelaskan sebagai berikut.

Besar area pada kondisi normal, kondisi *nodul*, kondisi *granuloma*, kondisi *papilloma*, dan kondisi kista tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Rentang besar area berkisar antara 9.558 piksel hingga 2.530 piksel. Akan tetapi, terlihat pada Tabel IV kondisi pita suara paralisis memiliki perbedaan yang cukup jauh dengan kondisi-kondisi pita suara lainnya, yaitu berkisar pada 725 piksel sampai 358 piksel, sehingga area dapat menjadi parameter untuk membedakan kondisi pita suara paralisis dan yang bukan paralisis.

Untuk nilai *eccentricity*, setiap kondisi memiliki rentang yang berbeda-beda sehingga dapat dijadikan suatu parameter untuk mengklasifikasikan kondisi pita suara. Tabel II menunjukkan kondisi pita suara normal memiliki nilai *eccentricity* pada rentang 0,855190771-0,859053393. Tabel III menunjukkan kondisi pita suara *nodul* memiliki nilai *eccentricity* maksimum 0,897966034 dan minimum 0,891388323. Pada Tabel V, kondisi pita suara *granuloma* memiliki nilai *eccentricity* pada rentang 0,938589398-0,941211721. Tabel VI menunjukkan bahwa kondisi pita suara *papilloma* memiliki nilai *eccentricity* pada rentang 0,677599891-0,688359669. Sedangkan Tabel VII menunjukkan kondisi pita suara kista memiliki nilai *eccentricity* maksimum 0,97698869 dan minimum 0,974961802. Namun, pada Tabel IV kondisi pita suara paralisis memiliki nilai *eccentricity* dengan rentang 0,972489459-0,975636004. Rentang nilai paralisis tersebut mendekati rentang nilai pada kondisi pita suara kista, sehingga

TABEL VI
PENGUKURAN BENTUK KONTUR PAPILOMA

| Citra Pita Suara Papiloma | Pengukuran Bentuk | |
|---------------------------|-------------------|--------------|
| | Area | Eccentricity |
| Citra Papiloma 1 | 3.524 | 0,681197862 |
| Citra Papiloma 2 | 2.861 | 0,677599891 |
| Citra Papiloma 3 | 2.685 | 0,681153659 |
| Citra Papiloma 4 | 2.858 | 0,680233886 |
| Citra Papiloma 5 | 3.584 | 0,679333531 |
| Citra Papiloma 6 | 5.344 | 0,681662217 |
| Citra Papiloma 7 | 3.278 | 0,686396213 |
| Citra Papiloma 8 | 2.780 | 0,682539082 |
| Citra Papiloma 9 | 2.640 | 0,679784340 |
| Citra Papiloma 10 | 2.530 | 0,688359669 |

TABEL VII
PENGUKURAN BENTUK KONTUR KISTA

| Citra Pita Suara Kista | Pengukuran Bentuk | |
|------------------------|-------------------|--------------|
| | Area | Eccentricity |
| Citra Kista 1 | 4225 | 0,975920591 |
| Citra Kista 2 | 3.364 | 0,976397953 |
| Citra Kista 3 | 3.138 | 0,976988690 |
| Citra Kista 4 | 3.441 | 0,976293654 |
| Citra Kista 5 | 4.227 | 0,975512334 |
| Citra Kista 6 | 6.480 | 0,975571487 |
| Citra Kista 7 | 4.290 | 0,975989249 |
| Citra Kista 8 | 3.455 | 0,976211606 |
| Citra Kista 9 | 3.178 | 0,975785982 |
| Citra Kista 10 | 3.417 | 0,974961802 |

parameter *eccentricity* tidak dapat digunakan untuk membedakan kondisi paralisis dengan kondisi-kondisi pita suara lainnya.

C. Kinerja Sistem

Berdasarkan perhitungan data statistik, kinerja sistem klasifikasi kondisi pita suara menggunakan metode pohon keputusan menghasilkan akurasi sebesar 98,3% dengan waktu latih menggunakan algoritme pada MATLAB adalah 8,4405 detik.

Berdasarkan sistem klasifikasi penyakit yang diprediksi pada kondisi pita suara, hasil klasifikasi disajikan pada Gbr. 5. Pada gambar tersebut terdapat satu kesalahan dalam memprediksi hasil sistem klasifikasi, yaitu pada kondisi citra pita suara *papilloma* yang teridentifikasi sebagai kondisi citra pita suara normal.

Pada Gbr. 6 diperlihatkan model latih dari pohon keputusan yang digunakan pada makalah ini. Hasil dari nilai karakteristik pengukuran bentuk dapat mengklasifikasikan kondisi-kondisi pita suara dengan rentang area dan *eccentricity*. Proses klasifikasi pada Gbr. 6 didefinisikan sebagai berikut.

1. Jika area kecil dari 1.627,5 dan besar sama dengan 1.627,5, maka hasil klasifikasi adalah kondisi pita suara paralisis.
2. Jika nilai *eccentricity* kecil dari 0,77175 dan besar sama dengan 0,77175, maka hasil klasifikasi adalah kondisi pita suara *papilloma*.
3. Untuk rentang nilai *eccentricity* kecil dari 0,918278 dan besar sama dengan 0,918278, terdapat empat kategori kondisi pita suara sebagai berikut: kondisi normal jika

nilai *eccentricity* kecil dari 0,875221; kondisi *nodul* besar sama dengan 0,875221; kondisi *granuloma* kecil dari 0,958087; dan kondisi kista besar dari 0,958087.

V. KESIMPULAN

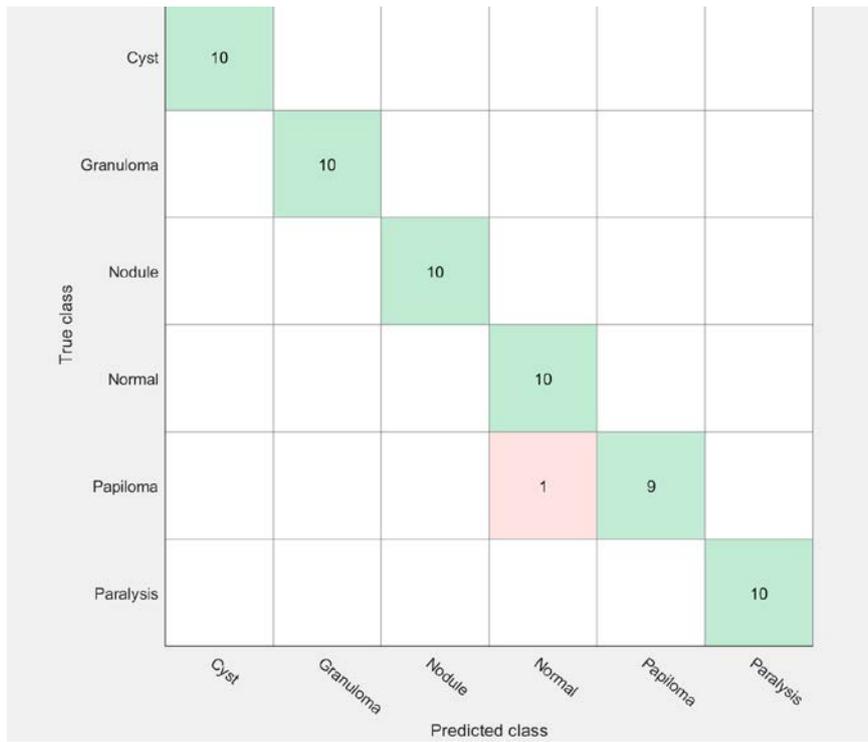
Sistem klasifikasi ini didesain untuk dapat mengklasifikasikan kondisi pita suara secara otomatis dari proses segmentasi hingga ekstraksi ciri kontur glotis. Proses segmentasi pada makalah ini menggunakan kontur aktif sehingga tidak diperlukan inisialisasi dari pengguna seperti penelitian sebelumnya yang menggunakan metode *Moore Neighbor Tracing*. Dalam menganalisis kontur glotis digunakan pengukuran bentuk, yaitu area kontur dan nilai *eccentricity*, yang menghasilkan akurasi sebesar 98,3% dengan waktu latih 8,4405 detik. Sistem klasifikasi otomatis untuk diagnosis kondisi pita suara ini merupakan tahap penelitian pengembangan aplikasi diagnosis penyakit pada pita suara menggunakan pengolahan citra digital.

UCAPAN TERIMA KASIH

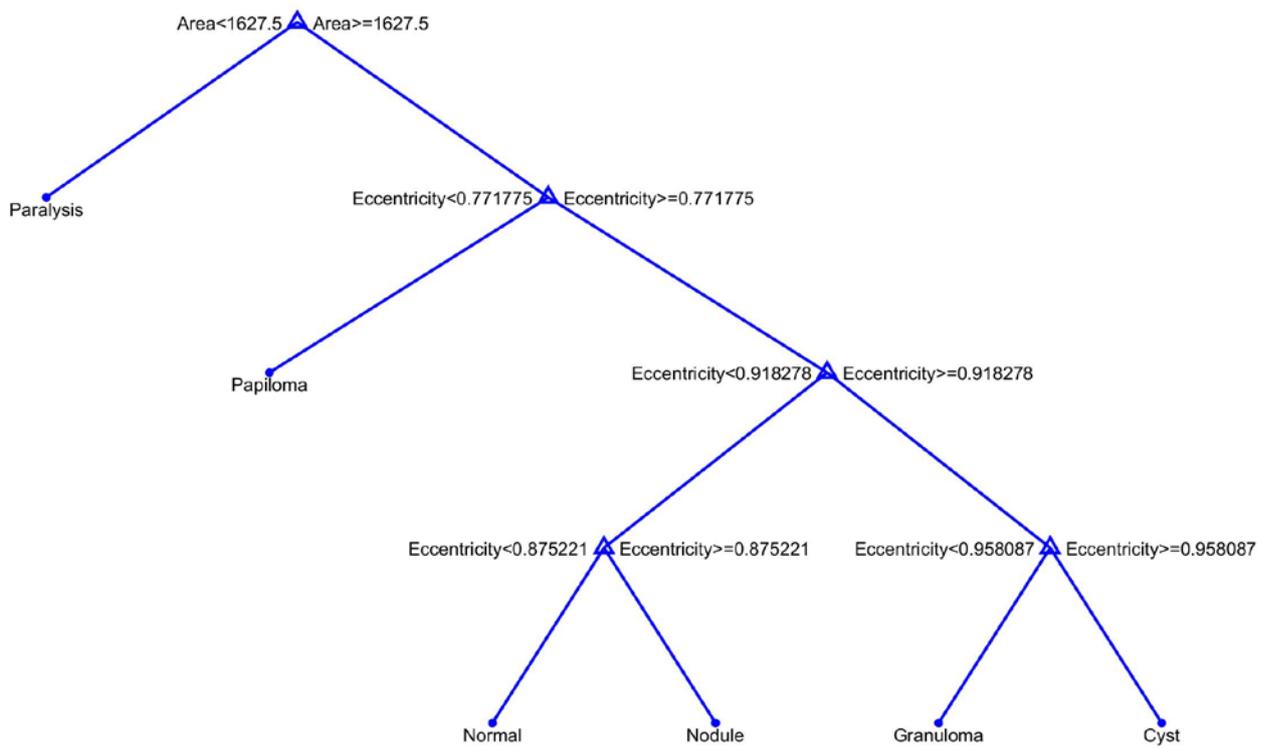
Terima kasih disampaikan kepada Rumah Sakit Dustira Cimahi Poli THT-KL yang telah bersedia meminjamkan alat endoskop untuk mendukung penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Méndez, B. Garcia, J. Vicente, I. Ruiz, dan K. Sanchez, "Objective Model of Vocal Folds, Based on Glottal Closure, Opening Angles and Morphologic Criteria," *2007 9th Int. Symp. Signal Process. its Appl. (ISSPA 2007)*, 2007, hal. 1-4.
- [2] A. Mendez dan B. Garcia, "Vocal Folds Stroboscopic Image Processing for Otolaryngology," in *Med. Imaging Clin. Pract.*, Rijeka, Croatia: IntechOpen, 2013.
- [3] A. Méndez, B. García, I. Ruiz, dan I. Iturricha, "Glottal Area Segmentation Without Initialization Using Gabor Filters," *Proc. 8th IEEE Int. Symp. Signal Process. Inf. Technol. (ISSPIT) 2008*, 2008, hal. 18–22.
- [4] C.F.J. Kuo, J. Kuo, S.W. Hsiao, C.L. Lee, J.C. Lee, dan B.H. Ke, "Automatic and Quantitative Measurement of Laryngeal Video Stroboscopic Images," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part H J. Eng. Med.*, Vol. 231, No. 1, hal. 48–57, 2017.
- [5] B.G.L. Pubiyangga, "Identifikasi Kondisi Pita Suara untuk Deteksi Kelainan Pita Suara dengan Metode Moore Neighbor Tracing," Skripsi, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia, 2016.
- [6] J.M. Gutierrez-Arriola, V. Osma-Ruiz, N. Seenz-Lechon, J.I. Godino-Llorente, R. Fraile, dan J.D. Arias-Londono, "Objective Measurements to Evaluate Glottal Space Segmentation from Laryngeal Images," *Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS*, 2012, hal. 5396–5399.
- [7] A.M. Zorrilla dan B.G. Zapirain, "Vocal Folds Paralysis Study Using a Pre-Processing Stage of Gabor Filtering and Chan-Vese Segmentation," *2010 IEEE Int. Symp. Signal Process. Inf. Technol. (ISSPIT 2010)*, 2010, hal. 360–365.
- [8] C.F.J. Kuo, P.C. Wang, Y.H. Chu, H.W. Wang, dan C.Y. Lai, "Using Image Processing Technology Combined with Decision Tree Algorithm in Laryngeal Video Stroboscope Automatic Identification of Common Vocal Fold Diseases," *Comput. Methods Programs Biomed.*, Vol. 112, No. 1, hal. 228–236, 2013.
- [9] A. Quriba dan M. Darweesh, "Voice Changes and Laryngo-Video-Stroboscopic Findings in Patients with Vocal Fold Polyps and Cysts," *Egypt. J. Otolaryngol.*, Vol. 31, No. 1, hal. 47-53, 2015.
- [10] R. Kasivisvanathan dan A. McGlennan, "Vocal Cord Granuloma and Voice Change Following Tracheal Intubation in an Actor," *J. Laryngol. Voice*, Vol. 3, No. 1, hal. 32-33, 2013.
- [11] P.L. Harshad, V. Pujari, N.M. Channappa, dan T.C. Anandaswamy, "Anesthesia Management in a Child With Laryngeal Papilloma Causing Near Complete Airway Obstruction," *Saudi J. Anaesth.*, Vol. 9, No. 1, hal. 86–88, Jan. 2015.
- [12] B. Vachha, M. Cunnane, P. Mallur, dan G. Moonis, "Losing Your Voice: Etiologies and Imaging Features of Vocal Fold Paralysis," *J. Clin. Imaging Sci.*, Vol. 3, No. 1, hal. 15, 2013.
- [13] (2017) "Larynx anatomy" [Online], <http://www.edocronline.com/medical-atlas.asp?c=4&id=21690>, tanggal akses: 23-Dec-2018.
- [14] R. Munir, "Bab 11_Citra Biner," in *Pengolahan Citra Digital*, Bandung, Indonesia: Informatika, 2004, hal. 169.
- [15] T.F. Chan dan L.A. Vese, "Active Contours Without Edges," *IEEE Trans. Image Process.*, Vol. 10, No. 2, hal. 266–277, 2001.
- [16] A.M. Zorrilla, N. El-Zehiry, B.G. Zapirain, and A. Elmaghraby, "Pathological Vocal Folds Features Extraction Using a Modified Active Contour Segmentation," *Majlesi Journal of Electrical Engineering*, Vol. 4, No. 4, hal. 55-61, 2010.
- [17] A.M. Zorrilla, N. El-Zehiry, B.G. Zapirain, dan A. Elmaghraby, "Pathological Vocal Folds Diagnosis Using Modified Active Contour Models," *10th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA 2010)*, 2010, hal. 504–507.
- [18] (2017) "Measure Properties of Image Regions - MATLAB Regionprops." [Online], <https://www.mathworks.com/help/images/ref/regionprops.html>, tanggal akses: 23-Dec-2018.
- [19] M. Steinbach, P.-N. Tan, dan V. Kumar, "Classification: Basic Concepts, Decision Trees, and Model Evaluation", in *Introduction to Data Mining*, London, UK: Pearson, 2005.



Gbr. 5 Hasil klasifikasi.



Gbr. 6 Model latihan pohon keputusan.