

Ekstraksi Ciri Polip dan Pendarahan Berdasarkan Citra Endoskopi Kolorektal

Ummi Athiyah¹, Izzati Muhimmah², Erlina Marfianti³

¹Magister Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

²Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

³Departemen Ilmu Penyakit Dalam, Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

^{1,2,3}Jln. Kaliurang KM 14.5, Sleman, Yogyakarta, 55584, Indonesia

email: ¹12917222@students.uui.ac.id, ²izzati@uui.ac.id, ³erlina.marfianti@uui.ac.id

Abstract - Cancer is one of the main causes of mortality in the world. Colorectal cancer, also known as colon cancer, is a malignant tumor of the colon and rectum that begins with a polyp. Early inspection is needed to prevent and cure of colorectal cancer because in the early stages colorectal cancer showed no symptoms. At this time the development of information technology allows the quick information retrieval from an image. The aim of this research is to produce a preliminary work in the stages of information analyzing on colorectal endoscopic image extraction result in the form of polyp and bleeding by utilizing extraction technique of image information based on shape and texture. This research aimed can be the basis for the development of colorectal cancer detection system framework. The research that has been carried out gives result of characteristics that can be differentiate between colon bleeding, colon polyp, and normal colon conditions, they are aspect ratio, triangle, correlation, and energy.

Abstrak – Kanker merupakan salah satu penyebab utama mortalitas di dunia. Kanker kolorektal atau yang disebut juga dengan kanker usus besar adalah tumor ganas pada kolon dan rektum yang diawali dengan adanya polip. Tindakan pemeriksaan dini sangat diperlukan dalam upaya pencegahan dan penyembuhan kanker kolorektal, karena pada tahap awal kanker kolorektal tidak menunjukkan gejala. Pada saat ini perkembangan teknologi informasi memungkinkan adanya pengambilan informasi dari sebuah citra secara cepat dengan teknik *image retrieval*. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah *preliminary work* dalam menganalisis informasi hasil ekstraksi citra endoskopi kolorektal berupa polip dan pendarahan dengan memanfaatkan teknik ekstraksi informasi citra berdasarkan bentuk dan tekstur dan dapat menjadi dasar untuk pengembangan *framework* sistem deteksi kanker kolorektal. Penelitian yang telah dilaksanakan memberikan hasil bahwa ciri yang bisa menjadi pembeda antara kondisi pendarahan kolon, polip kolon, dan kondisi kolon normal adalah *aspect ratio*, *triangle*, *correlation*, dan *energy*.

Kata Kunci – Polip, Pendarahan, Endoskopi, Ekstraksi, Bentuk, Tekstur, Ciri Citra.

I. PENDAHULUAN

Kanker merupakan salah satu jenis penyakit yang menjadi penyebab mortalitas di dunia. Kanker kolorektal merupakan salah satu jenis kanker penyebab mortalitas terbesar ketiga

pada setiap tahun setelah kanker paru-paru dan lambung [1]. Istilah kanker kolorektal merujuk kepada tumor ganas yang terbentuk pada kolon ataupun rektum [2] serta diawali dengan adanya polip [3]. Kanker kolorektal merupakan penyakit yang memiliki sifat degradatif dan degeneratif sehingga apabila tidak ditangani secara baik dan tepat dapat mengakibatkan hal yang fatal pada tubuh manusia [4]. Kanker kolorektal pada pada tahap pertumbuhan awalnya ditandai dengan munculnya polip pada kolon [5] dan seiring berjalannya waktu berubah menjadi kanker [6]. Secara alamiah, baik polip ataupun kanker kolon dan rektum pada stadium awal seringkali tidak menunjukkan gejala yang tampak secara fisik pada luar tubuh manusia, hal tersebut mengakibatkan penderita kanker baru menyadari adanya kanker setelah dilakukan pemeriksaan untuk tujuan diagnosis ataupun pengobatan. Pada stadium lanjut, kanker kolorektal dapat menyebar ke organ tubuh lainnya [7]. Tindakan pemeriksaan awal yang cepat dan akurat sangat diperlukan untuk mencegah dan menyembuhkan kanker kolorektal, karena pada tahap awal kanker kolorektal tidak menunjukkan gejala [8]. Selain itu dengan adanya pemeriksaan dini yang cepat dan akurat, dapat menjadi landasan justifikasi tindakan yang perlu dilaksanakan untuk menghentikan laju pertumbuhan penyebab kanker kolorektal.

Di Indonesia, sebagian besar penyakit kanker kolorektal telah berada pada tahap stadium lanjut, sehingga menyebabkan proses pengobatan ataupun pencegahan menjadi kurang maksimal [9]. Besarnya penderita kanker kolorektal pada stadium lanjut di Indonesia tersebut disebabkan oleh berbagai macam latar belakang. Minimnya pengetahuan masyarakat mengenai kanker kolorektal dan korelasinya dengan gaya hidup sehat serta fenomena pandangan masyarakat bahwa tindakan pengobatan medis seperti teknik kemoterapi ataupun operasi merupakan alternatif utama untuk mengatasi kanker, menjadi salah satu latar belakang yang paling berkontribusi atas besarnya penyebaran kanker kolorektal di Indonesia [10].

Besarnya biaya yang harus ditanggung oleh masyarakat dalam rangka melakukan tindakan medis untuk mendiagnosis ataupun mengatasi kanker kolorektal cenderung membuat pasien bersikap pasif dalam menghadapi permasalahan yang dihadapinya. Di sisi lain, pemerataan yang masih minim di Indonesia dalam hal layanan pemeriksaan laboratorium untuk mendeteksi tanda awal kanker kolorektal berupa polip juga turut berpengaruh terhadap tingginya penderita kanker kolorektal di Indonesia. Di sisi lain, meskipun pada lokasi

*) penulis korespondensi (Ummi Athiyah)
Email: 12917222@students.uui.ac.id

pelayanan pemeriksaan laboratorium terdapat teknik *scan* endoskopi kolorektal, citra yang dihasilkan dari proses tersebut sangatlah bervariasi, sehingga cukup sulit untuk mengenali tanda awal kanker kolorektal dengan cepat [9].

Pada saat ini perkembangan teknologi informasi memungkinkan adanya pengambilan informasi/ciri dari sebuah citra/image secara cepat dengan teknik *image retrieval*. *Image retrieval* adalah suatu teknik untuk mengambil informasi penting dari sebuah *image* (citra) berdasarkan fitur-fitur yang secara intrinsik terdapat pada *image*. Dalam melakukan penggalian informasi dari sebuah *image*, dilakukan ekstraksi ciri yang ada pada *image* tersebut berupa ciri *color* (warna), *shape* (bentuk), dan tekstur [11].

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Dalam kaitannya dengan deteksi awal terjadinya kanker kolorektal, penelitian [12] melaksanakan identifikasi kanker kolorektal menggunakan segmentasi kolon/usus berbasis tiga dimensi berdasarkan citra hasil *ct-scan* tubuh manusia. Penelitian [12] menggunakan teknik *convex continuous minimization active contour* yang digabungkan dengan *region growing* model tiga dimensi untuk memisahkan citra kolon/usus dan organ tubuh lain semisal hati, jantung, dan lambung. Di sisi lain, teknik ekstraksi ciri bentuk dan tekstur digunakan pada penelitian [13] untuk mendeteksi polip pada kolon/usus pada *wireless video capsule*. Penelitian [13] menggunakan teknik *preprocessing* berupa konversi citra RGB menjadi citra *grayscale* serta *hough transformation* sebelum membentuk *region of interest* berdasarkan ciri bentuk dan tekstur yang telah didapatkan.

Teknik *narrow band imaging* untuk ekstraksi fitur lokal citra dan *classifier support vector machine* (SVM) digunakan pada penelitian [14] untuk mengklasifikasi kanker kolorektal menjadi tiga kelas yaitu kelas kanker kolorektal A, B, dan C3 berdasarkan citra hasil *scan* endoskopi kolorektal. Deteksi kanker kolorektal berdasarkan *band imaging* juga dilaksanakan oleh [3] yang memanfaatkan data citra *ultrasound*. Penelitian [3] memanfaatkan metode ekstraksi tekstur *complex textural microstructure cooccurrence matrices* untuk mengekstraksi informasi kanker dari citra *ultrasound* kolorektal. Teknik ekstraksi *complex textural microstructure cooccurrence matrices* digunakan dengan alasan untuk mencegah kesalahan *information retrieval* karena adanya kesamaan secara visual antara pembengkakan usus dan kanker pada citra *ultrasound* kolorektal.

Teknik ekstraksi fitur citra berdasarkan warna dan tekstur telah dilaksanakan oleh penelitian [15] untuk klasifikasi lesi pada sistem gastrointestinal berdasarkan video hasil kolonoskopi yang dilaksanakan dalam ruang *white light* dan *narrow banded*. Berdasarkan teknik ekstraksi fitur tersebut, penelitian [15] dapat menghasilkan tiga kelas lesi gastrointestinal yaitu lesi adenoma, lesi *hyperplastic*, dan lesi *serrated*. Teknik ekstraksi fitur tekstur citra dengan bantuan *gray level cooccurrence matrix* (GLCM) juga dilaksanakan oleh penelitian [16] untuk menunjang pencarian citra berbasis *clustered-based image retrieval*, dan menghasilkan kesimpulan bahwa teknik *gray level cooccurrence matrix* (GLCM) dapat menunjang tingkat kesuksesan *image retrieval* diatas 80%. Di sisi lain, penggunaan metode ekstraksi ciri citra berdasarkan histogram warna dengan memanfaatkan informasi *luminance value* dan teknik *thresholding* untuk

segmentasi kelenjar kolon pernah dilaksanakan oleh penelitian [17], dan memberikan hasil akurasi segmentasi cukup tinggi yaitu sebesar 93,76%.

Berlandaskan dari penelitian terdahulu yang telah dipaparkan, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah *preliminary work* dalam menganalisis informasi hasil ekstraksi citra endoskopi kolorektal berupa polip dan pendarahan dengan memanfaatkan teknik ekstraksi informasi citra berdasarkan bentuk dan tekstur. Selain itu, *preliminary work* ini juga dapat memberikan penunjang dalam penegakan diagnosis oleh praktisi kesehatan. Lebih jauh, *preliminary work* ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk pengembangan sebuah *framework* sistem deteksi kanker kolorektal dikemudian hari.

III. METODE PENELITIAN

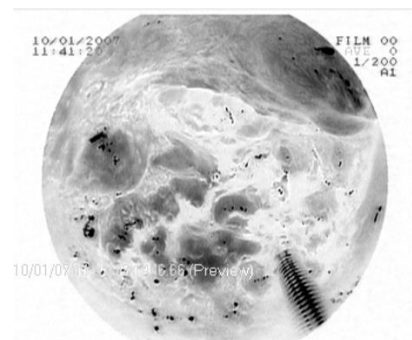
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan.

A. Collecting.

Merupakan tahap pengambilan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang digunakan berasal dari hasil endoskopi kolorektal yang didapatkan dari koleksi pribadi dr. Putut Bayupurnama, Sp.PD-KGEH, Rumah Sakit Panti Rapih Yogyakarta. Data citra dikategorikan menjadi tiga jenis, yaitu citra normal, polip, dan pendarahan. Data yang diambil berjumlah 30 citra untuk masing-masing kondisi. Contoh data citra endoskopi kolorektal kondisi normal disajikan pada Gbr.1



Gbr. 1 Citra endoskopi kolorektal kondisi normal.



Gbr. 2 Preprocessing citra endoskopi kolorektal

B. Preprocessing.

Merupakan tahap dimana suatu citra mengalami transformasi untuk menghasilkan fitur penting dari sebuah citra sebelum dilaksanakannya ekstraksi fitur. Teknik

preprocess yang digunakan dalam penelitian ini adalah *grayscale* seperti yang disajikan pada Gbr.2

C. Ekstraksi Fitur.

Merupakan tahap dilaksanakannya pengambilan informasi dari sebuah citra (ciri citra) berdasarkan bentuk, dan tekstur citra. Informasi bentuk yang diekstraksi meliputi :

a) *Roundness*, merupakan nilai perbandingan antara jarak *foci ellips minor* dengan *foci ellips mayor* suatu objek. *Roundness* memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1 [18], yang dirumuskan pada persamaan 1.

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

Dengan $e = \text{roundness}$, $b = \text{nilai } \frac{1}{2} \text{ tinggi citra}$, $a = \text{nilai lebar citra}$.

b) *Aspect ratio*, merupakan perbandingan antara tinggi dan lebar citra.

c) *Triangle*, merupakan perbandingan antara nilai area (luas) citra deteksi terhadap nilai area (luas) keseluruhan.

Sedangkan informasi tekstur yang diekstraksi meliputi :

a) *Contrast* menyatakan kandungan variasi lokal pada citra. Semakin tinggi nilai *contrast* maka semakin tinggi tingkat perbandingan antara *background* dan *foreground* [16]. *Contrast* ditunjukkan pada persamaan 2.

$$\text{Contrast} = \sum_{i,j} |i - j|^2 P(i,j) \quad (2)$$

b) *Correlation* menyatakan ukuran hubungan linear dari nilai *graylevel* piksel ketetanggaan [19]. *Correlation* disajikan pada persamaan 3.

$$\text{Correlation} = \sum_{i,j} \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j) P(i,j)}{\sigma_i \sigma_j} \quad (3)$$

c) *Energy* menyatakan tingkat keseragaman piksel-piksel suatu citra. Semakin tinggi nilai *energy*, maka semakin seragam teksturnya [20]. Seperti yang disajikan pada persamaan 4.

$$\text{Energy} = \sum_{i,j} P(i,j)^2 \quad (4)$$

d) *Homogeneity* menyatakan ukuran kedekatan setiap elemen dari *co-occurrence matrix* [21]. Seperti yang tersaji pada persamaan 5.

$$\text{Homogeneity} = \sum_{i,j} \frac{P(i,j)}{1 + |i - j|} \quad (5)$$

Dengan $P(i,j)$ merupakan elemen baris ke- i , kolom ke- j dari *cooccurrence matrix*. μ_i adalah nilai rata-rata baris ke- i dan μ_j adalah nilai rata-rata kolom ke- j pada matriks P . σ_i adalah standard deviasi baris ke- i dan σ_j adalah standard deviasi kolom ke- j pada matriks P [22].

D. Testing.

Merupakan tahap untuk menguji independensi informasi yang dihasilkan dari tahap ekstraksi fitur dari masing-masing

citra normal, polip, dan pendarahan. Pada tahap testing, akan diterapkan *independent t-Test* yang menguji dua hipotesis, yaitu hipotesis H_0 , dan hipotesis H_1 .

- Hipotesis H_0 diterjemahkan sebagai adanya kesamaan yang signifikan dari hasil ekstraksi ciri citra polip, pendarahan, dan normal.
- Hipotesis H_1 diterjemahkan sebagai tidak adanya kesamaan yang signifikan dari hasil ekstraksi ciri citra polip, pendarahan, dan normal.

E. Evaluasi.

Merupakan tahap yang dilaksanakan untuk melihat hasil dari testing sehingga diketahui fitur yang dapat menjadi pembeda antara citra polip, pendarahan, dan normal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan model ekstraksi ciri yang disajikan pada bagian metodologi penelitian, maka didapatkan nilai ciri bentuk yang disajikan pada Tabel 1. Untuk mempersingkat penulisan maka pada Tabel 1, disajikan lima contoh hasil ekstraksi citra untuk masing-masing kondisi.

TABEL I
HASIL EKSTRAKSI CITRA BERDASARKAN BENTUK

Kondisi Citra	Roundness	Aspect Ratio	Triangle
Normal 1	1.9706	0.9461	0.8075
Normal 2	1.5034	0.9590	0.8384
Normal 3	4.6578	0.9721	0.7511
Normal 4	1.8753	0.8561	0.7972
Normal 5	1.8673	0.8157	0.8144
Pendarahan 1	31.7673	0.9498	0.2552
Pendarahan 2	7.6648	0.8749	0.6359
Pendarahan 3	30.2294	0.6060	0.3534
Pendarahan 4	43.2001	0.8967	0.3448
Pendarahan 5	43.2001	0.8967	0.3448
Polip 1	10.8318	0.5955	0.5087
Polip 2	4.0423	0.6375	0.6455
Polip 3	11.9949	0.7480	0.6482
Polip 4	20.1975	0.7855	0.5983
Polip 5	1.7679	0.5899	0.6989

Sedangkan untuk nilai yang didapatkan dari proses ekstraksi disajikan pada Tabel II. Untuk mempersingkat penulisan maka pada Tabel II disajikan lima contoh hasil ekstraksi citra untuk masing-masing kondisi. Setelah didapatkan nilai ciri citra berdasarkan bentuk dan tekstur maka selanjutnya dilaksanakan langkah *test* untuk menguji keterkaitan antar variabel ciri yang dihasilkan dari ekstraksi.

Skema pengujian keterkaitan antar variabel ciri hasil ekstraksi disajikan pada Tabel III. Pada penelitian ini, pengujian keterkaitan dilaksanakan pada environment Windows 10 (64-bit) dengan processor Core i5 dan RAM 8GB. Pengujian dilaksanakan dengan menjalankan mode *independent t-Test* pada perangkat lunak IBM SPSS 2010 dan melibatkan total 90 data citra, secara statistik, jumlah data tersebut dianggap memenuhi untuk dilaksanakan pengujian dengan *independent t-Test* [23].

TABEL II
HASIL EKSTRAKSI CITRA BERDASARKAN TEKSTUR

Kondisi Citra	Con- trast	Corre- lation	En- ergy	Homo- geneity
Normal 1	0.1771	0.9858	0.1684	0.9557
Normal 2	0.2038	0.9632	0.2207	0.9486
Normal 3	0.1453	0.9838	0.2222	0.9614
Normal 4	0.1773	0.9896	0.2171	0.9625
Normal 5	0.1546	0.9913	0.2414	0.9658
Pendarahan 1	0.1003	0.8382	0.7020	0.9762
Pendarahan 2	0.1592	0.9709	0.3660	0.9616
Pendarahan 3	0.1206	0.9131	0.6093	0.9789
Pendarahan 4	0.1324	0.9275	0.6075	0.9762
Pendarahan 5	0.1324	0.9275	0.6075	0.9762
Polip 1	0.0835	0.9448	0.9563	0.9961
Polip 2	0.0502	0.9455	0.9404	0.9956
Polip 3	0.2662	0.9814	0.3546	0.9618
Polip 4	0.1178	0.8859	0.4914	0.9714
Polip 5	0.3490	0.9703	0.5557	0.9645

TABEL III
SKEMA PENGUJIAN KETERKAITAN VARIABEL CIRI

No. Uji	Kondisi 1	Kondisi 2	Ket.
1.	Pendarahan	Polip	<i>Paired (vs)</i>
2.	Pendarahan	Normal	<i>Paired (vs)</i>
3.	Polip	Normal	<i>Paired (vs)</i>

TABEL IV
PENGUJIAN INDEPENDENT T-TEST KONDISI PENDARAHAN DAN POLIP

Variabel Ciri	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
<i>Roundness</i>	0.196	3.356653
<i>Aspect Ratio</i>	0.005	0.114993
<i>Triangle</i>	0	-0.13624
<i>Contrast</i>	0	-0.10331
<i>Correlation</i>	0	-0.05767
<i>Energy</i>	0.024	-0.08583
<i>Homogeneity</i>	0.147	-0.00408

Hasil pengujian *independent t-Test* untuk *pair* kondisi pendarahan dan polip (uji ke-1) disajikan pada Tabel IV. Berdasarkan Tabel IV, dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk *pair* kondisi citra pendarahan dan polip, variabel ciri hasil ekstraksi yang benar-benar dapat digunakan untuk membedakan antara kondisi kolon pendarahan dan kolon polip adalah *aspect ratio*, *triangle*, *contrast*, *correlation*, dan *energy* karena berdasarkan pengujian *independent t-Test* variabel ciri tersebut menghasilkan nilai signifikansi $< 0,05$, sehingga secara otomatis menolak adanya hipotesis H_0 (H_1 diterima). Selanjutnya, hasil pengujian *independent t-Test* untuk *pair* kondisi pendarahan dan normal (uji ke-2) disajikan pada Tabel V.

TABEL V
PENGUJIAN INDEPENDENT T-TEST KONDISI PENDARAHAN DAN NORMAL

Variabel Ciri	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
<i>Roundness</i>	0	12.02855
<i>Aspect Ratio</i>	0.021	-0.07218
<i>Triangle</i>	0	-0.29824
<i>Contrast</i>	0.318	-4.80710
<i>Correlation</i>	0	-0.07395
<i>Energy</i>	0	0.31782
<i>Homogeneity</i>	0	0.00970

TABEL VI
PENGUJIAN INDEPENDENT T-TEST KONDISI POLIP DAN NORMAL

Variabel Ciri	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
<i>Roundness</i>	0	8.67190
<i>Aspect Ratio</i>	0	-0.18718
<i>Triangle</i>	0	-0.16200
<i>Contrast</i>	0.328	-4.70379
<i>Correlation</i>	0	-0.01628
<i>Energy</i>	0	0.40366
<i>Homogeneity</i>	0	0.01378

Berlandaskan Tabel V, dapat ditarik informasi bahwa untuk *pair* kondisi citra pendarahan dan normal, variabel ciri hasil ekstraksi yang benar-benar dapat digunakan untuk membedakan antara kondisi kolon pendarahan dan kolon normal adalah *roundness*, *aspect ratio*, *triangle*, *correlation*, *energy*, dan *homogeneity*, karena berdasarkan pengujian *independent t-Test* variabel ciri tersebut menghasilkan nilai signifikansi $< 0,05$ sehingga secara otomatis menolak adanya hipotesis H_0 (H_1 diterima), yang terakhir adalah hasil pengujian *independent t-Test* untuk *pair* kondisi polip dan normal (uji ke-3) yang disajikan pada Tabel VI.

Tabel VI menyajikan informasi bahwa untuk *pair* kondisi citra polip dan normal, variabel ciri hasil ekstraksi yang benar-benar dapat digunakan untuk membedakan antara kondisi kolon polip dan kolon normal adalah *roundness*, *aspect ratio*, *triangle*, *correlation*, *energy*, dan *homogeneity*, karena berdasarkan pengujian *independent t-Test* variabel ciri tersebut menghasilkan nilai signifikansi $< 0,05$ sehingga secara otomatis menolak adanya hipotesis H_0 (H_1 diterima).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari ketiga *pair* pengujian *independent t-Test* yang telah dilaksanakan, yaitu antara kondisi pendarahan vs. polip, kondisi pendarahan vs. normal, serta kondisi polip vs. normal dapat ditarik sebuah kesimpulan bahwa ciri yang benar-benar bisa menjadi pembeda antara kondisi pendarahan, polip, dan normal adalah *aspect ratio*, *triangle*, *correlation*, dan *energy*. Oleh karena itu, nilai ciri *aspect ratio*, *triangle*, *correlation*, dan *energy* dapat dijadikan dasar untuk menunjang penegakan diagnosis kondisi pendarahan

dan polip, serta dapat dijadikan landasan untuk membangun sebuah *framework* sistem deteksi dini kanker kolorektal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis ucapkan khususnya kepada dr. Putut Bayupurnama, Sp.PD-KGEH. yang telah berkenan untuk memberikan sebagian koleksi data endoskopi, dan juga kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan atas terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Akutekwe and H. Seker, 2014. "Particle Swarm Optimization-Based Bio-Network Discovery Method for the Diagnosis of Colorectal Cancer," *Proc. - 2014 IEEE Int. Conf. Bioinforma. Biomed. IEEE BIBM 2014*, pp. 8–13,.
- [2] N. Sengar, N. Mishra, and M. K. Dutta, 2016. "Grading of Colorectal Cancer using Histology Images," *39th Int. Conf. Telecommun. Signal Process.*, pp. 529–532,.
- [3] D. Mitrea, S. Nedevschi, M. Abrudean, and R. Badea, 2015. "Colorectal Cancer Recognition from Ultrasound Images, Using Complex Textural Microstructure Cooccurrence Matrices, Based on Laws' Features," *2015 38th International Conference Telecommunications of Signal Processing TSP 2015*, pp. 458–462,.
- [4] Z. Li *et al.*, 2010. "Epidemiology of peptic ulcer disease: endoscopic results of the systematic investigation of gastrointestinal disease in China,," *Am. J. Gastroenterol.*, vol. 105, no. 12, pp. 2570–7,.
- [5] C. Liu, Y. Yang, L. Sun, and C.-C. Huang, 2013. "Characterization of the Colorectal Cancer in a Rabbit Model Using Quantitative High-frequency Endoscopic Ultrasound," *2013 Jt. UFFC, EFTF PFM Symp.*, pp. 891–894,.
- [6] R. Zhang *et al.*, 2017. "Automatic Detection and Classification of Colorectal Polyps by Transferring Low-Level CNN Features from Nonmedical Domain," *IEEE J. Biomedical Healing Informatics*, vol. 21, no. 1, pp. 41–47,.
- [7] T. Oliveira, E. Barbosa, S. Martins, A. Goulart, J. Neves, and P. Novais, 2013. "A Prognosis System for Colorectal Cancer," *Proc. 26th IEEE International Symposium on Computer Medical System.*, pp. 481–484,.
- [8] M. Y. Ahmad, A. Mohamed, Y. Mohd Yusof, and S. Md. Ali, 2012. "Colorectal Cancer Image Classification Using Image Pre-Processing and Multilayer Perceptron," *International Conference of Computer Information Science*, vol. 1, pp. 275–280,.
- [9] U. Athiyah, "Ekstraksi Ciri untuk Pengenalan Polip dan Pendarahan Pada Citra Scan Endoskopi Kolorektal," 2017. Universitas Islam Indonesia.
- [10] U. Athiyah, 2016. "Deteksi Kerusakan Organ Lambung dengan Metode Gray Level Cooccurrence Matrix dan Probabilistic Neural Network", Magister Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,.
- [11] Sareena, A. Mittal, and M. Kaur, 2017. "Computer Aided Diagnosis in Colorectal Cancer: A Survey of State of The Art Techniques," *Proceeding International Conference Invention Computer Technology ICICT 2016*, vol. 1,.
- [12] M. Ismail, S. Elhabian, A. Farag, G. Dryden, and A. Seow, 2012. "Fully Automated 3D Colon Segmentation for Early Detection of Colorectal Cancer based on Convex Formulation of the Active Contour Model," *Computer Vision Pattern Recognition Work. (CVPRW), 2012 IEEE Computer Social Conference.*, pp. 58–63,.
- [13] O. Romain *et al.*, 2013. "Towards a Multimodal Wireless Video Capsule for Detection of Colonic Polyps as Prevention of Colorectal Cancer," *13th IEEE International Conference Bioinformatics and Bioengineering*, pp. 1–6,.
- [14] T. Tamaki *et al.*, 2013. "Computer-Aided Colorectal Tumor Classification In NBI Endoscopy: Using Local Features," *Medical Image Analysis.*, vol. 17, no. 1, pp. 78–100,.
- [15] P. Mesejo *et al.*, 2016. "Computer-Aided Classification of Gastrointestinal Lesions in Regular Colonoscopy," *IEEE Trans Medical Imaging*, vol. 35, no. 9, pp. 2051–2063,.
- [16] I. G. Rai, A. Sugiartha, M. Sudarma, and I. M. O. Widyantara, 2017. "Ekstraksi Fitur Warna , Tekstur dan Bentuk untuk Clustered-Based Retrieval of Images (CLUE)," vol. 16, no. 7 April,.
- [17] A. Banwari, N. Sengar, M. K. Dutta, and C. M. Travieso, 2017. "Automated Segmentation of Colon Gland Using Histology Images," *2016 9th International Conference of Contemporary Computing IC3 2016*,.
- [18] M. S. Nixon and A. S. Aguado, 2008. *Feature Extraction & Image Processing*, Second Edition. Elsevier B.V.
- [19] I. Kusumaningsih, 2011. "Ekstraksi Ciri Warna, Bentuk dan Tekstur Untuk Temu Kembali Citra Hewan," pp. 1–3,.
- [20] I. G. R. Agung, 2016. "Ekstraksi Warna, Tekstur, Dan Bentuk Untuk Image Retrieval," *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2016*, no. 2302–3805, p. 4.3-1-4.3-6,.
- [21] A. R. Putra, A. Rizal, and M. S. Mubarak, 2012. "Klasifikasi Kanker Usus Besar Berbasis Pengolahan Citra Digital dengan Metode Radial Basis Function (RBF)," Universitas Telkom.
- [22] J. . Parker, 2013. *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*, Second., vol. 53, no. 9. Indianapolis: John Wiley Publishing.
- [23] A. Abebe, J. Daniels, J. W. McKean, and J. A. Kapenga, 2001. *Statistics and Data Analysis*. Michigan: Western Michigan University.