

**DETEKSI KELILING LUKA MENGGUNAKAN
ACTIVE CONTOUR (SNAKES) DAN *GRADIENT VECTOR FLOW*
(GVF)**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Komputer**



**Oleh:
Muhamad Rizki
3145160661**

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2020

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Pembatasan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
II KAJIAN PUSTAKA	9
2.1 Populasi dan Sampel	9
2.2 Pengolahan Citra Digital (<i>Digital Image Processing</i>)	10
2.2.1 Citra <i>Grayscale</i>	10
2.2.2 <i>Gaussian Low Pass Filter / Gaussian Filter</i>	12
2.3 Gradien citra (<i>image gradient</i>)	13
2.4 <i>Active contour</i>	15
2.4.1 Representasi <i>Snake</i>	15
2.4.2 Energi internal	17
2.4.3 Energi eksternal	17
2.5 <i>Active contour evolution</i>	19
III METODOLOGI PENELITIAN	25

3.1	Input data citra luka	25
3.1.1	<i>Ground truth</i>	28
3.1.2	Inisialisasi kurva awal <i>Active Contour</i>	28
3.2	Deteksi keliling menggunakan <i>Active Contour (snake)</i>	45
3.3	Validasi	46
	DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Representasi Citra Digital	10
Gambar 2.2	Contoh citra <i>grayscale</i>	11
Gambar 2.3	Proses konversi citra RGB menjadi <i>grayscale</i>	12
Gambar 2.4	(a) citra <i>grayscale</i> ; (b) $ G_x * I(x, y) $, gradien arah <i>x</i> menggunakan kernel Sobel-x ; (c) $ G_y * I(x, y) $, gradien arah <i>x</i> menggunakan kernel Sobel-y ; (d) gradien citra, $ G_x * I(x, y) + G_y * I(x, y) $ (Gonzalez and Woods, 2002) .	14
Gambar 2.5	(a) citra objek lingkaran & <i>initial snake</i> , (b) evolusi kurva <i>snake</i> , (c) bentuk akhir dari <i>snake</i> setelah iterasi selesai (Acton and Ray, 2007)	15
Gambar 2.6	Kurva ingkaran	16
Gambar 2.7	<i>source code</i> inisialisasi kurva lingkaran	16
Gambar 2.8	Aproksimasi turunan dengan <i>finite differences</i> (Ivins and Porrill, 1995)	20
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	25
Gambar 3.2	(a) Data citra format .xcf, (b) <i>layer</i> citra (luka), (c) <i>layer</i> region, (d) <i>path</i>	26
Gambar 3.3	Citra luka yang telah dicek menggunakan fitur <i>eclipse select</i> dan ditambahkan <i>border</i>	27
Gambar 3.4	Citra luka dan region luka	28
Gambar 3.5	Komparasi Citra luka, region luka, dan <i>groundtruth</i>	28
Gambar 3.6	Diagram alir <i>snake</i>	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Rincian data yang akan digunakan kategori luka hitam	29
Tabel 3.2	Rincian data yang akan digunakan kategori luka hitam (lanjutan)	30
Tabel 3.3	Rincian data yang akan digunakan kategori luka hitam (lanjutan)	31
Tabel 3.4	Rincian data yang akan digunakan kategori luka hitam (lanjutan)	32
Tabel 3.5	Rincian data yang akan digunakan kategori luka hitam (lanjutan)	33
Tabel 3.6	Rincian data yang akan digunakan kategori luka hitam (lanjutan)	34
Tabel 3.7	Rincian data yang akan digunakan kategori luka kuning . . .	35
Tabel 3.8	Rincian data yang akan digunakan kategori luka kuning (lanjutan)	36
Tabel 3.9	Rincian data yang akan digunakan kategori luka kuning (lanjutan)	37
Tabel 3.10	Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah . . .	38
Tabel 3.11	Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah (lanjutan)	39
Tabel 3.12	Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah (lanjutan)	40
Tabel 3.13	Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah (lanjutan)	41

Tabel 3.14	Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah (lanjutan)	42
Tabel 3.15	Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah (lanjutan)	43
Tabel 3.16	Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah (lanjutan)	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Salah satu organ yang sangat penting pada tubuh manusia adalah kulit. Ketika kulit terluka, diperlukan perawatan luka yang baik agar tidak terjadi infeksi. Luka adalah keadaan di mana fungsi anatomis kulit normal mengalami kerusakan akibat proses patologis yang berasal dari internal maupun eksternal dan mengenai organ tertentu. Proses penyembuhan luka terjadi melalui beberapa fase, yaitu: hemostasis (beberapa jam pasca-terjadinya luka), inflamasi (1 – 3 hari), proliferasi (4 – 21 hari), dan *remodelling* (21 hari – 1 tahun). Fase-fase penyembuhan luka terjadi secara bertahap, namun dapat terjadi secara bersamaan (*overlap*) (Simon, 2018).

Luka kronis adalah kondisi di mana luka mengalami proses penyembuhan yang tidak normal dengan durasi fase-fase yang sesuai (Landén et al., 2016), kondisi ini dapat berkaitan dengan berbagai faktor yang memperlambat penyembuhan luka seperti adanya penyakit kronis, insufisiensi vaskuler, diabetes, gangguan nutrisi, penuaan, dan berbagai faktor lokal pada luka (tekanan, infeksi, dan edema). Secara umum, luka kronis dapat terjadi akibat ulkus vena, ulkus arteri, ulkus dekubitus, dan ulkus diabetik (Zhao et al., 2016).

Setiap tahunnya prevalensi luka secara umum mengalami peningkatan. 1,4 juta orang dewasa dirawat karena luka kekerasan di tahun 2000 sampai 2010, 1,6% di antaranya dirawat di Unit Gawat Darurat (UGD) di Amerika Serikat (Monuteaux et al., 2017). Berdasarkan hasil Riset kesehatan dasar (Risksedas) tahun 2018, prevalensi luka di Indonesia selalu mengalami peningkatan dari tahun 2007 sebanyak 7,5%, tahun 2013 sebanyak 8,2%, dan di tahun 2018 sebanyak 9,2%

(Kesehatan, 2018).

Luka kronis bisa jadi merupakan komplikasi pada penderita Diabetes Melitus (DM). Sebanyak 15% dari seluruh populasi penderita DM memiliki komplikasi berupa luka diabetes (Fard et al., 2007). Prevalensi Diabetes Melitus di Indonesia kategori penduduk umur 15 tahun keatas pada tahun 2018 adalah 2% (Kesehatan, 2018). Pada tahun 2030 diprediksi meningkat menjadi 21,3 juta orang. Indonesia menempati peringkat keempat jumlah penderita DM terbanyak di dunia (Wild et al., 2004).

Berdasarkan hasil prevalensi, luka kronis menjadi permasalahan bagi perawat luka dan instansi kesehatan terkait. Selain itu diperlukan penanganan khusus dalam proses pemulihan luka kronis. Permasalahan luka kronis menghadirkan kesulitan berat bagi yang menderita kondisi ini dan beban keuangan untuk industri kesehatan. Di sisi klien dapat berdampak pada penurunan kualitas hidup, ketidakmampuan untuk melakukan fungsi tubuh secara optimal, serta tingginya kebutuhan finansial. Bahkan dalam beberapa kasus dapat menyebabkan amputasi dan kematian. Bagi instansi kesehatan terkait akan memberikan dampak pada tingginya pembayaran asuransi kesehatan dikarenakan frekuensi perawatan luka yang dilakukan paling tidak 2,4 kali per minggu di mana menghabiskan 66% waktu perawat luka (HSE, 2007). Di Amerika Serikat , luka kronis setiap tahunnya menelan biaya \$20 miliar dan memengaruhi 5,7 juta orang (Brown et al., 2018). Berdasarkan data dari alodokter.com, biaya perawatan luka di Indonesia berkisar mulai dari antara Rp61.500,00–Rp267.000,00 belum termasuk biaya balutan.

Salah satu tanggung jawab perawat luka profesional adalah melakukan pengkajian pada luka, di mana hasil pengkajian tersebut bermanfaat untuk menentukan pemberian balutan luka yang tepat, memonitor perbaikan luka dan mencegah komplikasi sehingga perawatan akan menjadi *cost effective* (Benbow,

2016).

Salah satu hal yang mendasar dalam proses penyembuhan luka kronis adalah melihat ukuran luka, dan umumnya hal ini adalah kriteria pertama yang harus dipertimbangkan dalam proses *assessment* luka yang mana hal ini memiliki peran penting di antaranya memantau laju dan kemajuan penyembuhan, mengevaluasi efektivitas perawatan, dan mengidentifikasi luka. Selain itu perubahan ukuran luka memungkinkan kita dalam mengamati tingkat penutupan, waktu penutupan, pelebaran, dan wawasan lain yang merupakan indikator untuk memprediksi status penyembuhan (Carrión et al., 2022). Masih digunakannya metode konvensional seperti mengukur menggunakan penggaris memiliki tingkat akurasi dan reliabilitas rendah sehingga perawat terkesan lambat dalam memberikan perawatan dibandingkan dengan profesi kesehatan yang lain seperti dokter. Sebuah studi menyatakan standar teknik pengukuran perawatan yang melibatkan penggunaan perkiraan penggaris dan mata telanjang, memiliki tingkat kesalahan 44% (Budman et al., 2015). Untuk mengatasi ketidakakuratan pengukuran manual, maka metode pengukuran keliling luka berbasis analisa citra (*image*), khususnya citra biomedis (*biomedical image*) dan citra medis (*medical image*) perlu dikembangkan.

Saat ini penelitian *state of the art* telah dilakukan untuk analisis luka. Banyak studi yang menjelaskan evaluasi luka menggunakan citra luka untuk mengetahui status luka. Citra medis dapat mengirimkan informasi lebih banyak untuk para ahli kesehatan daripada deskripsi subjektif yang cenderung menimbulkan kesalahan interpretasi. Lebih jauh lagi, gambar citra luka dapat digunakan untuk mentransmisi informasi tentang status penyembuhan untuk konsultasi medis di lokasi pedalaman. Pada sebuah percobaan tahun 2013, ditemukan nilai tinggi yang dihubungkan ke galeri foto luka di aplikasi mobile dan pelacakan luka melalui progresi grafis. Sehingga, untuk meningkatkan fitur citra diperlukan pengembangan algoritma

analisis citra untuk penentuan ukuran dan warna dari foto luka yang diambil dari kamera telepon pintar atau kamera tablet (Poon and Friesen, 2015a).

Ketika sebuah foto diambil dengan pose yang sama oleh kamera yang berbeda, warna yang tersimpan mungkin berbeda, ini merupakan salah satu penelitian paling awal untuk analisis luka. Salah satu solusi untuk masalah tersebut adalah menggunakan format *device independent* sRGB. Semua vendor kamera setidaknya menawarkan mode ini tetapi default ke format RGB mereka sendiri. Menggunakan *chart* referensi warna ketika gambar citra luka diambil, Poucke et. al., berhasil melakukan mekanisme kalibrasi antara perangkat *device dependent* RGB ke sRGB dengan mentransformasi citra terlebih dahulu menjadi ruang warna CIE *colorimetric*, kemudian ke sRGB melalui serangkaian masalah optimisasi (Van Poucke et al., 2010).

Upaya untuk menentukan batas luka oleh kamera telah dilaporkan dalam beberapa penelitian. Wang et. al. mengembangkan kotak pengambilan gambar dengan kamera *smartphone* & dua cermin, untuk menangkap gambar ulkus kaki dasar. Batas selanjutnya disempurnakan dengan algoritma *mean-shift* kemudian disetel lagi dengan *Region Adjacency Graph*. Setelah batas diperoleh, K-means dijalankan untuk mengukur rasio warna RYB. Metode ini dievaluasi pada 34 pasien yang berbeda di klinik Worcester. Kemudian penelitian Wang, masih berkonsentrasi pada penentuan batas luka tetapi dengan SVM (Wang et al., 2016). Pelabelan manual kumpulan data 100 luka yang menghasilkan 10.000 wilayah dilakukan oleh tim dokter (tiga ekspert) di sekolah kedokteran UMASS. Metode kerjanya sebagai berikut, pertama citra disegmentasi menjadi superpixsel dengan SLIC. Kemudian deskriptor warna & tekstur diekstraksi untuk persiapan setiap tahap SVM. Pada tahap pertama, warna & Tas kata diekstraksi dengan DSIFT. Selama tahap kedua, warna & tekstur *wavelet* diekstraksi. Tahap SVM pertama menjalankan k-binary

SVM *classifier* dilatih pada set citra yang berbeda. Pada tahap kedua, set kesalahan klasifikasi dilatih lagi dengan SVM biner. Setelah selesai, hasilnya sekali lagi disempurnakan dengan *Conditional Random Field*. Meskipun memberikan hasil yang memuaskan, semua percobaan diuji pada ulkus kaki (*close wound*) (Wang et al., 2014).

Friesen dari University of Manitoba memimpin tim peneliti untuk melakukan serangkaian penelitian dalam analisis luka. White et. al., sebagai tim peneliti pertama yang berkonsentrasi untuk mengukur ukuran luka ulkus tekan dilakukan dalam tiga langkah. Pertama, mengukur jarak dari kamera ke luka dengan referensi fokus. Kedua, kalibrasi pose kamera dari penggabungan data sensor (akselerometer, magnetometer & giroskop). Ketiga, Jepit & perbesar untuk mengukur ukuran luka dari referensi yang sebelumnya diketahui (White et al., 2014). Sayangnya, penyimpangan (*drift*) dari ukuran sebenarnya di atas cukup besar karena setiap langkah meningkatkan *drift*. Poon et. al., Yang melanjutkan penelitian mempertahankan fokus yang sama, kecuali jarak luka. Metode batas luka telah diubah menjadi *Grabcut*, maka setiap citra yang diambil diproyeksikan ke bidang 2d untuk menstabilkan sudut. Akhirnya warna tersegmentasi menjadi warna RYB (Poon and Friesen, 2015b). Salah satu kelemahan dari pendekatan yang diambil, deteksi batas dengan *Grabcut* hanya dapat dijalankan secara semi-otomatis, karena membutuhkan penyesuaian parameter.

Setelah batas luka telah ditentukan dengan benar, dapat digunakan untuk memproduksi *gel bioprinting* untuk penutupan luka. Gholami, et. al., mengevaluasi tujuh algoritma untuk memenuhi tujuan ini (Gholami et al., 2017). Tiga algoritma yang dibandingkan adalah dari berbasis tepi, tiga lainnya berdasarkan pertumbuhan wilayah, dan satu lainnya berdasarkan tekstur. Algoritma *Livewire* yang didasarkan pada tepi adalah yang terbaik di antaranya. Berdasarkan kajian teori di atas, *grabcut*

digunakan sebagai segmentasi wilayah luka dan warna citra luka dikonversi menjadi *Commission internationale de l'éclairage* (CIE) untuk membuat mekanisme kalibrasi.

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam aplikasi pemrosesan citra medis dan biomedis adalah metode kontur aktif (*active contour*) atau yang lebih dikenal dengan sebutan *snake* yang diperkenalkan oleh M. Kass et. al. pada tahun 1988 (Kass et al., 1988). Sebuah *active contour (snake)* adalah kurva yang meminimalkan fungsi energi untuk kondisi tertentu. Fungsi energi ini biasanya terdiri dari dua istilah: energi internal, yang membatasi kelancaran (*smoothness*) dan kekencangan (*tautness*) kontur, dan energi eksternal, yang menarik kontur elastis ke fitur-fitur menarik (Acton and Ray, 2007). Penelitian ini berfokus pada implementasi metode *snake* dalam mendeteksi keliling luka kronis. Ada kesulitan pada metode *snake* tradisional. Pertama kontur awal yang harus dekat dengan target, dengan kata lain jangkauan tangkap (*capture range*) *snake* terbatas. Masalah kedua ialah *snake* tradisional tidak dapat mengerakkan kontur ke dalam cekungan batas (*concave boundary*) (Guo et al., 2013) (Xu and Prince, 1998).

Abdullah, et. al. dalam penelitian tentang segmentasi iris berhasil mengatasi kelemahan dari metode *snake* dengan metode yang mereka usulkan, yaitu menambahkan *pressure force* pada *snake*. Arah pergerakan *snake* disesuaikan dengan kelopak mata sehingga menghasilkan hasil yang akurat dan efisien(Abdullah et al., 2016).

Penulis tertarik menerapkan metode *snake* pada penelitian ini dengan alasan metode ini adalah metode yang umum digunakan dalam aplikasi pemrosesan citra medis dan biomedis. Selain itu, *snake* cocok untuk mendeteksi objek dengan bentuk bebas (*free-form object*) seperti halnya dengan citra luka kronis. Dikutip dari jurnal *Medical and Biological Image Analysis* tahun 2018, *snake* telah banyak dan baik

digunakan dalam berbagai aplikasi seperti segmentasi CT-Scan otak, segmentasi untuk deteksi kanker payudara, deteksi lesi (bintik) pada kulit dan lain-lain(Hemalatha et al., 2018). Secara ideal, penulis ingin juga menerapkan metode yang dikembangkan oleh (Abdullah et al., 2016), namun hal tersebut belum dapat dilakukan karena harus memahami lebih terlebih dahulu tentang *snake*, maka dari itu untuk penelitian ini dibatasi menggunakan metode *active contour* saja. Penelitian ini akan berfokus pada pengembangan metode *snake* dalam mendeteksi keliling luka kronis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar belakang yang telah dikemukakan di atas. Fokus permasalahan pada penelitian ini adalah “Bagaimana cara mendeteksi keliling luka kronis menggunakan metode *Active contour (Snake)*”.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah pendekripsi keliling luka kronis menggunakan metode *Active contour (Snake)*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa baik metode *Active contour* dan dalam mendeteksi keliling luka kronis.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi peneliti

Penelitian ini merupakan media penerapan ilmu pengetahuan, khususnya dalam pengembangan metode *Active contour* pada pengkajian luka kronis.

2. Instansi terkait

Metode yang diajukan diharapkan dapat membuka peluang untuk diajukan ke instansi kesehatan terkait dalam proses pengkajian luka kronis.

3. Bagi ilmu pengetahuan

- Mahasiswa

Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai penunjang referensi, khususnya pustaka tentang deteksi keliling menggunakan *Active contour*.

- Bagi peneliti selanjutnya

Diharapkan Penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar atau kajian awal bagi peneliti lain yang ingin meneliti permasalahan yang sama.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Populasi dan Sampel

Tujuan dari sebuah riset adalah untuk memperoleh informasi dari populasi. Populasi merupakan seluruh kumpulan elemen yang dapat digunakan untuk membuat kesimpulan tertentu sedangkan sampel merupakan kelompok yang dipilih dari populasi untuk digunakan dalam riset. Sampai saat ini belum ada kesepakatan atau ketentuan secara ideal dalam menentukan berapa banyak sampel dalam penelitian. Sampel yang baik adalah sampel yang mencerminkan populasinya (Amirullah, 2015). Ukuran sampel harus diperhatikan dalam melakukan penelitian. Gay & Diehl berpendapat bahwa ukuran sampel harus sebesar-besarnya, semakin besar ukuran sampel maka akan semakin representatif, ukuran sampel yang dapat diterima bergantung pada jenis penelitiannya sebagai berikut (?):

1. Penelitian deskriptif sampel minimumnya 10% dari populasi.
2. Penelitian yang bersifat korelasional sampel minimunnya 30 subyek
3. penelitian kausal-perbandingan, sampelnya sebanyak 30 subyek per grup
4. penelitian eksperimental, sampel minimunnya adalah 15 subyek per grup.

Fraenkel & Wallen menyarankan besar minimum untuk ukuran sampel sebagai berikut (?):

1. Penelitian deskriptif sebanyak 100 sampel.
2. Penelitian yang bersifat korelasional sebanyak 50.
3. penelitian kausal-perbandingan sebanyak 30 per grup.

4. penelitian eksperimental sebanyak adalah 30 atau 15.

2.2 Pengolahan Citra Digital (*Digital Image Processing*)

Pengolahan citra digital adalah bidang ilmu yang mengacu pada pengolahan citra digital dengan menggunakan komputer digital. Citra digital terdiri dari sejumlah elemen yang masing-masing memiliki lokasi dan nilai tertentu. Elemen-elemen ini sering disebut dengan istilah piksel (Gonzalez and Woods, 2002). Citra dapat didefinisikan sebagai fungsi intensitas dua dimensi $I(x, y)$ yang direpresentasikan sebagai matriks berukuran $m \times n$ sebagai berikut:

$$I(x, y) = \begin{bmatrix} I(0, 0) & I(0, 1) & \dots & I(0, n-1) \\ I(1, 0) & I(1, 1) & \dots & I(1, n-1) \\ \vdots & \vdots & & \\ I(m-1, 0) & I(m-1, 1) & \dots & I(m-1, n-1) \end{bmatrix}$$

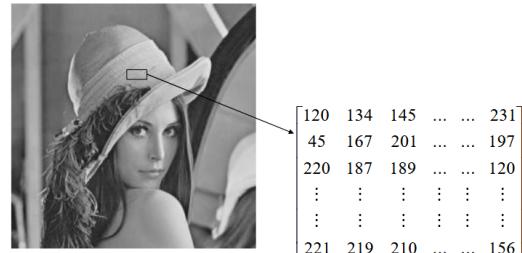
Gambar 2.1: Representasi Citra Digital

$m \times n$ menyatakan resolusi citra, dan setiap elemen dari matriks menyatakan sebuah piksel (*picture element*). Nilai I pada pasangan koordinat (x, y) disebut intensitas (*intensity*). Dalam operasi pengolahan citra, sebagian besar operasi dilakukan dalam citra *grayscale* (Tyagi, 2018).

2.2.1 Citra *Grayscale*

Citra *grayscale* adalah citra yang hanya memiliki satu kanal (*channel*) pada setiap pikselnya yang mewakili intensitas. Intensitas piksel berada dalam kisaran [0, 255] yang mana hal ini menunjukkan tingkat terangnya atau tingkat cahaya dari suatu pixel. Warna pada citra *grayscale* merupakan warna abu dengan tingkatan dari hitam

hingga sampai putih (tingkat keabuan). Kisaran intensitas piksel bernilai 0 artinya hitam dan 255 adalah putih (untuk *256-graylevel*).

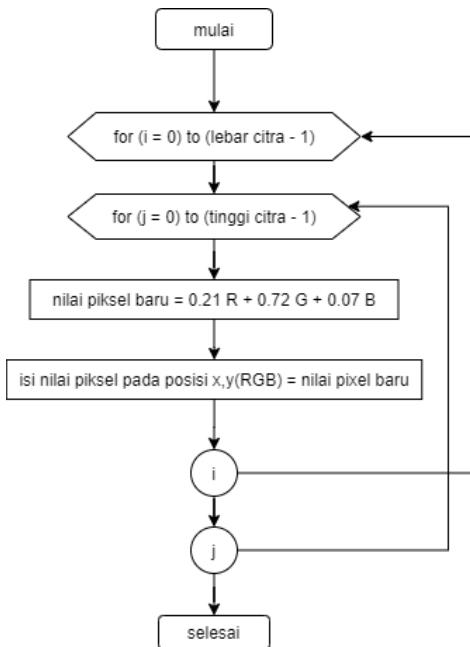


Gambar 2.2: Contoh citra *grayscale*

Setiap piksel dalam citra umumnya dijelaskan oleh kombinasi tiga nilai intensitas R (*red*), G (*green*), dan B (*blue*). Salah satu cara memetakan nilai tersebut ke satu nilai *grayscale* adalah dengan menggunakan metode *luminosity* (Kumar et al., 2016).

$$L(x, y) = 0.21R(x, y) + 0.72G(x, y) + 0.07B(x, y). \quad (2.1)$$

$L(x, y)$ melambangkan nilai intensitas *grayscale* pada pasangan koordinat (x, y) . R, G, dan B masing-masing adalah nilai intensitas citra *channel R (red)*, *G (green)*, dan *B (blue)* pada pasangan koordinat (x, y)



Gambar 2.3: Proses konversi citra RGB menjadi *grayscale*

2.2.2 Gaussian Low Pass Filter / Gaussian Filter

Peningkatan kualitas citra (*image enhancement*) adalah proses mengedit citra untuk membuatnya 'lebih baik' untuk aplikasi tertentu (Tyagi, 2018). Hal ini melibatkan proses menghaluskan atau mempertajam konten citra. Salah satu metode dalam proses menghaluskan citra adalah *filtering*, salah satunya adalah dengan menggunakan metode *Gaussian filter*. Proses ini adalah proses memblur citra menggunakan fungsi Gaussian dengan tujuan mengurangi *noise* citra dan mengurangi detail tertentu. Kernel gaussian *Gaussian blur* $G(x, y)$ dideskripsikan sebagai berikut:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2.2)$$

σ dan e menujukkan standar deviasi dan konstanta logaritma natural ($e \approx 2,718281828459$), x dan y adalah posisi koordinat Kernel gaussian.

2.3 Gradien citra (*image gradient*)

Tepi (*edge*) dalam ruang lingkup pengolahan citra digital mencirikan batas dari suatu objek dalam citra digital. Deteksi tepi (*edge detection*) merupakan metode identifikasi objek dalam citra berbasis tepi. Salah satu metode deteksi tepi yang umum digunakan adalah metode gradien citra (*image gradient*). Dalam konsep matematis, gradien dikenal sebagai turunan pertama (*first-order derivatives*). Gradien dari citra I dilambangkan dengan notasi ∇I dan di definisikan sebagai berikut:

$$\nabla I = \begin{bmatrix} \nabla I(x, y)_x \\ \nabla I(x, y)_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial I(x, y)}{\partial x} \\ \frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

di mana $\nabla I(x, y)_x$ dan $\nabla I(x, y)_y$ masing-masing adalah persamaan gradien citra I arah (*direction*) x dan y yang dapat dihitung menggunakan dua persamaan berikut:

$$\nabla I(x, y)_x = I(x + 1, y) - I(x, y) \quad (2.4)$$

$$\nabla I(x, y)_y = I(x, y + 1) - I(x, y) \quad (2.5)$$

untuk besarnya (*magnitude*) gradien I dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$M(x, y) = \|\nabla I(x, y)\| = \sqrt{(\nabla I(x, y)_x)^2 + (\nabla I(x, y)_y)^2} \quad (2.6)$$

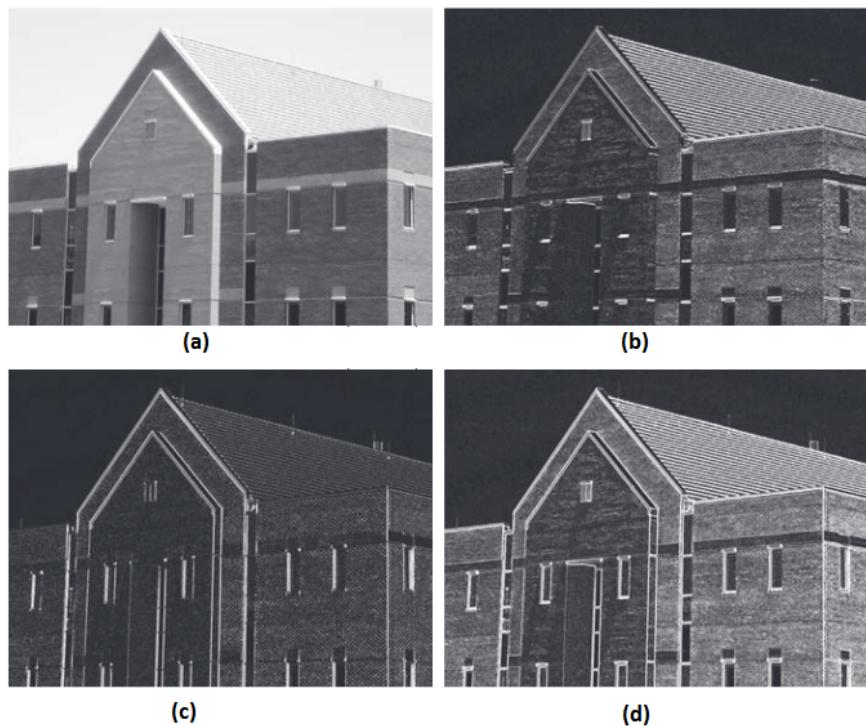
Selain menggunakan persamaan (2.4), (2.5), dan (2.6), perhitungan gradien citra dapat menggunakan operator gradien yang nantinya akan dikonvolusikan dengan citra. Salah satu operator gradien umum yang sering digunakan adalah operator Sobel/kernel Sobel. Konvolusi dilambangkan dengan $*$. Operator Sobel

arah x dan y , serta besar gradien Sobel masing-masing ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

$$G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

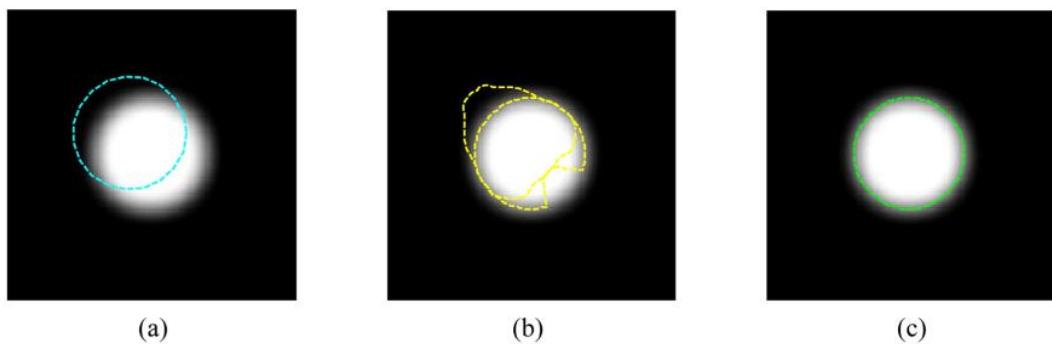
$$GS = |G_x * I(x, y)| + |G_y * I(x, y)| \quad (2.9)$$



Gambar 2.4: (a) citra *grayscale* ; (b) $|G_x * I(x, y)|$, gradien arah x menggunakan kernel Sobel-x ; (c) $|G_y * I(x, y)|$, gradien arah x menggunakan kernel Sobel-y ; (d) gradien citra, $|G_x * I(x, y)| + |G_y * I(x, y)|$ (Gonzalez and Woods, 2002)

2.4 Active contour

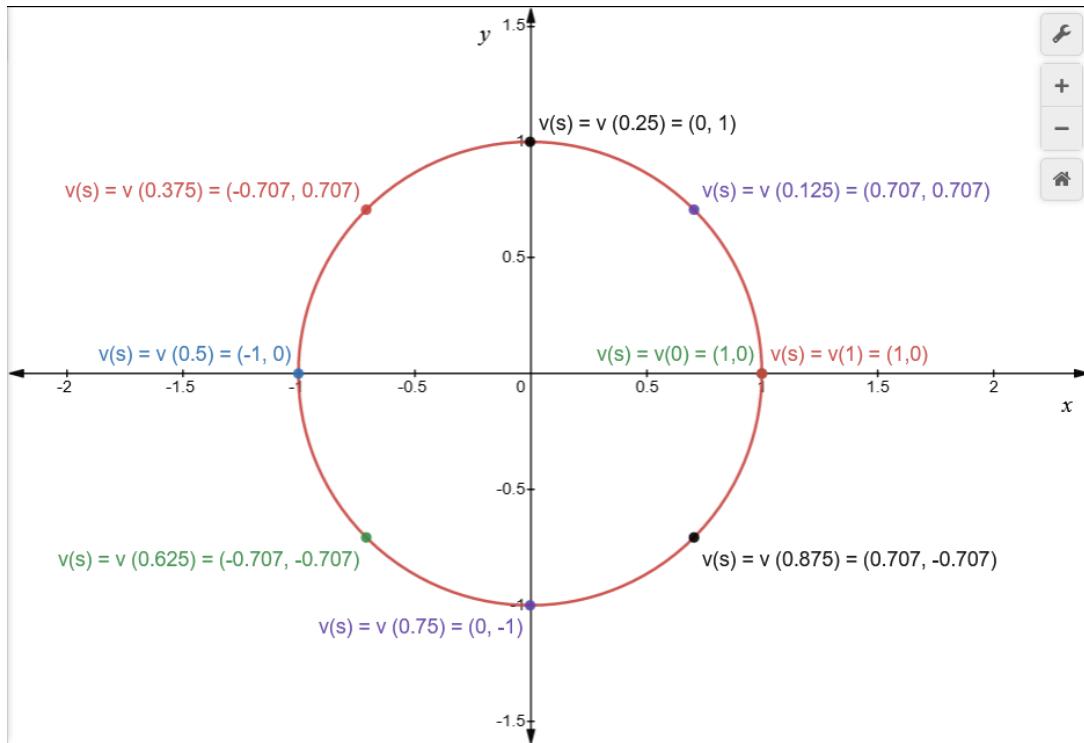
Active contour yang juga dikenal dengan sebutan *snakes* adalah kurva yang di definisikan dalam citra (*image*), kurva ini dapat bergerak menuju batas objek atau *feature* dari sebuah citra yang dipengaruhi oleh dua fungsional energi yang disebut energi internal dan energi eksternal.



Gambar 2.5: (a) citra objek lingkaran & *initial snake*, (b) evolusi kurva *snake*, (c) bentuk akhir dari *snake* setelah iterasi selesai (Acton and Ray, 2007)

2.4.1 Representasi *Snake*

Snake di representasikan sebagai kurva parametrik tertutup $\mathbf{v}(s) = (x(s), y(s))$, di mana s adalah panjang kurva dengan rentang tertentu, $x(s)$ dan $y(s)$ masing-masing merupakan elemen dari kurva \mathbf{v} pada saat s . Sebagai contoh diberikan sebuah kurva sebagai berikut:



Gambar 2.6: Kurva lingkaran

Kurva di atas adalah kurva lingkaran $\mathbf{v}(s) = [\cos(2\pi s), \sin(2\pi s)]$, $s \in [0, 1]$. Perlu diperhatikan bahwa titik awal $\mathbf{v}(0)$ dan titik akhir $\mathbf{v}(1)$ di definisikan sebagai titik yang sama.

Algoritma pembuatan lingkaran menggunakan bentuk parametrik (*parametric form*) lingkaran adalah sebagai berikut:

```
[language=Python, basicstyle=] repeat until theta >= 360: x = h + r*cos(theta) y = k + r*sin(theta) draw a line to x,y add step to theta
```

Gambar 2.7: source code inisialisasi kurva lingkaran

yang dilakukan algoritma di atas adalah menghasilkan koordinat x , y dari sebuah titik pada lingkaran yang diberi sudut (θ). Dimulai dari $\theta = 0$ kemudian *looping* sampai $\theta = 360$ atau $\theta = 2\pi$. h dan k adalah koordinat dari titik tengah lingkaran dan r adalah jari-jari lingkaran (?)

Fungsional energi *snake* di definisikan sebagai berikut (Abdullah et al., 2016):

$$E_{\text{snake}} = \int_0^1 E_{\text{int}}(\mathbf{v}(s))ds + \int_0^1 E_{\text{ext}}(\mathbf{v}(s))ds. \quad (2.10)$$

2.4.2 Energi internal

Energi internal digunakan untuk mengontrol perubahan bentuk (deformabilitas) dari *snake*, yang ditulis sebagai berikut (Abdullah et al., 2016):

$$E_{\text{int}}(\mathbf{v}(s)) = \frac{1}{2} \left(\alpha(s)|\mathbf{v}_s(s)|^2 + \beta(s)|\mathbf{v}_{ss}(s)|^2 \right) \quad (2.11)$$

s pada \mathbf{v}_s melambangkan turunan pertama, ss pada \mathbf{v}_{ss} melambangkan turunan kedua, dan seterusnya. Fungsi energi internal ini terdiri dari suku pertama yang dikendalikan oleh $\alpha(s)$ dan suku kedua yang dikendalikan oleh $\beta(s)$. Suku pertama mengontrol elastisitas (*elasticity*) dan suku kedua mengontrol kekakuan (*stiffness*) *snake*. Untuk penyederhanaan, bobot $\alpha(s)$ dan $\beta(s)$ **diasumsikan seragam**, sehingga $\alpha(s) = \alpha$ dan $\beta(s) = \beta$ hal ini mencegah agar deformabilitas *snake* tidak membentuk sudut (Ivins and Porrill, 1995). Tidak ada aturan dalam menentukan α dan β , tetapi yang perlu diperhatikan adalah semakin kecil nilai α mengakibatkan jarak tiap titik pada kurva semakin tidak teratur dan sebaliknya semakin besar nilai α mengakibatkan jarak tiap titik pada kurva semakin teratur. Untuk parameter β , semakin kecil nilainya akan menyebabkan bentuk kurva menjadi semakin tidak *smooth* atau dapat membentuk sudut dan sebaliknya semakin besar nilai β menyebabkan kurva semakin *smooth* (Ickhsan, 2020).

2.4.3 Energi eksternal

Energi internal berasal dari kurva *snake*, sedangkan energi eksternal berasal dari luar yakni dari citra itu sendiri.

Jika diberikan citra tingkat abu-abu (*gray-level image*) $I(x, y)$, maka fungsi

energi eksternal yang sesuai meliputi (Xu and Prince, 1998):

$$E_{ext}^{(1)}(x, y) = -|\nabla I(x, y)|^2 \quad (2.12)$$

$$E_{ext}^{(2)}(x, y) = -|\nabla [G_\sigma(x, y) * I(x, y)]|^2 \quad (2.13)$$

Jika citra tersebut adalah citra biner (*black-white*), energi eksternal yang sesuai di antaranya adalah sebagai berikut:

$$E_{ext}^{(3)}(x, y) = I(x, y) \quad (2.14)$$

$$E_{ext}^{(4)}(x, y) = G_\sigma(x, y) * I(x, y) \quad (2.15)$$

di mana $G_\sigma(x, y)$ adalah fungsi *Gaussian* dengan standar deviasi σ , ∇ adalah operator gradien. $*$ mewakili konvolusi $G_\sigma(x, y) * I(x, y)$, di mana $I(x, y)$ adalah fungsi intensitas citra. ∇ adalah operator gradien, kita dapat menggunakan operator Sobel pada persamaan (2.7) dan (2.8) untuk menjalankan fungsi energi eksternal ini.

Substitusi Energi internal (2.11) dan Energi Eksternal (2.12) - (2.15) ke fungsional energi *snake* (2.10), menghasilkan persamaan energi *snake* menjadi:

$$E_{snake} = \int_0^1 \left(\frac{1}{2} \left(\alpha(s) |\mathbf{v}_s(s)|^2 + \beta(s) |\mathbf{v}_{ss}(s)|^2 \right) + E_{ext}^{(i)}(x, y) \right) ds. \quad (2.16)$$

dengan $i = 1, 2, 3, 4$.

2.5 Active contour evolution

Kurva *snake* akan bergerak menuju batas dari *feature* dari sebuah citra, proses ini disebut *active contour evolution*. Perhitungan evolusi *snake* yang meminimalkan persamaan energi (2.16) ketika $\alpha(s) = \alpha$ dan $\beta(s) = \beta$, harus memenuhi persamaan Euler berikut (Xu and Prince, 1998):

$$\alpha \mathbf{v}_{ss}(s) - \beta \mathbf{v}_{ssss}(s) - \nabla E_{ext}^{(i)} = 0 \quad (2.17)$$

Untuk menemukan solusi persamaan (2.17), kurva *snake* \mathbf{v} dibuat dinamis terhadap waktu t . Turunan parsial \mathbf{v} terhadap t ditetapkan sama dengan ruas kiri persamaan (2.17) sebagai berikut (Xu and Prince, 1998):

$$\mathbf{v}_t(s, t) = \alpha \mathbf{v}_{ss}(s, t) - \beta \mathbf{v}_{ssss}(s, t) - \nabla E_{ext}^{(i)} = 0 \quad (2.18)$$

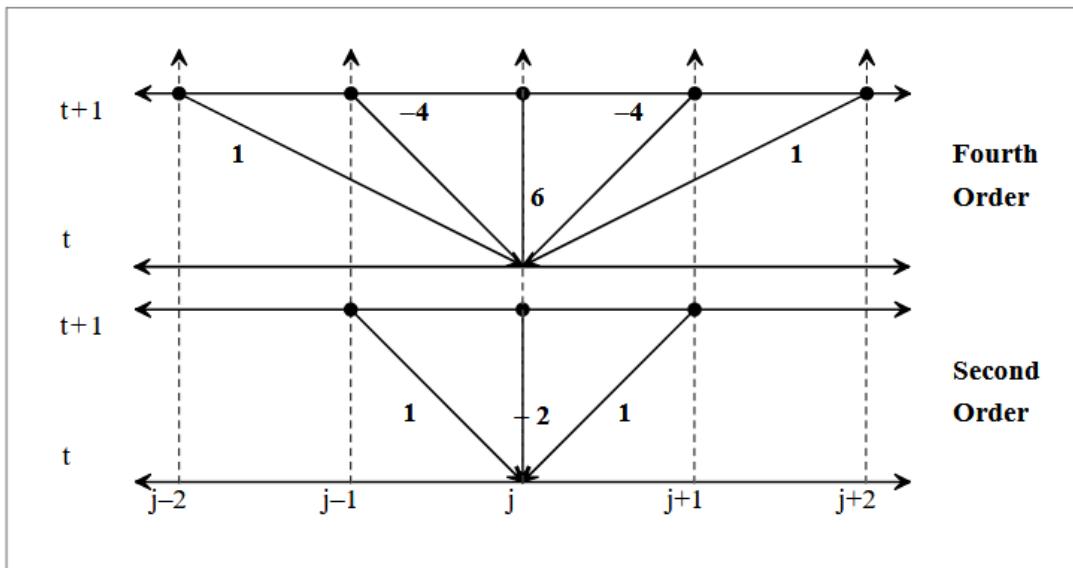
atau dapat ditulis sebagai berikut (Ivins and Porrill, 1995):

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 \mathbf{v}}{\partial s^2} - \beta \frac{\partial^4 \mathbf{v}}{\partial s^4} - \frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial \mathbf{v}} = 0 \quad (2.19)$$

\mathbf{v} pada persamaan (2.19) dapat dipisahkan menjadi komponen/elemen x dan y , katakanlah u_j adalah komponen/elemen *snake* \mathbf{v} di mana $j = 0, 1, \dots, N - 1$ sebagai aproksimasi diskrit untuk $x(s)$ dan $y(s)$, dan t melambangkan iterasi, maka persamaan (2.19) menjadi:

$$\frac{\partial u_j^t}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 u_j^t}{\partial s^2} - \beta \frac{\partial^4 u_j^t}{\partial s^4} - \frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial u_j^t} = 0 \quad (2.20)$$

Turunan pada persamaan (2.20) dapat diaproksimasikan menggunakan *finite differences* yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.8: Aproksimasi turunan dengan *finite differences* (Ivins and Porrill, 1995)

Turunan $\frac{\partial u_j^t}{\partial t}$ diaproksimasikan menjadi $\frac{u_j^{t+1} - u_j^t}{\delta t}$ (Ivins and Porrill, 1995). Turunan orde kedua, yaitu $\frac{\partial^2 u_j^t}{\partial s^2}$ diaproksimasikan menjadi $\frac{(u_{j+1}^{t+1} + u_{j-1}^{t+1} - 2u_j^{t+1})}{\delta s^2}$, sedangkan turunan orde keempat, yaitu $\frac{\partial^4 u_j^t}{\partial s^4}$ diaproksimasikan menjadi $\frac{(u_{j+2}^{t+1} - 4u_{j+1}^{t+1} + 6u_j^{t+1} - 4u_{j-1}^{t+1} + u_{j-2}^{t+1})}{\delta s^4}$. Turunan dalam persamaan (2.20) yang diaproksimasi menggunakan *finite differences* seperti yang ditunjukkan pada Gambar (2.8) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{u_j^{t+1} - u_j^t}{\delta t} &= \frac{\alpha}{\delta s^2} (u_{j+1}^{t+1} + u_{j-1}^{t+1} - 2u_j^{t+1}) \\ &\quad - \frac{\beta}{\delta s^4} (u_{j+2}^{t+1} - 4u_{j+1}^{t+1} + 6u_j^{t+1} - 4u_{j-1}^{t+1} + u_{j-2}^{t+1}) - \frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial u_j^t} \end{aligned} \quad (2.21)$$

$$\begin{aligned} u_j^{t+1} - u_j^t &= \frac{\alpha \delta t}{\delta s^2} u_{j+1}^{t+1} + \frac{\alpha \delta t}{\delta s^2} u_{j-1}^{t+1} - \frac{\alpha \delta t}{\delta s^2} 2u_j^{t+1} \\ &\quad - \frac{\beta \delta t}{\delta s^4} u_{j+2}^{t+1} + \frac{\beta \delta t}{\delta s^4} 4u_{j+1}^{t+1} - \frac{\beta \delta t}{\delta s^4} 6u_j^{t+1} + \frac{\beta \delta t}{\delta s^4} 4u_{j-1}^{t+1} - \frac{\beta \delta t}{\delta s^4} u_{j-2}^{t+1} - \frac{\partial E_{ext}^{(i)} \delta t}{\partial u_j^t} \end{aligned} \quad (2.22)$$

di mana t dan $t+1$ mewakili parameter waktu yang berurutan dengan langkah waktu (*time step*) δt . δs mewakili ukuran langkah (*step size*). Memindahkan δt ke ruas kanan persamaan membuat persamaan (2.21) menjadi:

$$\begin{aligned} bu_{j+2}^{t+1} - (a + 4b)u_{j+1}^{t+1} + (1 + 2a + 6b)u_j^{t+1} - (a + 4b)u_{j-1}^{t+1} + bu_{j-2}^{t+1} \\ = u_j^t - \delta t \frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial u_j^t} \end{aligned} \quad (2.23)$$

di mana $a \equiv \alpha \frac{\delta t}{\delta s^2}$ dan $b \equiv \beta \frac{\delta t}{\delta s^4}$. Persamaan (2.23) dapat juga ditulis sebagai berikut:

$$pu_{j+2}^{t+1} + qu_{j+1}^{t+1} + ru_j^{t+1} + qu_{j-1}^{t+1} + pu_{j-2}^{t+1} = \tilde{u}_j^{t+1} \quad (2.24)$$

di mana $p \equiv b$, $q \equiv -a - 4b$, dan $r \equiv 1 + 2a + 6b$, sedangkan $\tilde{u}_j^{t+1} = u_j^t - \delta t \frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial u_j^t}$.

Persamaan (2.24) ini dapat ditulis dalam bentuk matriks untuk koordinat x dan y dari

setiap elemen kurva *snake* \mathbf{v} .

$$\begin{bmatrix} r & q & p & & p & q \\ q & r & q & p & & p \\ p & q & r & q & p & \\ \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & p & q & r & q & p \\ p & & p & q & r & q \\ q & p & & p & q & r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_0^{t+1} \\ u_1^{t+1} \\ u_2^{t+1} \\ \vdots \\ u_{N-3}^{t+1} \\ u_{N-2}^{t+1} \\ u_{N-1}^{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{u}_0^{t+1} \\ \tilde{u}_1^{t+1} \\ \tilde{u}_2^{t+1} \\ \vdots \\ \tilde{u}_{N-3}^{t+1} \\ \tilde{u}_{N-2}^{t+1} \\ \tilde{u}_{N-1}^{t+1} \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

di mana

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} r & q & p & & p & q \\ q & r & q & p & & p \\ p & q & r & q & p & \\ \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots \\ & p & q & r & q & p \\ p & & p & q & r & q \\ q & p & & p & q & r \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

$$\mathbf{u}_j^{t+1} = \begin{bmatrix} u_0^{t+1} \\ u_1^{t+1} \\ u_2^{t+1} \\ \vdots \\ u_{N-3}^{t+1} \\ u_{N-2}^{t+1} \\ u_{N-1}^{t+1} \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

$$\tilde{\mathbf{u}}_j^{t+1} = \begin{bmatrix} \tilde{u}_0^{t+1} \\ \tilde{u}_1^{t+1} \\ \tilde{u}_2^{t+1} \\ \vdots \\ \tilde{u}_{N-3}^{t+1} \\ \tilde{u}_{N-2}^{t+1} \\ \tilde{u}_{N-1}^{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_0^t - \delta t \frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial u_0^t} \\ u_1^t - \delta t \frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial u_1^t} \\ u_2^t - \delta t \frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial u_2^t} \\ \vdots \\ u_{N-3}^t - \delta t \frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial u_{N-3}^t} \\ u_{N-2}^t - \delta t \frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial u_{N-2}^t} \\ u_{N-1}^t - \delta t \frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial u_{N-1}^t} \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

$$p \equiv \beta \frac{\delta t}{\delta s^4}, q \equiv -\alpha \frac{\delta t}{\delta s^2} - 4\beta \frac{\delta t}{\delta s^4}, r \equiv 1 + 2\alpha \frac{\delta t}{\delta s^2} + 6\beta \frac{\delta t}{\delta s^4} \quad (2.29)$$

Mengalikan kedua sisi dari persamaan (2.25) dengan inverse dari matriks \mathbf{M} memberikan solusi akhir persamaan *snake* menjadi:

$$\mathbf{u}_j^{t+1} = \mathbf{M}^{-1} \left(\mathbf{u}_j^t - \delta t \frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial \mathbf{u}_j^t} \right) \quad (2.30)$$

Perlu diingat \mathbf{u} adalah komponen/elemen x dan y pada kurva *snake*, komponen/elemen ini dapat dinyatakan dengan vektor \mathbf{x} dan \mathbf{y} . Jika $E_{ext}^{(i)}$ dinotasikan menjadi fungsi \mathbf{f} maka :

$$\frac{\partial E_{ext}^{(i)}}{\partial \mathbf{u}_j^t} = \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{u}_j^t} \quad (2.31)$$

Hal ini membuat persamaan (2.30) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{x}_j^{t+1} = \mathbf{M}^{-1} \left(\mathbf{x}_j^t - \delta t \mathbf{f}_x \right) \quad (2.32)$$

dan

$$\mathbf{y}_j^{t+1} = \mathbf{M}^{-1} \left(\mathbf{y}_j^t - \delta t \mathbf{f}_y \right) \quad (2.33)$$

\mathbf{f}_x dan \mathbf{f}_y adalah vektor-vektor yang bersesuaian dengan bentuk turunan

pertama $\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{u}_j^t}$ sebagai berikut:

$$\mathbf{f}_x = f_x(x_j^t, y_j^t) \quad (2.34)$$

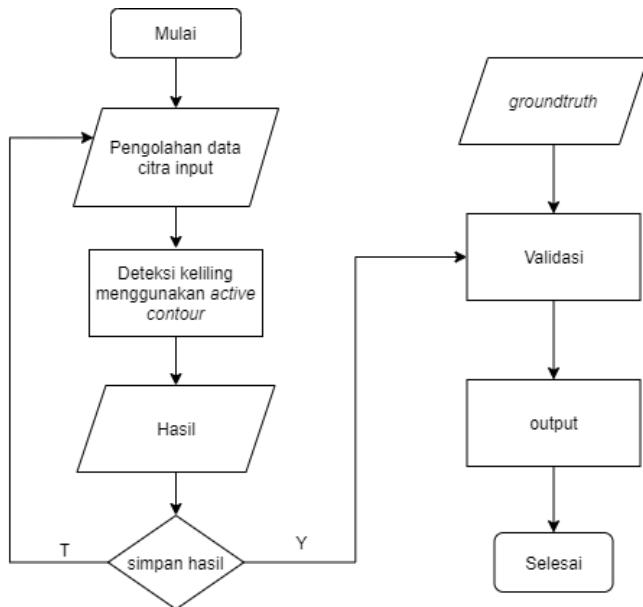
$$\mathbf{f}_y = f_y(x_j^t, y_j^t) \quad (2.35)$$

di mana x_j^t dan y_j^t adalah pasangan koordinat dari kurva *snake*. \mathbf{f}_x dan \mathbf{f}_y dapat dicari menggunakan teori gradien citra.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini diagram alir penelitian yang akan dilakukan:



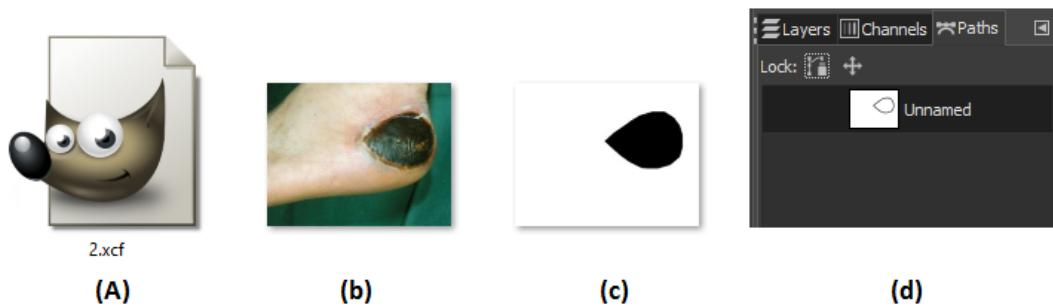
Gambar 3.1: Diagram alir penelitian

3.1 Input data citra luka

Tujuan dari sebuah riset adalah untuk memperoleh informasi dari populasi. Populasi merupakan seluruh kumpulan elemen yang dapat digunakan untuk membuat kesimpulan tertentu sedangkan sampel merupakan kelompok yang dipilih dari populasi untuk digunakan dalam riset. Sampai saat ini belum ada kesepakatan atau ketentuan secara ideal dalam menentukan berapa banyak sampel dalam penelitian. Sampel yang baik adalah sampel yang mencerminkan populasinya (Amirullah, 2015). Sebagai pembanding pada penelitian terkait menggunakan *active contour (snake)*, Permata menggunakan data sebanyak 20 citra preparat darah pada penelitiannya tentang segmentasi parasit malaria menggunakan *snake*(Permata,

2015), lalu pada penelitian lain Fadillah menggunakan data sebanyak 15 citra CT-Scan paru-paru pada penelitiannya tentang segmentasi citra paru-paru menggunakan *snake*, dan Constantia menggunakan 21 data citra sapi dalam penelitiannya tentang estimasi bobot sapi menggunakan *snake*(Constantia et al., 2019).

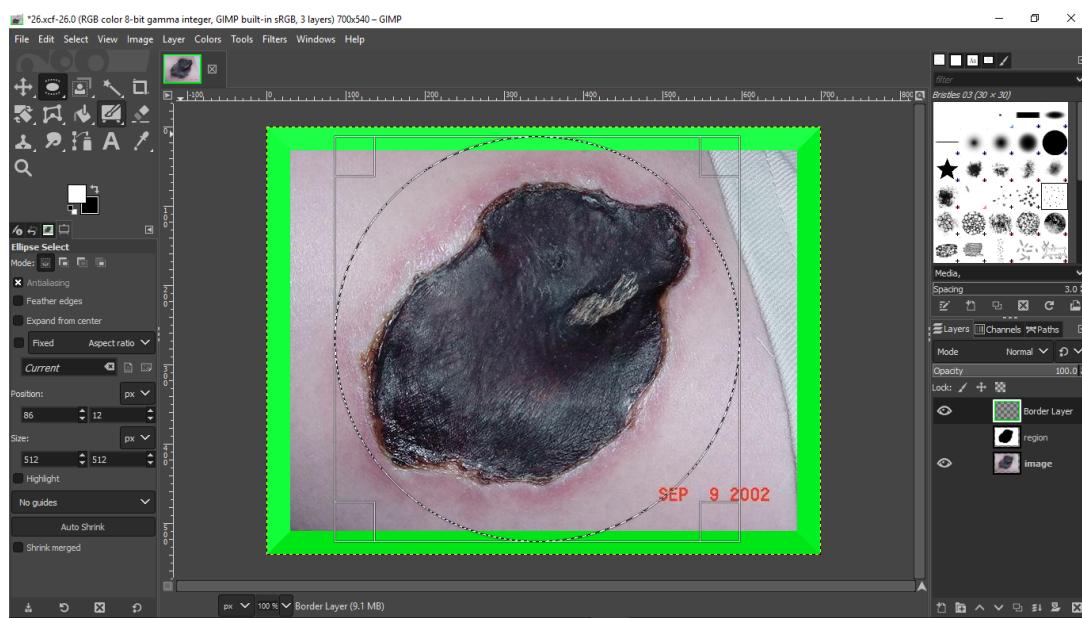
Dataset luka yang penulis dapat berjumlah 108, sebanyak 31 data tidak dapat dipakai karena data tersebut memiliki duplikasi dengan data lain sehingga data yang tersedia berjumlah 77 buah citra luka yang penulis jadikan sebagai populasi dengan kategori luka hitam sebanyak 27 citra, luka kuning sebanyak 15 citra, dan luka merah sebanyak 35 citra. *Dataset* ini didapat dari penelitian luka Ns. Ratna Aryani, M.Kep, tahun 2018 (Ratna Aryani, 2018) yang tersedia di *repository* <https://github.com/mekas/InjuryDetection>. Data yang penulis gunakan adalah data-data yang berekstensi .xcf yang dapat dibuka dengan *software* GIMP, pemrosesan data sebelum deteksi menggunakan *snake* dan GVF dilakukan menggunakan *software* GIMP. *Dataset* ini masing-masing di dalamnya terdapat *layer* citra (luka), *layer* region (luka), dan *path* sebagai berikut :



Gambar 3.2: (a) Data citra format .xcf, (b) *layer* citra (luka), (c) *layer* region, (d) *path*

langkah selanjutnya adalah mengubah ukuran (*resize*) citra *size* yang besar ke ukuran yang lebih kecil agar proses deteksi menjadi lebih cepat. Penulis mengubah ukuran citra menggunakan fitur *rescale image* sehingga ukuran citra tidak lebih dari

2 megabyte. Kemudian penulis mengecek masing-masing citra dengan fitur *eclipse select* untuk mengetahui apakah objek luka pada data citra pas berada di dalam lingkaran yang akan dijadikan sebagai inisialisasi awal. Ukuran lingkaran tidak boleh lebih besar dari ukuran citra. Jika ukuran lingkaran lebih besar daripada ukuran citra, maka perlu ditambahkan *border* yang dibuat menggunakan fitur *add border* sebagai berikut :



Gambar 3.3: Citra luka yang telah dicek menggunakan fitur *eclipse select* dan ditambahkan *border*

Setelah proses *resize* sampai pengecekan lingkaran, selanjutnya penulis *export layer* masing masing ke format .jpg.



Gambar 3.4: Citra luka dan region luka

3.1.1 *Ground truth*

Setelah mendapatkan data citra dan region selanjutnya adalah mencari *ground truth* dari masing masing citra. Penulis menggunakan fitur *stroke path* dari GIMP untuk mendapatkan tepi dari data region yang akan dijadikan sebagai *ground truth*.



Gambar 3.5: Komparasi Citra luka, region luka, dan *groundtruth*

3.1.2 Inisialisasi kurva awal *Active Contour*

Sebelum menjalankan *Active Contour (snake)* untuk mendeteksi keliling luka, hal yang harus dilakukan adalah menginisialisasi kurva awal. Penulis mendefinisikan kurva awal *snake* berbentuk lingkaran dan diinisialisasikan secara manual di atas citra. Penulis memberikan anotasi pada masing-masing data dimana

cr (*center_row*) dan cc (*center_column*) menunjukkan titik pusat lingkaran pada citra, dan r adalah jari-jari citra sebagai berikut:

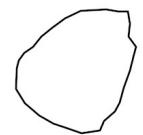
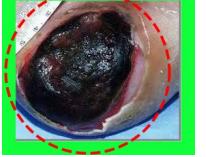
Tabel 3.1: Rincian data yang akan digunakan kategori luka hitam

Citra	Region	Ground truth	Kurva awal	Anotasi
2.jpg	2_r.jpg	2_g.jpg	2_init.jpg	cr=120 cc=265 r=85
4.jpg	4_r.jpg	4_g.jpg	4_init.jpg	cr=145 cc=130 r=90
5.jpg	5_r.jpg	5_g.jpg	5_init.jpg	cr=160 cc=190 r=115

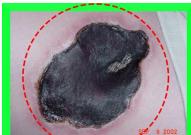
Tabel 3.2: Rincian data yang akan digunakan kategori luka hitam (lanjutan)

Citra	Region	Ground truth	Kurva awal	Anotasi
6.jpg	6_r.jpg	6_g.jpg	6_init.jpg	cr=155 cc=165 r=80
7.jpg	7_r.jpg	7_g.jpg	7_init.jpg	cr=55 cc=75 r=45
8.jpg	8_r.jpg	8_g.jpg	8_init.jpg	cr=153 cc=255 r=45
9.jpg	9_r.jpg	9_g.jpg	9_init.jpg	cr=55 cc=75 r=45
11.jpg	11_r.jpg	11_g.jpg	11_init.jpg	cr=155 cc=165 r=80

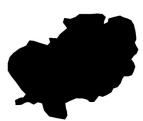
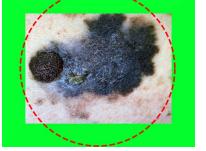
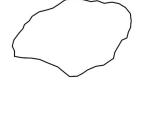
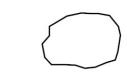
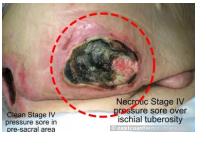
Tabel 3.3: Rincian data yang akan digunakan kategori luka hitam (lanjutan)

Citra	<i>Region</i>	<i>Ground truth</i>	Kurva awal	Anotasi
14.jpg				cr=95 cc=130 r=65
15.jpg				cr=153 cc=250 r=151
16.jpg				cr=208 cc=245 r=200
17.jpg				cr=124 cc=125 r=120
18.jpg				cr=85 cc=85 r=75

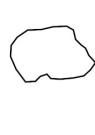
Tabel 3.4: Rincian data yang akan digunakan kategori luka hitam (lanjutan)

Citra	<i>Region</i>	<i>Ground truth</i>	Kurva awal	Anotasi
19.jpg				 cr=225 cc=285 r=130
20.jpg				 cr=250 cc=225 r=155
22.jpg				 cr=140 cc=190 r=125
24.jpg				 cr=190 cc=190 r=180
26.jpg				 cr=195 cc=248 r=193

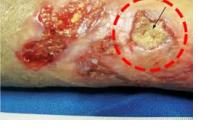
Tabel 3.5: Rincian data yang akan digunakan kategori luka hitam (lanjutan)

Citra	<i>Region</i>	<i>Ground truth</i>	Kurva awal	Anotasi
27.jpg				cr=207 cc=253 r=205
28.jpg				cr=120 cc=80 r=70
29.jpg				cr=195 cc=240 r=180
31.jpg				cr=245 cc=190 r=180
33.jpg				cr=120 cc=195 r=100

Tabel 3.6: Rincian data yang akan digunakan kategori luka hitam (lanjutan)

Citra	<i>Region</i>	<i>Ground truth</i>	Kurva awal	Anotasi
37.jpg				 cr=110 cc=125 r=95
39.jpg				 cr=260 cc=265 r=170
40.jpg				 cr=90 cc=100 r=65
41.jpg				 cr=105 cc=170 r=100

Tabel 3.7: Rincian data yang akan digunakan kategori luka kuning

Citra	<i>Region</i>	<i>Ground truth</i>	Kurva awal	Anotasi
3.jpg				cr=80 cc=85 r=65
10.jpg				cr=155 cc=133 r=128
12.jpg				cr=90 cc=138 r=70
13.jpg				cr=70 cc=206 r=50
16.jpg				cr=135 cc=172 r=130

Tabel 3.8: Rincian data yang akan digunakan kategori luka kuning (lanjutan)

Citra	<i>Region</i>	<i>Ground truth</i>	Kurva awal	Anotasi
17.jpg				cr=125 cc=115 r=25
18.jpg				cr=95 cc=130 r=80
19.jpg				cr=60 cc=60 r=50
21.jpg				cr=130 cc=170 r=70
23.jpg				cr=170 cc=230 r=160

Tabel 3.9: Rincian data yang akan digunakan kategori luka kuning (lanjutan)

Citra	<i>Region</i>	<i>Ground truth</i>	Kurva awal	Anotasi
25.jpg	25_r.jpg	25_g.jpg	25_init.jpg	cr=145 cc=130 r=55
34.jpg	34_r.jpg	34_g.jpg	34_init.jpg	cr=185 cc=245 r=130
35.jpg	35_r.jpg	35_g.jpg	35_init.jpg	cr=105 cc=110 r=100
38.jpg	38_r.jpg	38_g.jpg	38_init.jpg	cr=150 cc=280 r=120
42.jpg	42_r.jpg	42_g.jpg	42_init.jpg	cr=160 cc=260 r=1135

Tabel 3.10: Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah

Citra	Region	Ground truth	Kurva awal	Anotasi
1.jpg	1_r.jpg	1_g.jpg	1_init.jpg	cr=200 cc=235 r=190
2.jpg	2_r.jpg	2_g.jpg	2_init.jpg	cr=270 cc=105 r=100
3.jpg	3_r.jpg	3_g.jpg	3_init.jpg	cr=255 cc=170 r=100
4.jpg	4_r.jpg	4_g.jpg	4_init.jpg	cr=310 cc=170 r=150
6.jpg	6_r.jpg	6_g.jpg	6_init.jpg	cr=160 cc=250 r=120

Tabel 3.11: Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah (lanjutan)

Citra	Region	Ground truth	Kurva awal	Anotasi
7.jpg				cr=180 cc=250 r=90
8.jpg				cr=220 cc=260 r=140
9.jpg				cr=236 cc=130 r=70
10.jpg				cr=180 cc=240 r=90
11.jpg				cr=190 cc=295 r=170

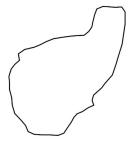
Tabel 3.12: Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah (lanjutan)

Citra	<i>Region</i>	<i>Ground truth</i>	Kurva awal	Anotasi
12.jpg				cr=200 cc=245 r=155
14.jpg				cr=180 cc=263 r=175
16.jpg				cr=105 cc=140 r=90
17.jpg				cr=105 cc=160 r=90
18.jpg				cr=180 cc=280 r=70

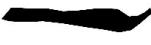
Tabel 3.13: Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah (lanjutan)

Citra	Region	Ground truth	Kurva awal	Anotasi
19.jpg				cr=215 cc=275 r=215
20.jpg				cr=180 cc=204 r=173
22.jpg				cr=180 cc=225 r=150
23.jpg				cr=200 cc=235 r=190
24.jpg				cr=150 cc=150 r=145

Tabel 3.14: Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah (lanjutan)

Citra	Region	Ground truth	Kurva awal	Anotasi
25.jpg				 cr=240 cc=320 r=135
26.jpg				 cr=230 cc=280 r=225
29.jpg				 cr=105 cc=160 r=90
30.jpg				 cr=200 cc=235 r=190
31.jpg				 cr=120 cc=185 r=90

Tabel 3.15: Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah (lanjutan)

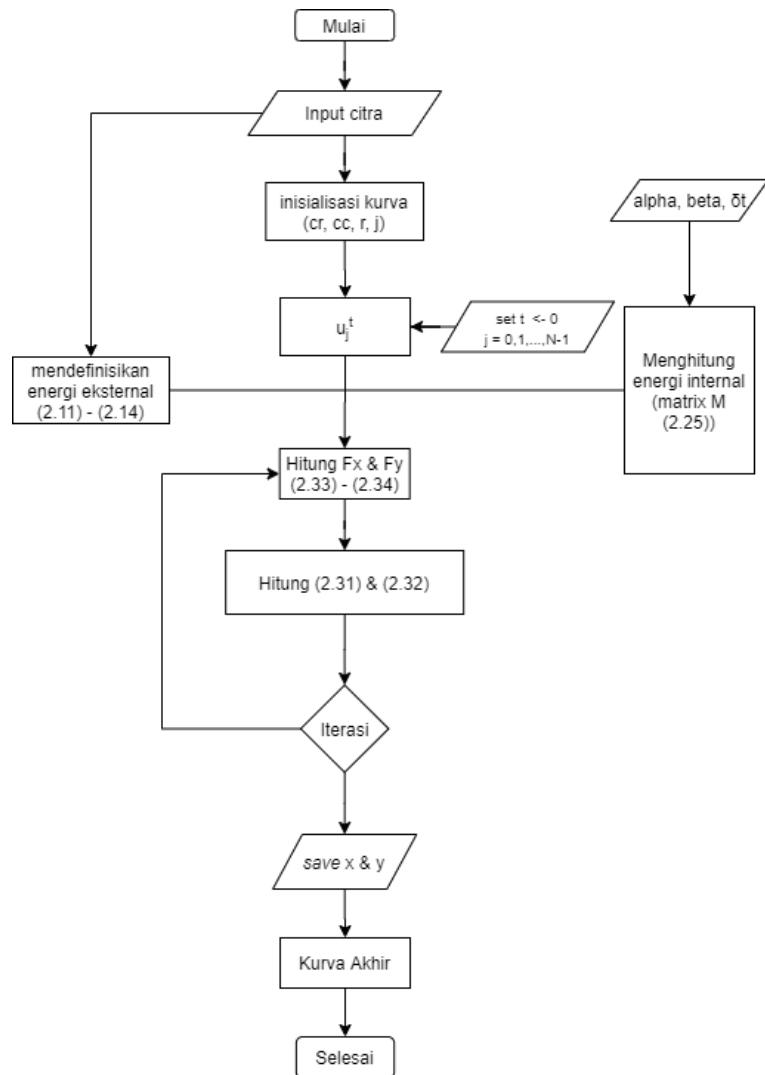
Citra	<i>Region</i>	<i>Ground truth</i>	Kurva awal	Anotasi
32.jpg				 cr=83 cc=120 r=80
33.jpg				 cr=115 cc=130 r=92
35.jpg				 cr=140 cc=130 r=120
36.jpg				 cr=150 cc=130 r=55
37.jpg				 cr=110 cc=130 r=80

Tabel 3.16: Rincian data yang akan digunakan kategori luka merah (lanjutan)

Citra	Region	Ground truth	Kurva awal	Anotasi
38.jpg				cr=210 cc=260 r=130
39.jpg				cr=70 cc=95 r=35
40.jpg				cr=190 cc=260 r=150
42.jpg				cr=160 cc=180 r=90
44.jpg				cr=190 cc=345 r=90

3.2 Deteksi keliling menggunakan Active Contour (*snake*)

Setelah data didapatkan dan inisialisasi kurva awal telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah deteksi keliling menggunakan *snake*. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:



Gambar 3.6: Diagram alir *snake*

3.3 Validasi

Validasi yang penulis gunakan adalah dengan cara menghitung selisih piksel dari area kurva akhir *snake* dengan area *ground truth*. Semakin kecil nilai selisihnya (dalam satuan piksel) maka semakin bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. A., Dlay, S. S., Woo, W. L., and Chambers, J. A. (2016). Robust iris segmentation method based on a new active contour force with a noncircular normalization. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics: Systems*, 47(12):3128–3141.
- Acton, S. and Ray, N. (2007). Biomedical image analysis: Segmentation (synthesis lectures on image, video, & multimedia processing). *Morgan & Claypool Publishers*.
- Amirullah, S. (2015). Metode penelitian manajemen. *Malang: Bayumedia Publishing Malang*.
- Benbow, M. (2016). Best practice in wound assessment. *Nursing standard*, 30(27).
- Brown, M. S., Ashley, B., and Koh, A. (2018). Wearable technology for chronic wound monitoring: current dressings, advancements, and future prospects. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 6:47.
- Budman, J., Keenahan, K., Acharya, S., and Brat, G. A. (2015). Design of a smartphone application for automated wound measurements for home care. *Iproceedings*, 1(1):e16.
- Carrión, H., Jafari, M., Bagood, M. D., Yang, H.-y., Isseroff, R. R., and Gomez, M. (2022). Automatic wound detection and size estimation using deep learning algorithms. *PLoS computational biology*, 18(3):e1009852.
- Constantia, E., Hidayat, B., et al. (2019). Estimasi bobot sapi berdasarkan registrasi citra digital dengan metode geometric active contour dan klasifikasi decision tree. *eProceedings of Engineering*, 6(1).

- Fard, A. S., Esmaelzadeh, M., and Larijani, B. (2007). Assessment and treatment of diabetic foot ulcer. *International journal of clinical practice*, 61(11):1931–1938.
- Gholami, P., Ahmadi-pajouh, M. A., Abolftahi, N., Hamarneh, G., and Kayvanrad, M. (2017). Segmentation and measurement of chronic wounds for bioprinting. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 22(4):1269–1277.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2002). Digital image processing (preview).
- Guo, M., Wang, Z., Ma, Y., and Xie, W. (2013). Review of parametric active contour models in image processing. *Journal of Convergence Information Technology*, 8(11):248.
- Hemalatha, R., Thamizhvani, T., Dhivya, A. J. A., Joseph, J. E., Babu, B., and Chandrasekaran, R. (2018). Active contour based segmentation techniques for medical image analysis. *Medical and Biological Image Analysis*, 4(17):2.
- HSE (2007). *Wound Management Guidelines*. USA.
- Ickhsan, M. (2020). Implementasi metode segmentasi active contour untuk memperjelas tepi pada citra penyakit paru-paru. *Pelita Informatika: Informasi dan Informatika*, 8(3):357–360.
- Ivins, J. and Porrill, J. (1995). Everything you always wanted to know about snakes (but were afraid to ask). *Artificial Intelligence*, 2000.
- Kass, M., Witkin, A., and Terzopoulos, D. (1988). Snakes: Active contour models. *International journal of computer vision*, 1(4):321–331.
- Kesehatan, K. (2018). *Hasil utama riset kesehatan dasar (RISKESDAS) 2018*. Jakarta.

- Kumar, R. V., Raju, K. P., Kumar, L. R., and Kumar, M. (2016). Gray level to rgb using ycbcr color space technique. *Int. J. Comput. Appl.*, 147:25–28.
- Landén, N. X., Li, D., and Ståhle, M. (2016). Transition from inflammation to proliferation: a critical step during wound healing. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 73(20):3861–3885.
- Monuteaux, M. C., Fleegler, E. W., and Lee, L. K. (2017). A cross-sectional study of emergency care utilization and associated costs of violent-related (assault) injuries in the united states. *Journal of trauma and acute care surgery*, 83(5S):S240–S245.
- Permata, E. (2015). Penggunaan metode active contour untuk segmentasi parasit malaria plasmodium falciparum. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 6(1):163–174.
- Poon, T. W. K. and Friesen, M. R. (2015a). Algorithms for size and color detection of smartphone images of chronic wounds for healthcare applications. *IEEE Access*, 3:1799–1808.
- Poon, T. W. K. and Friesen, M. R. (2015b). Algorithms for size and color detection of smartphone images of chronic wounds for healthcare applications. *IEEE Access*, 3:1799–1808.
- Ratna Aryani, Muhammad Yusro, M. E. S. I. F. (2018). *BUKU PANDUAN : RANCANG BANGUN APLIKASI MOBILE ANDROID SEBAGAI ALAT DETEKSI WARNA DASAR LUKA DALAM MEMBANTU PROSES PENGKAJIAN LUKA KRONIS DENGAN NEKROSIS*. CRC Press.
- Simon, P. E. (2018). Skin wound healing: Overview, hemostasis, inflammatory phase. <https://emedicine.medscape.com/article/884594-overview>.

- Tyagi, V. (2018). *Understanding digital image processing*. CRC Press.
- Van Poucke, S., Vander Haeghen, Y., Vissers, K., Meert, T., and Jorens, P. (2010). Automatic colorimetric calibration of human wounds. *BMC medical imaging*, 10(1):7.
- Wang, L., Pedersen, P. C., Agu, E., Strong, D. M., and Tulu, B. (2016). Area determination of diabetic foot ulcer images using a cascaded two-stage svm-based classification. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 64(9):2098–2109.
- Wang, L., Pedersen, P. C., Strong, D. M., Tulu, B., Agu, E., and Ignatz, R. (2014). Smartphone-based wound assessment system for patients with diabetes. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62(2):477–488.
- White, P. J., Podaima, B. W., and Friesen, M. R. (2014). Algorithms for smartphone and tablet image analysis for healthcare applications. *IEEE Access*, 2:831–840.
- Wild, S., Roglic, G., Green, A., Sicree, R., and King, H. (2004). Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes care*, 27(5):1047–1053.
- Xu, C. and Prince, J. L. (1998). Snakes, shapes, and gradient vector flow. *IEEE Transactions on image processing*, 7(3):359–369.
- Zhao, R., Liang, H., Clarke, E., Jackson, C., and Xue, M. (2016). Inflammation in chronic wounds. *International journal of molecular sciences*, 17(12):2085.