

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Literature Review*

Untuk menunjang penelitian yang dilakukan, studi literatur terhadap penelitian – penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan topik penelitian dibahas pada bagian ini. Studi literatur yang pertama dilakukan terhadap penelitian yang berjudul "Perhitungan Jumlah Bakteri Yogurt Berbasis *Threshold*" karya dari Andi Sri Irtawaty. Penelitian tersebut membahas tentang perhitungan untuk menghitung jumlah keseluruhan bakteri yang terkandung pada sebuah yogurt 200ml. Penelitian tersebut menggunakan media video yang digunakan sebagai input yang akan dihitung banyak bakteri yang terkandung di dalamnya. Pengujian dilakukan selama tiga detik dengan dua jenis yogurt. Pertama yogurt dengan suhu $< 4^{\circ}\text{C}$ dan yang kedua dengan suhu $\geq 4^{\circ}\text{C}$. Metode perhitungan jumlah bakteri yang terkandung dalam yogurt dilakukan secara manual dengan rumus-rumus perhitungan. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa bakteri yang terhitung pada yogurt dengan suhu di bawah 4° memiliki jumlah bakteri sangat banyak dibanding dengan jumlah bakteri pada yogurt dengan suhu di atas 4°C . (Irtawaty, 2014)

Studi literatur yang kedua dilakukan terhadap penelitian yang berjudul "Perhitungan Jumlah Bakteri *Escherichia Coli* Dengan Pengolahan Citra Melalui Metode *Thresholding* Dan *Counting Morphology*" karya dari Ari dan Rian. Penelitian tersebut membahas tentang perhitungan bakteri E.Coli makanan untuk mengidentifikasi sebuah makanan baik atau tidaknya untuk dimakan. Penelitian tersebut menggunakan pengolahan citra sebagai metode utama untuk mendeteksi banyak bakteri yang terkandung pada makanan. Metode yang digunakan untuk menghitung banyaknya bakteri E.Coli digunakan metode *thresholding* dan *morphology dilate*. Metode yang dilakukan pada penelitian tersebut bertujuan untuk melihat banyak bakteri yang ditangkap pada sebuah citra. Hasil yang didapat pada penelitian tersebut yaitu metode yang digunakan untuk mendeteksi dan menghitung bakteri E.Coli dapat dilakukan dengan cepat dan tepat. (Wibowo dan Rian, 2016)

Studi literatur ketiga dilakukan terhadap penelitian karya Lashot Ria dkk. yang berjudul “Sistem Deteksi Dan Perhitungan Otomatis Bakteri *Salmonella* Dengan Pengolahan Citra Metode *Object Counting*”. Penelitian tersebut membahas sebuah sistem untuk mendeteksi dan menghitung bakteri *Salmonella* dengan mikroskop digital. Sumber citra pada penelitian tersebut berasal dari 2 sumber yaitu sumber pertama citra yang ditangkap oleh mikroskop digital dan sumber kedua dipilih secara manual. Pada pengujianya dilakukan pembacaan dari citra yang mengandung bakteri di dalamnya selama 5 detik untuk mendapatkan hasil dari pendeteksian dan perhitungan bakterinya. Sistem ini menggunakan matlab sebagai aplikasi pendukung. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut adalah metode *object counting* menggunakan *morphology*. Hasil yang didapat pada penelitian tersebut menggunakan metode pendeteksian dan perhitungan bakteri *salmonella* dengan tingkat akurasi yang sangat baik. (Ria Lashot dkk., 2018)

Studi literatur yang keempat dilakukan terhadap penelitian dengan judul “Pengaruh Pengenceran Lindi Dan Penambahan Bakteri Stater Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pangan” karya dari Nur Diana dan Wahyono. Dalam penelitian tersebut membahas tentang pemanfaatan limbah cair dari sampah yaitu lindi, yang diproses dengan berbagai macam proses sehingga dapat menjadi pupuk untuk tanaman pangan. Pada penelitian tersebut dilakukan dengan sampel air lindi hasil dari Stasiun Peralihan Antara (SPA) Rangkah, Surabaya. Penelitian tersebut menggunakan cairan lindi yang diencerkan dengan variasi 50, 75, dan 100. Bakteri stater yang digunakan yaitu dengan jenis serbuk dan cair. Penelitian tersebut dilakukan dengan dua macam perlakuan, yaitu kontrol dan reaktor uji. Kontrol merupakan reaktor dengan perlakuan variasi pengenceran tanpa penambahan bakteri stater. Sedangkan reaktor uji menggunakan variasi pengenceran lindi sekaligus penambahan bakteri penambat N (*Azospirillum*). Pada penelitian ini digunakan tanaman uji berupa tanaman sorgum dan jagung. Pada pengujian bahan dibuat 15 campuran cairan yang berbeda – beda. Dari ke 15 jenis campuran bahan yang dibuat, akan ditentukan campuran mana yang akan menghasilkan perkembangan yang sangat baik untuk tumbuhan. Setelah dilakukan fermentasi untuk cairan lindi, lalu dilakukan pembuatan 15 campuran cairan. Dari semua

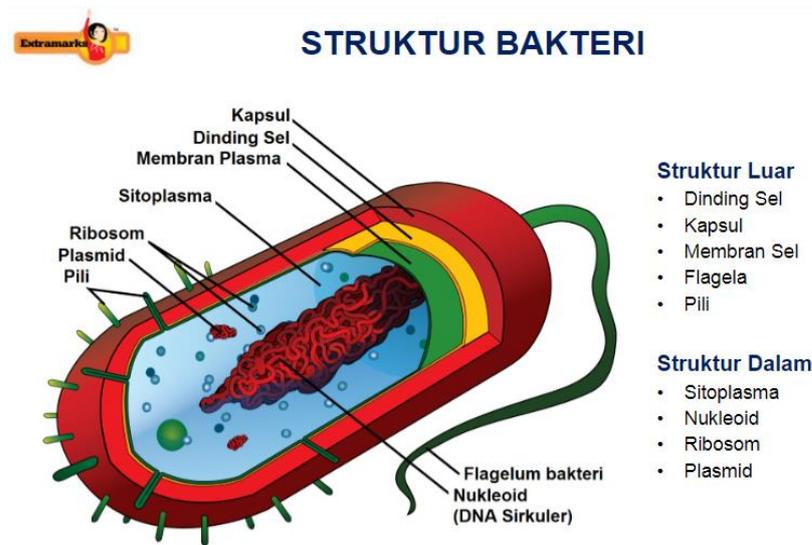
cairan campuran hanya 1 cairan dengan sampel nama D1 yang menghasilkan pertumbuhan yang paling baik. Sampel D1 ini berisi reactor 10 ml bakteri dan pengenceran lindi 50x. Kesimpulan dalam penelitian tersebut adalah semua campuran cairan memiliki hasil yang baik untuk pupuk namun campuran yang paling baik adalah cairan dengan sampel D1. Namun, untuk semua campuran tidak memperlihatkan pertumbuhan daun yang baik untuk seluruh sampel (**Diana dan Wahyono, 2017**).

2.2. Teori Pendukung

Pada bagian ini akan dijelaskan teori – teori pendukung yang berhubungan dalam penelitian ini.

2.2.1. Bakteri

Bakteri merupakan makhluk hidup yang termasuk ke dalam kingdom monera. Ciri – ciri umumnya adalah memiliki 1 sel (uniseluler), tidak memiliki membrane pada inti sel(prokariot), dan dapat diamati dengan mikroskop cahaya. Bakteri dapat hidup bebas dan dapat ditemukan di beberapa lingkungan seperti udara, tanah, debu, air, bahkan dalam tubuh manusia. Bakteri berasal dari Bahasa Yunani yang berasal dari kata *bacterion* yang berarti batang kecil (Imam, 2016). Struktur bakteri terbagi menjadi dua bagian yaitu struktur luar dan struktur dalam. Struktur luar terdiri dari dinding sel, kapsul, membrane sel, flagela dan pili. Sedangkan struktur dalam terdiri dari sitoplasma, nucleoid, ribosom dan plasmid. Struktur bakteri dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur Bakteri

(<https://www.kelaspintar.id/blog/tips-pintar/mengenal-struktur-bakteri-dari-kapsul-sampai-plasmid-1668/>)

Berikut merupakan penjelasan dari struktur sel pada bakteri:

1. Kapsul(*Kapsula*)

Kapsul adalah lapisan mucus (lendir) yang melapisi sel dalam. Lender tersebut tersusun dari air dan polisakarida yang biasanya terdapat pada bakteri saprofit. Lendir yang terkumpul kemudian menebal dan membentuk kapsul yang tersusun atas glikoprotein. Kapsul terbentuk dari hasil metabolisme sel. Kapsul berfungsi untuk menempel pada substrat dan memberikan resistensi dan perlindungan diri terhadap sistem pertahanan inang. Kapsul bergelatin juga dapat berperan sebagai pengikat antara sel – sel pada bakteri untuk membentuk koloni.

2. Dinding Sel

Dinding sel tersusun dari *peptidoglikan*, yaitu sejenis polisakarida yang berkaitan dengan protein. Dinding sel memiliki dinding yang tebal dan kaku sehingga berfungsi untuk mempertahankan bentuk sel, perlindungan fisik/mechanis, dan menjaga agar sel tidak pecah dalam media hipertonic (lebih kental). Berdasarkan lapisan dinding selnya, ahli

bakteriologi asal Denmark Hans Christian Gram mengelompokkan bakteri menjadi dua, yaitu bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Bakteri Gram positif memiliki lapisan peptidoglikan tebal yang akan bewarna ungu jika diberi pewarna Gram. Sementara bakteri Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis dan akan bewarna merah atau merah muda jika diberi pewarna Gram.

3. Membran Sel/Membran Plasma

Membran sel atau membran plasma tersusun dari fosfolipid dan protein. Sifatnya semipermeabel dan berfungsi untuk mengatur keluar – masuknya zat ke dalam dan ke luar sel bakteri.

4. Pili

Pili merupakan rambut – rambut halus yang tumbuh dari dinding sel. Mirip dengan flagela, tapi ukurannya lebih pendek dan bentuknya kaku. Pili berfungsi untuk memantu perlekatan pada substrat dan penyaluran materi genetik pada saat konjugasi.

5. Flagela

Flagela disebut juga bulu cambuk yang terdapat pada dinding sel. Flagela berfungsi sebagai alat gerak. Flagela hanya dimiliki oleh bakteri yang berbentuk batang, koma (vibrio), dan spiral. Flagela memiliki struktur yang kompleks tersusun atas bermacam – macam protein.

6. Sitoplasma

Sitoplasma merujuk kepada cairan tidak berwarna yang tersusun dari air, bahan organik (protein, karbohidrat, lemak), garam mineral, enzim, ribosom, dan asam nukleat. Sitoplasma merupakan tempat terjadinya reaksi metabolisme pada bakteri.

7. Ribosom

Ribosom adalah organel kecil yang berfungsi sebagai tempat terjadinya sintesis protein. Ribosom terdiri dari senyawa protein. Jumlah ribosom dalam suatu sel bakteri mencapai ribuan sebagai organ yang akan mensintesis protein.

8. Nukleoid

Nukleoid adalah nucleus tempat berkumpulnya DNA kromosomal bakteri.

9. Plasmid

Plasmid berfungsi dalam rekayasa genetika sebagai vector yang membawa gen asing yang ingin disisipkan pada bakteri.

2.2.2. Mikroskop Digital

Mikroskop berasal dari bahasa Yunan yaitu *micros* yang berarti kecil dan *scopein* yang berarti melihat. Mikroskop adalah sebuah alat untuk melihat objek yang terlalu kecil untuk dilihat secara kasak mata. Mikroskop merupakan alat bantu yang ditemukan hampir di seluruh laboratorium untuk dapat mengamati organisme berukuran kecil (mikroskopis). Ilmu yang mempelajari benda kecil dengan menggunakan alat ini disebut mikroskopi, dan kata mikroskopik berarti sangat kecil, tidak mudah terlihat oleh mata. Mikroskop pertama kali ditemukan pada tahun 1590, yang ditemukan oleh Hans Lippershey namun ada pendapat lain bahwa penemunya adalah Zacharis Janssen.

Gambar 2.2 menunjukkan gambar dari mikroskop digital beserta bagian-bagiannya. Adapun penjelasan fungsi setiap bagian dari mikroskop digital yang terlihat pada Gambar 2.2 adalah sebagai berikut:

1. USB : untuk menyambungkan pada *power supply*
2. LED *Switch* : Berfungsi sebagai pengatur intensitas cahaya yang dihasilkan oleh 8 LED.

3. *8 LED Light* : Berfungsi sebagai sumber pencahayaan objek yang akan diteliti.
4. *SNAP Button* : Berfungsi sebagai tombol untuk menangkap gambar.
5. *ZOOM Button* : Berfungsi sebagai tombol untuk melakukan pembesaran gambar.
6. *Focus Wheel* : Roda untuk meningkatkan focus pada gambar.



Gambar 2.2. Mikroskop Digital

(<https://warstek.com/2019/11/30/mikroskop/>)

Seiring berkembangnya zaman, banyak sekali ide kreatif yang terus bermunculan. Banyak alat – alat canggih yang mulai merambat pada kehidupan manusia. Muncullah teknologi yang akan mempermudah para peneliti dengan hadirnya mikroskop digital pada zaman era modern ini. Mikroskop digital memiliki kegunaan untuk perangkat pengerjaan ilmiah, laboratorium riset, analisis kesehatan, perangkat riset sekolah, penelitian serangga, mikroskopis, tumbuhan dan lain – lain, dengan dilengkapi *vertical stand* akan mempermudah penelitian objek. Mikroskop digital dilengkapi dengan aplikasi penunjang yang sanggup mengetahui dimensi objek bertambah rinci. Pada Tabel 2.1 akan ditunjukkan keunggulan mikroskop digital dibandingkan mikroskop cahaya.

Tabel 2.1. Keunggulan Mikroskop Digital dengan Mikroskop Cahaya

Mikroskop Digital	Mikroskop Cahaya
Ringan dan mudah dibawa	Lebih berat dan sulit dibawa pergi
Harga murah terjangkau	Harga relatif mahal
Mengandalkan cahaya LED	Mengandalkan cahaya dari lingkungan sekitar
Hasil pengamatan dapat diabadikan melalui foto dan video dengan perantara laptop, sehingga hasilnya lebih bagus dan memuaskan	Hanya dapat diamati saja dan apabila diabadikan harus dilakukan secara manual dengan kamera.
Dapat dioperasikan ke semua objek	Hanya dapat dioperasikan dengan preparat

(<https://warstek.com/2019/11/30/mikroskop/>)

Untuk memberi informasi lebih detail, berikut ini merupakan spesifikasi umum dari mikroskop digital yang digunakan pada penelitian ini :

Tabel 2.2. Spesifikasi Mikroskop Digital

Spesifikasi Mikroskop Digital	
<i>Image Sensor</i>	2 Mega Pixel Cmos
Lensa	Lensa <i>Scope</i> Mikro
Resolusi Video	1600x1200 (2 m pixel)
	1280x960 (1.3 m pixel)
	800x600
	640x480
Resolusi Gambar	1600x1200 (2 m pixel)
	1280x960 (1.3 m pixel)
	800x600
	640x480
<i>Frame Rate</i>	Max. 30 fps di bawah tingkat kecahayaan 600 lux
<i>Flicker Control</i>	50 hz / 60 hz
Video Format	AVI
<i>SnapShot</i> Format	JPEG
Pencahayaan	8 LED (Dengan <i>controller</i> pada kabel <i>USB</i>)
Rasio Perbesaran	40x - 1600x
<i>Power Supply</i>	<i>port USB 5 V DC</i>
Kebutuhan Sistem	Min. Pentium 700 MHz atas, 20 m <i>Hardisk</i> , <i>CDROM</i> , <i>RAM 128 MB</i> , <i>Direct X VGA card</i>
<i>Support USB</i>	USB 2.0 & USB 1.1
OS	Windows 7 32 bit/vista/xp
Dimensi	11.2 cm x 3.3 cm
<i>Software</i>	AMPCAP

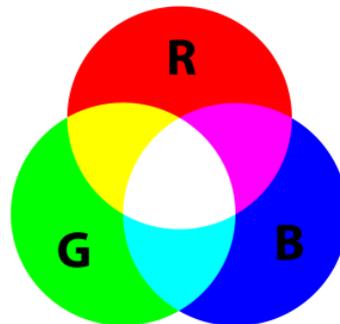
(<https://warstek.com/2019/11/30/mikroskop/>)

2.2.3. Ruang Warna

Citra memiliki berbagai macam klasifikasi warnanya dimulai dari yang memiliki dua warna hingga warna yang beragam. Pada sub bab ini akan menjelaskan klasifikasi warna yang ada pada citra digital.

a. RGB

Citra RGB adalah model warna *additive* yang bertujuan sebagai penginderaan dan presentasi gambar. Warna RGB difungsikan untuk tampilan pada monitor komputer karena warna latar belakang komputer adalah hitam. Jadi, R=*Red* (Merah) G=*Green* (Hijau) dan B=*Blue* (Biru) sebagai warna dasar difungsikan untuk berbagai intensitas cahaya untuk mencerahkan warna latar belakang yang gelap (hitam). Dalam *python* yaitu *OpenCV* ruang warna yang digunakan adalah BGR, matriks dapat memiliki lebih dari dua indeks, B[:, :, 0] akan mengacu untuk *layer Blue*, G[:, :, 1] untuk *layer Green*, R[:, :, 2] untuk *layer Red*. Sebuah layer yang memiliki intensitas lebih tinggi akan memiliki warna yang cenderung menuju putih.



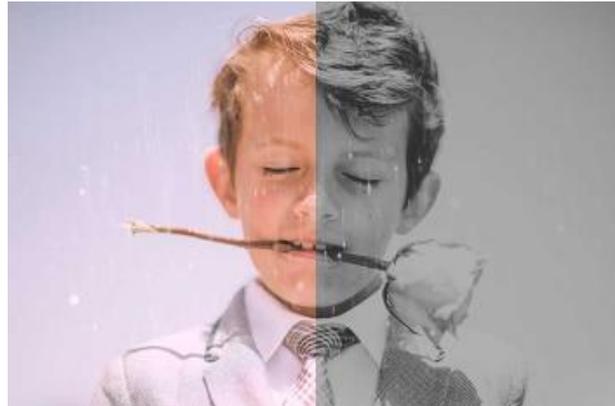
Gambar 2.3. Ruang Warna RGB

([https://id.m.wikipedia.org/wiki/Berkas:The_three_primary_colors_of_RGB_Color_Model_\(Red,_Green,_Blue\).png](https://id.m.wikipedia.org/wiki/Berkas:The_three_primary_colors_of_RGB_Color_Model_(Red,_Green,_Blue).png))

b. Grayscale

Grayscale dapat didefinisikan sebagai tingkat keabu-abuan dari suatu citra digital. Nilai-nilai pada matriks menunjukkan kecerahan piksel. Tingkat kecerahan piksel dinyatakan dengan intensitas dari 0 hingga 255, 0 adalah hitam dan 255 adalah putih. Sebuah gambar digital dapat disimpan sebagai *grayscale* (hitam dan putih), bahkan gambar berwarna berisi informasi *grayscale*. Hal ini

karena setiap piksel memiliki nilai *luminance*, terlepas dari warna. *Luminance* juga dapat digambarkan sebagai kecerahan atau intensitas, yang dapat diukur pada skala dari hitam (nol intensitas) ke putih (intensitas penuh). Pada Gambar 2.4 menunjukkan ruang warna *grayscale*.

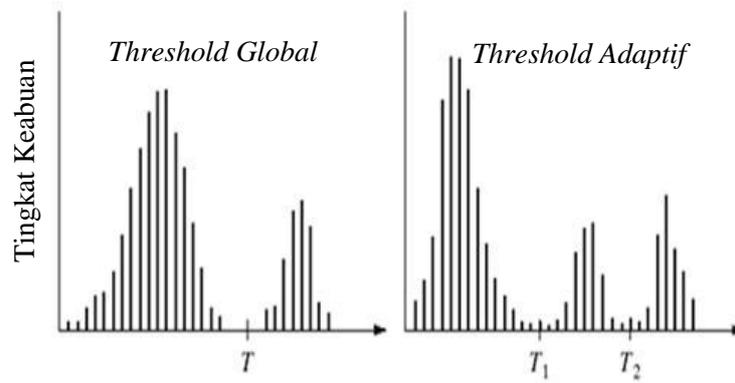


Gambar 2.4. Ruang Warna *Grayscale*

(<https://www.desainpot.com/2017/04/merubah-foto-berwarna-dengan-efek-grayscale-abu-abu-di-photoshop.html>)

2.2.4. *Thresholding*

Thresholding adalah proses mengubah citra berderajat keabuan menjadi citra biner atau hitam putih sehingga dapat diketahui daerah mana yang termasuk objek dan *background* dari citra secara jelas. Citra hasil *thresholding* biasanya digunakan lebih lanjut untuk proses pengenalan objek serta ekstrasi fitur. Metode *thresholding* secara umum dibagi menjadi dua, yaitu *thresholding* global dan *thresholding* adaptif. *Thresholding* global dilakukan dengan mempartisi histogram dengan menggunakan sebuah batas ambang global, yang berlaku untuk seluruh bagian pada citra. Sementara *thresholding* adaptif dilakukan dengan membagi citra menggunakan beberapa sub citra. Lalu setiap sub citra dilakukan dengan menggunakan *threshold* yang berbeda. *Thresholding* dapat dikatakan global jika nilai *threshold* T hanya bergantung pada $f(x,y)$, yang melambangkan tingkat keabuan pada titik (x,y) dalam suatu citra. Berikut ini akan disajikan contoh partisi histogram untuk memperoleh *threshold* dalam Gambar 2.5.

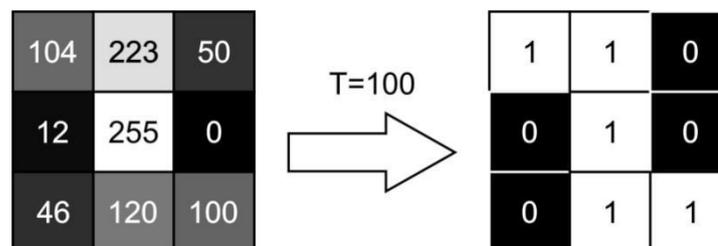


Gambar 2.5. Partisi Histogram untuk Memperoleh Nilai *Threshold*

(<https://kuliahinformatika.wordpress.com/2010/02/13/buku-ta-thresholding-citra/>)

Histogram yang berada pada sisi kiri Gambar 2.5 mewakili citra $f(x,y)$ yang tersusun atas objek terang di atas *background* gelap. Cara untuk mengekstraks objek dari *background* adalah dengan memilih nilai *threshold* T yang memisahkan dua mode tersebut. Kesuksesan metode ini bergantung pada seberapa bagus teknik partisi histogram. Citra hasil thresholding dapat didefinisikan seperti pada persamaan 2.1 dan proses perubahan nilai pixel warna ditunjukkan pada Gambar 2.6.

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) > T \\ 0 & \text{if } f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (2.1)$$



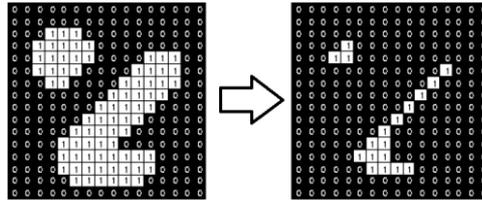
Gambar 2.6. Proses *Thresholding*

(<https://pemrogramanmatlab.com/2017/07/26/thresholding/>)

Pada penelitian ini menggunakan beberapa metode operasi morfologi dalam *thresholding* diantaranya yaitu, erosi, dilasi, *close morphology*, dan *open morphology*. Penjelasan dari operasi morfologi tersebut adalah sebagai berikut :

a. Erosi

Erosi atau pengikisan adalah kebalikan dari dilasi yaitu teknik yang bertujuan untuk memperkecil atau mengikis tepi objek. Dengan mengubah titik objek (1) yang bertetangga dengan titik latar (0) menjadi titik latar (0). Operasi erosi ditunjukkan pada Gambar 2.7.



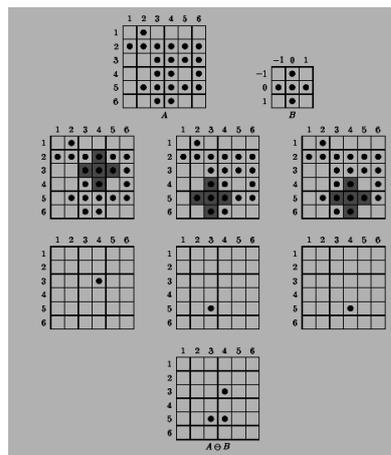
Gambar 2.7. Operasi Erosi

(<https://devtrik.com/opencv/operasi-morfologi-pada-pengolahan-citra/>)

Jika diketahui himpunan A dan B, maka erosi A oleh B (dinotasikan $A \ominus B$) didefinisikan sebagai

$$A \ominus B = \{w : B_w \subseteq A\}$$

Dengan kata lain, erosi A oleh B terdiri atas semua titik $w = (x, y)$ dimana B_w ada di dalam himpunan A. Untuk melakukan erosi, B digeser-geser dalam A dan dicari dimana saja B bebar-bener ada di dalam A. Untuk kondisi-kondisi yang memenuhi syarat tersebut maka ditandai titik (0,0) yang bersesuaian dengan B. Titik-titik inilah yang merupakan hasil erosi A oleh B. Pada Gambar 2.8 ditunjukkan erosi A oleh B.



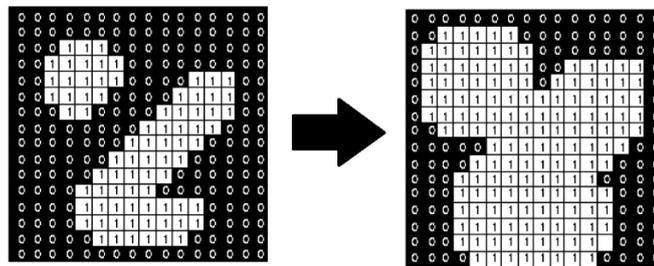
Gambar 2.8. Contoh Erosi A Oleh B

(Susilawati, 2009)

Pada operasi erosi umumnya A diasumsikan sebagai citra yang akan diproses dan B adalah satu set (himpunan) piksel yang juga disebut *structuring element* atau kernel.

b. Dilasi

Dilasi adalah teknik untuk memperbesar segmen objek (citra biner) dengan menambah lapisan disekeliling objek. Dengan mengubah titik latar (0) yang bertetangga dengan titik objek (1) menjadi titik objek (1). Operasi dilasi ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Operasi Dilasi

(<https://devtrik.com/opencv/operasi-morfologi-pada-pengolahan-citra/>)

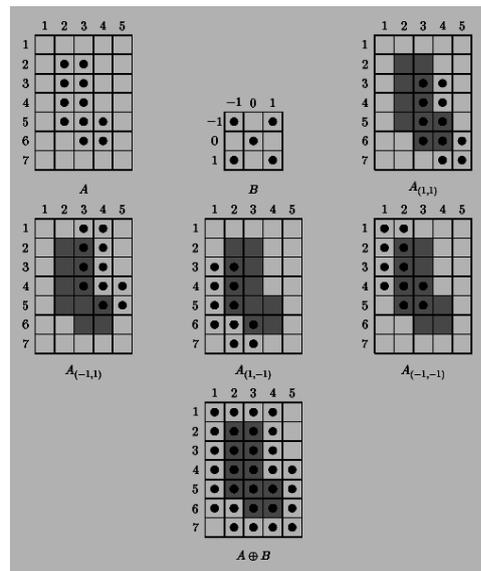
Misalkan A dan B adalah himpunan-himpunan piksel. Dilasi A oleh B dinotasikan dengan $A \oplus B$ dan didefinisikan sebagai berikut.

$$A \oplus B = \bigcap_{x \in B} A_x$$

Ini berarti bahwa untuk setiap titik $x \in B$, maka dilakukan penggeseran dan kemudian menggabungkan seluruh hasilnya. Secara matematis dituliskan sebagai

$$A \oplus B = \{(x, y) + (u, v) : (x, y) \in A, (u, v) \in B\}$$

Dilasi mempunyai hukum komutatif, yaitu $A \oplus B = B \oplus A$. Pada diagram pergeseran, daerah yang berwarna kelabu menunjukkan posisi awal dari objek yang akan dikenakan dilasi. Perhatikan bahwa $A(0,0)$ adalah A itu sendiri. Pada contoh ini diperoleh $B = \{(0,0), (1,1), (-1, 1), (1, -1), (-1, -1)\}$. Koordinat-koordinat yang tampak pada definisi tersebut merupakan koordinat dimana A ditranslasikan. Pada Gambar 2.10 ditunjukkan contoh dilasi A oleh B.

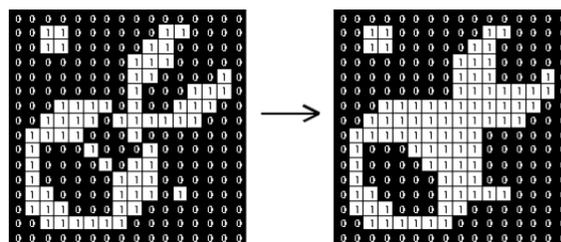


Gambar 2.10. Contoh Dilasi A Oleh B
(Susilawati, 2009)

Pada dasarnya dilasi dapat dilakukan dengan menggantikan setiap titik (x, y) pada A dengan B (titik (0, 0) pada B diletakkan pada (x, y)). Ekuivalenya yaitu mengganti setiap titik (u,v) pada B dengan A. Dilasi juga dikenal dengan sebutan *Minkowski addition*. Untuk dilasi pada umumnya diasumsikan bahwa A adalah citra yang akan diolah dan B adalah suatu himpunan piksel. Himpunan piksel B sering disebut *structuring element* atau kernel.

c. Close Morphology

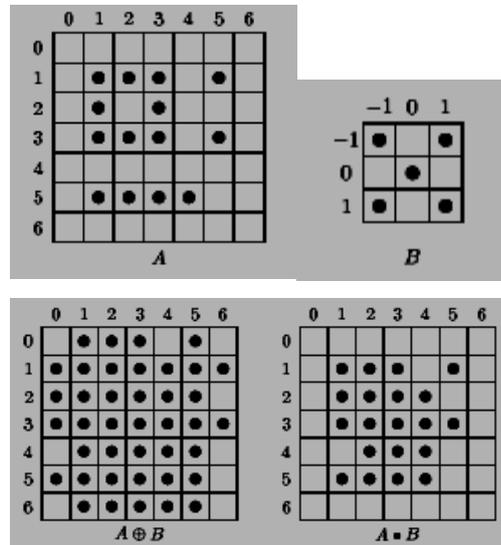
Closing merupakan kebalikan dari *opening*. Dimana citra terlebih dahulu dilakukan dilasi yang kemudian dilanjutkan dengan erosi. *Closing* bertujuan untuk mengisi lubang kecil pada objek, menggabungkan objek yang berdekatan. Operasi *Close* ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Operasi Close

(<https://devtrik.com/opencv/operasi-morfologi-pada-pengolahan-citra/>)

Closing didefinisikan sebagai operasi dilasi yang dilanjutkan dengan operasi erosi, dinotasikan sebagai $A \bullet B$, sehingga dapat dinyatakan $A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$. Pada Gambar 2.12 ditunjukkan operasi dari *close* dari A oleh B.

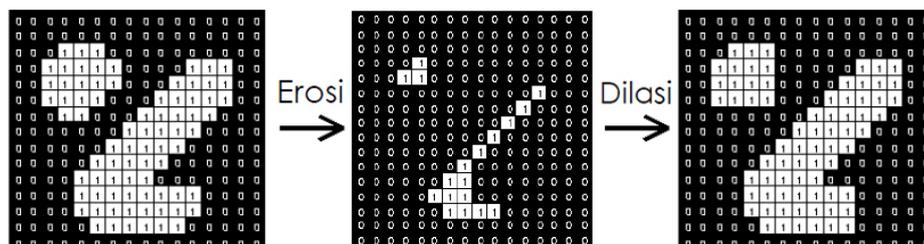


Gambar 2.12. Contoh *Close* A Oleh B
(Susilawati, 2009)

Operasi *closing* juga cenderung akan memperhalus objek pada citra, namun dengan cara menyambung pecahan-pecahan (*fuses narrow breaks and thin gulf*) dan menghilangkan lubang-lubang kecil pada objek.

d. *Open Morphologi*

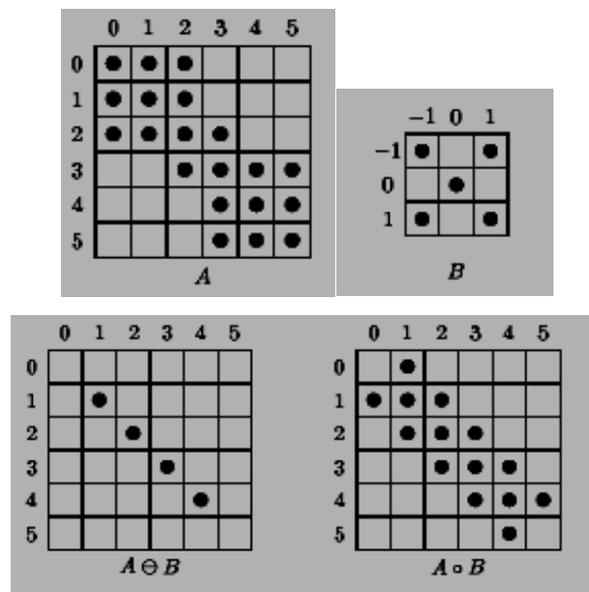
Opening adalah proses erosi yang diikuti dengan dilasi Dimulai dengan melakukan erosi pada citra kemudian hasil tersebut kembali dilakukan erosi. Opening biasanya digunakan untuk menghilangkan objek-objek kecil dan kurus serta dapat membuat tepi citra lebih smooth (untuk citra berukuran besar).



Gambar 2.13. Operasi Open

(<https://devtrik.com/opencv/operasi-morfologi-pada-pengolahan-citra/>)

Misalkan terdapat citra A dan *structuring element* B , maka *opening* A oleh B dinyatakan dengan notasi $A \circ B$ dan didefinisikan sebagai $A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$. Sehingga operasi *opening* merupakan sebuah operasi yang terdiri atas operasi erosi diikuti oleh operasi dilasi. Definisi ekuivalennya dapat dinyatakan sebagai berikut. $A \circ B = \cup \{B_w : B_w \subseteq A\}$. Persamaan tersebut berarti bahwa $A \circ B$ adalah gabungan dari seluruh pergeseran B yang benar-benar tercakup dalam A . Hal ini berbeda dengan operasi erosi dimana erosi hanya terdiri atas titik (0, 0) dari B sedangkan pada operasi *opening* maka terdiri atas semua titik pada B . Perhatikan Gambar 2.14 sebagai contoh dari operasi *open* A oleh B .



Gambar 2.14. Contoh *Open* A Oleh B

(Susilawati, 2009)

Operasi *opening* cenderung akan memperhalus objek pada citra, memutus sambungan yang sempit (*break narrow joins*), dan menghilangkan efek pelebaran pada objek (*remove protrusions*).