

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Mengkudu

2.1.1. Sejarah Pemanfaatan Mengkudu

Asal usul mengkudu tidak terlepas dengan keberadaan bangsa Polinesia yang menetap di Kepulauan Samudra Pasifik. Bangsa Polinesia dipercaya berasal dari (Asia Tenggara). Pada tahun 100 SM, menyeberangi lautan meninggalkan tanah air mereka. Setelah lama mengembara, mereka sampai di sekitar Polinesia, yaitu kepulauan di sekitar Pasifik Selatan. Mereka telah mempersiapkan diri untuk berpindah ke pulau lain. Hal ini bisa dibuktikan dengan adanya sejumlah tumbuhan dan hewan yang ikut dibawa, karena dianggap penting untuk mempertahankan hidup.

Beberapa tumbuhan asli, seperti pisang, talas, ubi jalar, sukun, tebu dan mengkudu dibawanya. Mengkudu dianggap tumbuhan keramat. Sejak 1500 tahun lalu penduduk kepulauan yang kini disebut Hawaii itu mengenal mengkudu dengan sebutan “Noni”. Mereka menduga tumbuhan yang bernama Latin *Morinda Citrifolia* tersebut memiliki banyak manfaat. Mereka memandangnya sebagai Hawaii Magic Plant, karena buah ini dipercaya bisa mengobati berbagai macam penyakit.

Semua genus mengkudu termasuk dalam genus *morinda*, family Rubiaceae menurut Steenis (1975), genus mencakup 80 spesies, hanya 20 jenis yang aman untuk dikonsumsi, sementara 60 jenis mengandung racun, yang paling baik untuk kesehatan dari jenis *Morinda Citrifolia* L. antar lain : *Morinda Bracteata*, *Morinda Officinalis*, *Morinda Fructus*, *Morinda Tinctoria* dan *Morinda Citrifolia*. *Morinda citrifolia* adalah jenis yang paling populer, sehingga sering disebut “*Queen of The Morinda*”. Spesies ini mempunyai nama tersendiri di setiap Negara, antara lain Noni di Hawaii, Nonu atau Nono di Tahiti, Cheese Fruit di Australia, Mengkudu, Pace di Indonesia dan Malaysia.

Laporan khasiat mengkudu sudah tercantum dalam tulisan kuno 2000 tahun lalu masa dinasti Han di Cina. Di negara Eropa khasiat mengkudu diketahui sekitar tahun 1800, diawali pendaratan Kapten Cook dan awaknya di kepulauan Hawaii pada tahun 1778 dan menyebarkan penyakit pada penduduk setempat, peneliti Eropa datang untuk meneliti wabah tersebut dan menggunakan mengkudu sebagai obat ternyata berhasil maka sejak tahun 1860 pengobatan alamiah menggunakan mengkudu tercatat dan menjadi literatur Barat.

Perkembangan industri tekstil di Eropa mendorong pencarian bahan-bahan pewarna alami sampai ke wilayah-wilayah kolonisasi, karena pada masa itu pewarna sintesis belum ditemukan. Pada tahun 1849, para peneliti Eropa menemukan zat pewarna alami yang berasal dari akar Mengkudu, dan kemudian diberi nama "*Morindone*" dan "*Morindin*". Dari hasil penemuan inilah, nama "*Morinda*" diturunkan. Berikut adalah tabel sejarah perkembangan *Morinda citrifolia*:

Tabel 2.1 Sejarah Pemanfaatan Mengkudu

Tahun	Keterangan
100 M	Imigran dari Asia Tenggara tiba di Kep. Polinesia dengan membawa bibit Mengkudu.
1849	Orang-orang Eropa menemukan zat pewarna dari akar Mengkudu, yaitu <i>Morindon</i> dan <i>Morindin</i> .
1860	Penggunaan Mengkudu untuk pengobatan mulai ditulis dalam literatur Barat.
1950	Penemuan zat antibakteri pada buah Mengkudu.
1960-1980	Riset-riset ilmiah dilakukan untuk membuktikan bahwa Mengkudu dapat menurunkan tekanan darah tinggi.
1972	Ahli biokimia, Dr. Ralph Heinicke mulai melakukan penelitian tentang xeronine dan Mengkudu.
1993	Penemuan zat anti kanker (<i>damnacanthal</i>) di dalam buah Mengkudu.

Riset medis tentang khasiat mengkudu dimulai pada tahun 1950, dengan ditemukannya zat anti bakteri terhadap *Echerchia coli*, *M.pyrogenes* dan *P. aeruginosa* yang ditulis dalam jurnal ilmiah *Pacific Science*. Waha (2001) mengemukakan bahwa senyawa *xeronin* dan prekursornya yang dinamakan *proxeronin* ditemukan dalam jumlah besar pada buah mengkudu oleh seorang ahli biokimia dari Amerika Serikat bernama Heinicke pada tahun 1972.

Tahun 1980 melalui berbagai riset terbukti bahwa mengkudu dapat menurunkan tekanan darah tinggi. Pada tahun 1993 para peneliti dari Keio University dan The Institute of Biomedical Sciences Jepang menemukan zat anti kanker (*Damnacanthal*) yang terkandung dalam buah mengkudu. Penelitian terus dilakukan oleh berbagai lembaga di Prancis, Belanda, Jerman, Jepang, Australia, Irlandia, Kanada, Taiwan dan di sebuah pusat kajian ilmu pengetahuan di Amerika Serikat. Universitas Hawaii turut melakukan penelitian tentang antitumor dan antikanker merngkudu dan hasilnya dimuat sebuah jurnal ilmiah *Procedeeng west Pharmacology Society Journal* tahun 1994.

Neil Solomon (1998) melakukan penelitian terhadap 8000 orang pengguna sari buah mengkudu *Morinda Citrifolia* L. dengan dibantu oleh 40 dokter dan praktisi medis lainnya. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa sari buah mengkudu dapat memulihkan berbagai macam penyakit termasuk penyakit berat seperti jantung, kanker, diabetes, stroke dan sejumlah penyakit lainnya

2.1.2. Jenis Mengkudu

Mengkudu termasuk tumbuhan keluarga kopi-kopian (Rubiaceae), yang pada mulanya berasal dari wilayah daratan Asia Tenggara dan kemudian menyebar sampai Cina, India, Filipina, Hawaii, Tahiti, Afrika, Australia, Karibia, Haiti, Fuji, Florida dan Kuba. Berdasarkan penampilan fisiknya (morfologi) buahnya, Mengkudu dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu Mengkudu berbiji dan Mengkudu tidak berbiji. Keduanya

berkhasiat sebagai obat, tetapi Mengkudu tidak berbiji sangat jarang ditanam atau dikenal orang. Semua genus Mengkudu termasuk dalam Genus *Morinda*, Famili Rubiaceae. Menurut Steenis (1975), genus ini mencakup 80 spesies. Tetapi ternyata dari 80 jenis Mengkudu yang ada di dunia ini, hanya 20 jenis yang aman untuk dikonsumsi, sementara 60 jenis sisanya mengandung racun. Dari 20 jenis yang tidak beracun tersebut, yang paling baik untuk kesehatan adalah dari jenis *Morinda citrifolia* L. yang hanya tumbuh di daerah Tahiti. Penyebarannya dari India sampai pulau-pulau di Samudra Pasifik. *Morinda citrifolia* merupakan tumbuhan tropis, yang tergolong tumbuhan ever green. (Jumlah Spesies *Morinda Citrifolia* (Mengkudu), Muchamas Yulianto).

Morinda citrifolia dapat tumbuh di dataran rendah, tepi pantai, hingga ketinggian 700 m di atas permukaan laut. *Morinda citrifolia* juga dapat tumbuh di daerah yang tanahnya miskin unsur hara dan di tanah-tanah yang sistem pengairannya kurang bagus. Di Indonesia, *Morinda citrifolia* dikenal dengan nama lokal, seperti di Jawa (*pace*, *bentis*, atau *kemudu*), di Sunda (*cengkudu*), di Madura (*kodhuk*), di Aceh (*keumudee*), di Bali (*wungkudu*, *tibah*), dan di Sumatra (*bengkudu*, *pamarai*).



Gambar 2.1 Buah *Morinda citrifolia*

2.1.3. Ciri-ciri Mengkudu Berkualitas

Buah Mengkudu yang berkualitas baik dapat diidentifikasi sebagaimana berikut:

1. Buah tidak memiliki lubang
2. Bentuk buah tidak bengkok
3. Buah tidak pecah

4. Buah masih keras
5. Warna buah putih merata
6. Panjang buah minimal 6 cm.

[Sumber: Mashudi.2007].

Salah satu pemanfaatan buah mengkudu digunakan sebagai jus mengkudu, bahan baku yang digunakan untuk jus mengkudu adalah buah yang segar. Bahan baku buah mengkudu tidak tergantung pada musim, sehingga dapat memperoleh setiap waktu. Selain ketersediaan bahan baku, grading merupakan salah satu aspek penunjang proses produksi yang menentukan kualitas produksi. Penggolongan mutu buah mengkudu dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel.2.2 Penggolongan Mutu Buah Mengkudu

No	Mutu	Ciri-Ciri
1.	A	Mulus, kulit masih utuh, bagian buah masih keras, hijaunya maksimal 5% sedangkan putih kekuningan 95%, berat buah 3 buah/Kg.
2.	B	Mulus, warna hijau maksimal 10% atau kulit telah putih semuanya dan bagian buah tidak lunak, berat buah 3-10 buah/Kg.
3.	C	Hijau di atas 10% atau masih muda, bolong, bengkok, pecah dan telah mengalami pematangan, berat buah lebih dari 10 buah/Kg.

2.1.4. Bagian-bagian Mengkudu

Bagian-bagian tumbuhan Mengkudu terdiri dari:

a. Pohon atau Batang

Batang Mengkudu ukurannya tidak besar. Tinggi batang sekitar 4-6 m. batang bengkok-bengkok, kasar, berdahan kaku, dan berakar tunggang. Mempunyai kulit berwarna coklat kekuning-kuningan atau coklat keabu-abuan. Kulit tidak berbulu. Kayu Mengkudu setelah kering dapat digunakan sebagai kayu

bakardan mudah dibelah. Tidak selalu hijau sepanjang tahun. [Mashudi.2007].



(a)

(b)

Gambar 2.2(a) Pohon Mengkudu (b) Batang Mengkudu

[Sumber:[http://www.daarelqolam.ac.id/2012/02/19/buah-Morinda citrifolia/](http://www.daarelqolam.ac.id/2012/02/19/buah-Morinda-citrifolia/)]

b. Daun

Berdaun tebal mengkilap, daun mengkudu berhadap-hadapan. Daun Mengkudu berbentuk bulat telur sampai lonjong dan ujungnya meruncing. Ukuran daun besar, tebal, dan tunggal. Bentuknya jorong-lanset, berukuran 15-50 x 5-17 cm. Tepi daun rata, ujung lancip pendek. Urat daun nyirip. Pangkal daun pasak berukuran 0,5-2,5 cm. Ukuran daun penumpu bervariasi, berbentuk segitiga lebar. Daun mengkudu dapat dimakan sebagai sayuran. Nilai gizi tinggi karena banyak mengandung vitamin A. [Mashudi.2007.”Membudidayakan dan Memanfaatkan Mengkudu”].



Gambar 2.3 Daun *Morinda citrifolia*

[Sumber: [http://www.daarelqolam.ac.id/wp-content/uploads/2012/02/Morinda citrifolia-02-300x225.jpg](http://www.daarelqolam.ac.id/wp-content/uploads/2012/02/Morinda-citrifolia-02-300x225.jpg)]

c. Bunga

Bunga tersusun majemuk, perbungaan bertipe bongkol bulat, bertangkai 1-4 cm, tumbuh di ketiak daun penumpu yang berhadapan dengan daun yang tumbuh normal. Bunga banci, mahkota bunga putih, berbentuk corong, panjangnya bisa mencapai 1,5 cm. Benang sari tertancap di mulut mahkota. Kepala putik berputing dua. Bunga itu mekar dari kelopak berbentuk seperti tandan. Bunganya putih, harum [Mashudi.2007].



Gambar 2.4 Bunga *Morinda citrifolia*

[Sumber:http://en.wikipedia.org/wiki/File:Morinda_citrifolia_Flower.jpg]

d. Buah

Buah majemuk, terbentuk dari bakal-bakal buah yang menyatu dan bongkol di bagian dalamnya, perkembangan buah bertahap mengikuti proses pemekaran bunga yang dimulai dari bagian ujung bongkol menuju ke pangkal; diameter 7,5-10 cm. Permukaan buah majemuk seperti terbagi dalam sekat-sekat polygonal (segi banyak) yang berbintik-bintik dan berkulit, yang berasal dari sisa bakal buah tunggalnya. Warna hijau ketika mengkal, menjelang masak menjadi putih kekuningan dan akhirnya putih pucat ketika masak. Daging buah lunak, tersusun dari buah-buah batu berbentuk piramida dengan daging buah berwarna putih, terbentuk dari mesokarp. Daging buah banyak mengandung air yang aromanya seperti keju busuk atau bau kambing yang timbul karena pencampuran antara asam kaprat (asam lemak dengan sepuluh atom karbon) (C10), asam kaproat (C6), dan asam kaprilat (C8). Diduga kedua senyawa terakhir bersifat antibiotic

aktif. Bau buah mengkudu yang sudah masak sangat menyengat seperti keju busuk dan banyak mengandung air [Mashudi.2007].



Gambar 2.5 Buah *Morinda citrifolia*

[Sumber: http://images04.olx.in/ui/4/67/21/66866621_1-Pictures-of-private-labelcontract-manufacturing-og-noni-morinda-citrifolia-juice.jpg]

e. Biji

Biji mengkudu berwarna coklat kehitaman, memiliki albumen yang keras serta ruang udara yang tampak jelas. Biji mengkudu daya kecambahnya cukup tinggi walaupun disimpan selama 6 bulan. Setelah disemai dalam waktu 35 hari terjadi perkecambahan. Pertumbuhan tanaman setelah itu sangat cepat. Dalam waktu 6 bulan, tinggi tanaman bias mencapai 1,2-1,5 m [Mashudi.2007].



Gambar 2.6 Biji Buah *Morinda citrifolia*

[Sumber:<http://www.hear.org/starr/images/images/plants/600/starr-070321-5931.jpg>]

2.1.5. Kandungan Mengkudu

Dalam buah mengkudu terdapat beberapa kandungan senyawa atau zat, antara lain:

- a. Senyawa-senyawa Terpenoid

Senyawa terpenoid adalah senyawa hidrokarbon isometrik yang juga terdapat pada lemak/minyak esensial (essential oils), yaitu sejenis lemak yang sangat penting bagi tubuh. Zat-zat terpenoid membantu tubuh dalam proses sintesa organik dan pemulihan sel-sel tubuh.

b. Zat Anti Bakteri

Acubin, L. asperuloside, alizarin dan beberapa zat antraquinon telah terbukti sebagai zat anti bakteri. Zat-zat yang terdapat di dalam buah mengkudu telah terbukti menunjukkan kekuatan melawan golongan bakteri infeksi: *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus morgani*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli*.

Pengujian selanjutnya menunjukkan bahwa kegiatan zat anti-bakteri dalam buah mengkudu dapat mengontrol dua golongan bakteri yang mematikan (pathogen), yaitu: *Salmonella* dan *Shigella*. Penemuan zat-zat anti bakteri dalam sari buah mengkudu mendukung kegunaannya untuk merawat penyakit infeksi kulit, pilek, demam dan berbagai masalah kesehatan yang disebabkan oleh bakteri.

c. Asam

Asam askorbat yang ada di dalam buah mengkudu adalah sumber vitamin C yang luar biasa. Vitamin C merupakan salah satu antioksidan yang hebat. Antioksidan bermanfaat untuk menetralkan radikal bebas (partikel-partikel berbahaya yang terbentuk sebagai hasil samping proses metabolisme, yang dapat merusak materi genetik dan merusak sistem kekebalan tubuh). Asam kaproat, asam kaprilat dan asam kaprik termasuk golongan asam lemak. Asam kaproat dan asam kaprik inilah yang menyebabkan bau busuk yang tajam pada buah mengkudu.

d. Nutrisi

Secara keseluruhan mengkudu merupakan bahan makanan yang bergizi lengkap. Sebagian besar adat budaya Polinesia masa lampau maupun sekarang, menggunakan buah mengkudu sebagai makanan utama. Penduduk asli kepulauan Pasifik Selatan mengkonsumsi buah mengkudu untuk dapat bertahan hidup pada waktu kelaparan. Demikian

pula, para prajurit yang menetap di kepulauan Polinesia selama perang dunia II dianjurkan untuk mengkonsumsi buah mengkudu untuk menambah kekuatan dan tenaga.

Zat-zat nutrisi yang dibutuhkan tubuh antara lain: karbohidrat, protein, vitamin, dan mineral-mineral esensial juga tersedia dalam buah maupun daun mengkudu. Selenium adalah salah satu contoh mineral yang banyak terdapat pada mengkudu dan merupakan antioksidan yang hebat.

e. Scopoletin

Pada tahun 1993, peneliti universitas Hawaii berhasil memisahkan zat-zat scopoletin dari buah mengkudu. Zat-zat scopoletin ini mempunyai khasiat pengobatan, dan sebagai tambahan para ahli percaya bahwa scopoletin adalah salah satu di antara zat-zat yang terdapat dalam buah mengkudu yang dapat mengikat serotonin, salah satu zat kimiawi penting di dalam tubuh manusia. Scopoletin berfungsi memperlebar saluran pembuluh darah yang mengalami penyempitan dan melancarkan peredaran darah. Selain itu scopoletin juga telah terbukti dapat membunuh beberapa tipe bakteri, bersifat fungisida (pembunuh jamur) terhadap *Pythium* sp dan juga bersifat antiperadangan dan anti-alergi.

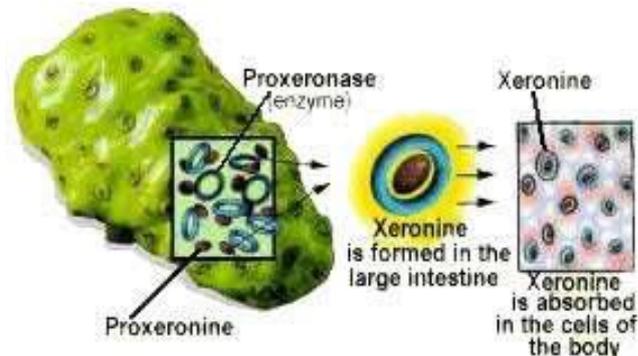
f. Zat Anti-kanker (*Damnacanthal*)

Beberapa penelitian terbaru tentang mengkudu dilakukan untuk mengetahui kandungan zat-zat antikanker (*damnacanthal*). Empat ilmuwan Jepang berhasil menemukan zat anti kanker pada ekstrak mengkudu ketika mereka sedang mencari zat-zat yang dapat merangsang pertumbuhan struktur normal dari selsel abnormal K-ras-NRK (sel pra kanker) pada 500 jenis ekstrak tumbuhan. Ternyata zat anti kanker pada mengkudu paling efektif melawan sel-sel abnormal.

g. *Xeronine* dan *Proxeronine*

Beberapa penelitian terbaru tentang mengkudu dilakukan untuk mengetahui kandungan zat-zat antikanker (*damnacanthal*). Empat

ilmuwan Jepang berhasil menemukan zat anti kanker pada ekstrak mengkudu ketika mereka sedang mencari zat-zat yang dapat merangsang pertumbuhan struktur normal dari selsel abnormal K-ras-NRK (sel pra kanker) pada 500 jenis ekstrak tumbuhan. Ternyata zat anti kanker pada mengkudu paling efektif melawan sel-sel abnormal.



Gambar 2.7 Proxeronine dan Xeronine

[Sumber: Buku Sehat dengan *Morinda citrifolia* Penulis Maria Goreti Waha, STP]

h. Zat Pewarna

Kulit akar tanaman mengkudu mengandung zat pewarna (merah), yang diberi nama *morindon* dan *morindin* [Widayat, Wahyu.STP].

2.1.6. Khasiat Mengkudu Secara Ilmiah

Adapun khasiat mengkudu secara ilmiah adalah:

a. Riset Medis Tentang Mengkudu

Riset medis tentang mengkudu dimulai setidaknya pada tahun 1950, ketika jurnal ilmiah *Pacific Science* melaporkan bahwa buah mengkudu menunjukkan sifat anti bakteri terhadap *M. pyrogenes*, *P. Aeruginosa*, dan bahkan *E. coli* yang mematikan itu. Studi dan penelitian tentang mengkudu terus dilakukan oleh berbagai lembaga penelitian dan universitas. Sejak tahun 1972, Dr. Ralph Heinicke, ahli biokimia terkenal dari Amerika Serikat mulai melakukan penelitian tentang alkaloid xeronine yang terdapat pada enzim bromelain (enzim pada nenas), dan kemudian menemukan bahwa buah mengkudu juga

mengandung xeronine dan prekursornya (proxeronine) dalam jumlah besar. Xeronine adalah salah satu zat penting yang mengatur fungsi dan bentuk protein spesifik sel-sel tubuh manusia. Tahun 1993, jurnal *Cancer Letter* melaporkan bahwa beberapa peneliti dari Keio University dan The Institute of Biomedical Sciences di Jepang yang melakukan riset terhadap 500 jenis tanaman mengklaim bahwa mereka menemukan zat-zat anti kanker(damnacanthal) yang terkandung dalam mengkudu.

Lembaga-lembaga penelitian terkemuka di Perancis, Belanda, Jerman, Irlandia, Jepang, Taiwan, Austria, Kanada, dan bahkan National Academy of Sciences, sebuah pusat kajian ilmu pengetahuan nasional yang prestisius di Amerika Serikat telah melakukan berbagai penelitian tentang mengkudu. Sementara itu, para peneliti di Universitas Hawaii juga telah melakukan banyak riset tentang mengkudu, diantaranya riset tentang aktifitas anti-tumor dan anti-kanker mengkudu yang dimuat pada sebuah jurnal ilmiah (*Proc, West Pharmacology Society Journal*, vol,37, 1994). Survei yang dilakukan oleh Dr. Neil Solomon terhadap 8000 pengguna sari buah mengkudu dengan melibatkan 40 dokter dan praktisi medis lainnya menunjukkan bahwa sari buah mengkudu membantu pemulihan sejumlah penyakit, antara lain : kanker, penyakit jantung, gangguan pencernaan, diabetes, stroke, dan sejumlah penyakit lain yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Riset Medis Tentang Mengkudu

No	Kondisi	Jumlah pasien	% tertolong
1	Kanker	874	67
2	Sakit Jantung	1058	80
3	Stroke	983	58
4	Diabetes, tipe 1&2	2434	83
5	Lesu	7931	91

No	Kondisi	Jumlah pasien	% tertolong
6	Peningkatan daya seksual	1545	88
7	Penguatan otot	709	71
8	Kegemukan (Obesitas)	2638	72
9	Tekanan darah tinggi	721	87
10	Perokok	447	58
11	Artritis	673	80
12	Nyeri	3785	87
13	Depresi	781	77
14	Alergi	851	85
15	Masalah pencernaan	1509	89
16	Masalah pernapasan	2727	78
17	Sulit tidur	1148	72
18	Lemah konsentrasi	301	89
19	Peningkatan perasaan sehat	3716	79
20	Kestabilan menurun	2538	73
21	Sakit ginjal	2127	66
22	Stres	3272	71

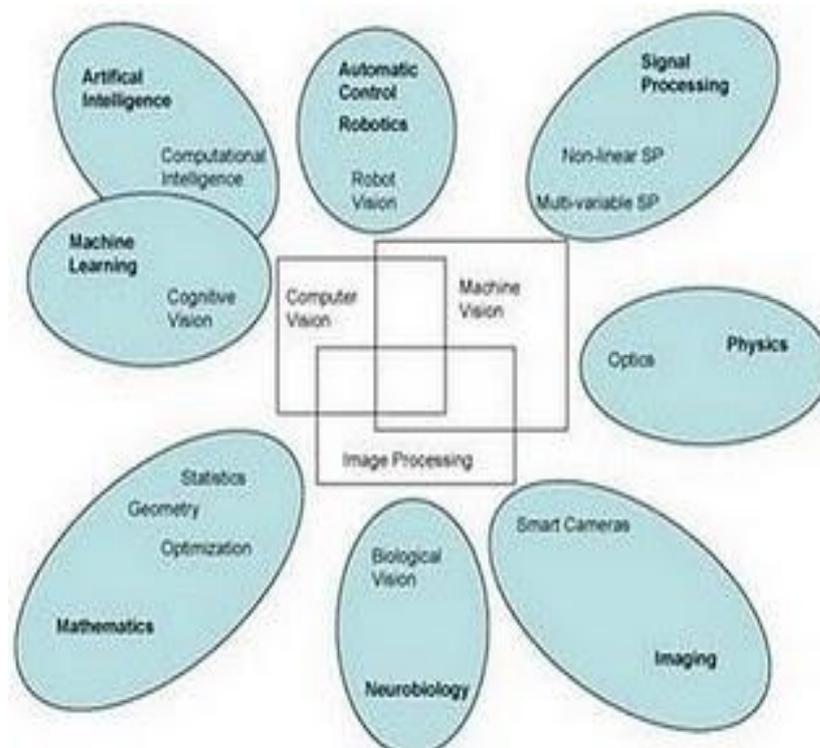
- b. Meningkatkan Daya Tahan Tubuh
- c. Normalkan Tekanan darah
- d. Melawan Tumor dan Kanker
- e. Menghilangkan Rasa Sakit
- f. Anti-peradangan dan Anti-alergi
- g. Anti-bakteri
- h. Mengatur Siklus Suasana Hati (Mood)
- i. Mengatur Siklus Energi Tubuh

[Sumber : Maria Goreti Waha. "Sehat Dengan Mengkudu"]

2.2. Computer Vision

Computer Vision sering didefinisikan sebagai salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana komputer dapat mengenali obyek yang diamati atau diobservasi. Arti dari *Computer Vision* adalah ilmu dan teknologi mesin yang melihat, di mana mesin mampu mengekstrak informasi dari gambar yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas tertentu. Sebagai suatu disiplin ilmu, visi komputer berkaitan dengan teori di balik sistem buatan bahwa ekstrak informasi dari gambar. Data gambar dapat mengambil banyak bentuk, seperti urutan video, pandangan dari beberapa kamera, atau data multi-dimensi dari scanner medis. Sebagai disiplin teknologi, *Computer Vision* berusaha untuk menerapkan teori dan model untuk pembangunan sistem.

Pada *Computer Vision* terdapat kombinasi antara Pengolahan Citra dan Pengenalan Pola yang hubungannya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.8 Kombinasi Pengolahan Citra dan Pengenalan Pola

[Sumber: http://3.bp.blogspot.com/_N_DUzbZBDJU/TNUM-AOOMrI/AAAAAAAAATo/tMufWhkVNz0/s1600/computer+vision.jpg]

Pengolahan Citra (Image Processing) merupakan bidang yang berhubungan dengan proses transformasi citra atau gambar. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan kualitas citra yang lebih baik. Sedangkan Pengenalan Pola (Pattern Recognition), bidang ini berhubungan dengan proses identifikasi obyek pada citra atau interpretasi citra. Proses ini bertujuan untuk mengekstrak informasi atau pesan yang disampaikan oleh gambar atau citra.

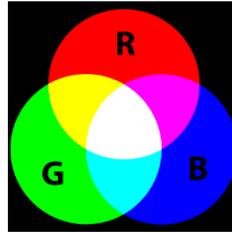
2.3. Jenis Citra

Nilai suatu *pixel* memiliki nilai dalam rentang tertentu, dari nilai minimum sampai nilai maksimum. Jangkauan yang berbeda-beda tergantung dari jenis warnanya. Namun secara umum jangkauannya adalah 0 – 255. Citra dengan penggambaran seperti ini digolongkan kedalam citra integer. Berikut adalah jenis-jenis citra berdasarkan nilai *pixel*nya [Putra,Darma.2010].

2.3.1. Citra RGB

RGB sering disebut sebagai warna additive. Hal ini karena warna dihasilkan oleh cahaya yang ada. Beberapa alat yang menggunakan color model RGB antara lain; mata manusia, projector, TV, kamera video, kamera digital, dan alat-alat yang menghasilkan cahaya. Proses pembentukan cahayanya adalah dengan mencampur ketiga warna tadi. Skala intensitas tiap warnanya dinyatakan dalam rentang 0 sampai 255.

Ketika warna Red memiliki intensitas sebanyak 255, begitu juga dengan Green dan Blue, maka terjadilah warna putih. Sementara ketika ketiga warna tersebut mencapai intensitas 0, maka terjadilah warna hitam, sama seperti ketika berada di ruangan gelap tanpa cahaya, yang tampak hanya warna hitam. Hal ini bisa dilihat ketika menonton di bioskop tua di mana proyektor yang digunakan masih menggunakan proyektor dengan 3 warna dari lubang yang terpisah, bisa terlihat ketika film menunjukkan ruangan gelap, cahaya yang keluar dari ketiga celah proyektor tersebut berkurang [Novi,Diani E.2012].



Gambar 2.9 Warna RGB

[Sumber: <http://adithgeek.files.wordpress.com/2010/07/400px-additivecolor-svg.png>]

2.3.2 Normalisasi Warna

Normalisasi warna dilakukan untuk meminimalisir pengaruh pencahayaan yang berbeda pada pengambilan citra buah. Normalisasi warna tiap pixel pada semua channel warna R, G, dan B dengan rumus [3]:

$$r(p) = \frac{R_{(p)}}{R_{(p)} + G_{(p)} + B_{(p)}} \quad (2.1)$$

$$g(p) = \frac{G_{(p)}}{R_{(p)} + G_{(p)} + B_{(p)}} \quad (2.2)$$

$$b(p) = \frac{B_{(p)}}{R_{(p)} + G_{(p)} + B_{(p)}} \quad (2.3)$$

2.3.3 Mean Warna

Rata-rata (*average*) adalah nilai yang mewakili sehimpunan atau sekelompok data (*a set of data*). Nilai rata-rata pada umumnya mempunyai kecenderungan terletak ditengah-tengah dalam suatu kelompok data yang disusun menurut besar kecilnya nilai. Berikut rumus dari perhitungan nilai *mean* [Ridwan, Achmad. 2012].

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.4)$$

2.3.4 Citra Biner

Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai pixel yaitu hitam dan putih. Citra biner juga disebut sebagai citra B&W (black dan white) atau citra monokrom. Hanya dibutuhkan 1 bit untuk mewakili nilai setiap pixel dari citra biner. Citra biner sering kali muncul sebagai hasil dari proses pengolahan seperti segmentasi, pengambangan, morfologi, ataupun dithering [Putra, Darma. 2010].



Gambar 2.10 Citra Biner

[Sumber: <http://donipunya.files.wordpress.com/2008/05/citra-biner-negasi1.jpg>]

2.3.5 Citra Gray

Citra grayscale merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pixelnya, dengan kata lain nilai bagian RED=GREEN=BLUE. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Warna yang dimiliki adalah warna dari hitam, keabuan dan putih. Tingkat keabuan disini merupakan warna abu dengan berbagai tingkatan dari hitam hingga mendekati putih. Citra grayscale berikut memiliki kedalaman warna 8 bit (256 kombinasi warna keabuan) [Putra, Darma. 2010].



Gambar 2.11 Citra *Grayscale*

[Sumber: <http://mulinnuha.files.wordpress.com/2010/01/lena2.jpg>]

2.4. Pemrosesan Data Awal

2.4.1. Konversi Gambar Array ke Double Precision

Im2double mengambil gambar sebagai masukan, dan mengembalikan sebuah gambar ganda. Jika gambar input adalah ganda kelas, output gambar identic dengan itu. Jika gambar input kelas uint8 atau uint16, uint32, double mengembalikan citra ganda setara kelas, rescaling atau pemindahan data yang diperlukan [Ridwan, Achmad. 2012].

Tabel 2.4 Data Tipe

Nama	Penjelasan
Double	Double-precision, floating-point numbers dalam jangkauan kira-kira - 10^{308} sampai 10^{-308} (8 byte per elemen)
uint8	Unsigned 8-bit integer dalam jangkauan [0, 255] (1 byte per elemen)
uint16	Unsigned 16-bit integer dalam jangkauan [0, 65535] (2 byte per elemen)
uint32	Unsigned 32-bit integer dalam jangkauan [0, 4294967295] (4 byte per elemen)

2.4.2 Image Enhancement

Teknik image enhancement digunakan untuk meningkatkan kualitas suatu citra digital, baik dalam tujuan untuk menonjolkan suatu ciri tertentu dalam citra tersebut, maupun untuk memperbaiki aspek tampilan. Proses ini biasanya didasarkan pada prosedur yang bersifat eksperimental, subjektif, dan amat bergantung pada tujuan yang hendak dicapai. Dalam Image Enhancement terdapat beberapa tehnik peningkatan mutu salah satunya adalah histogram Equalisation [Sakinah, Tanfaus. 2011].

1. *Histogram Equalisation*

Konsep dasar dari *Histogram equalization* adalah dengan *stretch* histogram, sehingga perbedaan pixel menjadi lebih besar atau dengan kata lain informasi menjadi lebih kuat sehingga mata dapat menangkap informasi menjadi lebih kuat sehingga mata dapat menangkap informasi tersebut. Pada

dasarnya metode ini akan memberikan jarak yang cukup jauh pada dua grey level yang berdekatan tetapi memiliki perbedaan frekuensi yang mencolok. Dasar matematika *histogram equalization* :

Apa yang dicapai dalam *histogram equalization* sebenarnya adalah suatu *colourmapping* dari citra awal pada citra hasil.

Secara matematis bisa dituliskan sebagai berikut :

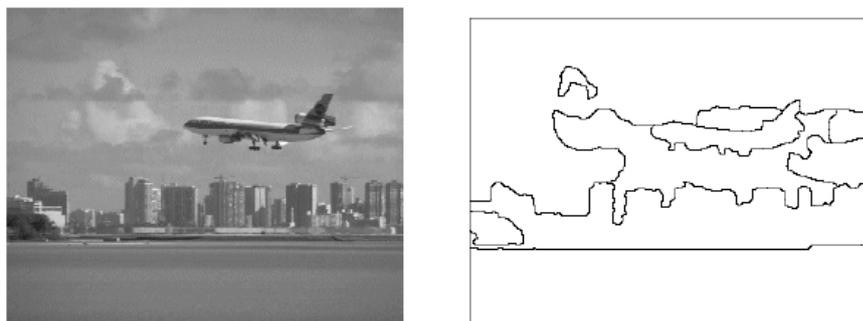
$$s = T(r)$$

Dimana r adalah warna di citra awal, T adalah Fungsi Mapping dan s adalah warna pada citra hasil.

2.4.3 Segmentasi Citra

Terdapat dua pendekatan utama dalam segmentasi citra yaitu didasarkan pada tepi (*edge-based*) dan didasarkan pada wilayah (*region-based*). Segmentasi didasarkan pada tepi membagi citra berdasarkan diskontinuitas di antara sub-wilayah (*sub-region*), sedangkan segmentasi yang didasarkan pada wilayah bekerjanya berdasarkan keseragaman yang ada pada sub-wilayah tersebut.

Hasil dari segmentasi citra adalah sekumpulan wilayah yang melingkupi citra tersebut, atau sekumpulan kontur yang diekstrak dari citra (pada deteksi tepi). Contoh segmentasi dapat dilihat dalam gambar 1. Tiap piksel dalam suatu wilayah mempunyai kesamaan karakteristik atau properti yang dapat dihitung (*computedproperty*), seperti : warna (*color*), intensitas (*intensity*), dan tekstur (*texture*) [Murinto. Agus Harjoko. 2009].



Gambar 2.12 Citra Asli dan Hasil Segmentasi

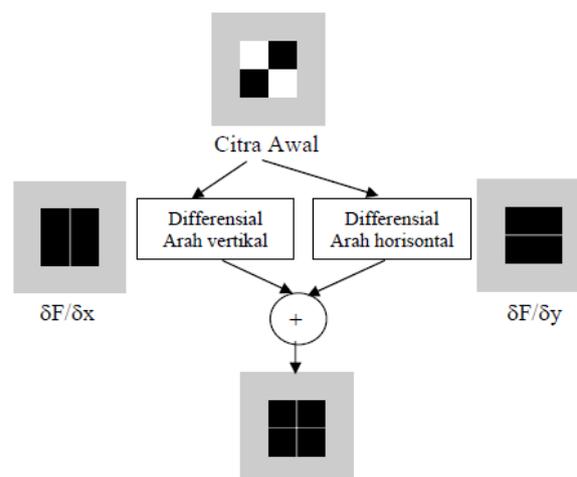
2.4.4 Edge Detection

2.4.4.1 Prinsip-prinsip Deteksi Tepi

Deteksi tepi (*Edge Detection*) pada suatu citra adalah suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi dari obyek-obyek citra, tujuannya adalah:

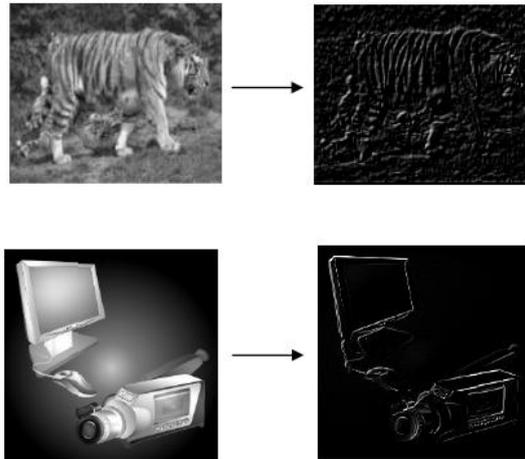
1. Untuk menandai bagian yang menjadi detail citra
2. Untuk memperbaiki detail dari citra yang kabur, yang terjadi karena error atau adanya efek dari proses akuisisi citra.

Suatu titik (x,y) dikatakan sebagai tepi (edge) dari suatu citra bila titik tersebut mempunyai perbedaan yang tinggi dengan tetangganya. Gambar 2.13 berikut ini meng-gambarkan bagaimana tepi suatu gambar diperoleh.



Gambar 2.13 Proses Deteksi Tepi Citra

Perhatikan hasil deteksi dari beberapa citra menggunakan model differensial di atas:



Gambar 2.14 Hasil Beberapa Deteksi Tepi

Pada gambar 2.14 terlihat bahwa hasil deteksi tepi berupa tepi-tepi dari suatu gambar. Bila diperhatikan bahwa tepi suatu gambar terletak pada titik-titik yang memiliki perbedaan tinggi. Berdasarkan prinsip-prinsip filter pada citra maka tepi suatu gambar dapat diperoleh menggunakan High Pass Filter (HPF), yang mempunyai karakteristik:

$$\sum_y \sum_x H(x,y) = 0$$

(2.5)

Metode untuk proses deteksi tepi ini, adalah :

- Metode Sobel

Metode yang banyak digunakan untuk proses deteksi tepi adalah metode Robert, Prewitt dan Sobel.

2.4.4.2 Metode Sobel

Metode Sobel merupakan pengembangan metode robert dengan menggunakan filter HPF yang diberi satu angka nol penyangga. Metode ini mengambil prinsip dari fungsi laplacian dan gaussian yang dikenal sebagai fungsi untuk membangkitkan HPF. Kelebihan dari metode sobel ini adalah kemampuan untuk mengurangi noise sebelum melakukan perhitungan deteksi tepi.

Kernel filter yang digunakan dalam metode Sobel ini adalah:

$$H = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ dan } V = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

2.5 Morfologi

Morfologi adalah teknik pengolahan citra digital dengan menggunakan bentuk (shape) sebagai pedoman dalam pengolahan. Nilai dari setiap pixel dalam citra digital hasil diperoleh melalui proses perbandingan antara pixel yang bersesuaian pada citra digital masukan dengan pixel tetangganya. Operasi morfologi bergantung pada urutan kemunculan dari pixel, tidak memperhatikan nilai numeric dari pixel sehingga teknik morphology sesuai apabila digunakan untuk melakukan pengolahan binary image dan grayscale image.

Operasi morfologi banyak digunakan dalam pengolahan dan analisis citra misalkan untuk operasi perbaikan citra (image enhancement) , ekstrasi fitur, deteksi tepi, analisis bentuk, dan beberapa implementasi operasi pengolahan citra lain.

Dalam operasi morfologi, pemilihan structuring element (strel) sangat mempengaruhi hasil pemrosesan citra. Penggunaan dua buah structuring element yang berbeda akan menghasilkan hasil yang berbeda juga meski objek/citra yang dianalisa sama.

Ada beberapa bentuk structuring element (SE) yang biasa digunakan, ada yang berbentuk rectangle, square, disk, linear, dan diamond. Setiap bentuk structuring element (SE) tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Structuring element berbentuk rectangle dan square, dapat digunakan untuk mendeteksi tepi bagian atas, bawah, pinggir kiri, dan kanan dari sebuah objek. Sedangkan structuring element berbentuk disk dapat digunakan untuk melakukan operasi dilasi/rotasi yang tidak berhubungan dengan arah karena structuring element berbentuk disk simetris terhadap objek aslinya. Structuring element berbentuk line/linear hanya dapat mendeteksi single border.

Belum ada pedoman dalam pemilihan bentuk structuring element. Umumnya pemilihan bentuk structuring element hanya didasarkan pada

kemiripan dengan bentuk objek yang diteliti. Salah satu atribut yang penting untuk mengenali sebuah objek adalah shape (bentuk). Bentuk merupakan representasi dari sebuah objek. Shape (bentuk) adalah salah satu atribut yang penting untuk mengenali sebuah objek. Pemilihan bentuk structuring element lebih didasarkan pada kemiripan dengan bentuk objek. Oleh karena itu bentuk objek dapat digunakan sebagai penentuan bentuk structuring element [Sakinah,Tanfaus.2011].

2.5.1 Operasi Dasar Morfologi

a. Dilasi

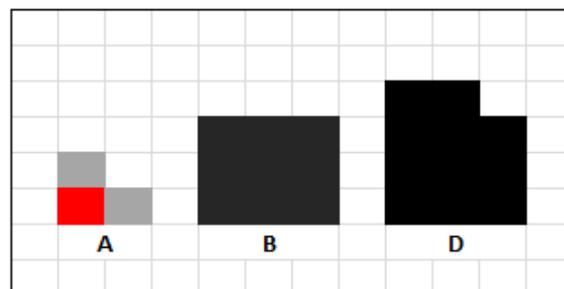
Dilasi adalah suatu proses menambahkan piksel pada batasan dari objek dalam suatu gambar sehingga nantinya apabila dilakukan operasi ini maka gambar hasilnya lebih besar ukurannya dibandingkan dengan gambar aslinya. Operasi dilasi akan melakukan proses pengisian pada citra asal yang memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan structuring element (strel) (Sakinah,Tanfaus.2011."Pengolahan Citra Pada Sistem Rekomendasi Tata Rias Berdasarkan Klasifikasi Bentuk Mata Dengan Metode Template Matching". Tugas Akhir,hlm 2-25).

Dilasi A oleh B dinotasikan dengan $A \oplus B$ dan didefinisikan sebagai:

$$D(A,B) = A \oplus B = \{x : B_x \cap A \neq \emptyset\} \quad (2.6)$$

Dengan \emptyset menyatakan himpunan kosong.

Gambar 2.15 menunjukan proses operasi dilasi ,terdapat objek awal A dan B sedangkan objek D objek hasil dilasi.



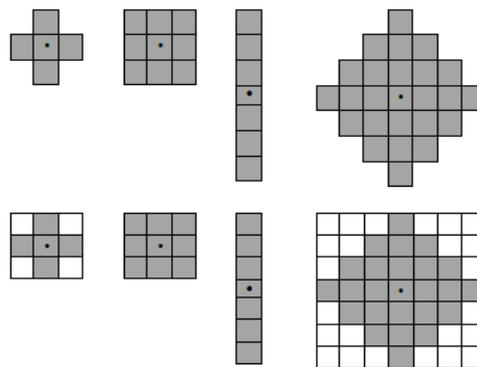
Gambar 2.15 Proses Dilasi

[Sumber: <http://abdullahbasuki.files.wordpress.com>]

2.5.2 Structure Element

Struktur Element adalah himpunan sub-image kecil yang digunakan untuk meneliti citra dalam pembelajaran propertinya. Untuk elemen yang menjadi anggota strel, original strel, juga harus ditetapkan.

Origin dari strel ditandai dengan tanda titik hitam. jika tidak ada titik hitam maka diasumsikan origin berada di pusat simetri. karena origin tidak harus berada di pusat, tetapi juga bisa berada di pinggir strel.



Gambar 2.16 Contoh Gambar strel

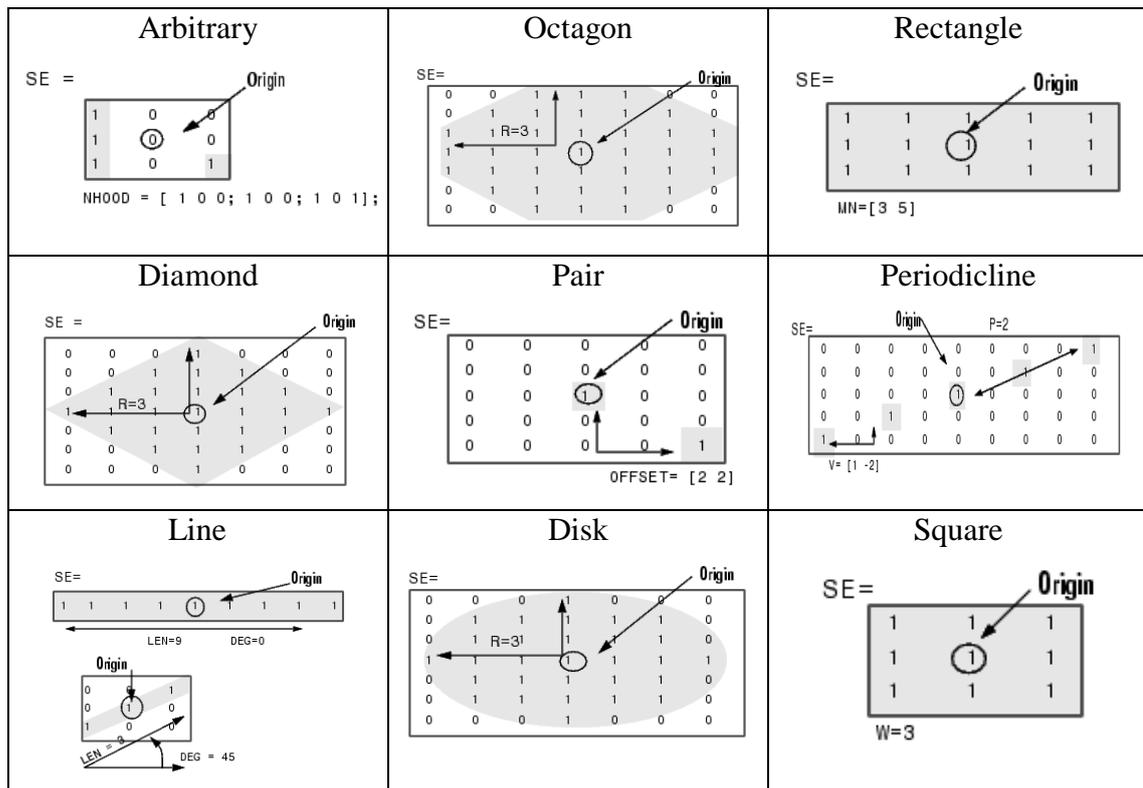
Pada gambar 2.17 menunjukkan berbagai macam type yang dapat digunakan, dan pada gambar 2.18 menjelaskan dari berbagai macam type tersebut [Ika, Yulian Erfilia.2012].

SE = strel(tipestrel, parameter)

Toolbox MATLAB untuk membuat strel :

<u>Type</u>	<u>Format fungsi</u>
Arbitrary	SE = strel('arbitrary', NHOOD)
Diamond	SE = strel('diamond', R)
Disk	SE = strel('disk', R, N)
Line	SE = strel('line', LEN, DEG)
Octagon	SE = strel('octagon', R)
pair	SE = strel('pair', OFFSET)
periodicline	SE = strel('periodicline', P, V)
rectangle	SE = strel('rectangle', MN)
square	SE = strel('square', W)

Gambar 2.17 Tipe dari *Structure Element* (SE)



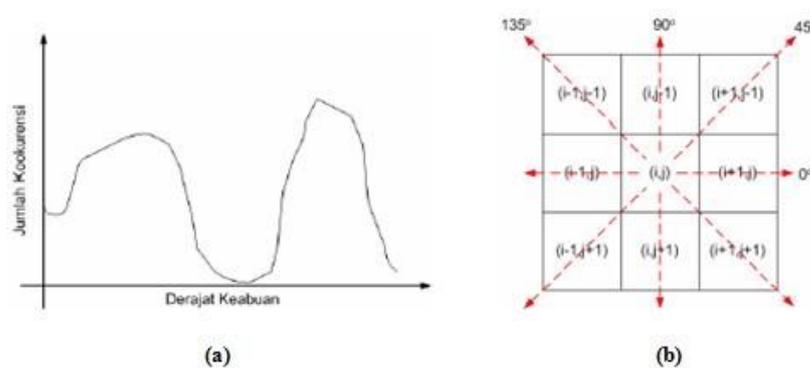
Gambar 2.18 Penjelasan dari masing-masing SE

2.6 Analisis Tekstur

Tekstur merupakan karakteristik intrinsik dari suatu citra yang terkait dengan tingkat kekasaran (roughness), granularitas (granulation), dan keteraturan (regularity) susunan struktural piksel. Aspek tekstural dari sebuah citra dapat dimanfaatkan sebagai dasar dari segmentasi, klasifikasi, maupun interpretasi citra.

Analisis tekstur lazim dimanfaatkan sebagai proses antara untuk melakukan klasifikasi dan interpretasi citra. Suatu proses klasifikasi citra berbasis analisis tekstur pada umumnya membutuhkan tahapan ekstraksi ciri, yang terdiri dari tiga macam metode yaitu metode statistik, metode spektral dan metode struktural. Metode GLCM termasuk dalam metode statistik dimana dalam perhitungan statistiknya menggunakan distribusi derajat keabuan (histogram) dengan mengukur tingkat kekontrasan, granularitas, dan kekasaran suatu daerah dari hubungan ketetanggaan antar piksel di dalam citra. Paradigma statistik ini penggunaannya tidak terbatas, sehingga sesuai untuk tekstur-tekstur alami yang

tidak terstruktur dari sub pola dan himpunan aturan (mikrostruktur). Metode statistik terdiri dari ekstraksi ciri orde pertama dan ekstraksi ciri orde kedua. Ekstraksi ciri orde pertama dilakukan melalui histogram citra sedangkan ekstraksi ciri statistik orde kedua dilakukan dengan matriks kookurensi, yaitu suatu matriks antara yang merepresentasikan hubungan ketetangaan antar piksel dalam citra pada berbagai arah orientasi dan jarak spasial. Ilustrasi ekstraksi ciri statistik ditunjukkan pada gambar 2.19 (Analisis Tekstur dengan Metode GLCM (Gray Level Co-Occurance Matrix)).



Gambar 2.19 Ilustrasi ekstraksi ciri statistik, (a) Histogram citra sebagai fungsi probabilitas kemunculan nilai intensitas pada citra, (b) Hubungan ketetangaan antar piksel sebagai fungsi orientasi dan jarak spasial [Sumber: [http://i1211.photobucket.com/albums/cc432/arditel/2011-01-](http://i1211.photobucket.com/albums/cc432/arditel/2011-01-23_060324.jpg)

23_060324.jpg]

2.6.1 Co-occurrence Matrix

Co-occurrence berarti kejadian bersama, yaitu jumlah kejadian satu level nilai piksel bertetangga dengan satu level nilai piksel lain dalam jarak (d) dan orientasi sudut (θ) tertentu. Jarak dinyatakan dalam piksel dan orientasi dinyatakan dalam derajat. Orientasi dibentuk dalam empat arah sudut dengan interval sudut 45° , yaitu 0° , 45° , 90° , dan 135° . Sedangkan jarak antar piksel biasanya ditetapkan sebesar 1 piksel.

Co-occurrence Matrix merupakan matriks bujursangkar dengan jumlah elemen sebanyak kuadrat jumlah level intensitas piksel pada citra. Setiap titik (p, q) pada co-occurrence matrix berorientasi θ berisi peluang kejadian piksel

i			
1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4

j			
1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4

Gambar 2.22 (a) nilai Matriks variable i (b) nilai matriks variable j

Setelah memperoleh nilai rata-rata, kita dapat menghitung ciri statistik orde dua yang merepresentasikan citra yang diamati. Haralick et al mengusulkan berbagai jenis ciri tekstural yang dapat diekstraksi dari matriks kookurensi. Dalam modul ini dicontohkan perhitungan 6 ciri statistik orde dua, yaitu *Angular Second Moment*, *Contrast*, *Correlation*, *Variance*, *Inverse Difference Moment*, dan *Entropy* Sumber : Pengolahan Citra. “Analisis Tekstur. Modul Praktikum”. Vol 4].

1. *Angular Second Moment (ASM)*

Menunjukkan ukuran sifat homogenitas citra.

$$ASM = \sum_i \sum_j \{p(i, j)\}^2$$

(2.10)

dimana $p(i, j)$ merupakan menyatakan nilai pada baris i dan kolom j pada matriks kookurensi. Berikut adalah perhitungan nilai ASM

0.0938	0.0690	0.0893	0.0405
0.0690	0.0521	0.0655	0.0399
0.0893	0.0655	0.0625	0.0656
0.0405	0.0399	0.0656	0.0521

0.0088	0.0048	0.0080	0.0016
0.0048	0.0027	0.0043	0.0016
0.0080	0.0043	0.0039	0.0043
0.0016	0.0016	0.0043	0.0027

(a)

(b)

Keterangan:

- (a) Adalah nilai dari penjumlahan masing-masing sudut dibagi dengan banyaknya sudut (nilai rata-rata)
- (b) Adalah nilai dari masing-masing *pixel* yang sudah dipangkat 2
- (c) Jika nilai (b) dijumlahkan, maka hasil yang diperoleh yakni nilai $ASM = 0.0672$

2. Contrast

Menunjukkan ukuran penyebaran (momen inersia) elemen-elemen matriks citra. Jika letaknya jauh dari diagonal utama, nilai kekontrasan besar. Secara visual, nilai kekontrasan adalah ukuran variasi antar derajat keabuan suatu daerah citra. Berikut adalah perhitungan nilai CON

$$CON = \sum_i k^2 \left[\sum_i \sum_j p(i,j) \right] \quad |i - j| = k \quad (2.11)$$

(i-j) ² = k			
0	1	4	9
1	0	1	4
4	1	0	1
9	4	1	0

k*rata-rata			
0	0.0690	0.3571	0.3643
0.0690	0	0.0655	0.1595
0.3571	0.0655	0	0.0656
0.3643	0.1595	0.0656	0

(a)

(b)

Keterangan:

- (a) Hasil pengurangan nilai dari variable i dengan nilai variable j kemudian dikuadratkan, perhitungan ini digunakan sebagai nilai dari variable k
- (b) Hasil perkalian dari nilai variable k dengan nilai dari variable rata-rata
- (c) Sehingga jika dikerjakan sesuai dengan rumus 2.11 maka nilai yang diperoleh untuk $CON = 2.1622$

3. Correlation

Menunjukkan ukuran ketergantungan linear derajat keabuan citra sehingga dapat memberikan petunjuk adanya struktur linear dalam citra. Berikut adalah perhitungan nilai COR

$$COR = \frac{\sum_i \sum_j (ij) \cdot p(i,j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2.12)$$

Dimana :

μ_x : adalah nilai rata-rata elemen kolom pada matriks $p(i,j)$

μ_y : adalah nilai rata-rata elemen baris pada matriks $p(i,j)$

σ_x : adalah nilai standar deviasi elemen pada kolom $p(i,j)$

σ_y : adalah nilai standar deviasi elemen pada kolom $p(i,j)$

0.0938	0.0690	0.0893	0.0405
0.0690	0.0521	0.0655	0.0399
0.0893	0.0655	0.0625	0.0656
0.0405	0.0399	0.0656	0.0521

(a)

μ_x	2.3865	σ_x	1.1038
μ_y	2.3865	σ_y	1.1038
$\mu_x * \mu_y$	5.6952	$\sigma_x * \sigma_y$	1.2184

(b)

$i*j$			
1	2	3	4
2	4	6	8
3	6	9	12
4	8	12	16

(c)

$(i*j)*a$			
0.0938	0.1381	0.2679	0.1619
0.1381	0.2083	0.3929	0.3190
0.2679	0.3929	0.5625	0.7875
0.1619	0.3190	0.7875	0.8333

(d)

Keterangan:

- (a) Adalah nilai dari penjumlahan masing-masing sudut dibagi dengan banyaknya sudut (nilai rata-rata)
- (b) Adalah nilai rata-rata dan standar deviasi
- (c) Adalah nilai perkalian matriks i dengan j
- (d) Adalah nilai dari matriks (c) dikalikan dengan nilai dari matriks (a)
- (e) Sehingga jika dikerjakan sesuai dengan rumus 2.12 maka nilai yang diperoleh untuk $COR = 0.1127$

4. Variance

Menunjukkan variasi elemen-elemen matriks kookurensi. Citra dengan transisi derajat keabuan kecil akan memiliki variansi yang kecil pula. Berikut adalah perhitungan nilai VAR

$$VAR = \sum_i \sum_j (i - \mu_x)(j - \mu_y)p(i,j) \quad (2.13)$$

$i - \mu_x$			
-1.3865	-1.3865	-1.3865	-1.3865
-0.3865	-0.3865	-0.3865	-0.3865
0.6135	0.6135	0.6135	0.6135
1.6135	1.6135	1.6135	1.6135

(a)

$j - \mu_y$			
-1.3865	-1.3865	-1.3865	-1.3865
-0.3865	-0.3865	-0.3865	-0.3865
0.6135	0.6135	0.6135	0.6135
1.6135	1.6135	1.6135	1.6135

(b)

$$(i - \mu_x) * (j - \mu_y)$$

1.9223	0.5358	-0.8506	-2.2371
0.5358	0.1494	-0.2371	-0.6236
-0.8506	-0.2371	0.3764	0.9900
-2.2371	-0.6236	0.9900	2.6035

(c)

0.1802	0.0370	-0.0760	-0.0905
0.0370	0.0078	-0.0155	-0.0249
-0.0760	-0.0155	0.0235	0.0650
-0.0905	-0.0249	0.0650	0.1356

(d)

Keterangan:

- (a) Adalah hasil pengurangan antara matriks pada variable i dengan nilai pada variable μ_x
- (b) Adalah hasil pengurangan antara matriks pada variable j dengan nilai pada variable μ_y
- (c) Adalah hasil perkalian dari (a) dengan (b)
- (d) Adalah hasil perkalian antara nilai pada hasil (c) dengan nilai rata-rata awal
- (e) Sehingga jika dikerjakan sesuai dengan rumus 2.13 maka nilai yang diperoleh untuk $COR = 0.1373$

5. Inverse Difference Moment

Menunjukkan kehomogenan citra yang berderajat keabuan sejenis. Citra homogen akan memiliki harga IDM yang besar. Berikut adalah perhitungan nilai IDM

$$IDM = \sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (i - j)^2} p(i, j) \quad (2.14)$$

$1+(i-j)^2$			
1	2	5	10
2	1	2	5
5	2	1	2
10	5	2	1

(a)

$\frac{1}{1+(i-j)^2}p(i,j)$			
0.0938	0.0345	0.0179	0.0040
0.0345	0.0521	0.0327	0.0080
0.0179	0.0327	0.0625	0.0328
0.0040	0.0080	0.0328	0.0521

(b)

Keterangan:

- (a) Adalah hasil 1 ditambah dengan matriks variable i dikurang dengan matriks variable j kemudian dikuadratkan

- (b) Adalah hasil dari 1 dibagi dengan hasil (a) kemudian dikalikan dengan nilai rata-rata awal
- (c) Sehingga jika dikerjakan sesuai dengan rumus 2.14 maka nilai yang diperoleh untuk IDM = 0.5203

6. Entropy

Menunjukkan ukuran ketidakteraturan bentuk. Harga ENT besar untuk citra dengan transisi derajat keabuan merata dan bernilai kecil jika struktur citra tidak teratur (bervariasi). Berikut adalah perhitungan nilai ENT

$$ENT_2 = - \sum_i \sum_j p(i,j) \cdot {}^2\log p(i,j) \quad (2.15)$$

$-\sum_i p(i,j)$				${}^2\log p(i,j)$			
-0.0938	-0.0690	-0.0893	-0.0405	-3.4150	-3.8563	-3.4854	-4.6268
-0.0690	-0.0521	-0.0655	-0.0399	-3.8563	-4.2630	-3.9329	-4.6482
-0.0893	-0.0655	-0.0625	-0.0656	-3.4854	-3.9329	-4.0000	-3.9296
-0.0405	-0.0399	-0.0656	-0.0521	-4.6268	-4.6482	-3.9296	-4.2630

(a)

(b)

$$-\sum_i p(i,j) * {}^2\log p(i,j)$$

0.3202	0.2663	0.3112	0.1873
0.2663	0.2220	0.2575	0.1854
0.3112	0.2575	0.2500	0.2579
0.1873	0.1854	0.2579	0.2220

(c)

Keterangan:

- (a) Adalah hasil dari nilai rata-rata awal dengan ditambah min
- (b) Adalah hasil dari ${}^2\log p(i,j)$
- (c) Adalah hasil perkalian antara nilai hasil pada (a) dengan nilai hasil pada (b)
- (d) Sehingga jika dikerjakan sesuai dengan rumus 2.15 maka nilai yang diperoleh untuk IDM = 3.9452

2.7 *Square Euclidean*

Square euclidean digunakan untuk menentukan perhitungan jarak terdekat nilai vektor ciri citra uji dengan citra acuan. Nilai *square euclidean* yang mendekati nilai nol, akan menunjuk pada citra tertentu. Nilai vektor ciri citra masukan yang memiliki nilai vektor ciri yang sama dengan vektor ciri citra tertentu akan memiliki nilai *square euclidean* yang mendekati nol. Rumus menghitung *square euclidean* sebagai berikut :

$$\bar{d}(u, v) = \left(\sum_i (\bar{u}_i - \bar{v}_i)^2 \right) \quad (2.16)$$

Berdasarkan rumus diatas, d adalah *square euclidean*, u untuk vektor u , dan v untuk vektor v [Novi, Diani E. 2012.]. Berikut adalah contoh peritungan menggunakan *Square Euclidean*:

$$\begin{aligned} \text{Hitung} = & (\text{ASM_Latih} - \text{ASM_Uji})^2 + (\text{CON_Latih} - \text{CON_Uji})^2 + (\text{COR_Latih} - \\ & \text{COR_Uji})^2 + (\text{VAR_Latih} - \text{VAR_Uji})^2 + (\text{IDM_Latih} - \text{IDM_Uji})^2 + \\ & (\text{ENT_Latih} - \text{ENT_Uji})^2 \end{aligned}$$

2.8 KLASIFIKASI

Klasifikasi merupakan suatu pekerjaan menilai objek data untuk memasukkannya kedalam kelas tertentu dari sejumlah kelas yang tersedia. Dalam klasifikasi ada dua pekerjaan utama yang dilakukan, yaitu :

- (1) Pembangunan model sebagai prototype untuk disimpan sebagai memori dan,
- (2) Penggunaan model tersebut untuk melakukan pengenalan/ klasifikasi/ prediksi pada suatu objek data lain agar diketahui di kelas mana objek data tersebut dalam model yang sudah disimpannya.

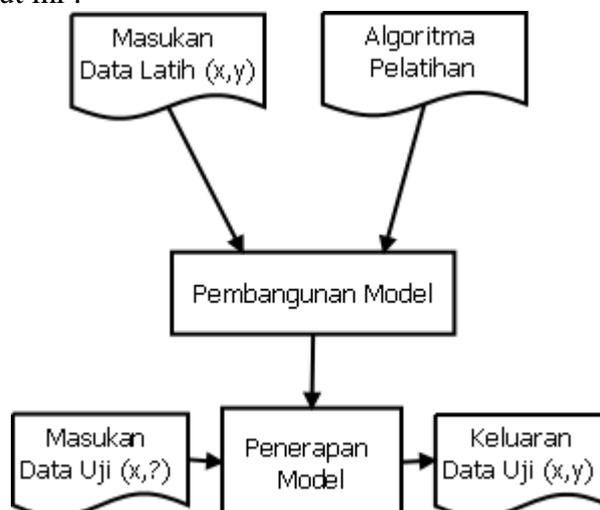
Contoh aplikasi yang sering ditemui adalah pengklasifikasian jenis hewan, yang mempunyai sejumlah atribut maka, jika ada hewan baru, kelas hewannya bisa langsung diketahui. Contoh adalah bagaimana melakukan diagnosis penyakit kulit kanker melanoma, yaitu dengan melakukan pembangunan model berdasarkan data latih yang ada, kemudian menggunakan model tersebut untuk

mengidentifikasi penyakit pasien baru sehingga diketahui apakah pasien tersebut menderita kanker atau tidak.

2.8.1. Model

Klasifikasi dapat diidentifikasi sebagai pekerjaan yang melakukan pelatihan/pembelajaran terhadap fungsi target $f(\text{fitur})x$ ke satu dari sejumlah label kelas y yang tersedia. Pekerjaan pelatihan tersebut akan menghasilkan suatu model yang kemudian disimpan sebagai memori.

Model dalam klasifikasi mempunyai arti yang sama dengan kotak hitam, dimana ada suatu model yang menerima masukan, kemudian mampu melakukan pemikiran terhadap masukan tersebut, dan memberikan jawaban sebagai keluaran dari hasil pemikirannya. Kerangka kerja (framework) klasifikasi ditunjukkan pada gambar 2.23. berikut ini :



Gambar 2.23. Proses Pekerjaan Klasifikasi

Pada gambar tersebut disediakan sejumlah data latih (x,y) untuk digunakan sebagai data pembangun model. Model tersebut kemudian dipakai untuk memprediksi kelas dari data uji $(x,?)$ sehingga diketahui kelas y yang sesungguhnya. Model yang sudah dibangun pada saat pelatihan kemudian dapat digunakan untuk memprediksi label kelas data baru yang belum diketahui. Dalam pembangunan model selama proses pelatihan tersebut diperlukan suatu algoritma untuk membangunnya, yang sudah dikembangkan oleh para peneliti, seperti K -

Nearest Neighbor, Artificial Neural Network, Support Vector Machine, dan sebagainya.

Setiap algoritma mempunyai kelebihan dan kekurangan, tetapi semua algoritma berprinsip sama, yaitu melakukan suatu pelatihan sehingga di akhir pelatihan, model dapat memetakan (memprediksi) setiap vector masukan ke label kelas keluaran dengan benar.

Kerangka kerja seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 meliputi dua langkah proses, yaitu induksi dan deduksi. Induksi merupakan langkah untuk membangun model klasifikasi dari data latih yang diberikan, disebut juga proses pelatihan, sedangkan deduksi merupakan langkah untuk menerapkan model tersebut pada data uji sehingga kelas yang sesungguhnya dari data uji dapat diketahui, disebut juga proses prediksi.

Berdasarkan cara pelatihan, algoritma-algoritma klasifikasi dapat dibagi menjadi dua macam yaitu *eager learner* dan *lazy learner*. Algoritma yang termasuk dalam kategori *eager learner* didesain untuk melakukan pembacaan/pelatihan/ pembelajaran pada data latih agar dapat memetakan dengan benar setiap vektor masukan ke label kelas data uji ke label kelas keluarannya sehingga diproses akhir pelatihan di akhir proses pelatihan, model sudah dapat memetakan semua vector data uji ke label kelas keluarannya dengan benar. Setelah proses pelatihan tersebut selesai model (biasanya berupa bobot atau sejumlah nilai kuantitas tertentu) disimpan sebagai memori, sedangkan semua data latihannya dibuang. Proses prediksi dilakukan dengan model yang tersimpan, tidak melibatkan data latih sama sekali. Cara ini mengakibatkan proses prediksi berjalan dengan cepa, tetapi harus dengan proses pelatihan yang lama. Yang masuk dalam kategori ini, diantaranya adalah *Artificial Neural Network (ANN)*, *Support Vector Machine (SVM)*, *Decision Tree*, *Bayesian*, dan sebagainya.

Sementara yang termasuk dalam kategori *lazy learner* hanya sedikit melakukan pelatihan (atau tidak sama sekali), hanya menyimpan sebagian atau seluruh data latih, kemudian menggunakannya dalam proses prediksi. Hal ini mengakibatkan proses prediksi menjadi lebih lama karena model harus membaca kembali semua data latihannya agar dapat memberikan keluaran label kelas

dengan benar pada data uji yang diberikan. Kelebihan algoritma seperti ini adalah proses pelatihan yang berjalan dengan cepat. Algoritma-algoritma klasifikasi yang masuk kategori ini, di antaranya adalah *K-Nearest Neighbor (K-NN)*, *Fuzzy K-Nearest Neighbor (FK-NN)*, Regresi Linear, dan sebagainya

2.8.2 Pengukuran Kinerja Klasifikasi

Sebuah sistem yang melakukan klasifikasi diharapkan dapat melakukan klasifikasi semua set data dengan benar, tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa kinerja suatu sistem tidak bisa 100% benar sehingga sebuah sistem klasifikasi juga harus diukur kinerjanya. Pengukuran kinerja klasifikasi dilakukan dengan matriks konfusi (*confusion matrix*). Matriks konfusi merupakan tabel pencatat hasil kerja klasifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 2.5 Matriks Konfusi Untuk Klasifikasi Dua Kelas

F_{ij}		Kelas Hasil Prediksi (j)	
		Kelas = 1	Kelas = 0
Kelas Asli (i)	Kelas = 1	f_{11}	f_{10}
	Kelas = 0	f_{01}	f_{00}

Pada tabel diatas merupakan contoh matriks konfusi yang melakukan klasifikasi masalah biner (dua kelas), hanya ada dua kelas, yaitu kelas 0 dan 1. Setiap sel f_{ij} dalam matriks menyatakan jumlah record/data dari kelas i yang hasil prediksinya masuk ke kelas j . misalnya, sel f_{11} adalah jumlah data dalam kelas 1 yang secara benar dipetakan ke kelas 1, dan f_{10} adalah data dalam kelas 1 yang dipetakan secara salah ke kelas 0.

Berdasarkan isi matriks konfusi, kita dapat mengetahui jumlah data dari masing-masing kelas yang diprediksi secara benar, yaitu $(f_{11} + f_{00})$, dan data yang diklasifikasikan secara salah, yaitu $(f_{10} + f_{01})$. Kuantitas matriks konfusi dapat diringkas menjadi dua nilai, yaitu akurasi dan laju eror. Dengan mengetahui jumlah data yang diklasifikasikan secara benar, kita dapat mengetahui akurasi hasil prediksi, dan dengan mengetahui jumlah data yang diklasifikasikan secara

salah, kita dapat mengetahui laju eror dari prediksi yang dilakukan. Dua kuantitas ini digunakan sebagai metric kinerja klasifikasi.

Untuk menghitung akurasi digunakan formula :

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data yang diprediksi secara benar}}{\text{Jumlah prediksi yang dilakukan}} = \frac{f_{11} + f_{00}}{f_{11} + f_{10} + f_{01} + f_{00}}$$

Untuk menghitung laju eror (Kesalahan prediksi) digunakan formula :

$$\text{Laju Eror} = \frac{\text{Jumlah data yang diprediksi secara salah}}{\text{Jumlah prediksi yang dilakukan}} = \frac{f_{11} + f_{00}}{f_{11} + f_{10} + f_{01} + f_{00}}$$

Semua algoritma klasifikasi membentuk model yang mempunyai akurasi tinggi (laju eror yang rendah). Umumnya, model yang dibangun dapat memprediksi dengan benar pada semua data yang menjadi data latihnya, tetapi ketika model berhadapan dengan data uji, barulah kinerja model dari sebuah algoritma klasifikasi ditentukan.

2.8.3 Support Vector Machine (SVM)

Pokok pembahasan untuk *Support Vector Machine* adalah sebagai berikut :

- ❖ Pengertian SVM
- ❖ Model SVM
- ❖ Visualisasi SVM
- ❖ Karakteristik SVM

2.8.3.1 Pengertian SVM

Konsep Klasifikasi dengan *Support Vector Machine (SVM)* adalah mencari hyperplane terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua kelas data. Ide sederhana dari *SVM* adalah memaksimalkan margin yang merupakan jarak pemisah antara kelas data (Duda & Hart, 1973). *SVM* mampu bekerja pada dataset yang berdimensi tinggi dengan menggunakan kernel trik (Aronszajn, 1950). *SVM* hanya menggunakan beberapa titik data terpilih yang berkontribusi (*Support Vector*) untuk membentuk model yang akan digunakan dalam proses klasifikasi.

Macam-Macam Training untuk SVM :

- Chunking (Quadratic Programming).
- Osuna (Dekomposisi).
- Sequential Minimum Optimization (SMO).

- Least Square (LS) dan lainnya.

Dalam *SVM* hanya sejumlah data terpilih yang berkontribusi untuk membentuk model yang digunakan dalam klasifikasi yang akan dipelajari. Hal ini menjadi kelebihan *SVM* karena tidak semua data latih akan dipandang untuk dilibatkan dalam setiap iterasi pelatihannya, data-data yang berkontribusi tersebut disebut *support vector* sehingga metodenya disebut *Support Vector Machine* [Eko Prasetyo, 2012].

2.8.3.2 Model SVM

Model *SVM* adalah fungsi-fungsi yang digunakan dalam penyelesaian pada *SVM*, adapun model yang ada dalam *SVM* adalah sebagai berikut :

- Titik data : $x_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \in \mathbb{R}^n$
- Kelas data : $y_i \in \{-1, +1\}$
- Pasangan data dan kelas :

$$\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^N \quad (2.17)$$

- Maksimalkan fungsi berikut :

$$Ld = \sum_{i=1}^N \alpha_i - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j) \quad (2.18)$$

$$\text{syarat : } 0 \leq \alpha_i \leq C \text{ dan } \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i = 0$$

- Hitung nilai w dan b :

$$w = \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i x_i \quad b = -\frac{1}{2} (w \cdot x^+ + w \cdot x^-) \quad (2.19)$$

- Fungsi keputusan klasifikasi $\text{sign}(f(x))$:

$$f(x) = w \cdot x + b \quad \text{atau} \quad f(x) = \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i K(x, x_i) + b \quad (2.20)$$

Keterangan :

- N : banyaknya data,
- n : dimensi data atau banyaknya fitur,
- Ld : Dualitas Lagrange Multiplier,
- α_i : nilai bobot setiap titik data,

- C : nilai konstanta,
- m : jumlah support vector/titik data yang memiliki $\alpha_i > 0$,
- $K(x, x_i)$: fungsi kernel.

Beberapa Macam Fungsi Kernel *Support Vector Machine (SVM)* ditunjukkan pada tabel 2.5 berikut ini :

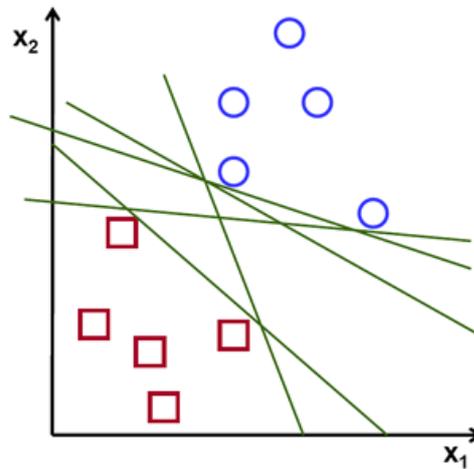
Tabel 2.6 Fungsi Kernel *Support Vector Machine (SVM)*

No	Nama Kernel	Definisi Fungsi
1	Linear	$K(x, y) = x \cdot y$
2	Polinomial of degree d	$K(x, y) = (x \cdot y)^d$
3	Polinomial of degree up to d	$K(x, y) = (x \cdot y + c)^d$
4	Gaussian RBF	$K(x, y) = \exp\left(\frac{-\ x-y\ ^2}{2\sigma^2}\right)$
5	Sigmoid (Tangen Hiperbolik)	$K(x, y) = \tanh(\sigma(x \cdot y) + c)$
6	Invers Multi Kuadratik	$K(x, y) = \frac{1}{\sqrt{\ x-y\ ^2 + c^2}}$
7	Additive	$K(x, y) = \sum_{i=1}^n K_i(x_i, y_i)$

Dimana Kernel Linier digunakan ketika data yang akan diklasifikasi dapat terpisah dengan sebuah garis/hyperplane. Kernel non-Linier digunakan ketika data hanya dapat dipisahkan dengan garis lengkung atau sebuah bidang pada ruang dimensi tinggi (Kernel Trik, No.2 sampai 6).

2.8.3.3. Visualisasi SVM

Ide dasar SVM adalah memaksimalkan batas hyperplane (Maximal Margin hyperplane), seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.29 berikut :

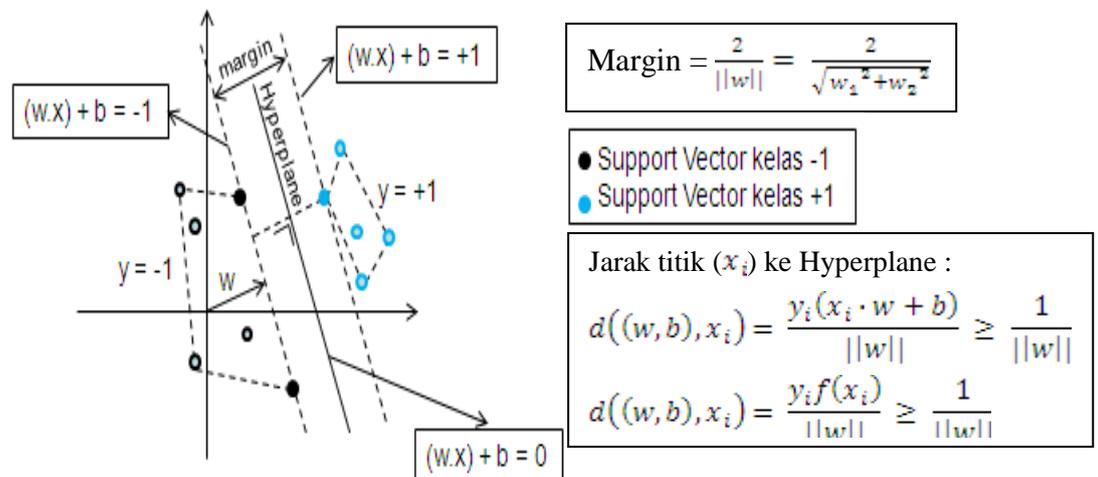


Gambar 2.24. Decision Boundary yang mungkin

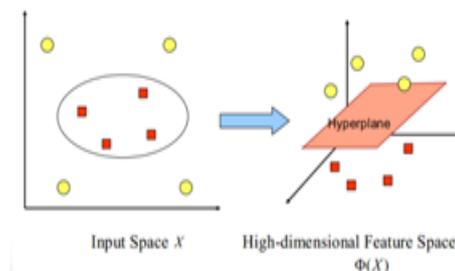
Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa ada sejumlah pilihan hyperplane yang mungkin untuk set data, hyperplane dengan margin yang maksimal akan memberikan generalisasi yang lebih baik pada metode klasifikasi. Konsep klasifikasi dengan SVM dapat dijelaskan secara sederhana sebagai usaha untuk mencari hyperplane terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah kelas data pada ruang input, gambar tersebut memperlihatkan beberapa pola yang merupakan anggota dari dua buah kelas data : +1 dan -1. Data yang tergabung pada kelas -1 disimbolkan dengan bentuk bujur sangkar, sedangkan data pada kelas +1 disimbolkan dengan bentuk lingkaran.

Gambar Visualisasi untuk linear kernel dan Non-Linear Kernel ditunjukkan pada gambar 2.30 berikut ini :

LINEAR KERNEL :



NON-LINEAR KERNEL :



Gambar 2.25. Margin Hyperplane

Pada Linear Kernel setiap data latih dinyatakan oleh (x_i, y_i) , di mana $i = 1, 2, \dots, N$, dan $x_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iq})^T$ merupakan atribut (fitur) set untuk data latih ke- i . $y_i \in \{-1, +1\}$ menyatakan label kelas.

Hyperplane klasifikasi linear SVM, dinotasikan dengan :

$$\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}_i + \mathbf{b} = 0 \quad (2.21)$$

Hyperplane untuk kelas -1 (garis putus-putus) adalah data pada *support vector* yang memenuhi persamaan :

$$\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}_a + \mathbf{b} = -1 \quad (2.22)$$

Hyperplane kelas +1 (garis putus-putus) memenuhi persamaan :

$$\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}_b + \mathbf{b} = +1 \quad (2.23)$$

Dengan demikian, margin dapat dihitung dengan mengurangi persamaan (2.22) dengan (2.23) didapatkan :

$$\mathbf{w} \cdot (\mathbf{x}_b - \mathbf{x}_a) = 2 \quad (2.24)$$

Margin hyperplane diberikan oleh jarak antara dua hyperplane dari dua kelas tersebut. Notasi di atas diringkas menjadi :

$$\text{Margin} = \frac{2}{\|\mathbf{w}\|} = \frac{2}{\sqrt{w_1^2 + w_2^2}} \quad (2.25)$$

Pada Non-Linear Kernel biasanya menggunakan pendekatan kernel pada fitur data awal set data, kernel dapat di definisikan sebagai suatu fungsi yang memetakan fitur data dari dimensi awal (rendah) ke fitur lain yang berdimensi lebih tinggi. Pendekatan ini berbeda dengan metode klasifikasi pada umumnya

yang justru mengurangi dimensi awal untuk menyederhanakan proses komputasi dan memberikan akurasi prediksi yang lebih baik [Eko Prasetyo, 2012].

2.8.3.4 Karakteristik SVM

Adapun Karakteristik SVM adalah sebagai berikut :

- SVM memerlukan proses pelatihan dengan menyimpan hasil support vektor yang didapatkan untuk digunakan kembali pada saat proses prediksi/testing.
- SVM selalu memberikan model yang sama dan solusi yang sama dengan margin maksimal.
- SVM dapat memisahkan data yang distribusi kelasnya bersifat linier maupun non linier.
- SVM tidak dipengaruhi oleh dimensi data yang tinggi, sehingga tidak ada proses reduksi dimensi didalamnya.
- Memori yang digunakan dalam SVM dipengaruhi oleh banyaknya data, bukan besarnya dimensi data.

2.9 Penelitian Sebelumnya

1. PENGOLAHAN CITRA IDENTIFIKASI KUALITAS BUAH MENKUDU (*MORINDA CITRIFOLIA*) BERDASARKAN WARNA DAN TEKSTUR MENGGUNAKAN ANALISIS *CO-OCCURRENCE MATRIX*. Pada Tahun 2012, oleh Hamdan Sobri Andhika dari Fakultas Teknik, Jurusan Informatika Universitas Muhammadiyah Gresik. Penelitian ini mampu mengidentifikasi kualitas buah *Morinda citrifolia* berdasarkan warna dan tekstur menggunakan analisis *co-occurrence matrix* dengan pencocokan ciri menggunakan *Square Euclidean* memiliki tingkat akurasi yang mencapai 97.8% untuk seleksi warna, sedangkan untuk seleksi tekstur memiliki hasil akurasi 91.5%. Kelemahan dari penelitian ini tidak menggunakan metode klasifikasi.
2. USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES FOR EVALUATING TOMATO RIPENESS. Pada tahun 2014 oleh :

- a. Nashwa El-Bendary, Arab Academy for Science, Technology, and Maritime Transport, Cairo, Egypt.
- b. Esraa El Hariri, Faculty of Computers and Information, Fayoum University, Egypt.
- c. Abdoul Ella Hassanien, Faculty of Computers and Information, Cairo University, Egypt.
- d. Amr Badr, Scientific Research Group in Egypt, Egypt.

Penelitian ini difungsikan untuk mengidentifikasi kematangan tomat dengan tomat diekstraksi fitur berbasis PCA diterapkan untuk setiap gambar yang di pre-processing, SVMs Dan LDA model yang dihasilkan untuk klasifikasi tahap kematangan. Skenario-dua melalui menerapkan satu-terhadap-satu multi-kelas sistem SVMs, akurasi klasifikasi kematangan tertinggi 90,80% dan 84,80% telah dicapai oleh skenario pertama dan skenario kedua, masing-masing, menggunakan fungsi linear kernel dan 84% menggunakan skenario ketiga. Sehingga dapat membantu proses otomatisasi dalam klasifikasi. Keterbatasan yang dalam penelitian ini adalah ukuran dataset yang dibutuhkan menjadi lebih besar, karena akurasi SVMs meningkatkan jumlah gambar per kelas pelatihan.