

**APLIKASI PENGHITUNG JUMLAH PERENANG PADA
KOLAM RENANG**



TUGAS AKHIR

Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan

Untuk menyelesaikan program Strata-1 Departemen Teknik Informatika

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Makassar

Disusun Oleh:

KELVIN

D421 15 308

DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020

**APLIKASI PENGHITUNG JUMLAH PERENANG PADA
KOLAM RENANG**



TUGAS AKHIR

Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan

Untuk menyelesaikan program Strata-1 Departemen Teknik Informatika

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Makassar

Disusun Oleh:

KELVIN

D421 15 308

DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020

LEMBAR PENGESAHAN

“APLIKASI PENGHITUNG JUMLAH PERENANG PADA
KOLAM RENANG”

Disusun Oleh:

KELVIN

D421 15 308

Skripsi ini telah dipertahankan pada Ujian Akhir Sarjana tanggal 26 Agustus 2020. Diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Makassar, 13 Oktober 2020

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T
NIP. 19610813 198811 2 001

Dr. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys
NIP. 19750716 200212 1 004

Diterima dan disahkan oleh:

Ketua Departemen S1 Teknik Informatika



Dr. Amil Ahmad Ilham, S.T., M.IT
NIP. 19731010 199802 1 001

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a : Kelvin
N I M : D42115308
Judul Skripsi : Aplikasi Penghitung Jumlah Perenang Pada Kolam
Renang

Bahwa benar ada Karya Ilmiah Saya dan bebas dari Plagianisme (duplikasi).
Demikianlah Surat Pernyataan ini dibuat, jika dikemudian hari ditemukan bukti
ketidakaslian atas Karya Ilmiah ini maka Saya bersedia mempertanggungjawabkan
sesuai Peraturan Perundang-Undangan yang berlaku.

Makassar, 15 November 2020

Yang Bersangkutan,



Kelvin

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas kasih dan karunia-Nya, tugas akhir yang berjudul “APLIKASI PENGHITUNG JUMLAH PERENANG PADA KOLAM RENANG” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang Strata-1 pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan penelitian ini disajikan hasil penelitian terkait judul yang telah diangkat dan telah melalui proses pencarian dari berbagai sumber baik jurnal penelitian, prosiding pada seminar-seminar nasional/internasional, buku maupun dari situs-situs internet.

Penulis menyadari bahwa sangatlah sulit untuk menyelesaikan tugas akhir ini tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, mulai dari masa perkuliahan sampai dengan masa penyusunan tugas akhir. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dari penulis, Bapak Arizal Muin dan Ibu Yunita Ham, yang selalu memberikan dukungan baik berupa moril seperti doa dan semangat maupun dukungan materil, serta selalu sabar dalam mendidik penulis sejak kecil;
2. Bapak Dr. Indrabayu S.T., M.T., M.Bus.Sys. selaku pembimbing I, dan Ibu Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T. selaku pembimbing II, yang senantiasa menyediakan waktu, tenaga, pikiran, semangat dan perhatian yang luar biasa dalam membimbing penulis menyusun tugas akhir;

3. Bapak Ir. Christoforus Yohannes, M.T., dan Ibu Anugrahyani Bustamin., S.T., M.T., yang senantiasa memberikan nasehat, kritik, masukan, serta semangat kepada penulis dalam menyusun tugas akhir;
4. Bapak Dr. Amil Ahmad Ilham, ST., M.IT., selaku Ketua Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bimbingannya selama masa perkuliahan penulis;
5. Ibu Dr. Eng. Intan Sari Areni, S.T., M.T., yang turut memberikan nasehat dan semangat kepada penulis dalam menyusun tugas akhir;
6. Erica Tanzil, S.Ak., yang selalu mengingatkan, menemani, dan memberikan semangat, dan mendoakan penulis saat penulis menyusun tugas akhir;
7. Teman-teman *AIMP Research Group* FT UH yang telah membantu penulis dalam proses pengambilan data, pengolahan data, dan penyusunan tugas akhir;
8. Kakak-kakak *AIMP Research Group* FT UH yang telah memberikan masukan dan bantuan selama penelitian berupa pengambilan data, diskusi penyusunan tugas akhir, dan bantuan sehari-hari lain selama menjadi anggota AIMP;
9. Teman-teman NoLabile yang senantiasa mendukung dan menyemangati penulis dalam menyusun tugas akhir;
10. Teman-teman Passimbung yang senantiasa memberikan kritik, masukan dan mendorong penulis dalam menyusun tugas akhir.
11. Teman-teman Hypervisor FT UH atas dukungan dan semangat yang diberikan selama ini;

12. Segenap Staf dan Dosen Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin yang telah membantu penulis.

13. Orang-orang berpengaruh lainnya yang tanpa sadar telah menjadi inspirasi penulis.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah banyak membantu. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu selanjutnya.

Makassar, Juni 2020

Penulis

ABSTRAK

Olahraga renang menempati urutan ketiga pada jenis olahraga yang paling diminati masyarakat Indonesia. Kolam renang umum menjadi pilihan bagi masyarakat yang tidak memiliki kolam renang pribadi. Sayangnya terdapat beberapa bahaya yang mengintai di kolam renang umum. Salah satunya ialah timbulnya penyakit karena kandungan urine yang terlalu tinggi pada air kolam. Solusi yang dapat dilakukan adalah penggantian air kolam secara berkala, tetapi penggantian air kolam secara berkala dengan jadwal tetap tidak efisien jika jumlah perenang yang berenang sedikit. Dibutuhkan suatu aplikasi yang dapat menghitung jumlah perenang secara otomatis sehingga penjadwalan pembersihan kolam dapat bersifat dinamis dan penambahan zat desinfektan dapat berjalan optimal. Data perhitungan jumlah perenang secara berkala juga dapat menjadi acuan bagi pengelola kolam renang untuk menentukan *peak hour* guna menyesuaikan harga tiket dan mengantisipasi keamanan pengunjung. Dengan memanfaatkan teknologi deep learning, dapat dibuat sebuah sistem yang dapat mendeteksi dan menghitung jumlah perenang pada kolam renang. Data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 343 citra. Data ini kemudian dibagi menjadi 263 data latih dan 80 data uji. Sedangkan algoritma yang digunakan adalah algoritma *You Only Look Once* (YOLO) generasi ke-3 untuk pendeteksian objek. Pada penelitian ini diperoleh akurasi sistem sebesar 90.8%.

Kata kunci: kolam renang, perenang, *deep learning*, *you only look once*, *neural network*, *object detection*.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Renang	6
2.1.1. Pengertian Renang	6
2.1.2. Kolam Renang	7
2.2. Visi Komputer	8
2.3. Pengolahan Citra	10
2.3.1. Citra Digital	10

2.3.2.	Video Digital	12
2.4.	<i>Machine Learning</i>	13
2.4.1.	<i>Supervised Learning</i>	14
2.4.2.	<i>Unsupervised Learning</i>	15
2.5.	<i>Neural Networks</i>	16
2.5.1.	<i>Convolutional Neural Network</i>	16
2.5.2.	Fungsi Aktivasi	20
2.6.	YOLO	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		24
3.1.	Tahapan Penelitian	24
3.2.	Waktu dan Lokasi Penelitian	25
3.3.	Instrumen Penelitian	25
3.4.	Akuisisi Data	26
3.5.	Perancangan dan Implementasi Sistem	28
3.6.	Analisis Kerja Sistem	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1.	Hasil Penelitian	41
4.2.	Pembahasan	44
BAB V PENUTUP		50
5.1.	Kesimpulan	50

5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Alur Kerja <i>Convolutional Neural Network</i>	16
Gambar 2. 2	Contoh <i>Filter</i> Konvolusi Beserta Hasilnya	17
Gambar 2. 3	Operasi ReLU	18
Gambar 2. 4	<i>Fully Connected Layer</i>	19
Gambar 2. 5	Fungsi Aktivasi Linier	20
Gambar 2. 6	Fungsi Aktivasi Nonlinier	21
Gambar 2. 7	Grafik Perbandingan Kecepatan YOLOv3	22
Gambar 3. 1	Tahapan Penelitian.....	23
Gambar 3. 2	Skema Pengambilan Data.....	26
Gambar 3. 3	Hasil Skenario Pengambilan Data Pertama.....	26
Gambar 3. 4	Hasil Skenario Pengambilan Data Kedua	27
Gambar 3. 5	Rancangan Sistem.....	27
Gambar 3. 6	Citra Hasil Ekstraksi Video	28
Gambar 3. 7	Tampilan dari Program Yolo_mark	29
Gambar 3. 8	Dokumen Keluaran dari Program Yolo_mark	29
Gambar 3. 9	Tampilan Citra Sebelum dan Sesudah <i>Resize</i>	30
Gambar 3. 10	Contoh Operasi Konvolusi	31
Gambar 3. 11	Proses Max Pooling	32
Gambar 3. 12	Proses Konvolusi dan <i>Max Pooling</i> pada <i>Layer</i> Pertama	32
Gambar 3. 13	Proses Konvolusi dan <i>Max Pooling</i> pada <i>Layer</i> Kedua.....	33
Gambar 3. 14	<i>Activation Map</i> Hasil Proses Layer Terakhir	33
Gambar 3. 15	Matriks <i>Activation Map</i>	34

Gambar 3. 16 Matriks Hasil Proses <i>Reshape</i>	34
Gambar 3. 17 Gambaran Fully Connected Layer	34
Gambar 3. 18 Contoh Keluaran FC Layer	35
Gambar 3. 19 Visualisasi <i>Output</i> dari Sistem	36
Gambar 3. 20 Gambaran Perhitungan IoU.....	37
Gambar 3. 21 Gambaran IoU Pada Data Perenang	37
Gambar 3. 22 Confussion Matrix	37
Gambar 4. 1 Visualisasi Batas Area Pendeteksian	41
Gambar 4. 2 Perbedaan Garis Dasar Kolam Renang	41
Gambar 4. 3 Pengaruh Kejernihan Pada Pendeteksian Sistem.....	41
Gambar 4. 4 Contoh TP (a), FP (b), dan FN (c) Pada Citra.....	41
Gambar 4. 5 Hasil Deteksi Pada Data Warna Baju Beragam.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	Perhitungan <i>F1 Score</i> untuk IoU 0.25	41
Tabel 4. 2	Perhitungan <i>F1 Score</i> untuk IoU 0.5	42
Tabel 4. 3	Perhitungan <i>F1 Score</i> untuk IoU 0.75	42
Tabel 4. 4	Confussion Matrix Kinerja Sistem	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Olahraga renang menempati urutan ketiga pada jenis olahraga yang paling diminati masyarakat Indonesia setelah lari dan bersepeda (Gerintya 2018). Kolam renang umum menjadi jawaban bagi masyarakat yang ingin berolahraga renang tetapi tidak memiliki kolam renang pribadi. Sayangnya, ada beberapa bahaya yang mengintai di kolam renang umum (Mediatama 2019). Salah satunya ialah air kolam dapat tercampur dengan berbagai zat, dimana salah satu zat tersebut adalah urine. Zat urine berbahaya karena dapat bereaksi dengan zat kimia desinfektan yang terdapat pada air kolam. Hal ini dapat menimbulkan iritasi pada saluran nafas perenang sehingga perenang mengalami sesak di dada, gangguan pada tenggorokan, batuk, iritasi pada kulit, dan iritasi pada mata.

Penyumbang urine terbesar adalah perenang itu sendiri. Solusi yang dapat dilakukan guna meminimalisir terjadinya pencemaran urine adalah penggantian air kolam secara berkala dengan jadwal yang tetap, misalkan dua minggu sekali. Tetapi cara ini belum efisien dikarenakan tidak mempertimbangkan faktor jumlah perenang. Penggantian air kolam berjadwal ini hanya menambah biaya jika jumlah perenang yang berenang sebelum waktu pembersihan sedikit. Di sisi lain, jika frekuensi perenang sangat banyak dan kolam tidak dibersihkan karena jadwal pembersihan masih lama akan berdampak negatif pada kesehatan perenang (Harariet, Darmiah, dan Santoso 2017).

Untuk mengatur biaya pembersihan kolam dan kesehatan seluruh perenang, dibuatlah suatu aplikasi yang dapat menghitung jumlah perenang secara otomatis sehingga penjadwalan pembersihan kolam dapat bersifat dinamis dan penambahan zat desinfektan dapat berjalan optimal.

Menghitung jumlah perenang secara manual bukan pekerjaan mudah. Disisi lain, perkembangan teknologi dengan metode kecerdasan buatan dalam bidang visi komputer dapat membantu melakukan deteksi manusia baik dalam keadaan diam maupun dalam keadaan bergerak. Sehingga metode ini, khususnya deep learning dipakai untuk melakukan perhitungan ini.

Sistem perhitungan ini juga dapat menjadi dapat membantu orang tua yang khawatir adanya anak-anak yang bermain dan tidak sengaja terjatuh ke dalam kolam renang pribadi dalam rumah. Data perhitungan jumlah pengunjung secara berkala juga dapat menjadi acuan bagi pengelola kolam renang untuk menentukan *peak hour* guna menyesuaikan harga tiket dan mengantisipasi keamanan pengunjung.

Dengan demikian, judul penelitian yang diusulkan adalah “Aplikasi Penghitung Jumlah Perenang pada Kolam Renang”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membuat sistem yang dapat mendeteksi orang-orang yang sedang berenang dan berada di dalam kolam renang?

2. Bagaimana membuat sistem yang dapat menghitung jumlah perenang yang sedang berenang dengan berbagai kondisi?
3. Bagaimana hasil kinerja dari sistem yang dibuat ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan akhir yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Membuat sistem yang dapat mendeteksi orang-orang yang sedang berenang dan berada di dalam kolam renang.
2. Membuat sistem yang dapat menghitung jumlah perenang yang sedang berenang dengan berbagai kondisi.
3. Mengetahui keakuratan dari sistem yang dibuat.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Bagi pengelola kolam renang, dapat memiliki sistem yang bisa secara otomatis menghitung jumlah perenang yang berada di kolam renang untuk membantu pengawasan dan sanitasi kolam renang.
2. Bagi peneliti, dapat digunakan untuk menambah pengetahuan dan sebagai referensi mengenai sistem yang mampu menganalisis keadaan orang yang sedang berenang.
3. Bagi institusi pendidikan, dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan penelitian topik terkait untuk pengenalan keadaan orang yang sedang berenang.

1.5. Batasan Masalah

Yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Objek penelitian difokuskan pada Kolam Renang XYZ.

2. Perenang yang terdeteksi adalah perenang yang sedang dalam kondisi berenang dan berada pada area kolam renang jangkauan CCTV.
3. Data video diambil menggunakan *static camera*.
4. Pengambilan data diambil pada waktu pagi hingga sore hari (jam operasional kolam renang).
5. Pengambilan data diambil dengan jarak 4.3 meter dari kolam renang dan tinggi 4.5 meter dari permukaan.
6. Data masukan yang digunakan dalam aplikasi adalah berupa video dengan ekstensi file .mp4 dengan resolusi 1920 x 1080.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran singkat mengenai isi tulisan ini, maka akan diuraikan beberapa tahapan dari penulisan secara sistematis, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan secara umum mengenai hal yang menyangkut latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori terkait hal-hal yang mendasari dan berhubungan dengan penelitian, termasuk di dalamnya teori mengenai gejala awal orang tenggelam, visi komputer, dan metode-metode yang digunakan dalam penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang perencanaan dan proses penerapan algoritma dan metode-metode dalam pengolahan data, mulai dari preprocessing hingga menghasilkan prediksi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian dan pembahasan terkait pengolahan data yang telah dilakukan yang disertai dengan tabel hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan sistem yang lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Renang

2.1.1. Pengertian Renang

Renang adalah upaya untuk menggerakkan (mengapungkan atau mengangkat) semua bagian tubuh ke atas permukaan air (Riadi 2017). Renang dikenal sebagai olahraga akuatik yang bisa meningkatkan kebugaran, membentuk otot, sekaligus membakar kalori. Renang juga merupakan olahraga yang tidak berdampak besar pada persendian (*low impact*) dan dapat memberi efek meditatif pada pikiran (Tashandra 2018).

Ada 4 gaya yang umum digunakan oleh perenang (Riadi 2017), yaitu :

1. Renang Gaya Bebas

Renang gaya bebas adalah gerakan yang dilakukan dengan cara menelungkupkan badan, dimana tangan dan kaki melakukan tarikan dan tendangan air. Pada gaya bebas tubuh berada pada posisi datar di atas air dan bahu agak ke belakang. Sementara kaki berada beberapa inci di bawah permukaan air. Selain itu, hal yang perlu diperhatikan adalah mempertahankan wajah dan pandangan mata ke depan.

2. Renang Gaya Punggung

Renang gaya punggung adalah gaya berenang dengan posisi punggung menghadap ke air atau posisi tubuh telentang. Gerakan gaya punggung sama dengan gerakan gaya bebas. Pada gaya punggung wajah perenang berada di atas permukaan air, mudah untuk bernafas dan lebih mudah

membuka mata. Namun, pada gaya punggung, akan sulit menentukan arah gerak karena mata yang menghadap ke atas. Pada gaya punggung kaki lebih aktif bergerak ke atas. Pergelangan kaki harus diusahakan tetap lemas.

3. Renang Gaya Dada

Renang gaya dada disebut juga renang gaya katak, karena gerakannya mirip katak saat berenang di air. Renang gaya dada adalah gaya renang dengan posisi tubuh seperti merangkak di permukaan air dikombinasikan dengan gerakan kaki dan tangan. Tangan dan kaki berada di dalam air serta kepala bergerak naik turun dari dalam air ke permukaan air. Perenang dapat melihat ke depan ketika berenang.

4. Renang Gaya Kupu-Kupu

Renang gaya kupu-kupu merupakan pengembangan dari gaya dada. Gaya kupu-kupu adalah gaya berenang yang dilakukan dengan kedua lengan secara bersamaan mengayuh bergerak ke depan. Kedua tangan membentang kemudian mengepak untuk mengayuh maju ke depan. Gerakan dua tangan tersebut seperti gerakan sayap kupu-kupu. Untuk melakukan gaya ini dibutuhkan tenaga yang besar, irama dan koordinasi gerak yang baik. Gaya ini paling sulit dipelajari dibandingkan gaya lainnya.

2.1.2. Kolam Renang

Kolam renang adalah suatu konstruksi buatan yang dirancang untuk diisi dengan air dan digunakan untuk berenang, menyelam, serta aktivitas air lainnya.

Kolam renang wajib memiliki standar kelayakan agar pengguna kolam renang dan seluruh fasilitasnya aman dan terjaga dari berbagai bahaya yang dapat mengancam kenyamanan dan kesehatan (Adriana 2016). Salah satu standar kelayakan kolam renang adalah kejernihan air kolam.

Kekeruhan merupakan indikasi kejernihan air kolam. Air kolam yang keruh dapat terlihat bersih secara kasat mata, tetapi jika cahaya melewati air kolam cahaya tersebut akan tersebar karena bertemu partikel-partikel didalam air kolam. Standar untuk mendeteksi kekeruhan kolam renang umum selain menggunakan *turbidity sensor* adalah kemampuan seseorang untuk melihat saluran tengah utama kolam renang secara jelas dari pinggir kolam renang (Arko 2005).

Salah satu cara alternatif untuk mengukur kekeruhan kolam renang adalah menggunakan piringan berwarna hitam (Adriana 2016). Air kolam renang dikatakan jernih apabila piringan yang diletakkan di dasar kolam dapat terlihat jelas dari tepi kolam.

Selain itu air kolam renang dapat dikatakan jernih jika air berwarna biru langit. Apabila air kolam renang sudah berwarna hijau, maka PH air kolam sudah tidak stabil dan mengandung banyak alga/lumut/ganggang hijau (PT. Kuhanda Semesta Group 2019)

2.2. Visi Komputer

Visi komputer merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana cara membuat komputer dapat mengamati dan mengenali objek. Visi komputer bertujuan untuk meniru visualisasi manusia dan mengaplikasikan ke dalam komputer (Nugraha 2014).

Visi komputer bekerja dengan memproses data berupa citra yang dimasukkan lalu menggunakan kombinasi dari algoritma-algoritma pengolahan citra dan kecerdasan buatan sehingga menghasilkan informasi dari citra tersebut (Szeliski 2010).

Visi komputer diaplikasikan saat ini dalam berbagai bidang di dunia, meliputi:

1. *Optical Character Recognition (OCR)*: mengidentifikasi huruf pada sebuah citra lalu mengubahnya kedalam bentuk tulisan.
2. *Machine inspection*: menginspeksi komponen mesin atau rangka untuk *quality assurance* menggunakan citra sinar-X.
3. *3D Model Building*: Konstruksi otomatis model 3D dari foto udara yang digunakan dalam sistem seperti Bing Maps.
4. *Medical Imaging* : Mencatat atau merekam citra *pre-operative* dan *intra-operative* untuk tujuan klinis atau melakukan studi jangka panjang dari morfologi citra bagian tubuh manusia.
5. *Automotive Safety*: Mendeteksi rintangan yang tak terduga seperti pejalan kaki di jalan raya.
6. *Surveillance*: Pemantauan untuk penyusup dan menganalisis lalu lintas jalan raya.
7. *Fingerprint Recognition and Biometrics*: Otentikasi akses otomatis dan juga aplikasi forensik (Szeliski 2010).

2.3. Pengolahan Citra

Pengolahan citra merupakan ilmu yang mempelajari bagaimana memperbaiki kualitas citra agar mendapatkan hasil yang baik dan mudah dikenali oleh manusia atau mesin. Pengolahan citra memiliki keterkaitan yang sangat erat dengan disiplin ilmu yang lain, jika sebuah disiplin ilmu dinyatakan dengan bentuk proses suatu masukan menjadi keluaran, maka pengolahan citra memiliki masukan berupa citra serta keluaran juga berupa citra (Nugraha 2014).

2.3.1. Citra Digital

Citra adalah suatu representasi, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek atau benda. Setiap citra mempunyai beberapa karakteristik, antara lain ukuran citra, resolusi, dan format nilainya. Umumnya citra berbentuk persegi panjang yang memiliki lebar dan tinggi tertentu (Munir 2004).

Ukuran ini biasanya dinyatakan dalam banyaknya titik atau *pixel*, sehingga ukuran citra selalu bernilai bulat. Ukuran citra dapat juga dinyatakan secara fisik dalam satuan panjang. Dalam hal ini tentu saja harus ada hubungan antara ukuran titik penyusunan citra dengan satuan Panjang. Hal tersebut dinyatakan dengan resolusi yang merupakan ukuran banyaknya titik untuk setiap satuan panjang. Biasanya satuan yang digunakan adalah *dpi*. Makin besar resolusi makin banyak titik yang terkandung dalam citra dengan ukuran fisik yang sama, sehingga hal ini memberikan efek pemampatan citra menjadi semakin halus.

Citra digital terdiri dari beberapa elemen dasar. Elemen-elemen dasar yang paling penting diuraikan sebagai berikut:

1. Kecerahan, merupakan intensitas cahaya rata-rata dari suatu area yang melingkupinya.
2. Kontras, merupakan sebaran terang dan gelap di dalam sebuah citra. Citra dengan kontras rendah komposisi citranya sebagian besar terang atau sebagian besar gelap. Citra dengan kontras yang baik, komposisi gelap dan terangnya tersebar merata.
3. Kontur, merupakan keadaan yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada *pixel-pixel* tetangga, sehingga dapat dideteksi tepi objek di dalam citra.
4. Warna, merupakan persepsi yang dirasakan oleh sistem visual manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek. Warna-warna yang dapat ditangkap oleh manusia merupakan kombinasi cahaya dengan panjang yang berbeda. Kombinasi yang memberikan rentang warna paling lebar adalah merah, hijau, dan biru (RGB).
5. Bentuk, merupakan properti intrinsik dari objek tiga dimensi, dengan pengertian bahwa bentuk merupakan properti intrinsik utama untuk visual manusia. Umumnya citra yang dibentuk oleh manusia merupakan 2D, sedangkan objek yang dilihat adalah 3D.
6. Tekstur, merupakan distribusi spesial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan *pixel-pixel* yang bertetangga (Darmawan dan Saptani 2010).

2.3.2. Video Digital

Video digital merupakan sekumpulan citra digital yang disusun secara teratur dan berurutan sehingga menyebabkan efek bergerak pada objek yang berada dalam citra. Video digital tersusun dari beberapa struktur, yaitu :

1. *Video Sequence*, diawali dengan *sequence header*, berisi satu grup gambar atau lebih, diakhiri dengan kode *end-of sequence*.
2. *Group of Pictures (GOP)*, *Header* dan serangkaian satu atau lebih gambar yang dimaksudkan untuk memungkinkan akses acak menjadi berurutan.
3. *Picture*, unit pengkodean utama dari urutan video dan terdiri dari tiga matriks segi empat yang mewakili nilai pencahayaan (*Y*) dan dua nilai krominasi (*Cb* dan *Cr*).
4. *Slice*, satu atau beberapa *macroblocks* bersebelahan. Urutan *macroblocks* dalam *slice* adalah dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah.
5. *Macroblocks*, komponen pencahayaan dan komponen krominasi sesuai dengan urutan blok pada aliran data (Bovik 2000).

Kualitas dari suatu video digital ditentukan oleh besaran nilai karakteristik yang dimiliki video tersebut. Video digital dapat dikarakteristikan oleh beberapa variabel berikut :

1. *Frame rate*, merupakan jumlah *frame* yang ditampilkan tiap detik. Ilusi pergerakan dapat dirasakan sekurang-kurangnya pada *frame rate*

sebesar 12 *frame* per detik. Perindustrian film moderen menggunakan 24 *frame* per detik.

2. *Frame dimensions*, merupakan lebar dan tinggi dari *frame* video yang dinyatakan dalam ukuran piksel.
3. *Pixel depth*, merupakan jumlah *bit* per piksel. Dalam beberapa kasus, dimungkinkan memisahkan *bit* yang didedikasikan untuk pencahayaan dari yang digunakan untuk *chrominance*. Dalam kasus yang lain semua bit dapat digunakan sebagai referensi salah satu dari berbagai warna palet (Manning 2008).

2.4. *Machine Learning*

Machine learning merupakan sebuah bidang *computer science* yang berfokus untuk mengembangkan program yang mengajarkan mesin untuk berubah dan bertumbuh ketika dihadapkan dengan data yang baru. Secara sederhana, *machine learning* mengacu pada pendeteksian pola penting secara otomatis dalam data dan menghasilkan sebuah model dari data tersebut.

Dalam beberapa dekade terakhir, *machine learning* telah menjadi teknologi yang umum digunakan di hampir seluruh pekerjaan yang membutuhkan ekstraksi informasi dari kumpulan data besar. Dalam kehidupan sehari-hari, sebagian kecil contoh teknologi berbasis *machine learning* adalah sebagai berikut:

1. Mesin pencari yang belajar bagaimana memberikan pengguna hasil pencarian website terbaik dan menempatkan iklan yang sesuai dengan pengguna.

2. Perangkat lunak *anti-spam* yang belajar untuk menyaring *spam* pada pesan elektronik pengguna.
3. Transaksi kartu kredit dijamin oleh perangkat lunak yang mempelajari cara mendeteksi penipuan.
4. Kamera digital belajar mendeteksi area wajah.
5. Aplikasi asisten pribadi cerdas di ponsel yang belajar mengenali perintah suara.
6. Mobil cerdas dilengkapi dengan sistem pencegahan kecelakaan (Shalev-Shwartz dan Ben-David 2014).

Machine learning menggunakan dua macam teknik, yaitu *supervised learning* dan *unsupervised learning* (Heller 2019).

2.4.1. Supervised Learning

Supervised learning membuat sebuah model yang membuat prediksi dari data latih yang telah disiapkan dengan jawabannya, misalkan sebuah set gambar binatang lengkap dengan nama dari binatang-binatangnya. Tujuan pembelajaran ini yaitu membuat model yang dapat mengidentifikasi gambar (yang berisi binatang yang dipakai saat pelatihan) yang tidak pernah dilihat sebelumnya secara tepat.

Supervised learning menggunakan teknik klasifikasi dan regresi untuk mengembangkan model prediktif.

1. Teknik klasifikasi memprediksi respon diskrit, misalkan memprediksi apakah sebuah email merupakan asli atau spam, atau apakah sebuah tumor itu jinak atau ganas. Teknik klasifikasi mengklasifikasikan data masukan ke dalam beberapa kategori.

Algoritma yang umum untuk klasifikasi diantaranya *support vector machine (SVM)*, *boosted and bagged decision trees*, *k-nearest neighbor*, *Naïve Bayes*, *discriminant analysis*, *logistic regression*, dan *neural networks*.

2. Teknik regresi memprediksi respon kontinu, misalkan perubahan dalam suhu atau fluktuasi pada kebutuhan daya.

Algoritma yang umum untuk regresi diantaranya *linear model*, *nonlinear model*, *regularization*, *stepwise regression*, *boosted and bagged decision trees*, *neural networks*, dan *adaptive neuro-fuzzy learning*.

2.4.2. Unsupervised Learning

Unsupervised learning menemukan pola atau struktur intrinsik tersembunyi dalam data. Teknik ini digunakan untuk menarik sebuah kesimpulan dari dataset yang terdiri dari data tanpa label. *Clustering* merupakan teknik *unsupervised learning* yang paling umum.

Clustering digunakan untuk analisis data eksplorasi untuk menemukan pola atau pengelompokan tersembunyi dalam data. Aplikasi *clustering* diantaranya analisis urutan gen, riset pasar, dan pengenalan objek.

Algoritma yang umum untuk *clustering* diantaranya *k-means* dan *k-medoids*, *hierarchical clustering*, *Gaussian mixture models*, *hidden Markov models*, *self-organizing maps*, *fuzzy c-means clustering*, dan *subtractive clustering*.

2.5. Neural Networks

Neural network merupakan program komputer yang bekerja mirip dengan otak manusia. Tujuan dari neural networks adalah melakukan fungsi kognitif yang otak dapat lakukan seperti pemecahan masalah dan dapat diajari. Daya tarik utama yang dimiliki oleh *neural networks* adalah kemampuan untuk meniru kemampuan pengenalan pola milik otak manusia.

Neural network memiliki banyak unit kecil bernama *neuron*, yang dikelompokkan menjadi beberapa *layer*. *Layer* merupakan sebuah kolom dari neuron yang terhubung dengan *layer* yang lain melalui neuron masing-masing.

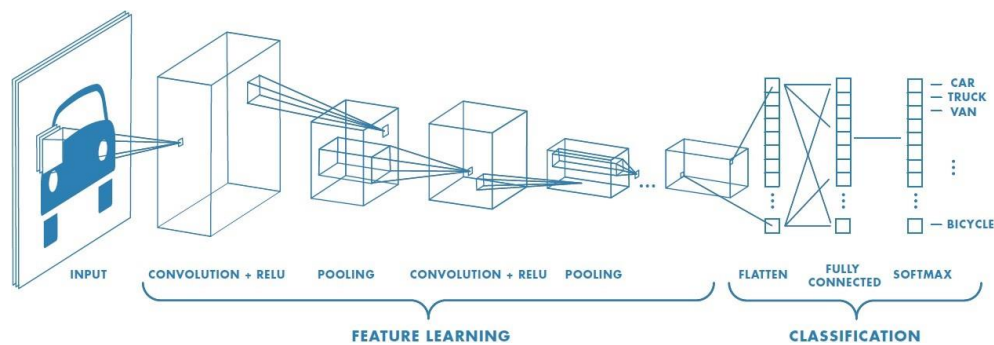
Setiap *neuron* terhubung dengan *neuron* dari *layer* lain melalui sebuah *synapses*. Sebuah *synapses* diatur dengan nilai bobot yang terpasang pada *synapses* tersebut. Sebuah *neuron* mengambil nilai dari *neuron* *layer* sebelumnya dan mengalikannya dengan nilai bobot dari *synapses* yang menghubungkannya.

Jumlah dari semua *neuron* yang terhubung adalah nilai bias *neuron*. Nilai bias kemudian dimasukkan ke fungsi aktivasi yang akan mentransformasi nilai secara matematis dan menyerahkannya ke *neuron* di *layer* selanjutnya yang terhubung. Proses ini diteruskan ke seluruh *network*. Salah satu tipe dari *neural network* adalah *convolutional neural network* (CNN) (Merchant 2019).

2.5.1. Convolutional Neural Network

Pada bidang *neural network*, *convolutional neural network* (CNN) adalah kategori utama untuk melakukan pengenalan dan pengklasifikasian gambar. CNN mirip dengan *feedforward neural network*, dimana *neuron* memiliki nilai bobot dan bias yang mampu untuk belajar.

Klasifikasi gambar CNN mengambil sebuah gambar masukan, memprosesnya, dan mengklasifikasikannya ke dalam sebuah kategori. Komputer melihat gambar masukan sebagai sebuah larik piksel. Secara teknis, setiap gambar masukan akan melalui deretan *convolution layer* dengan *filter (Kernels)*, *Pooling*, *fully connected layers (FC)*, dan menggunakan fungsi Softmax untuk mengklasifikasikan sebuah objek dengan nilai probabilitas diantara 0 dan 1. Alur kerja CNN dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.










Gambar 2.1. Alur Kerja *Convolutional Neural Network*

1. *Convolution Layer*

Convolution layer merupakan layer pertama untuk mengekstraksi fitur dari sebuah gambar masukan. *Convolution layer* mempertahankan hubungan antar piksel dengan mempelajari fitur dari gambar menggunakan kotak kecil dari gambar masukan. Proses ini merupakan operasi matematik yang hanya membutuhkan dua masukan yaitu matriks gambar dan *filter* atau *kernal*.

Proses konvolusi dengan *filter* berbeda-beda dapat melakukan operasi seperti deteksi tepi serta pengaturan keburaman dan ketajaman.

Gambar 2.2 merupakan contoh hasil dari proses konvolusi beserta *filter*-nya.

Operation	Filter	Convolved Image
Identity	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	
Edge detection	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	
	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	
Sharpen	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	
Box blur (normalized)	$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	
Gaussian blur (approximation)	$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	

Gambar 2.2. Contoh *Filter* Konvolusi Beserta Hasilnya

2. *Stride*

Stride adalah jumlah piksel yang bergeser di atas matriks masukan.

Ketika *stide* bernilai 1 maka *filter* akan berpindah 1 piksel tiap waktu.

Ketika *stride* bernilai 2 maka *filter* akan berpindah 2 piksel tiap waktu dan seterusnya.

3. *Padding*

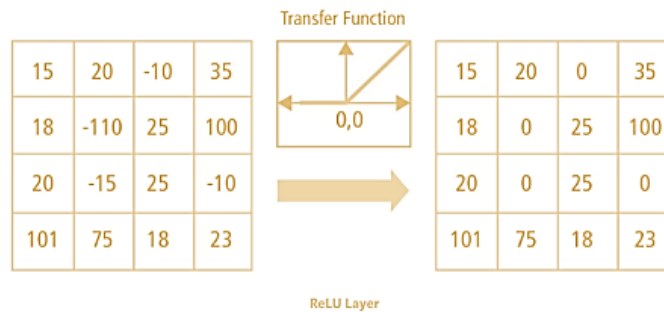
Padding digunakan ketika ukuran *filter* tidak pas dengan gambar masukan. Ada 2 yang macam *padding* yang biasa digunakan, yaitu:

- *Pad* citra dengan nilai nol sehingga pas.
- Hilangkan bagian citra yang tidak pas dengan *filter*.

4. Non Linearity (ReLU)

ReLU merupakan singkatan dari *Rectified Linear Unit* untuk operasi nonlinear. Keluarannya dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.

$$f(x) = \max(0, x) \quad (2.1)$$



Gambar 2.3. Operasi ReLU

5. *Pooling Layer*

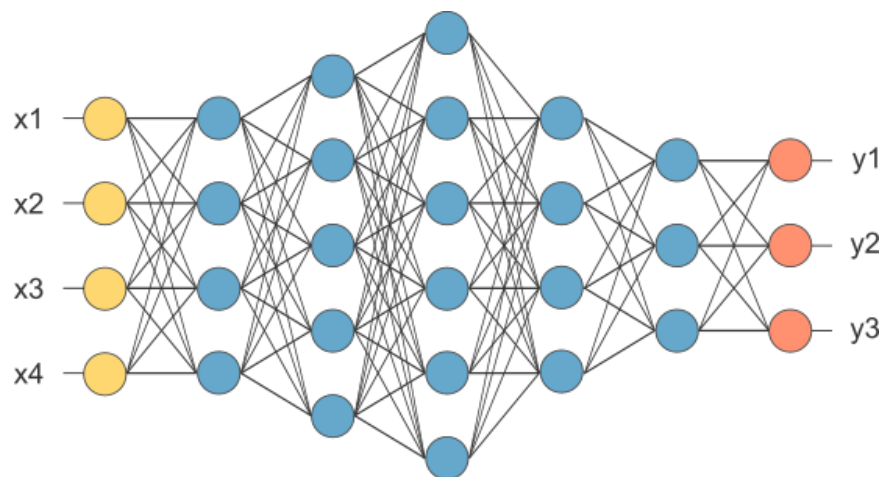
Bagian *pooling layer* akan mengurangi jumlah parameter ketika gambar terlalu besar. *Spatial pooling* atau *subsampling* atau *downsampling* akan mengurangi dimensi tiap map tetapi mempertahankan informasi penting didalamnya. *Spatial pooling* terbagi menjadi beberapa tipe yaitu:

- *Max Pooling*, mengambil nilai elemen terbesar dalam map.

- *Average Pooling*, mengambil nilai rata-rata.
- *Sum Pooling*, mengambil jumlah nilai dari tiap elemen dalam map.

6. *Fully Connected Layer*

Matriks *feature map* akan dikonversi menjadi vektor, lalu *fully connected layer* akan mengkombinasikan fitur tersebut secara bersamaan untuk membuat sebuah model. Lalu dengan menggunakan fungsi aktivasi, citra keluaran akan diklasifikasikan sesuai dengan kelasnya. Gambaran dari FC Layer dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4. *Fully Connected Layer*

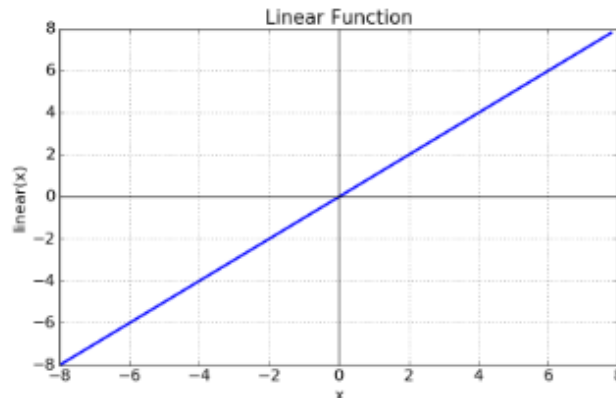
2.5.2. Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi pada dasarnya dapat dibagi menjadi 2 tipe yaitu fungsi aktivasi linier dan fungsi aktivasi nonlinier.

1. Fungsi Aktivasi Linier

Seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 2.5**, fungsinya adalah garis atau linier. Oleh karena itu, keluaran dari fungsi tidak akan dibatasi antara suatu rentang.

Fungsi aktivasi pada fungsi linier memiliki persamaan : $f(x) = x$ dan rentang : -8 sampai 8.



Gambar 2.5. Fungsi Aktivasi Linier

2. Fungsi Aktivasi Nonlinier

Fungsi aktivasi nonlinear adalah fungsi aktivasi yang paling banyak digunakan. Fungsi aktivasi nonlinear memudahkan model untuk mengeneralisasi atau menyesuaikan dengan berbagai data dan untuk membedakan antara *output*. Grafik nonlinear dapat dilihat seperti pada **Gambar 2.6.**

Terdapat beberapa fungsi aktivasi nonlinear, diantaranya adalah Sigmoid, Tanh, ReLU, dan Leaky ReLU (V 2017).



Gambar 2.6. Fungsi Aktivasi Nonlinier

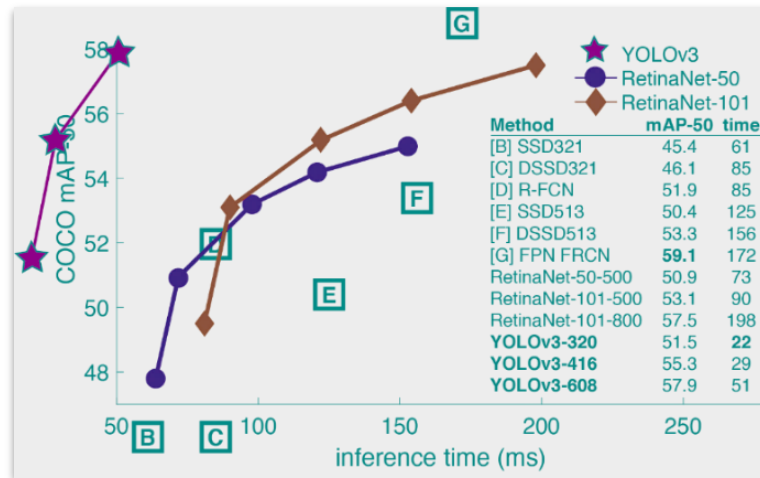
2.6. YOLO

YOLO atau *You Only Look Once* merupakan sebuah algoritma yang menggunakan *convolutional neural networks* untuk pendeteksian objek. YOLO merupakan salah satu algoritma pendeteksi objek tercepat bila dibandingkan dengan algoritma lain.

Sistem-sistem pendeteksi terdahulu menggunakan ulang *classifier* atau *localizer* untuk melakukan pendeteksian. Sistem tersebut menerapkan model ke gambar di berbagai lokasi dan skala. Bagian dengan skor tinggi pada gambar dianggap sebagai objek terdeteksi.

YOLO menggunakan pendekatan yang berbeda, dimana YOLO menerapkan jaringan saraf tunggal ke gambar. Jaringan ini membagi gambar menjadi daerah dan memprediksi kotak pembatas dan probabilitas untuk setiap bagian. Kotak pembatas ini diberi bobot oleh probabilitas yang diprediksi.

YOLO memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sistem berbasis *classifier*. YOLO melihat pada seluruh gambar saat pengujian sehingga prediksinya diinformasikan oleh konteks global dalam gambar. YOLO juga membuat prediksi dengan jaringan evaluasi tunggal tidak seperti sistem R-CNN yang membutuhkan ribuan jaringan untuk satu gambar. Ini membuat YOLO sangat cepat, bahkan seribu kali lebih cepat dari R-CNN dan seratus kali lebih cepat dari Fast R-CNN (Redmon 2018). Perbandingan kecepatan YOLOv3 dengan arsitektur lainnya dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7. Grafik Perbandingan Kecepatan YOLOv3