

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Museum merupakan tempat dimana masyarakat bisa menikmati produk-produk bersejarah dengan berbagai macam bentuk, museum sendiri mempunyai fungsi untuk melindungi, mengembangkan dan memanfaatkan koleksi museum kepada masyarakat (Republik Indonesia, 2015). Menurut ICOM (*International Council Of Museum*) museum merupakan Lembaga nirlaba yang mempunyai tujuan mengumpulkan, melestarikan, menafsirkan , merawat dan memarekan benda-benda warisan yang tersedia untuk umum dan dapat diakses. Museum beroperasi secara etis, profesional dan menawarkan pengalaman yang memiliki nilai Pendidikan, hiburan dan membagikan pengetahuan kepada masyarakat (ICOM, 2022). Koleksi di museum dapat bermacam-macam dari mulai artifak, patung, koleksi purba dan koleksi arca.

Di Indonesia sendiri memiliki macam-macam museum dari mulai museum sejarah, museum arkeologi dan museum budaya. Salah satu di Jawa Timur sendiri museum sejarah yang terkenal yakni museum negeri Mpu Tantular di Sidoarjo Jawa Timur. Museum ini berdiri pada tahun 1937 yang didirikan oleh seorang keturunan Jerman yang bernama G.H. Vonghe Faber dimana pada tahun 1955 diambil alih oleh Yayasan umum dan akhirnya diambil alih oleh pemerintah. Museum negeri Mpu Tantular sendiri pada awalnya terletak di Jl. Pemuda no.3 Surabaya namun dengan seiringnya jumlah koleksi yang bertambah akhirnya museum negeri Mpu Tantular di pindah ke Jl. Raya Buduran Sidoarjo pada tahun 14 Mei 2004 (Alifia, 2022). Museum negeri Mpu Tantular menyimpan banyak koleksi bersejarah dari mulai ragam artefak peninggalan jaman masyarakat kerajaan hingga peninggalan penjajahan Belanda, di dalam museum ini menyimpan banyak sekali koleksi arca dan patung-patung purbakala yang ditemukan di sekitar situs-situs peradaban masyarakat kerajaan di Jawa Timur dimana bentuk dan jenis arca sendiri mempunyai

keunikannya sendiri-sendiri. Museum negeri mpu tantular sendiri mempunyai sekitar 50 koleksi peninggalan arkeologi termasuk arca.

Managemen koleksi arca di museum memiliki tantangannya tersendiri dimana Ketika terjadi kerusakan pada koleksi harus dapat diidentifikasi menurut bentuk dan label arca tersebut, proses pelabelan koleksi arca harus melalui proses identifikasi arca yang dilihat dari bentuk dan keunikan arca itu sendiri yang disimpan di dalam sebuah sistem. Selain dari kerusakan, pihak museum juga harus melakukan identifikasi akan keaslian dari koleksi arca yang didapatkan. Hal ini bertujuan sebagai pembuktian akan keaslian nilai koleksi arca yang ada pada museum tersebut.

Adanya Urgenitas untuk melakukan identifikasi keaslian arca didasari oleh penemuan arca di beberapa daerah di Indonesia, seperti terdapatnya temuan arca atau objek diduga cagar budaya (ODCB) di Dusun/Desa Kesiman, Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto (Sinaga et al., 2022). Dari temuan tersebut diperlukan analisis lebih lanjut untuk membuktikan arca atau ODCB yang didapatkan adalah benar-benar barang peninggalan sejarah kuno yang tidak ternilai. Dengan analisis tersebut dapat mencegah terjadinya penyalahgunaan arca untuk dijual kembali oleh kolektor barang antik ataupun dilakukan pengrusakan oleh orang yang tidak bertanggungjawab.

Untuk menyelesaikan permasalahan dalam mengidentifikasi sebuah arca yang mengalami kerusakan atau kehilangan fiturnya dapat digunakan metode *Image Retrival* dalam bentuk dokumentasi format digital. *Image Retrieval* merupakan proses mendapatkan beberapa jumlah citra berdasarkan Ouput citra yang didapatkan (Nugroho, 2017). Di dalam dunia nyata, implementasi dari information retrieval dapat ditemui pada mesin pencari seperti situs Google.com, Yahoo.com, dan Bing.com. Pada mesin pencari tersebut, proses pencarian kebanyakan dilakukan dengan query berupa teks, namun ada juga beberapa yang sudah mendukung proses pencarian berupa gambar. Terkadang pencarian menggunakan query yang berbentuk teks saja tidak cukup sehingga dibutuhkan

pencarian query berbentuk gambar. *Image Retrieval* dapat memudahkan pengenalan bentuk citra arca dari *database* atau sistem yang dimiliki, proses ini juga memudahkan penambahan koleksi arca yang dimana terdapat cacat atau fitur yang hilang untuk mengidentifikasi arca tersebut. Prinsip dari *Image Retrieval* adalah adanya fitur beberapa objek yang telah disimpan dalam *database* yang nantinya akan menjadi bahan kueri yang dapat dihitung setelah *Pre-Processing* dan segmentasi (Kadir & Susanto, 2013). Fitur yang didapatkan sebelumnya akan dibandingkan dengan fitur yang didapatkan dari objek dalam *database* melalui perhitungan jarak fitur dengan hasil berupa skor atau peringkat.

Sistem *Image Retrieval* dapat mengidentifikasi sebuah citra dan mengklasifikasikannya berdasarkan data yang sebelumnya sudah terinput oleh sistem, teknologi ini juga memungkinkan untuk mengidentifikasi sebuah pola, bentuk dan citra yang berbebeda-beda. Dalam proses pengenalan objek arca berdasarkan fitur dan kedekatan terpendek dapat dilakukan dengan metode *Learning Vector Quantization*. Metode *Learning Vector Quantization* ini dapat memisahkan objek dengan latar belakang dan menghasilkan fitur gambar 3 dimensi yang dapat dikenali dan diidentifikasi dengan rata-rata sebanyak 99.999% faktor akurasi yang dihasilkan (Rahman & Sumpeno, 2016). Dalam metode ini terdapat Algoritma LVQ yang bertujuan akhir mencari nilai bobot yang sesuai untuk mengelompokkan vektor – vektor kedalam kelas tujuan yang telah di inisialisasi pada saat pembentukan jaringan LVQ (Meliawati et al., 2016).

Metode algoritma klasifikasi dalam *machine learning* digunakan untuk mengkategorikan atau melakukan klasifikasi data dari berbagai macam kelas atau kategori berdasarkan fitur dan atribut yang dimiliki suatu objek, dengan tujuan dapat menyajikan data dengan akurasi sesuai dengan kelas atau kategori yang ditentukan. Di dalam data mining terdapat beberapa algoritma klasifikasi yakni *Decision tree*, *Random Forest*, *KNN* dan *SVM*.

Dalam penelitian ini akan menggunakan aplikasi yang digunakan untuk simulasi adalah Orange Data Mining yaitu aplikasi data mining open source yang

terbukti mampu membantu peneliti menganalisa datanya. Orange Data Mining menyediakan fitur drag and drop. Alat ini sangat berguna untuk aplikasi algoritme pembelajaran mesin (Al-Sammarraie et al., 2022). Aplikasi Orange Data Mining memiliki fitur yang cukup dan mudah dipahami untuk melakukan proses *image analitic* dengan metode image clustering (Suroyo, 2019). Orange data mining memiliki beberapa algoritma prediksi dan metode pembelajaran yakni *Neural Networ*, *SVM*, dan *Naïve Bayes* yang diinputkan dataset yang telah diolah sebelumnya. Kemudian dataset tersebut diproses kedalam mode klasifikasi. Analisis menggunakan algoritma *SVM* ini memiliki rata-rata tingkat akurasi prediksi lebih dari 90% (Fragassa, 2022).

Algoritma klasifikasi *SVM (Support Vector Machine)* merupakan merupakan algoritma klasifikasi yang umum digunakan untuk pengenalan objek dan banyak digunakan di dalam bidang Klasifikasi, karena tingkat keberhasilan dalam menyelesaikan masalah dalam klasifikasi linier dan non-linier. Algoritma ini sering digunakan terhadap kasus klasifikasi dengan analisis regresi yang menganalisis data dan pengenalan pola yang dilakukan dengan melatih dan memproses banyak data dengan hasil rata-rata sebesar 97% (Muhathir et al., 2021). Lalu kasus klasifikasi linier pengenalan objek menggunakan machine learning WEKA (*Wakaito Environment for Knowledge*) menggunakan algoritma *SVM* menunjukkan hasil rata-rata prediksi sebesar 97.52% (Patil & Burkpalli, 2021).

Algoritma yang digunakan dalam *machine learning* akan memudahkan proses otomasi dan *Image retrival* koleksi arca museum dengan menggunakan analisis yang mengesktrak fitur-fitur unik yang dimiliki oleh arca tersebut. Identifikasi dan klasifikasi citra sendiri merupakan sebuah metode yang digunakan dalam *data science* untuk mengenali objek atau gambar dalam berbentuk data biner yang sebelumnya belum diolah dan menjadi berbentuk acak, sehingga dengan bantuan *machine learning* data yang teracak tersebut akan dipelajari dan diolah menjadi sebuah data yang terstruktur yang hasil akhirnya menjadi sebuah pengenalan karakter dari bentuk citra arca untuk kebutuhan lain (Muhathir et al., 2021). Data yang melalui banyak tahapan tersebut akan membentuk sebuah

pengenalan pola (*pattern recognition*) untuk mengklasifikasikan sebuah citra yang dapat dikenali sebagai citra arca dan diklasifikasikannya.

Koleksi osteologi yang teridentifikasi (terdokumentasi) merupakan sumber penting dalam pengembangan standar dan metode antropologi forensik serta alat yang berharga untuk pembelajaran dan pelatihan para praktisi (Petaros et al., 2021). Sebelumnya telah dilakukan penelitian terkait identifikasi keaslian arca. Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan metodologi otomatis, seperti pembelajaran mesin, untuk mengidentifikasi sebagian besar tengkorak manusia dari sampel diperoleh melalui pemindaian computerized tomography (CT) dari peserta yang masih hidup. Namun ada juga antropolog atau peneliti lain yang menggunakan kamera digital untuk mengklasifikasikan tulang manusia saat ini, meskipun terbatas pada penyelidikan dan perbandingan manual.

Yuadi *et al* (2021) melakukan penelitian digital forensik untuk klasifikasi tengkorak dalam pengelolaan koleksi fisik antropologi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi fitur kontras yang relevan dari manusia tengkorak dan membangun identitas berbasis tengkorak dari berbagai posisi melalui klasifikasi otomatis. Teknik ini berpotensi membantu pengelolaan koleksi museum atau laboratorium penyimpanan tengkorak; tengkorak bisa diidentifikasi tanpa ditandai atau diberi label secara manual, dengan demikian mempertahankan keasliannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap tengkorak manusia memiliki ciri khas yang dapat digunakan untuk membedakan identitasnya dalam aplikasi forensik, khususnya dalam manajemen koleksi antropologi fisik (Yuadi et al., 2021).

Vidu *et al* (2020) dalam penelitiannya yang berjudul “Old Meets New: Integrating Artificial Intelligence in Museums’ Management Practices”, menyatakan bahwa Adanya Artificial Intelligence membantu museum untuk berbagai aspek dalam manajemen mereka, seperti merancang dan meningkatkan kerangka kerja manajemen pengetahuan, membuat manajemen operasi lebih efisien, memodernisasi pengalaman pengunjung, meningkatkan nilai pendidikan dari kunjungan ini, dan membuat keputusan berdasarkan basis data terkait

perjalanan pengunjung, alokasi sumber daya, dan untuk analisis keuangan berbagai proyek. Pendekatan yang paling umum tampaknya adalah chatbot, tetapi ini bukan satu-satunya contoh, karena inisiatif yang berbeda berpusat pada penggunaan Big Data, pembelajaran mesin, algoritme pemrosesan bahasa alami, jaringan saraf, dll. Adopsi AI untuk berbagai aspek dalam pengelolaan museum dianggap terutama oleh museum di AS, tetapi beberapa contoh luar biasa juga dapat diamati di negara lain. Di Rumania, teknologi baru sebagian besar disisipkan di museum sebagai tempat QR atau VR. Namun, ada juga beberapa inisiatif AI, yang mungkin menjadi dasar untuk mendapatkan pengalaman dan inisiatif lain yang efektif dan menarik (Vidu et al., 2020).

Salah satu teknologi digital yang dapat diterapkan di museum yaitu algoritma *natural language processing* (NLP) yang memungkinkan komputer untuk memahami, menganalisis, dan memanipulasi bahasa alami dengan berbagai cara. Misalnya, National Museum of Natural History di New York menggunakan NLP untuk menganalisis umpan balik pengunjung di Trip Advisor (Dr Murphy & Dr Vilaespesa, 2020). NLP menjadi dasar terciptanya pengalaman mendongeng interaktif di museum yang menurut Dal Falco dan Vassos (2017) mendorong peningkatan nilai pengetahuan yang diteruskan kepada pengunjung. Selain itu, juga terdapat teknologi panduan audio interaktif yang telah dikembangkan di Pinacoteca dari São Paulo pada tahun 2017. Aplikasi seluler ini memungkinkan pengunjung untuk mengajukan pertanyaan terkait berbagai karya seni. Tidak ada rangkaian pertanyaan dan jawaban pra-desain yang dikembangkan, tetapi pertanyaan spontan dari pengunjung dijawab dalam tim nyata menggunakan informasi dari platform cloud (Richardson et al., 2017).

Penggunaan teknologi canggih untuk memperbaiki museum sangatlah bagus. Penerapan kecerdasan buatan teknologi di museum berfokus pada navigasi cerdas, pengenalan wajah dan pengenalan gambar, pencarian cerdas, peta cerdas, terjemahan mesin, dll (Wang, 2021). Penelitian ini akan menggunakan teknik *Image Retrieval*. Menurut Warongan et al (2018) identifikasi atau pengenalan objek bisa dilakukan dengan image retrieval. Dimana image retrieval adalah salah

satu teknik suatu sistem komputer untuk melakukan pencarian dan *retrieval* untuk gambar dari suatu database gambar. *Image Retrieval* sudah berkembang dan mulai banyak digunakan. Salah satu metode yang dikembangkan dari *image retrieval* ini adalah *Content-Based Image Retrieval* (CBIR). *Content-based Image Retrieval* diperlukan sebagai salah satu metode pencarian gambar dari database gambar yang besar, dengan menganalisa fitur-fitur seperti warna, bentuk, tekstur, atau informasi lainnya (Warongan et al., 2018).

Berdasarkan permasalahan diatas akan pentingnya proses identifikasi arca untuk memahami keaslian dan kerusakan dari arca bagi kepentingan museum. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut akan dilakukan teknik *Image Retrieval* untuk dapat membandingkan data dari database dengan data arca yang akan diidentifikasi. Maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “**Identifikasi Citra Koleksi Arca Di Museum Negeri Mpu Tantular**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang peneliti susun maka dapat dianalisis rumusan masalah adalah: “Bagaimana identifikasi citra arca koleksi museum negeri mpu tantular dengan menggunakan algoritma klasifikasi *machine learning* ?”

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, maka tujuan penelitian yakni sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui identifikasi gambar arca koleksi museum negeri mpu tantular berdasarkan fitur-fitur dan citra yang diolah menggunakan *machine learning*
2. Untuk mengetahui perfoma dari algoritma klasifikasi yang digunakan di dalam *machine learning*

1.4 Manfaat

Berdasarkan tujuan yang disusun, maka didapatkan manfaat dari penelitian yakni sebagai berikut :

1.4.1 Manfaat Akademis

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini yakni menambah wawasan terhadap perkembangan teknologi machine learning yang dapat membantu otomasi koleksi arca di museum negeri mpu tantular

1.4.2 Manfaat Praktis

Dari penelitian ini akan dapat memberikan pengetahuan dan refrensi mengenai topik dan pembahasan dengan penelitian yang terkait akan identifikasi dan klasifikasi citra dan seputar perkembangan *machine learning* yang semakin mutakhir kemajuannya.

1.5 Tinjauan Teori

1.5.1 Arca

Arca merupakan perwujudan gambaran abstrak tentang Dewa ataupun Dewi yang diukir / dibuat dengan media batu, dimana setiap Dewa dan Dewi memiliki penggambaran yang berbeda, wujud Dewa dan Dewi yang dihubungkan dengan suatu cerita yang antara satu dengan Dewa / Dewi yang lain. Pada umumnya Dewa digambarkan sebagai suatu makhluk yang tidak pada umumnya dikarenakan Dewa dan Dewi memiliki sifat kedewataan, derajat dan kelebihan yang melampaui makhluk pada umumnya dengan penggambaran seperti memiliki banyak wajah, tangan yang lebih banyak ketimbang makhluk lain dan memiliki fitur-fitur kedewataan. Dalam penggambaran arca Dewa atau Dewi biasanya ditunjukkan

dengan sikap berdiri, duduk diatas permukaan bunga teratai maupun bersandar dengan memancarkan sinar kedewataan yang dipancarkan dari belakang sosok Dewa ataupun Dewi, selain itu arca juga sering memiliki seperti lingkaran di belakang kepala Dewa atau Dewi sebagai symbol kesucian yang dinamakan *sirasckara*. Arca Dewa ataupun Dewi juga memiliki sikap-sikap tangan (*mudra*) , sikap duduk dan berdiri (*asana*) atau sikap tiduran (*sayana*). Dalam arca Dewa juga digambarkan membawa alat atau senjata untuk menandakan sifat kedewataannya diantara lain adalah : *cakram*, *gada*, *dhamu* (busur) , *khadga* (pedang) , *parasu* (kapak perang) , dan *sula* (trisula / tombak berujung tiga) (Balai Pelestarian Cagar Budaya Yogyakarta, 2014).

Dalam agama Hindu Dewa dikemplokan menjadi Dewa utama (*major deities*), yang dikenal juga dengan isitilah Dewa Trimurti (Dewa Brahma, Dewa Wisnu dan Dewa Siwa). Disisi lain Dewa yang tidak termasuk *major deities* yakni merupakan istirie-istirie dewa, anak Dewa dan dewa-Dewa dengan pengiringannya yang berjumlah banyak. Terdapat juga arca dengan penggambaran *patheon* agama budha yang dikenal dengan sebutan hirarki kedewataan yakni *AdhiBuddha*, *Dhyani Buddha*, *Boddhisattwa* dan *Manusi Budha* (Balai Pelestarian Cagar Budaya Yogyakarta, 2014). Beberapa arca dalam agama Hindu dan Budha dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Arca Hindu

a. Dewa Brahma

Di dalam kepercayaan Hindu Dewa brahma merupakan Dewa pencipta dan sebagai salah satu *major deities* arca Dewa brahma memiliki penggambaran mempunyai empat wajah, empat tangan, rambut yang disannggul dan memakai pakaian yang terbuat kulit *antelope* hitam, arca Dewa

brahma digambarkan memiliki wajah yang mengarah empat arah angin dengan wajah yang beraut sedang bermeditasi dan sedang di dalam posisi duduk.

b. Dewa Siwa

Dewa Siwa merupakan Dewa tertinggi dan memiliki pemuja yang banyak, dimana Dewa Siwa digambarkan sebagai Dewa perusak sehingga banyak ditakuti oleh para pemeluknya. Arca Dewa Siwa merupakan arca yang sering ditemukan di Indonesiadari banyaknya ditemukan di dalam situs-situs candi ataupun temuan lepas, arca Dewa Siwa sering digambarkan dengan berbagai aspek yang menggambarkan sifat dari Dewa Siwa itu sendiri yakni memiliki empat tangan, dimana masing-masing memegang sebuah senjata dan alat, memiliki mata ketiga, terdapat *ardhacandrakapala* (tengkorak di atas bulan sabit yang diletakan pada bagian makotanya) , dan memakai pakaian kulit binatang (*ajna*) dengan posisi arca Dewa Siwa sedang duduk dengan sikap meditasi atau sedang mengendarai lembu jantan (*nandi*).

c. Dewa Ganesha

Ganesha merupakan anak dari Dewa Siwa dan Parwati sebagai penggambaran Dewa ilmu pengetahuan, penyikir rintangan-rintangan, dimana arca Dewa Ganesha memiliki penggambaran mempunyai wajah berkepala gajah terdapat taring yang patah sebelah , berbadan manusia yang gemuk dan perut buncit, arca Dewa Ganesha memiliki empat tangan dimana membawa kapak, sebuah kue yang ditempatkan didalam mangkuk dan memakai sebuah mahkota *jatamakuta*.

d. Agastya

Dalam kepercayaan agama Hindu sosok Agastya merupakan penjelmaan salah satu aspek Dewa Siwa yang berjasa dalam menyebarkan agama Hindu, arca Agastya sendiri memiliki penggambaran berperut buncit, berjambut dan berkumis serta memiliki sikap sedang membawa *aksamala* di tangan kanan dan pada tangan kiri membawa *kamadalu*.

e. Durga Mahisasuramardhini

Dalam kepercayaan agama Hindu sosok Dewi durga digambarkan sebagai salah satu aspek dari Dewi parwati yakni istri Dewa Siwa yang muncul untuk mengalahkan raksasa (*asura*) Mahisa, Dewi durga digambarkan memiliki 4, 6, 8 atau lebih tangan dan mempunyai mata ketiga sebagai simbol dari seorang Dewi. Dewi durga juga memakai mahkota dengan perhiasan-perhiasan di seluruh tubuhnya, arca Dewi durga digambarkan dengan sikap berdiri diatas *padmasana* atau diatas sebuah kepala kerbau.

2. Arca Buddha

a. Buddha

Dalam kepercayaan agama Buddha, Buddha Mahayana dikenal dengan 3 tingkat yakni Dhyani-Buddha, Manusi-Buddha dan Dhyani-Bodhisatwa. Sosok arca Dhyani-Buddha digambarkan sebagai sosok yang sederhana dengan memakai jubah (*kasaya*), memiliki rambut keriting yang disanggul dan memiliki *urna* tanda di dahinya, arca Buddha memiliki sikap bermeditasi dengan tangannya yang memiliki sikap sedang memutar roda dharma (Balai Pelestarian Cagar Budaya Yogyakarta, 2014).

1.5.2 Digital image Processing

Digital image processing ialah beberapa teknik dan algoritma yang mengaplikasikan gambar digital dengan mengubah,

meningkatkan dan mengekstrak informasi yang ada di dalam gambar sehingga menghasilkan informasi yang bermanfaat dan dapat dianalisis (Gonzales, R.C, & Woods, 2018). Dalam *digital image processing* terdapat 3 paradigma / tingkatan dalam memproses sebuah gambar digital yakni :

b. *Low level*

Yakni input dan outputnya merupakan gambar dan dalam prosesnya masih terlihat menggunakan metode yang cukup lama dengan melibatkan proses meningkatkan kualitas gambar, mempertajam gambar dan meningkatkan pencahayaan gambar untuk mendapatkan hasil yang lebih bagus.

c. *Mid-Level Process*

Yakni suatu tingkatan memproses suatu gambar melalui Langkah-langkah seperti segmentasi, mendeskripsikan gambar untuk dapat diinput ke komputer dan klasifikasi dari suatu objek yang ada di dalam gambar. Proses ini mempunyai ciri-ciri dimana input nya berupa gambar dan outputnya berupa atribut-atribut yang didapatkan dari proses gambar tersebut.

d. *High-Level Process*

Dimana proses ini sama dengan *mid-level* tetapi gambar yang di proses menghasilkan sebuah gambar yang dapat dianalisis dari bentuk objeknya dan dapat difahami dengan penglihatan manusia (Gonzales, R.C, & Woods, 2018).

Operasi *image processing* merujuk pada beberapa teknik dan sistem yang bertujuan untuk memanipulasi gambar digital, meningkatkan kualitas gambar dan mengekstrak informasi gambar

digital atau sebuah objek gambar untuk analisis lanjutan. Dalam operasi *image processing* terdapat beberapa teknik yang umum dilakukan yakni :

- a. *Image filtering*, dimana gambar digital akan mengalami bentuk baru dengan satuan *pixel* yang dilalui dari beberapa tahapan matematika. Beberapa filter yang umum digunakan yakni :
 - i. *Gaussian filter* : yakni menghaluskan blur pada gambar sehingga berkurang jumlah detail pada garis-garis gambar
 - ii. *Median filter* : yakni menghilangkan distorsi pada gambar dengan harapan meningkatkan kualitas gambar, sehingga gambar dapat menghasilkan satuan pixel dengan jumlah median terdekat
- b. *Image enhancement*, teknik dimana gambar digital akan ditingkatkan kualitasnya dengan mengubah pencayayaan, kontras atau warna pada gambar sehingga gambar dapat identifikasi. Beberapa teknik yang umum digunakan yakni :
 - i. *Histogram equalization* : dimana gambar diatur jumlah histogram (distribusi frekuensi nilai intensitas pixel pada gambar) dengan mengatur jumlah kontras pada gambar.
 - ii. *Contrast stretching* : mengubah nilai pixel pada gambar untuk meningkatkan jarak dinamika pada gambar.
 - iii. *Gamma correction* : mengatur jumlah intensitas cahaya gambar berdasarkan tingkat cahaya yang diproses oleh komputer digital sehingga

menghasilkan nilai *output* pada gambar dapat ditentukan.

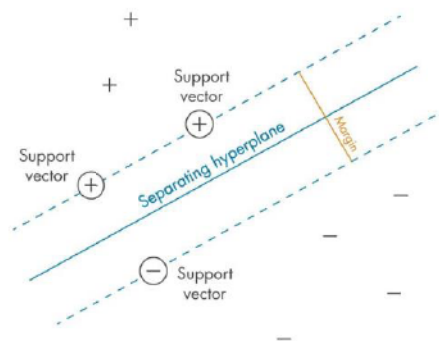
- c. *Image thresholding* : teknik dimana suatu gambar digital akan dipisahkan antara objek pada gambar dengan *background* nya berdasarkan perbedaan tingkat pencahayaannya sehingga region yang terlihat gelap akan terpisah dengan citra yang terlihat teran. Beberapa teknik umum digunakan yakni :
 - i. *Global thresholding* : dimana gambar akan dinilai rata berdasarkan nilai pixel pada gambar bai kantar objek pada gambar dan *background* nya.
 - ii. *Adaptive thresholding* : dimana objek pada gambar dan *background* akan diatur jumlahnya untuk menentukan nilai intensitas.
- d. *Image segmentation* : dimana teknik untuk memisahkan gambar menjadi beberapa bagian untuk mengklasifikasi objek dan segmentasi objek.

1.5.3 Feature Extraction

Mengacu pada tahapan dalam *image processing* yang melibatkan transformasi data yang belum diproses menjadi kumpulan fitur informatif dan ilustratif yang secara akurat menyampaikan aspek fundamental dari data. Karakteristik yang diekstraksi ini berfungsi sebagai representasi yang lebih padat dan berguna, menyederhanakan pemrosesan dan analisis data untuk algoritme *machine learning*. Proses transformasi gambar dari gambar yang mempunyai dimensi yang tinggi diubah menjadi dimesi yang rendah sehingga menghasilkan sebuah fitur-fitur yang membedakan sebuah atribut untuk dilakukan analisis dan klasifikasi (Gonzalez & Woods, 2018).

1.5.4 Support Vector Machine (SVM)

SVM merupakan sebuah *model learning* yang menggunakan algoritma komputer yang digunakan untuk mengenali sebuah pola atau objek dalam gambar digital yang digunakan untuk klasifikasi dan analisis regresi yang membutuhkan tahapan serta *sequential training* dan diikuti proses pengujian (Muhathir et al., 2021). Metode ini banyak digunakan di dalam klasifikasi dimana perbedaan terlihat didalam anilisi yang sama dengan varian-varianya yaitu *logistic regression*, *classification trees* dan *neural network analysis* (Deo, 2015). *SVM* adalah model klasifikasi *supervised* yang berarti data-data yang di input merupakan data yang dilakukan sebuah *training* untuk mengenali pola dan fitur-fitur dari sebuah data sehingga komputer dapat mengenali data tersebut berdasarkan data yang sudah di *training* terlebih dahulu, dengan harapan menghasilkan sebuah *output* dengan hasil margin terbesar (Muhathir et al., 2021).



Gambar 1.1. Cara Kerja *SVM*¹

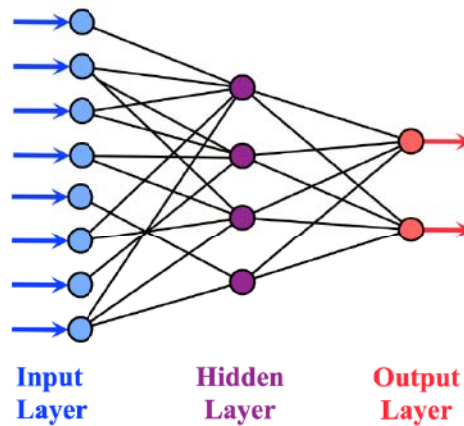
1.5.5 Image Classification

Image classification atau klasifikasi citra adalah proses memberikan labels atau kategori pada gambar berdasarkan bentuk

¹https://ch.mathworks.com/discovery/support-vector-machine/_jcr_content/mainParsys/image.adapt.full.medium.jpg/1686555137924.jpg

visual pada gambar. Disebabkan jumlah dimensi pada gambar dan variasi pada visual menyebabkan klasifikasi citra membutuhkan teknik dan banyak tahapan untuk mengestrak nilai untuk dikenali pada sebuah program visual digital. Dalam klasifikasi citra mempunyai beberapa latar belakang dalam mendukung proses klasifikasi citra yakni menggunakan :

- a. .NNs (*Neural networks*) : NNs merupakan jenis model pembelajaran di dalam machine learning ujuan mengidentifikasi dan mengkategorikan gambar ke dalam kelompok atau kelas yang berbeda. Karena kapasitasnya untuk secara otomatis mengenali dan mengekstrak fitur terkait dari data gambar yang tidak diproses, *neural network*, khususnya *Convolutional Neural networks* (CNNs), telah muncul sebagai desain pilihan untuk tugas klasifikasi gambar. *Neural network* mengoptimalkan parameter internalnya (bobot dan bias) untuk mengurangi perbedaan antara output yang diprediksi dan label sebenarnya serta dapat belajar mengkategorikan gambar secara efektif melalui pendekatan ini dengan memperluas temuannya ke gambar yang belum dijelajahi sebelumnya (Shanthini et al., 2023).



2

Gambar 1.2. Simple Neural network

- b. *Supervised learning* : sebuah sistem akan menerima sebuah *training data set* yang di *input* sebelumnya untuk mencari pola dari *data set* yang di inginkan dengan menjadikan acuan dari pola yang dikumpulan untuk menghasilkan sebuah *output* yang diinginkan (Abijono et al., 2021).
- c. *Unsupervised learning* : algoritma ini menghasilkan sebuah *output* yang bersifat deskriptif, dalam artian algoritma ini mengandalkan data yang sudah ada sebelumnya dan tidak mendapatkan sebuah *training data set* (Abijono et al., 2021).

1.5.6 Logistic Regresion

Konsep *logistic regression* merupakan sebuah teknik metodeolgi statistik yang digunakan dalam klasifikasi biner, dimana tujuan dari hasil prediksi dapat membandingkan sebuah objek dengan kelas yang berbeda. Konsep ini merupakan perkembangan dari model *linear regression* dimana hubungan antara input

² https://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/shallow-neural-network_orig.png

karateristik dan output dengan bentuk biner (Questionnaires et al., 2009).

1.5.7 *Confusion matrix*

Pengukuran *confusion matrix* merupakan pengukuran yang cukup umum digunakan dalam klasifikasi biner maupun klasifikasi dengan multikelas dengan menggunakan *test data* dimana matrix dua dimensi yang diindeks dalam satu dimensi oleh kelas yang sebenarnya dari objek dan yang lain oleh klasifikasi dari pengklasifikasi (Kulkarni et al., 2020; Shultz & Fahlman, 2017). Pengukuran *confusion matrix* ialah sebagai berikut :

Tabel 1.1. Pengukuran *confusion matrix* .

		Predicted	
Actual		Negative	Positive
	Negative	TN	FP
	Positive	FN	TP

TN adalah jumlah prediksi benar negatif

FP adalah jumlah prediksi tidak benar positif

FN adalah jumlah prediksi tidak benar negative

TP adalah jumlah prediksi benar positif.

1.6 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian experiment yakni metode penelitian yang memodifikasi faktor-faktor dan melihat bagaimana pengaruhnya terhadap hasil dengan menggunakan pendekatan sistematis untuk memeriksa hubungan sebab

akibat. Metode penelitian eksperimen juga menjawab bagaimana hubungan dari dua variable yang (Paul C. Price, Rajiv Jhangiani, 2011).

1.6.1 Pelaksanaan Eksperimen

Dalam tahapan ini akan dilakukan seluruh Langkah-langkah yang sudah di susun sebelumnya dan akan disimpan seluruh hasilnya yang dibutuhkan untuk melanjutkan ke tahap analisis eksperimen. Terdapat lima tahap yang akan dilakukan yakni *image acquisition*, *pre-processing and augmentation*, *analysis prediction* dan *evaluation*.

1.6.1.1.1 *Image acquisition*

Dalam tahapan ini merupakan tahapan awal dari *workflow image processing* yang dimana gambar digital berupa objek arca akan diperoleh melalui gawai *Handphone* dengan menggunakan sensor dari kamera. Pada proses *image acquisition* peneliti mengambil sebanyak 47 objek arca dengan bentuk dan nama yang berbeda di sekitar komplek museum, setelah diperoleh 47 citra dan dimasukkan ke dalam database peneliti membatasi objek penelitian yang akan digunakan menjadi 10 citra yang terdiri dari 2 citra arca Agastya, 2 citra arca Dewa Ganesha, 2 citra arca Dewa Siwa, 2 citra arca Dewa brahma dan 2 citra arca Dewi durga.

Hal ini dilakukan dikarenakan kurangnya variasi data dari 47 citra arca, peneliti menemukan tidak konsistennya jumlah data dengan variasi data yang ditemukan seperti peneliti menemukan sekitar 6 arca Ganesha akan tetapi menemukan hanya sekitar 2 arca Brahma. Maka dari itu peneliti membatasi citra yang akan digunakan dan hanya menggunakan 5 kelas citra arca berdasarkan nama-nama dari arca tersebut.



Gambar 1.3. Contoh citra arca

1.6.1.1.2 *Feature Extraction*

Dalam tahapan *pre-processing* gambar yang sudah disimpan ke dalam *database* akan melalui tahapan pertama modifikasi gambar yaitu untuk menghilangkan background dari citra arca sehingga menghasilkan citra yang berfokus kepada objek arca dengan menggunakan *software adobe photoshop*.



Gambar 1.4. Citra Arca setelah dihilangkan *Background*.

Yang selanjutnya dilakukan ialah tahapan *Thresholding* menggunakan aplikasi Matlab dengan menggunakan bahasa *coding* :

```
img = imread('arca agastya001.jpg');
img = rgb2gray(img);
img_raw = img;

threshold = 0.4;
img = imbinarize(img, threshold);
figure, imshow(img)
```

dari pemograman ini akan mengubah gambar citra arca dari *RGB* menjadi *Gray* dengan tujuan menghasilkan gambar yang akan mempunyai 2 warna yakni hitam dan putih, setelah itu dilakukan proses *thresholding* dengan mengatur jumlah dari 0-1 untuk menghasilkan gambaran citra arca untuk dapat diproses oleh *machine learning*.

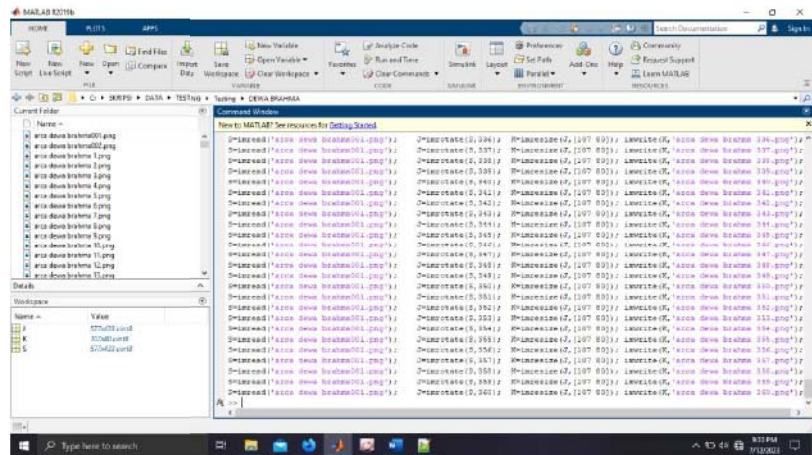


Gambar 1.5. Citra arca setelah melalui tahapan *thresholding*

Tahapan selanjutnya ialah menghasilkan variasi dari kumpulan data asli dengan membuat sampel ekstra yang membantu meningkatkan generalisasi dan ketahanan model algoritma dengan memutar gambar dari berbagai sudut. Dalam hal ini keterbatasan peneliti hanya bisa mengambil 1 sudut citra arca dengan harapan dengan teknik ini dapat meningkatkan ketahanan model dan menghasilkan variasi dari kumpulan data asli sehingga dapat diproses oleh *machine learning*. 1 gambar citra arca akan diputar sebanyak 360° dengan menggunakan aplikasi *matlab* dengan bahasa coding :

```
S=imread('arca dewa ganesha002.jpg');
J=imrotate(S,1);
K=imresize(J,[107 80]);
imwrite(K,'arca dewa ganesha1.jpg');
```

Sehingga dari 360° putaran tersebut akan menghasilkan 360 sampel yang digunakan sebagai analisis, dan juga data yang sebelumnya melakukan tahap *pre-processing* akan diatur juga *size* dari gambar tersebut dari *size* yang asli menjadi 80 x 107 pixel untuk setiap objek arca yang sebelumnya sudah ditentukan. Dari tahap tersebut akan menghasilkan sebanyak 3.600 sample data dari 10 citra arca yang sudah di kelompokkan berdasarkan nama dan bentuk dari arca terdapat 5 kelas yang dibagi berdasarkan nama dari arca tersebut.



Gambar 1.6. Tampilan Coding *Matlab*.



Gambar 1.7. Hasil Pre-Processing Citra Arca

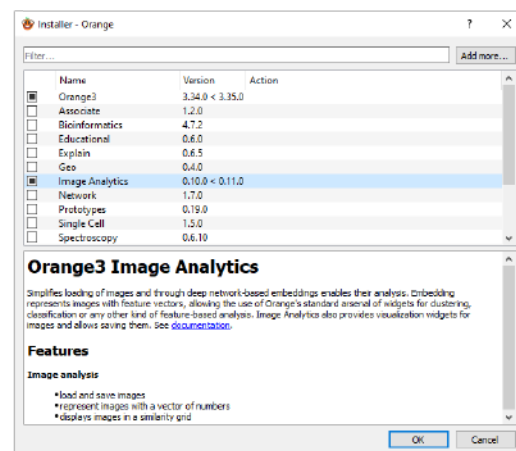
1.6.1.1.3 Penentuan Algoritma Klasifikasi dan Model Learning

Setelah melalui tahapan *image pre-processing* maka data yang sudah diperoleh akan dilakukan klasifikasi menggunakan algoritma klasifikasi peneliti menggunakan algoritma klasifikasi *SVM* dan model *NN (Neural network)* sebagai *model learning* dengan harapan dapat memberikan tingkat akurasi serta prediksi objek arca sesuai dengan kelasnya masing-masing.

1.6.1.1.4 *Image classification*

Pada tahapan penelitian ini akan dilakukan uji coba klasifikasi menggunakan 5 citra arca, tahapan awal ialah membagi *data training* dan *data testing* yang akan digunakan dengan ratio sebanyak 60% untuk *data training* dan 40% untuk *data testing*. Perlakuan terhadap data training akan mendapatkan *supervised* dimana citra arca akan diberikan label data dan pelatihan dengan algoritma klasifikasi, sedangkan *data testing* akan mendapatkan perlakuan *unsupervised* dimana citra arca juga sama diberikan label data akan tetapi tidak dilatih dengan algoritma klasifikasi.

Tahapan pertama yang dilakukan di dalam klasifikasi citra adalah menginstall *add-on image analyst* di dalam *software orang data mining* dengan begitu *orange data mining* akan dapat melakukan proses *image analyst* dengan gambar sebagai objek data.



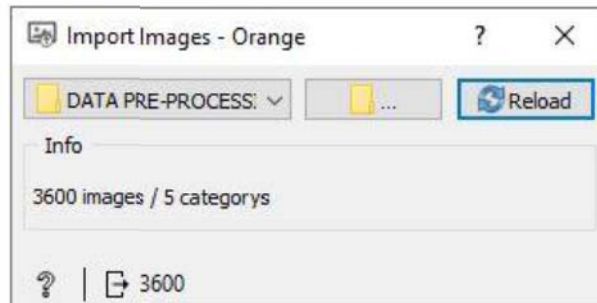
Gambar 1.8. Tampilan *Add-On Image Analytics*.

Tahapan yang kedua ialah merancang desain *workflow* klasifikasi di dalam *canva orange data mining*. Alur *workflow* diawali dengan *import image* untuk memuat hasil citra arca setelah dilakukan tahapan *image pre-processing*, data sudah dimuat berupa gambar tidak bisa langsung dilakukan *uji test score* maka dari itu data citra yang sudah di muat selanjutnya akan di konversi menjadi data numerik menggunakan *widget image embedding* dengan begitu data citra akan dikonversi menjadi data numerik yang mengandung fitur-fitur dari tiap gambar yang dimuat.

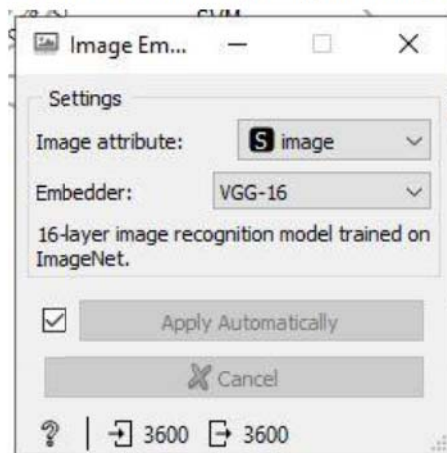
Untuk membagi data menjadi *data training* dan *data testing*, data yang sudah dikonversi menjadi numerik dibagi menggunakan *widget data sampler* dengan mengatur data yang akan dilakukan pelatihan terhadap algoritma sebanyak 60 % dan sisa data yang digunakan untuk melakukan prediksi sebanyak 40%.



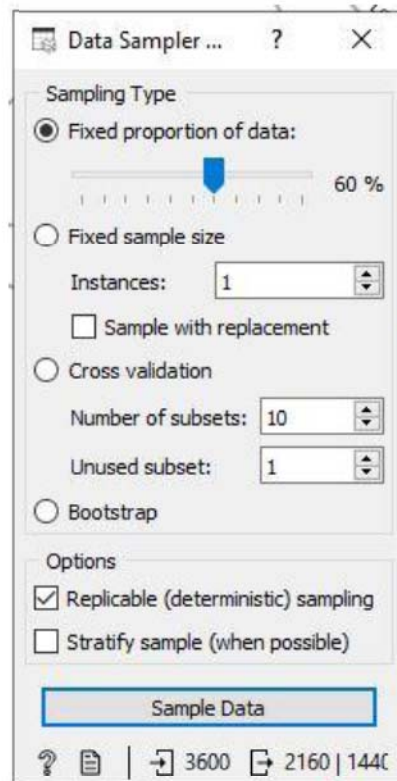
Gambar 1.9. Tahapan awal *workflow*.



Gambar 1.10. *Widget import images.*



Gambar 1.11. *Widget image embedding*

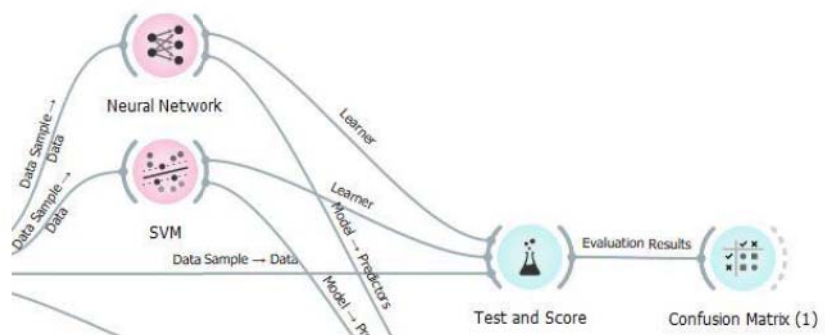


Gambar 1.12. *Widget data sampler.*

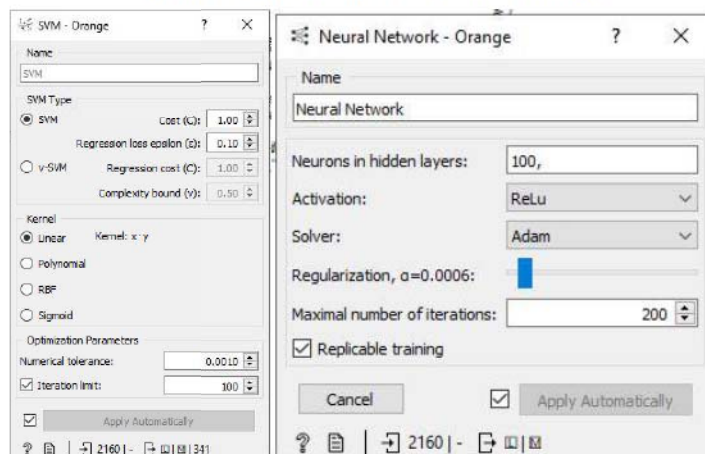
1.6.1.1.5 *Analysis dan Prediction*

Dalam tahapan penelitian ini *workflow* yang sudah di desain menggunakan *canva orange* akan dilakukan uji coba terhadap *data training* dan *data testing*, langkah pertama ialah melakukan uji coba terhadap *data training* menggunakan algoritma *SVM* dan *neural network*. Algoritma *SVM* merupakan algoritma yang sering digunakan di dalam klasifikasi kelas maupun multikelas yang mempunyai perfoma yang bagus di dalam kasus klasifikasi terutama klasifikasi gambar (Muhathir et al., 2021). Sedangkan algoritma *neural network* digunakan karena performanya dalam melakukan klasifikasi linear dan non-

linear dan kemampuannya untuk mempelajari suatu hirarki klasifikasi gambar berdasarkan fitur spasial data-data pixel gambar.

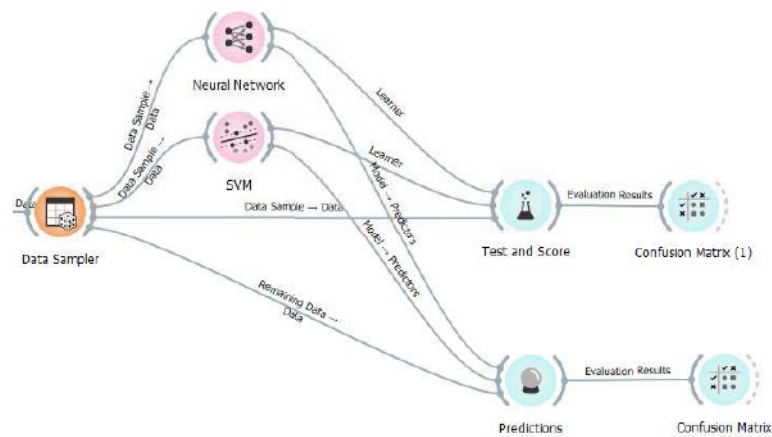


Gambar 1.13. Uji coba *data training*.



Gambar 1.14. Widget *SVM* dan *Neural network*.

Setelah dilakukan uji coba menggunakan *data training*, langkah selanjutnya ialah melakukan uji coba prediksi terhadap *data testing* menggunakan algoritma yang sebelumnya dilatih terhadap pengenalan pola menggunakan *data training*. Sehingga ketika dilakukan proses prediksi menggunakan algoritma yang sudah dilatih, algoritma akan mampu mengenali dan dapat melakukan prediksi terhadap *data testing*.



Gambar 1.15. *Workflow* Prediksi

1.6.1.1.6 Evaluation

Setelah melakukan uji coba terhadap data training dan *data testing*, tahapan terakhir ialah melakukan analisis terhadap data training dengan melihat perfoma AUC yakni gambaran besar kesesuaian model algoritma *SVM* dan *neural network*. Dan juga melihat pesebaran dan kemampuan prediksi model alogritma menggunakan tabel *confusion matrix*.

1.6.2 Alat-alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang dibagi menjadi perangkat keras dan perangkat lunak :

A. Kamera HP Xiaomi Note 8

Camera : 48MP, f/1.8,26mm (wide)

B. Laptop

Processor : AMD Ryzen 3 2200U with Radeon Vega Mobile Gfx 2.50GHz

RAM : 12.0 GB (10.9 GB usable)

System Type : 64-Bit Operating System, x64-Based Processor

C. Software Analisis

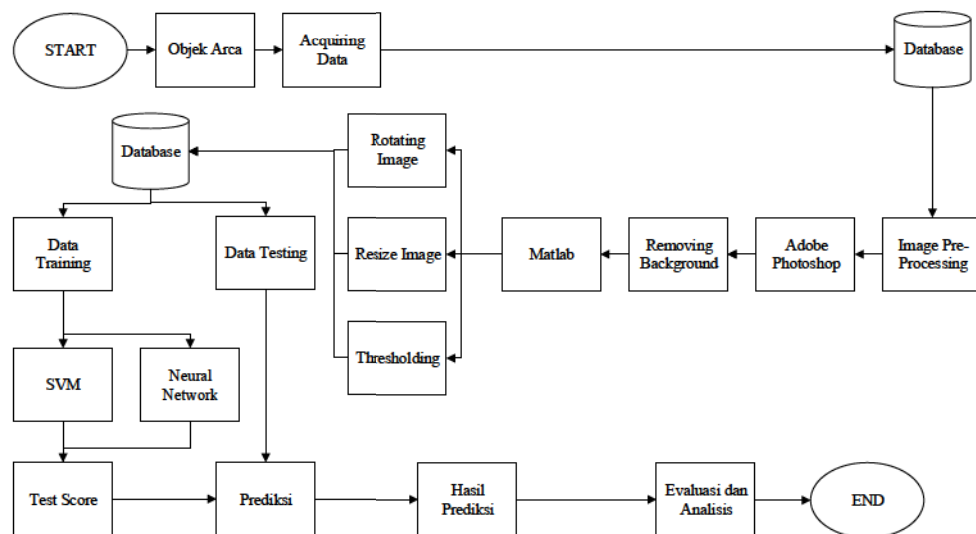
a. *Orange Data Mining Version 3.34.0*

Orange merupakan aplikasi *open source* yang dapat memberikann toolkit dari *data image*, *machine learning* dan *data processing* dengan tampilan *front-end* sehingga memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memproses sebuah informasi yang diinginkan.

b. *Matlab R2019b Version 9.7.0.0*

Matlab merupakan aplikasi yang digunakan dalam membuat, mendesain dan menganalisis sebuah sistem program, dimana dibutuhkan keahlian programming untuk mendesain suatu program analisis.

1.6.3 Tahapan Penelitian



Gambar 1.16. Flowchart tahapan penelitian.

1.6.3.1.1 Tahapan Awal

Dalam tahapan ini peneliti melakukan proses digitalisasi objek arca dengan menggunakan sensor kamera

dan mengambil sekitar 47 objek arca di sekitar kompleks museum, setelah dilakukan proses memperoleh data selanjutnya akan dimasukkan ke dalam database dan diberikan label sesuai dengan nama arca.

1.6.3.1.2 Tahapan Pengumpulan Data

Setelah semua data dikumpulkan dan dilabel sesuai dengan citra arca, maka selanjutnya akan dilakukan tahapan penentuan citra-citra yang akan digunakan untuk analisis yang selanjutnya dilakukan *image pre-processing* dimana gambar akan melalui tahapan modifikasi gambar dengan menghilangkan background pada gambar sehingga menghasilkan citra arca yang berfokus kepada subjek arca tersebut.

1.6.3.1.3 Tahapan Pengolahan Data

Untuk pengambilan sample yang sebelumnya sudah ditentukan peneliti akan mengambil sebanyak 10 kategori citra arca yaitu 2 citra arca Dewa Ganesha, 2 citra arca Dewa brahma, 2 citra Dewa Siwa, 2 citra Agastya dan 2 citra Dewi durga yang sudah di label, serta sampel citra sudah diurutkan ke kelasnya masing-masing sehingga citra akan menghasilkan 5 kelas untuk masing-masing kelas akan di proses dengan melakukan tahapan *thresholding* dimana gambar akan berubah dari RGB menjadi *gray* sehingga akan menyisakan warna hitam dan putih, setelah dilakukan tahapan *thresholding* citra arca akan ditambahkan variasi data dengan memutar citra sebesar 1° hingga 360° setiap 1° akan menghasilkan 1 sample dengan variasi data asli yang mempunyai perbedaan dimensi citra sehingga akan

menghasilkan 3.600 sampel yang akan dianalisis (Yuadi et al., 2021).

1.6.3.1.4 Tahapan Analisis Data

Setelah melalui tahapan *image pre-processing* data sampel akan melalui tahapan analisis dengan menggunakan *orange data mining*, langkah pertama dilakukan adalah membagi data sampel menjadi *data training* dan *data testing* dengan rasio sebanyak 60% untuk *data training* dan 40% untuk *data testing*. Selanjutnya dilakukan klasifikasi menggunakan model algoritma *SVM* dan model *NN (Neural network)* yang disediakan di dalam *orange data mining* yaitu :

A. Support Vector Machine (SVM)

Analisis ini akan menggunakan *SVM* dimana *data points* dari 2 kelas atau lebih akan dipisah dan ditarik dengan menggunakan garis besar (hyperplane) untuk memisahkan dan membuat margin antara 2 kelas *data point* dari 2 kelas tersebut .

B. Neural network

Analisis ini akan menggunakan model komputasi yakni *Neural network*, dimana cara kerja dari model ini akan memproses input melalui beberapa kombinasi perjumlahan berbobot yang kemudian akan memberikan output berisi informasi yang sebelumnya diproses. Informasi dari output tersebut akan menjadi input dari node lainnya untuk menerima informasi.

C. *Image Classification*

Dalam tahapan ini peneliti akan melakukan serangkaian tahapan uji coba dengan racangan workflow yang sudah di desain dimana yang pertama adalah uji coba model terhadap data training dan selanjutnya uji coba prediksi terhadap *data testing* menggunakan model yang sebelumnya sudah dilatih.

1.6.3.1.5 Tahapan Evaluasi Hasil

Tahapan akhir ialah melakukan analisis dan evaluasi terhadap uji coba yang dilakukan dari mulai tahapan awal hingga tahapan akhir penelitian. Dalam tahapan akhir analisis dilakukan dengan melihat perfoma dan hasil AUC terhadap model yang digunakan serta melihat pesebaran prediksi model terhadap data training di dalam *confusion matrix* . Selanjutnya analisis terhadap *data testing* dilakukan dengan melihat perfoma model dalam melakukan prediksi dan juga melihat pesebarannya melalui *confusion matrix* .

Setelah melakukan analisis terhadap perfoma model algoritma, maka langkah selanjutnya ialah melakukan evaluasi yang sudah dilakukan di dalam tahapan penelitian dan juga mengevaluasi hasil analisi dengan implikasi dan perbandingan penelitian terdahulu yang menggunakan model dan proses klasifikasi yang sama dengan penelitian ini, dengan harapan dapat menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian dan juga memberikan gambaran bagaimana identifikasi citra arca dalam klasifikasi citra menggunakan machine learning.