

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Setiap objek memiliki bentuk atau pola tersendiri yang menjadi ciri khasnya masing-masing. Kebutuhan informasi yang akurat dari ciri-ciri atau pola objek tersebut menjadi sangat penting ketika objek tersebut bersangkutan dengan kepemilikan. Salah satu objek yang memiliki sifat kepemilikan adalah tanda tangan, karena tanda tangan merupakan tanda kepemilikan sekaligus identitas seseorang yang bersifat unik dan menjadi alat pengesah yang legal. Keberadaan tanda tangan ini menjadi sangat memudahkan seseorang sebagai alat pengesah suatu transaksi atau dokumen-dokumen penting lainnya. Tanda tangan dengan menggunakan media kertas dan pena ini sudah menjadi budaya dan dikenal masyarakat luas sejak dahulu hingga sekarang. Setiap orang pasti memiliki tanda tangan yang sering digunakan dalam pengesahan transaksi atau untuk menandatangani dokumen-dokumen penting, maka aktivitas ini perlu adanya pengamanan. Beberapa hal tersebut menjadikan tanda tangan sebagai objek yang patut dan perlu dilindungi dalam hal keasliannya, maka perlu adanya identifikasi dan verifikasi tanda tangan supaya terhindar dari tindak kecurangan seperti pemalsuan tanda tangan oleh pihak yang tidak bertanggungjawab. Pola dari tanda tangan ini dapat dipelajari ciri-cirinya supaya dapat dibedakan antara tanda tangan yang asli dengan yang palsu. Pengenalan pola atau disebut juga *pattern recognition* adalah salah satu bidang kajian dari pengolahan citra yang saat ini

sangat berkembang. Pengenalan pola merupakan studi untuk mengetahui cara mesin mengamati lingkungan sekitarnya dan mempelajari perbedaan pola objek dengan latar belakangnya (Basu et al., 2010). Pengenalan pola menjadi bidang kajian yang menarik dan sering digunakan dalam topik penelitian dibidang pengolahan citra karena memberikan manfaat di berbagai aspek kehidupan. Berjalannya waktu, menjadikan pengenalan pola semakin populer dan banyak digunakan sebagai topik penelitian. Pemanfaatan pengenalan pola di bidang medis dan pengenalan identitas biometrik menjadi bukti bahwa sampai saat ini pengenalan pola sangat memberikan andil atau manfaat bagi kehidupan manusia.

Pemanfaatan pengenalan pola dalam dunia medis biasanya digunakan untuk mendiagnosa suatu penyakit atau bisa juga digunakan untuk mengetahui perkembangan janin yang ada di dalam kandungan. Kompleksitas dalam penanganan organ dalam manusia ini memiliki tingkat kesulitan yang cukup tinggi sehingga untuk memperkuat estimasi dokter, sistem ini dimanfaatkan untuk memberikan hasil yang tepat yang nantinya akan digunakan untuk penindakan lebih lanjut bagi pasien. Pembangunan sistem tersebut bertujuan untuk memberikan informasi tambahan bagi dokter dalam mengambil keputusan tahap medis berikutnya (Gurgaon, 2013; Bhulyan et al., 2013; Patil & Kuchanur, 2008; Nagaraj et al., 2010). Di jaman yang semakin maju dan modern ini berdampak pada perkembangan teknologi yang semakin maju pula, sehingga banyak yang memanfaatkan pengenalan pola sebagai pendekatan biometrik untuk mengidentifikasi identitas individu. Dalam mengenali setiap individu ini, sistem harus mempelajari pola objek yang menjadi identitas, contohnya seperti

identifikasi sidik jari, iris mata, wajah, dan lain sebagainya. Objek-objek tersebut merupakan bagian-bagian dari tubuh yang memiliki ciri khas atau keunikan sendiri. Sidik jari adalah salah satu objek identifikasi yang semakin populer dan dirasakan manfaatnya, khususnya bagi pihak kepolisian dalam mengumpulkan data-data terhadap pihak terkait. Identifikasi dan verifikasi sidik jari ini menggunakan alat elektronik untuk menangkap pola sidik jari yang kemudian data berupa citra digital tersebut disimpan untuk dibandingkan. Penelitian tentang pengenalan pola sidik jari tersebut masih terus digunakan dan dikembangkan untuk mencapai akurasi dan metode yang lebih baik (Antonelli et al., 2006; Ani & Aloosi, 2013; Umamaheswari et al., 2010; Bhargava et al., 2012; Bana & Kaur, 2011).

Selain itu, pengenalan pola terhadap objek yang bersangkutan dengan kepemilikan juga dikembangkan pada objek tanda tangan. Tanda tangan dengan media kertas dan pena ini dapat dijadikan objek penelitian untuk identifikasi dan verifikasi. Hal ini dilakukan untuk menjaga keaslian tanda tangan supaya dapat dipertanggungjawabkan kepemilikannya oleh pihak terkait. Ada pula yang menciptakan alat elektronik sebagai media tanda tangan sehingga secara otomatis data tersebut dapat ditangkap dalam format citra digital, namun tidak semua orang mengetahui atau mengenal peralatan modern tersebut karena masyarakat sudah terbiasa menggunakan media kertas dan pena yang memang sudah cukup mewakili dan sudah dianggap sebagai cara yang sah. Masyarakat lebih mengenal penggunaan tanda tangan secara manual karena dianggap lebih praktis dan fleksibel, tidak perlu mempersiapkan peralatan-peralatan elektronik sehingga

dapat dilakukan dimanapun dan kapanpun. Tanda tangan sendiri sudah sejak dahulu dianggap sebagai tanda persetujuan yang sah dan legal di kehidupan bermasyarakat. Setiap orang memiliki tanda tangan yang berbeda-beda dan setiap tanda tangan memiliki karakteristik tersendiri. Kebiasaan masyarakat menggunakan tanda tangan secara manual ini kemudian dikembangkan dan diteliti lebih lanjut untuk dikenali polanya. Tanda tangan akan dipindai dengan menggunakan *scanner* atau kamera digital dan diperoleh data berupa citra digital yang kemudian akan disimpan di *data store*. Citra tanda tangan berupa format digital ini selanjutnya akan diidentifikasi dengan menggunakan bantuan komputer (Kisku et al., 2010; Radmehr et al., 2011; Bhatia, 2013; Verma & Rao, 2013).

Beberapa metode diterapkan dalam membangun sistem identifikasi dan verifikasi tanda tangan statik. Salah satu metode yang diterapkan adalah dengan menggunakan metode *backpropagation*. Sistem identifikasi tanda tangan ini bertujuan untuk memastikan bahwa layanan yang diberikan tersebut diakses oleh penanda tangan yang asli, bukan pihak lain. JST digunakan untuk mengidentifikasi pola antara sampel tulisan tangan yang berbeda. Sampel tulisan tangan dianggap suatu masukan untuk JST dan biasanya memiliki bobot dalam pengenalan pola tanda tangan. Metode ini diujikan dan memberikan hasil akurasi yang tinggi dan juga memberikan kepuasan bagi pengguna (Bhattacharyya & Kim, 2010; Verma & Dubey, 2013). Dalam pengenalan tanda tangan ini terdapat dua jenis pendekatan yaitu pendekatan secara dinamik (*online*) dan statik (*offline*). Pendekatan dinamik biasanya menggunakan alat elektronik modern yang membutuhkan biaya lebih mahal dibandingkan dengan pendekatan secara statik.

Offline signature recognition atau disebut juga sebagai pengenalan tanda tangan statik untuk verifikasi menggunakan JST ini sedang banyak dikembangkan dan diteliti. Tanda tangan diidentifikasi melalui beberapa fitur pengenalan tanda tangan dan verifikasi dengan membandingkan teknik yang sudah ada. Tanda tangan ditangkap dan disajikan dalam format citra dan tingkat akurasi yang diperoleh cukup memuaskan (Darwish, 2013; Majhi & Reddy, 2006; Shamsfakhr, 2011; Odeh & Khall, 2011; Ismail et al., 2010; Impedovo & Pirlo, 2008).

Pada penelitian Sisodia & Anand, (2009) membangun sistem identifikasi tanda tangan karena semakin banyaknya transaksi antar bidang atau dokumen-dokumen penting lainnya. Tanda tangan dievaluasi dengan menggunakan *Error Backpropagation, Artificial Neural Network*. Usaha yang dihasilkan sangatlah memuaskan dan telah ditegaskan kembali kemampuan ANN dalam mengenali pola. Sistem *Static Signature Verification* terdiri dari *preprocessing* dan ekstraksi fitur yang diikuti *classifier*. Ukuran citra tanda tangan yang digunakan 200 x 100 piksel dengan *data store* yang terdiri dari 6 individu beserta masing-masing sampel tanda tangan. Sistem ini berhasil mengevaluasi tanda tangan dengan kinerja yang baik dan tingkat akurasi verifikasi sebesar 94,27%

Pada penelitian Pandey & Shantaiya, (2012) tentang verifikasi tanda tangan statik dan pengenalan pada sistem ini memiliki ciri-ciri morfologi dengan mnggabungkan *novel featured extraction techniques*. Pengimplementasian sistem ini menggunakan program MATLAB. Sistem yang diusulkan untuk verifikasi ini menghasilkan tingkat akurasi yang baik yaitu mencapai 99,5%.

Dalam pengenalan tanda tangan ini memerlukan proses deteksi tepi untuk

menentukan suatu pola pada objek tanda tangan tersebut. Pada penelitian Basavaraj & Samuel, (2009) menggunakan *Sobel Edge Detector*, *Prewitt Edge Detector* dan *Robert Edge Detector* untuk proses *angles detection* dan juga pembangunan sistem ini bertujuan untuk mempercepat *stroke* supaya proses verifikasi keaslian signature berlangsung dengan cepat. Hasil uji menunjukkan adanya tambahan kecepatan yang signifikan dalam identifikasi.

Di sini JST digunakan untuk pelatihan yang kemudian data tersebut disimpan pada *data store* untuk kemudian dibandingkan dengan citra tanda tangan terkait. Pada saat pengambilan sampel tanda tangan menggunakan pena yang berbeda-beda ketebalannya sehingga mengakibatkan perbedaan ketebalan pada tanda tangan. Tebal tipis tanda tangan ini kemudian akan dikenai proses yaitu skeletonisasi untuk mengambil rangka tanda tangan pada citra.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Tanda Tangan

Setiap individu memiliki identitas sebagai atribut yang digunakan sebagai tanda pengenal. Salah satu identitas diri yang sering digunakan dan sudah menjadi hal umum untuk identitas diri yang otentik adalah penggunaan tanda tangan atau *signature*. Karakteristik tanda tangan yang begitu sensitif dan sangat aktif digunakan sebagai identitas maka perlu adanya pengamanan, maka pada penelitian ini akan dirancang sistem untuk identifikasi dan verifikasi. Pada dasarnya ketepatan sistem verifikasi tanda tangan yang membedakan tanda tangan asli dari yang palsu dapat dinyatakan dalam dua jenis kesalahan yaitu akurasi

yang tanda tangan asli ditolak sebagai pemalsuan yang juga disebut *False Rejection Rate* (FRR) dan presentase tanda tangan pemalsuan diterima sebagai tanda tangan asli yang disebut *False Acceptance Rate* (FAR) (Garhawal & Shukla, 2013). Dalam evaluasi kinerja biasanya terdapat empat jenis kategori yang dipertimbangkan yaitu, *False rejection*, *False Acceptance*, *True Rejection*, dan *True Acceptance* (Yadav et al., 2013). Menurut Kumar, (2011) jika dilihat dari alat untuk input data, maka terdapat dua kelas dari sistem verifikasi tanda tangan, yaitu:

1. *Online (Dynamic) system*

Tanda tangan online menggunakan informasi yang dinamis seperti tekanan pada ujung pena, arah setiap stroke yang akan diambil sebagai tanda tangan sementara penandatanganan sedang menulis dan dieksekusi oleh sistem

2. *Offline (Static) system*

Tanda tangan *offline* didasarkan pada penggunaan citra pada komputer melalui teknik pengolahan dan pengenalan pola untuk memecahkan berbagai jenis masalah yang dihadapi dalam *preprocessing*, ekstraksi fitur, *specimen comparison* dan evaluasi kinerja.

Orang yang sama atau individu yang sama tidak selalu menandatangani tidak selalu memberikan bentuk tanda tangan yang sama untuk setiap waktunya karena beberapa keadaan yang sangat mungkin mempengaruhinya. Menurut (Fotak et al., 2011) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi bentuk tanda tangan, yaitu:

1. Keadaan fisik dan psikologis seseorang termasuk keadaannya ketika cedera, ketakutan, ketenangan atau keadaan lainnya.
2. Posisi tubuh akan mempengaruhi bentuk tanda tangan karena tidak akan sama jika orang berdiri atau duduk sambil menandatangani dokumen.
3. Permukaan media tulis dan bahan untuk menulis (pena) tanda tangan akan terlihat berbeda pada berbagai jenis kertas. Ini akan terlihat berbeda jika diambil dengan digitalisasi atau pena khusus.
4. Tujuan penandatanganan biasanya secara signifikan berbeda jika diambil dalam lingkungan yang resmi atau informal.
5. Faktor lingkungan dan orang yang mengelilingi penandatanganan. Lingkungan sangat mempengaruhi karena termasuk adanya gangguan, kebisingan, pencahayaan, suhu, kelembaban dan yang lainnya.

Proses pengenalan tanda tangan ini memiliki dua proses yaitu identifikasi dan verifikasi. Verifikasi sangat penting karena dalam hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa penandatanganan adalah pemilik tanda tangan tersebut. Penerapan verifikasi dapat menentukan keaslian suatu tanda tangan sehingga meminimalkan bentuk kecurangan yaitu pemalsuan tanda tangan. Dalam hal ini terdapat tiga jenis pemalsuan, yaitu (Sigari et al., 2011):

1. *Random forgery*, merupakan jenis pemalsuan tidak disengaja. Pemalsu menggunakan nama seseorang dengan gayanya sendiri untuk memalsukannya.
2. *Simple or casual forgery*, merupakan pemalsuan yang tidak memiliki pengalaman sebelumnya dan meniru tanda tangan dalam gaya amatir.

Imitasi ini dilakukan dengan mengamati tanda tangan hanya dalam hitungan waktu.

3. *Expert or skilled or simulated forgery*, merupakan pemalsuan paling sulit yang dibuat oleh pemalsu ahli yang memiliki penalaman dalam menyalin tanda tangan. Pemalsuan tanda tangan jenis ini dibuat hampir mirip dengan tanda tangan asli.

Sistem yang digunakan untuk analisis tanda tangan harus menggunakan konsep pengolahan citra. tanda tangan dari penandatanganan biasanya bervariasi namun tetap ada karakteristik yang unik di dalamnya sehingga dapat memudahkan untuk identifikasi. Karakteristik penting ini yaitu (Jain & Gangrade, 2013) :

1. *Invariant*, merupakan karakteristik konstan yang harus dimiliki tanda tangan selama jangka waktu yang panjang.
2. *Singular*, merupakan karakteristik unik untuk setiap individu.
3. *Imitable*, merupakan karakteristik yang *irreproducible* dengan cara lain.
4. *Reducible and compareble*, merupakan karakteristik tanda tangan yang dapat diubah ke dalam format yang lebih mudah dalam penanganan dan digitalisasi untuk dibandingkan dengan yang lain.

Pada penelitian ini mempergunakan sampel tanda tangan dengan media kertas dan alat tulis berupa pena dengan ketebalan yang berbeda-beda. Gambar 2.1 merupakan sampel tanda tangan asli dengan ukuran citra 256x256.



Gambar 2.1. Sampel Tanda Tangan Asli

2.2.2. Pengolahan Citra

Pengolahan citra mewakili teknik-teknik yang ada untuk memanipulasi dan modifikasi citra. Hal tersebut merupakan langkah pertama untuk memulai beberapa proses dalam proses verifikasi dan pengenalan citra khususnya citra tanda tangan. Penelitian yang berkaitan dengan verifikasi tanda tangan menggunakan pengolahan citra terletak di dalam salah satu paradigma yaitu berorientasi pada pengolahan piksel, berorientasi pada pengolahan *frame*, dan berorientasi pada pengolahan *cluster* (Alamoudi & Elfaki, 2009). Keberhasilan dari pelaksanaan langkah tersebut akan menghasilkan peningkatan hasil dan nilai akurasi yang tinggi. Pengolahan citra dilakukan memiliki tujuan, yaitu untuk meningkatkan kualitas cita (Pratap et al., 2014). Setiap citra yang ditangkap, pasti memiliki suatu permasalahan, seperti adanya *noise*, segmen garis yang saling bersentuhan, piksel yang terisolasi, dan lain sebagainya (Ismail et al., 2010). Hal tersebut memberikan peluang bagi pengolahan citra untuk memecahkan permasalahan tersebut dan kemudian mengambil informasi yang penting untuk pemrosesan lebih lanjut. Citra tanda tangan akan dikenai proses dengan beberapa

langkah tingkat atau level pemrosesan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Prosedur pengolahan citra mencerminkan bagian yang paling penting dalam pembangunan sistem identifikasi dan verifikasi tanda tangan. Sebuah citra yang diperoleh dapat berbeda-beda dalam hal piksel, resolusi, skala abu-abu (*greyscale*) dan masih banyak lagi karena sumber citra yang diperoleh dapat berbeda-beda pula (Abdullah & Shahrarum, 2012).

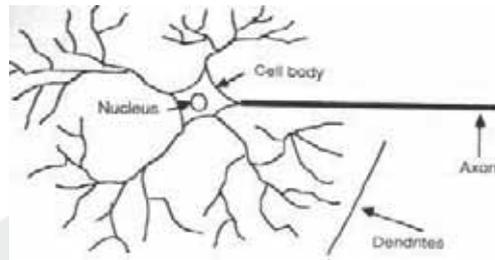
2.2.3. Pengenalan Pola

Sistem identifikasi dan verifikasi untuk tanda tangan statik ini didasarkan pada penggunaan pengolahan citra pada komputer dan teknik pengenalan pola untuk memecahkan berbagai jenis masalah yang ditemui pada saat *preprocessing*. Pengenalan pola adalah cabang ilmu yang berkembang khususnya dalam pengklasifikasian untuk mengenali objek yang tidak diketahui sehingga dalam hal ini bertujuan untuk menetapkan salah satu dari serangkaian kemungkinan (Verma & Goel, 2011). Pada penelitian ini mempergunakan objek tanda tangan statis dengan media kertas dan alay tulis pena dengan berbagai macam ketebalan. Pola tanda tangan yang dimiliki individu bersifat unik dan masing-masing memiliki karakteristik tersendiri, bahkan tidak selalu seseorang dapat menuliskan tanda tangan persis seperti pola sebelumnya karena adanya lingkungan yang mempengaruhinya. Hal ini terlihat bahwa permasalahan ini cukup kompleks dan menjadi hal yang tidak mungkin jika tanda tangan diteliti untuk identifikasi dan verifikasi. Salah satu pendekatan untuk mengatasi masalah ini adalah dengan pencocokan pengenalan pola tekstual dengan

mempertimbangkan edit jarak, mengukur perbedaan jarak antar garis (Bhattacharyya & Kim, 2010).

2.2.4. Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf menawarkan model matematis sebagai teknik untuk meniru cara kerja otak manusia. Jaringan syaraf secara umum sangat saling berhubungan dengan sejumlah besar elemen pemrosesan yang disebut neuron yang dianalogikan sebagai otak dan memiliki pemrosesan yang terdistribusi secara paralel (Kosbatwar & Pathan, 2012). Jaringan syaraf tiruan terinspirasi secara biologis program komputer untuk memanipulasikan cara kerja otak manusia dalam menerima informasi. Hal tersebut merupakan pendekatan yang kuat untuk membangun hubungan yang kompleks dan nonlinear antara satu set input dan data output. Di dalam otak manusia, neuron bekerja mengumpulkan sinyal dari neuron lainnya melalui serangkaian struktur halus yang disebut dendrit. Neuron mengirimkan aktivitas listrik melalui akson yang terbagi menjadi ribuan cabang. Pada ujung cabang disebut sinaps yang bertugas mengubah aktivitas akson pada aktivitas neuron yang saling terhubung satu sama lain. Ketika neuron menerima masukan yang cukup besar dibandingkan dengan penghambatan pada *input*, maka ia mengirimkan aktivitas listrik ke akson. Pembelajaran terjadi dengan mengubah efektivitas sinap sehingga pengaruh satu neuron akan memberikan perubahan lain pula (Abikoye et al., 2011). Neuron biologis pada otak manusia dapat dilihat pada Gambar 2.2.

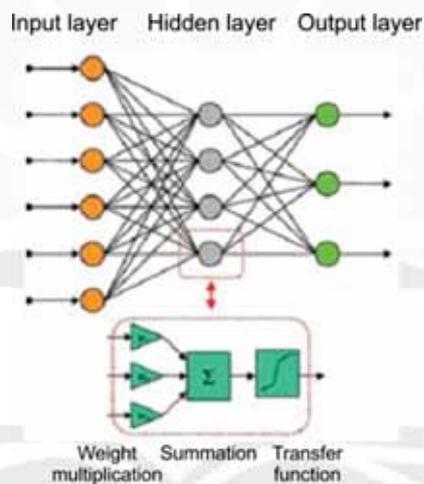


Gambar 2.2 Neuron Biologis (Oladele et al., 2014).

Dalam menentukan asli atau palsu sebuah tanda tangan bukanlah hal yang mudah, terutama ketika dihadapkan pada pemalsu tanda tangan yang sudah terampil atau ahli. Hal ini mendorong manusia untuk mencari teknik yang canggih untuk mendeteksi perbedaan antara tanda tangan yang asli dan yang palsu. Jaringan syaraf menjadi salah satu teknik yang populer sebagai identifikasi dalam bidang pengenalan pola. Jaringan Syaraf tiruan menjadi sangat handal ketika dilatih menggunakan sejumlah data yang cukup besar dan teknik ini memberikan nilai keakuratan yang cukup tinggi. Jaringan syaraf secara karakteristik terstruktur dalam lapisan yang terdiri dari sejumlah node yang memegang fungsi aktivasi. Pola yang teredia untuk jaringan dengan melalui lapisan input yang berkomunikasi dengan satu atau lebih lapisan tersembunyi dengan menggunakan sistem koneksi subjektif. Lapisan tersembunyi kemudian bersatu untuk menuju pada lapisan *output* (Sthapak et al., 2013). Pada lapisan output jaringan syaraf tiruan terdiri dari satu neuron yang memberikan tingkat kepercayaan keaslian tanda tangan yang diberikan ke jaringan dengan memberikan tingkat kepercayaan dari 0 sampai 1 (Tiwari & Sharma, 2012). Parameter neuron dipilih melalui sebuah proses minimalisasi kesalahan pada *output* untuk pelatihan pengenalan yang sudah ditetapkan. *Subset* dari lapisan *input*, *output*, dan lapisan tersembunyi

memiliki bobot yang saling terhubung satu sama lain. Jenis arsitektur jaringan syaraf tiruan dapat dibedakan menjadi dua yaitu (Sharma et al., 2013):

1. *Supervised training algorithm* atau disebut juga sebagai algoritma pelatihan terbimbing. Disebut sebagai algoritma pelatihan terbimbing karena hasil yang diinginkan telah ditentukan sebelumnya.
2. *Unsupervised training algorithm* atau disebut juga sebagai algoritma pelatihan tidak terbimbing karena dalam tahap pelatihan, jaringan mempelajari pola tanpa adanya hasil yang ditentukan di lapisan *output*.



Gambar 2.3. Skema Jaringan Syaraf Tiruan (Bastaki, 2009).

2.2.5. Alihragam Wavelet

Citra tanda tangan nantinya akan dikenai proses pencocokan bentuk identik pada citra terkait, sehingga memerlukan transformasi geometris dari suatu citra ke citra lainnya. Perubahan sudut pandang atau gerakan relatif antara kamera, *scanner*, dengan objek citra sangat rentan. Penangkapan citra dengan sudut yang

berbeda akan menyebabkan adanya perubahan geometris pula, maka perlu teknik yang handal untuk menangani suatu pengenalan pola. Pola yang ditangkap akan dibawa ke dalam format digital yang nantinya akan diproses lebih lanjut. Pada penelitian ini juga memanfaatkan alihragam *wavelet* dalam *preprocessing* citra tanda tangan. Alihragam *Wavelet* adalah cara untuk mewakili sinyal pada frekuensi waktu dan bentuk (Telagarapu et al., 2011). Alihragam *wavelet* merupakan dasar dari *tool* matematika pada beberapa fungsi lapisan alihragam dan menghasilkan koefisien yang mewakili karakteristik sinyal. Gelombang *wavelet* memiliki batas durasi dengan nilai rata-rata adalah nol. Ada pula beberapa jenis *wavelet transform*, meliputi (Patil & Hegadi, 2013):

1. *Continues Wavelet Transform*

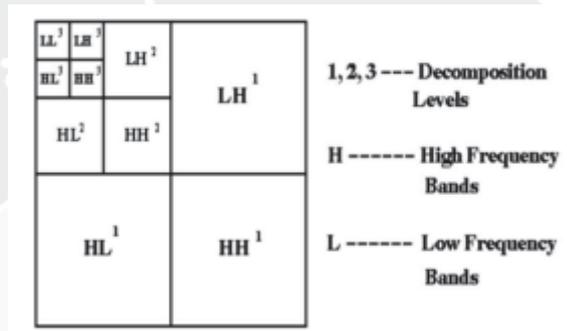
Continues Wavelet Transform akan menghitung koefisien *wavelet* pada setiap skala yang memungkinkan. Proses ini mengubah jumlah semua hasil jumlah waktu dari skala. CWT bisa mengoperasikan pada skala banyak mulai dari sinyal asli ke beberapa skala maksimum

2. *Discrete Wavelet Transform*

Discrete Wavelet Transform dihitung hanya pada skala dan posisi yang dipilih berdasarkan kekuatan dari dua yang disebut dengan *dyadic scales* dan posisi maka analisis akan jauh lebih efisien dan akurat.

CWT, dapat dianalisis dengan menggunakan satu set fungsi dasar yang saling berhubungan satu sama lain dengan skala sederhana dan translasi. Transformasi CWT berfungsi untuk menemukan detail koefisien dari sebuah sinyal kontinyu. Dalam kasus DWT yang merupakan akurasi skala waktu

sinyal digital diperoleh dengan menggunakan penyaringan teknik digital. Sinyal yang akan dianalisis dilewatkan melalui filter dengan frekuensi *cut off* yang berbeda pada skala yang berbeda pula. DWT merupakan cara yang efisien dan akurat yang digunakan pada citra berupa data yang bersifat diskrit pula.



Gambar 2.4. 2D DWT Alihragam 3 level (Kaur & Kaur, 2013).

Wavelet memberikan akurasi dan analisis sinyal lebih dari satu resolusi yang disebut kemampuan multiresolusi. Keuntungan dari analisis multiresolusi adalah fitur yang mungkin tidak terdeteksi pada satu resolusi akan dapat terdeteksi dengan menggunakan resolusi lainnya. *Wavelet* dapat menganalisis baik sinyal stasioner dan non stasioner dengan peregangan dan pergeseran *wavelet*, dapat berkorelasi dengan keadaan yang baik sehingga antara frekuensi dan waktu dapat diukur secara tepat. *Wavelet* menggunakan istilah perkiraan (*approximations*) dan rincian. Perkiraan ini akan memberikan sinyal identitas karena terdapat karakteristik di dalam objek penelitian, khususnya dalam citra tanda tangan. Dalam penelitian ini memanfaatkan *wavelet* karena fungsi-fungsi penting berikut ini (Divyasri et al., 2014):

1. Mengkonversi sinyal menjadi sreangkaian *wavelet*.

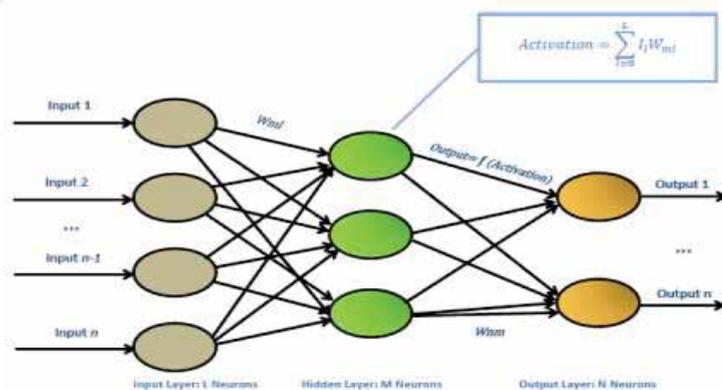
2. Menyediakan cara untuk menganalisis bentuk gelombang dengan batasan frekuensi dan durasi.
3. Sinyal disimpan dengan cara lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan Transformasi *Fourier*.
4. Mampu memperkirakan sinyal dalam dunia nyata dengan lebih baik.
5. Memberikan pendekatan data dengan diskontinuitas yang tajam.

Pada penelitian ini akan menggunakan *Wavelet Haar* yang merupakan salah satu jenis dari *Discrete Wavelet Transform*. Pada awalnya *Wavelet Haar* ditemukan oleh seorang ahli matematika dari Hungari yang bernama Haar, yang merupakan penemu pertama DWT (Jain & Bhati, 2013). *Wavelet Haar* memiliki sifat sebagai berikut (Rashmi & Bharathi, 2014):

1. *Orthogonality* : gambar asli dibagi menjadi bagian-bagian frekuensi rendah dan tinggi yang dapat diaktifkan dengan menggunakan filter.
2. *Compact Support* : besarnya respon dari filter harus bernilai nol di luar rentan frekuensi.
3. *Perfect Reconstruction* : apabila gambar input ditransformasikan dan transformasi invers menggunakan bobot fungsi basis dan memperbarui nilai yang identik dengan citra *input*, maka transformasi akan menghasilkan rekonstruksi yang sempurna.
4. *The best performance* : dalam hal ini adalah durasi atau waktu yang dibutuhkan dalam proses komputasi memberikan kinerja yang baik.

2.2.6. Algoritma *Backpropagation*

Berbagai algoritma banyak ditawarkan di dunia pengolahan citra karena berbeda kasus, berbeda pula teknik dan algoritma yang digunakan. Pada penelitian ini memanfaatkan algoritma *backpropagation* yang sudah populer akan kehandalannya dalam bidang pengolahan citra. *Backpropagation* termasuk algoritma pembelajaran terbimbing karena hasil atau tujuannya sudah ditetapkan sebelumnya. Algoritma *backpropagation* memanfaatkan *error output* untuk mengubah nilai-nilai bobot pada arah mundur namun untuk mendapatkan *error* tersebut haruslah terlebih dahulu melakukan tahap perambatan maju. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron tersebut akan diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi. Pemilihan bobot awal sangat memberikan pengaruh pada jaringan syaraf dalam pencapaian nilai minimum global terhadap nilai *error*. Nilai bobot awal yang terlalu besar akan menyebabkan *input* ke setiap lapisan tersembunyi atau lapisan *output* akan jatuh di daerah yang memiliki turunan fungsi sigmoid bernilai kecil, dan begitu pula sebaliknya. Dengan diawali *input* dan diakhiri dengan *output* seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.5. *Backpropagation Neural Network* (Dewan & Ashraf, 2012).

Siklus algoritma *backpropagation* melalui dua tahap yang berbeda yaitu tahap *forward pass* yang diikuti *backward pass* melalui dua lapisan jaringan dan dua tahap tersebut dikenai pelatihan data (Ganatra et al., 2011). *Backpropagation* dikenal sebagai lintasan mundur atau *backward pass* dengan proses sebagai berikut (Shihab, 2006):

1. Menghitung nilai kesalahan setiap *node* pada lapisan *output*.
2. Menghitung kesalahan lapisan *node* tengah untuk menghubungkan sebagian kesalahan pada setiap output.
3. Menyesuaikan nilai bobot untuk meningkatkan kinerja jaringan menggunakan aturan delta.
4. Menghitung *error* keseluruhan untuk menguji kinerja jaringan.

Dalam proses pengenalan pola khususnya citra tanda tangan yang cukup kompleks karena rentan terhadap skala dan rotasi maka algoritma *backpropagation* dipilih sebagai algoritma yang dapat memecahkan persoalan ini. Algoritma *backpropagation* dinyatakan dalam pernyataan berikut ini (Kaur, 2012):

1. Algoritma *backpropagation* beroperasi dalam dua tahap. Tahap awal merupakan tahap latihan yang berupa data pelatihan atau sampel yang disediakan pada layer *input* untuk melatih jaringan dengan set yang telah ditetapkan dari kelas data. Tahap terakhir adalah tahap pengujian dengan memberikan data uji acak pada lapisan *input* untuk memprediksi pola yang diterapkan.

2. Algoritma ini didasarkan pada pendekatan pembelajaran terbimbing sehingga hasil yang diinginkan sudah diketahui sebelumnya. Bila terjadi perbedaan antara hasil perhitungan dengan hasil yang diinginkan, maka perbedaan tersebut akan dikenai propagasi balik atau *backpropagate* ke lapisan *input* sehingga *error* dapat disesuaikan dengan tujuan mendapatkan toleransi *error* yang sesuai.
3. Algoritma ini beroperasi di salah satu dari dua *mode*. *Mode* incremental ini pada setiap proses propagasi diikuti penyesuaian bobot sehingga bobot akan diperbaharui.
4. Lapisan *hidden output* menjadi *input* ke neuron lapisan *output* yang diproses menggunakan fungsi saturasi yang sama.
5. Hasil akhir dari jaringan kemudian dihitung oleh aktivasi dari lapisan *output*.
6. Pola dihitung dan pola input dibandingkan. Toleransi *error* telah ditentukan untuk masing-masing komponen sehingga bobot koneksi antara lapisan tersembunyi dan lapisan *output* dihitung. Perhitungan serupa masih didasarkan pada *error* di dalam lapisan *output*. Prosedur ini diulang sampai *error* mencapai toleransi yang telah ditetapkan.
7. Keuntungan menggunakan algoritma ini adalah mudah digunakan dan cocok untuk memberikan solusi pada semua pola yang kompleks. Selain itu, pelaksanaan algoritma ini lebih cepat dan efisien karena tergantung pada jumlah data *input output* yang tersedia pada lapisan.