

PREDIKSI NILAI TUKAR MATA UANG RUPIAH TERHADAP DOLAR AMERIKA MENGGUNAKAN METODE *HIDDEN MARKOV MODEL*

G.P. Brian Are¹, Sampe Hotlan Sitorus²

^{1,2}Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura
Jalan Prof Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak
Telp./Fax.: (0561)577963
e-mail: ¹mail.gpba@student.untan.ac.id, ²sitorus.hotland@gmail.com,

Abstrak

Nilai tukar mata uang suatu negara terhadap negara lain memegang peranan penting dalam pembangunan dan kegiatan ekonomi suatu bangsa. Dalam penelitian ini, dibangun sistem untuk memprediksi nilai tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika dengan metode *Hidden Markov Model* berupa pergerakan tren untuk satuan waktu satu periode berikutnya yaitu: periode 1 bulan berikutnya, periode 3 bulan berikutnya, dan periode 1 tahun berikutnya. Pergerakan tren terdiri dari 3 variabel *hidden state* yaitu *bullish*, *bearish*, dan *sideways*. Ditentukan 3 variabel *observed state* yaitu *naik*, *turun*, dan *stabil*, dan 9 variabel transisi antar *state* yaitu *naik-naik*, *naik-turun*, *naik-stabil*, *turun-naik*, *turun-turun*, *turun-stabil*, *stabil-naik*, *stabil-turun*, dan *stabil-stabil*. Dari hasil observasi didapatkan matriks probabilitas awal (π), matriks probabilitas transisi (A), dan matriks probabilitas emisi (B). Parameter model HMM adalah λ dimana, $\lambda = (A, B, \pi)$. Maka parameter model untuk menghitung probabilitas tren periode berikutnya adalah $P(O|\lambda)$. Dilakukan pengujian sistem terhadap 11 data, diperoleh $MAD = (0,27; 0,27; 0,45)$, $MSE = (0,82; 0,82; 2,27)$ dan $MAPE = (2,48\%; 2,48\%; 4,13\%)$.

Kata Kunci: *Hidden Markov Model*, Prediksi, Valutas Asing.

1. PENDAHULUAN

Nilai tukar mata uang suatu negara terhadap negara lain memegang peranan penting di dalam pembangunan dan kegiatan ekonomi suatu bangsa. Nilai tukar mata uang ini juga sangat penting terutama dalam perdagangan dan investasi internasional. Bahkan nilai tukar mata uang Rupiah terhadap mata uang asing menjadi patokan dalam aktivitas bisnis yang dilakukan individu, perusahaan maupun suatu negara serta sebagai persiapan untuk pengambilan keputusan dari suatu langkah bisnis.

Berbagai teori terkait proses perubahan dan pergerakan nilai tukar mata uang rupiah terhadap mata uang asing telah banyak dikeluarkan oleh para ekonom dan akademisi, bahkan di saat melemahnya nilai tukar mata uang Rupiah terhadap mata uang asing khususnya Dolar Amerika Serikat, akan memberikan pengaruh negatif terhadap perekonomian dan pasar modal. Oleh karena itu, topik mengenai nilai tukar mata uang rupiah

sangat penting, karena dapat memberikan kerangka atau acuan aktivitas bisnis internasional.

Perusahaan-perusahaan multinasional sering kali melakukan transaksi dalam berbagai mata uang sebagai dampak atas aktivitas ekspor dan impor. Ada sekitar 150 jenis mata uang di seluruh dunia, tapi sebagian besar perdagangan internasional dilakukan dalam enam mata uang utama yang selama ini telah memperlihatkan kestabilan dan dapat diterima umum, yaitu : Dolar AS, Poundsterling Inggris, Dolar Kanada, Euro, Yen Jepang dan Franc Swiss [1].

Inisiatif untuk menerapkan probabilitas yang dikembangkan oleh Markov yang dikenal dengan metode Hidden Markov Model (HMM), maka diusulkan suatu penelitian untuk memprediksi nilai tukar mata uang rupiah terhadap dolar Amerika Serikat. Metode ini diharapkan mampu memberikan akurasi yang lebih tinggi. Dengan demikian, diusulkanlah rencana penelitian yang berjudul "PREDIKSI NILAI TUKAR MATA UANG RUPIAH

TERHADAP DOLAR AMERIKA
 MENGGUNAKAN METODE HIDDEN
 MARKOV MODEL”.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Pasar Mata Uang Asing

Pasar mata uang asing atau valas merupakan jenis pasar investasi yang berkembang sangat pesat. Pasar terbesar dan tercepat perputarannya di dunia (*highspeed trading*) yang saat ini rerata volume transaksi harian mencapai 5,1 triliun. Hampir semua bisnis mempunyai kaitan dengan valuta asing, baik dalam sektor riil (jasa, perdagangan, industri, komoditas) dan portofolio (pasar uang, pasar modal, bursa berjangka) oleh sebab itu pasar valuta asing memberi dampak besar terhadap perekonomian suatu negara bahkan dapat dijadikan sebagai salah satu indikator untuk menilai baik atau buruknya suatu sistem pemerintahan.

Tabel 1. Data Historis Rerata Volume Transaksi Valuta Asing.

Tahun	Miliar Dolar AS
1995	1.182
1998	1.527
2001	1.239
2004	1.934
2007	3.327
2010	3.973
2013	5.357
2016	5.067

Pasar valuta asing mempunyai fungsi pokok yaitu membantu kelancaran lalu lintas pembayaran internasional. Suatu negara akan menciptakan kemudahan penukaran valuta asing dan para ahli keuangannya akan membuat sistem pemindahan dana antarnegara secara aman. Aktivitas ekonomi dan kebijakan pemerintah di bidang fiskal dan moneter akan mempengaruhi pendapatan, harga dan suku bunga. Hal ini tentu mempengaruhi fungsi permintaan dan penawaran pada pasar valuta asing yang kemudian akan berdampak pada fluktuasi nilai tukar valuta asing di pasar. Bisnis yang mengglobal juga mengakibatkan semakin ketatnya persaingan sehingga suatu perusahaan swasta maupun perusahaan negara harus mencari penyuplai sumber daya baru (*natural resources*) yang lebih murah yang tersebar di

berbagai wilayah di seluruh dunia. Hal ini juga mempengaruhi permintaan terhadap mata uang suatu negara yang memasok sumber daya. Transaksi internasional terus menerus terjadi antarpenduduk dan antarnegara, maka dilakukan suatu perjanjian atau kontrak jual beli antara penjual dan pembelinya, termasuk pengaturan pembayarannya.

2.2. Kurs

Kurs atau nilai tukar adalah harga mata uang suatu negara terhadap mata uang negara lain. Pasar uang merupakan pasar yang sangat fluktuatif sehingga menyebabkan kurs atau *exchange rate* suatu pasangan mata uang (*currency pair*) setiap detik mengalami dua kondisi berbeda secara bergantian yaitu melemah (*depresiasi*) dan menguat (*apresiasi*). Ada dua basis harga yang digunakan dalam transaksi mata uang asing yaitu:

1. Kurs jual (*ask price*)

Kurs jual adalah kurs yang digunakan pada saat pihak bank menjual uang asing kepada kita.

2. Kurs beli (*bid price*)

Kurs beli adalah kurs yang digunakan ketika pihak bank membeli uang asing dari kita.

Kurs atau nilai tukar untuk pasangan-mata-uang (*currency pair*) Dolar Amerika terhadap Rupiah biasanya ditulis *USD/IDR*, artinya, *USD* dinyatakan sebagai mata uang utama (*base currency*) dalam *pair* dan *IDR* sebagai mata uang kedua (*quote currency*) dalam *pair*.

2.3. Transaksi Valuta Asing

Dalam melakukan transaksi valuta asing, para pelaku pasar seperti para *trader* atau para spekulan maupun pihak-pihak lain yang terlibat dalam transaksi akan mencari keuntungan (*profit*) secara dua arah (*two-way-opportunity*), yaitu mencari keuntungan pada saat market sedang bergerak naik (*bullish*) atau mencari keuntungan pada saat market sedang bergerak turun (*bearish*). Misalnya saat nilai rupiah mengalami apresiasi maka tindakan yang dilakukan agar memperoleh keuntungan adalah membeli rupiah.



Gambar 1. Ilustrasi *two-way-opportunity*.

Gambar 1 adalah ilustrasi dua cara untuk memperoleh keuntungan dari transaksi pertukaran mata uang, yaitu:

1. Transaksi *buy*
Saat kita melakukan *buy* maka yang digunakan adalah kurs jual (*ask price*).
2. Transaksi *sell*
Saat kita melakukan transaksi *sell* maka yang digunakan adalah kurs beli (*bid price*).

2.2. Prediksi

Prediksi atau peramalan (*forecasting*) adalah memperkirakan sesuatu yang mungkin akan terjadi di masa yang akan datang. Prediksi ilmiah dilakukan secara matematis dengan menggabungkan data-data lampau yang akan dianalisis agar hasil analisis dapat mendekati probabilitas yang mungkin akan terjadi sehingga dapat meminimalisasi kerugian dalam menentukan keputusan. Dalam bidang peramalan, tidak ada indikator penuntun yang sempurna. Jika ada, peramalan akan menjadi tugas yang remeh yang bisa dilakukan dengan menggunakan suatu indikator penuntun. Prediksi tidak harus memberikan jawaban secara pasti kejadian yang akan terjadi, melainkan berusaha untuk mencari jawaban sedekat mungkin yang akan terjadi [2].

Peramalan memang tidak akan pernah tepat seratus persen, karena masa depan mengandung banyak masalah ketidakpastian. Namun demikian, dengan pemilihan metode yang tepat, dapat dibuat peramalan dengan tingkat penyimpangan yang kecil atau memberikan perkiraan yang sebaik mungkin terhadap keadaan masa yang akan datang. Apabila dilihat dari jangka waktu, peramalan dibedakan menjadi [3], yaitu:

1. Peramalan jangka pendek, yaitu peramalan yang dilakukan untuk penyusunan hasil ramalan dengan jangka waktu kurang dari satu tahun, umumnya satu sampai tiga bulan.
2. Peramalan jangka menengah, yaitu peramalan yang dilakukan untuk penyusunan hasil ramalan dengan jangka waktu yang kurang dari dua tahun.
3. Peramalan jangka panjang, yaitu peramalan yang dilakukan untuk penyusunan hasil ramalan dengan jangka waktu yang lebih dari dua tahun.

Apabila dilihat berdasarkan sifat ramalan, peramalan dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Peramalan kualitatif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data kualitatif pada masa lalu. Hasil dari peramalan yang dibuat, sangat bergantung pada orang yang menyusunnya, karena peramalan tersebut ditentukan berdasarkan pemikiran yang bersifat intuisi, pendapat, pengalaman, serta pengetahuan yang dimiliki oleh orang yang menyusun ramalan itu.
2. Peramalan kuantitatif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu. Hasil dari peramalan yang dibuat sangat bergantung pada metode yang digunakan, sebab dengan metode yang berbeda akan didapat hasil yang berbeda pula[3].

2.3. Nilai Ketepatan Prediksi

Nilai ketepatan prediksi adalah suatu hal yang penting untuk peramalan, yaitu bagaimana mengukur kesesuaian antara data yang sudah ada dengan data peramalan. Menurut Pakaja (2012), ada beberapa perhitungan yang biasa digunakan untuk menghitung penyimpangan peramalan total. Tiga dari perhitungan yang paling terkenal adalah *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Square Error* (MSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

2.3.1. Mean Absolute Deviation (MAD)

Menurut Pakaja (2012), metode untuk mengevaluasi metode peramalan menggunakan jumlah dari kesalahan-kesalahan yang absolut. *Mean Absolute Deviation* (MAD) mengukur ketepatan ramalan dengan merata-rata kesalahan dugaan (nilai absolut masing-masing kesalahan). MAD berguna ketika mengukur kesalahan ramalan dalam unit yang sama sebagai deret asli. MAD merupakan ukuran pertama kesalahan peramalan keseluruhan untuk sebuah model. Rumus untuk menghitung MAD adalah sebagai berikut[4].

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)}{n} \quad (1)$$

Dimana:

Y_t = Data aktual pada periode t

F_t = Nilai prediksi t

n = Jumlah data

2.3.2. Mean Square Error (MSE)

Mean Square Error (MSE) Menurut Pakaja (2012), adalah metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. Metode itu menghasilkan kesalahan-kesalahan sedang yang kemungkinan lebih baik untuk kesalahan kecil, tetapi kadang menghasilkan perbedaan yang besar. MSE merupakan cara kedua untuk mengukur kesalahan peramalan keseluruhan. MSE merupakan rata-rata selisih kuadrat antara nilai yang diramalkan dan yang diamati. Kekurangan penggunaan MSE adalah bahwa MSE cenderung menonjolkan deviasi yang besar karena adanya pengkuadratan. Rumus untuk menghitung MSE adalah sebagai berikut[4].

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2}{n} \quad (2)$$

Dimana:

Y_t = Data aktual pada periode t

F_t = Nilai prediksi t

n = Jumlah data

2.3.3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Menurut Pakaja (2012), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu. Kemudian, merata-rata kesalahan persentase absolut tersebut. MAPE merupakan pengukuran kesalahan yang menghitung ukuran presentase penyimpangan antara data aktual dengan data peramalan. Nilai MAPE dapat dihitung dengan persamaan berikut[4].

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n} \right) \sum_{t=1}^n \frac{(Y_t - F_t)}{Y_t} \quad (3)$$

Dimana:

Y_t = Data aktual pada periode t

F_t = Nilai prediksi t

n = Jumlah data

Kemampuan peramalan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10% dan mempunyai kemampuan peramalan yang baik jika nilai MAPE kurang dari 20%.

2.4. Penelitian Terkait

Penelitian yang pernah dilakukan terkait nilai tukar Rupiah terhadap Dolar adalah dengan menerapkan Jaringan Saraf Tiruan

(JST) Metode *Backpropagation* yang dapat digunakan dalam sistem prediksi atau peramalan. Prediksi nilai tukar rupiah merupakan pilihan yang baik untuk memperkirakan nilai yang di masa mendatang, sehingga para pengamat ekonomi maupun investor dapat memberikan kebijakan selanjutnya. Data yang diambil adalah harga jual setiap harinya berdasarkan data pada *website* Bank Indonesia yaitu <http://www.bi.go.id>. Berdasarkan pelatihan aplikasi, hasil terbaik untuk kurs jual pada *alfa* 0,2 dan *hidden neuron* 7 menghasilkan akurasi pengujian sebesar 95,57%. Pelatihan aplikasi menunjukkan hasil terbaik untuk kurs beli pada *alfa* 0,1 dan *hidden neuron* 7 menghasilkan akurasi pengujian sebesar 94,81%. Pelatihan aplikasi menunjukkan hasil terbaik untuk kurs tengah pada *alfa* 0,1 dan *hidden neuron* 7 menghasilkan akurasi pengujian sebesar 94,55% [5].

Penelitian lain yang sudah dilakukan adalah penggunaan *Neural Network* atau jaringan saraf dimana hasil dari metode ini akan dibandingkan dengan metode GARCH (1,1) dalam bentuk *Means Absolute Deviation* (MAD) dan *Means Square Error* (MSE). Selain itu dilakukan pula pengamatan terhadap peredaman jump (perubahan mendadak). Data yang digunakan adalah nilai tukar mata uang dari empat negara di Asia yang diambil selama krisis moneter di Asia. Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah, bahwa jaringan saraf memiliki hasil yang lebih baik dalam meredam error yang terjadi akibat adanya perubahan mendadak pada data non-stasioner dan non-homogen, walaupun terkadang MAD maupun MSE-nya tidak lebih baik dari metode GARCH(1,1) yang mampu memberikan fitting yang cukup bagus untuk heteroskedastik *time series* [6].

Penelitian lain yang terkait dengan prediksi kurs nilai rupiah terhadap mata uang asing adalah dengan menggunakan pendekatan Metode *Backpropagation* Jaringan Saraf Tiruan (JST). Hasil dari analisis penelitian ini menggunakan 200 data *training* dan 10 data *testing*, penggunaan 9 Neuron *hidden layer* dan pemilihan nilai momentum sebesar 0,1 dan *learning rate* sebesar 0,7 menghasilkan nilai MSE terkecil apabila dibandingkan dengan arsitektur jaringan lainnya yaitu MSE *high*

sebesar 0.28726788134455, MSE *low* sebesar 0.23733577234585, dan MSE *close* sebesar 0.30996627875935 [7].

Penelitian lainnya yang menggunakan *Hidden Markov Model* atau Model Markov Tersembunyi diterapkan untuk menemukan *fraud* di dalam sebuah pelaksanaan proses bisnis. Dengan penggunaan metode Model Markov Tersembunyi ini, maka pengamatan terhadap elemen penyusun sebuah kasus/kejadian, yakni beberapa aktivitas, akan diperoleh sebuah nilai probabilitas, yang sekaligus memberikan prediksi terhadap kasus/kejadian tersebut, sebuah *fraud* atau tidak. Hasil eksperimen ini menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mampu memberikan prediksi akhir dengan evaluasi TPR sebesar 87,5% dan TNR sebesar 99,4% [8]

2.5. Data

Data mempunyai dua kegunaan utama data dalam peramalan. Pertama, data digunakan untuk menentukan pola perilaku beberapa variabel yang didasarkan pada pengamatan historis. Kedua, data digunakan untuk menyediakan nilai yang akan datang dari variabel bebas yang termasuk dalam suatu model kausal. Penggunaan ini seringkali mensyaratkan bahwa variabel-variabel bebas itu diramal sebelum variabel-variabel tersebut menjadi bagian *input* pada suatu model kausal.

Pengumpulan data pada umumnya jauh lebih sulit pada tahap awal peramalan daripada tahap berikutnya. Keputusan awal mengenai data adalah sesuatu yang sangat penting karena begitu diputuskan, organisasi menunjukkan kelembaman yang besar dan sulit untuk mengubah prosedur pengumpulan tersebut. Menyediakan lebih banyak waktu pada awalnya akan membuat proses tersebut menjadi jauh lebih mudah dan lebih ekonomis di tahap-tahap selanjutnya. [3].

Dua item penting dalam upaya-upaya memperoleh data adalah memahami sumber data yang tersedia, karakteristik dan gunanya, dan memahami tuntutan data untuk berbagai metode peramalan. Sumber data primer meliputi semua bentuk asli pengumpulan data. Data-data tersebut lebih mahal daripada data yang diambil daripada sumber sekunder, tetapi bisa didesain untuk disesuaikan dengan suatu tuntutan peramalan tertentu. Beberapa cara

alternatif untuk mengumpulkan data primer meliputi prosedur penarikan contoh, survei bersambung, atau suatu sensus lengkap yang mencakup item-item yang diminati. Misalnya, tahap awal dari pendekatan *delphi* bisa dianggap sebagai pengumpulan data dari sumber primer. Metode peramalan kuantitatif bisa juga menggunakan data primer seperti dalam kasus survei yang bertujuan untuk mendapatkan tingkat inventaris pelanggan. Data sekunder adalah data yang didapat dan disimpan oleh orang lain yang biasanya merupakan data masa lalu/historis. Potensi pasar seringkali diramal melalui data sekunder. Dalam banyak kasus, jika data sekunder yang dibutuhkan tidak tersedia, peneliti dapat memperkirakan/meramalkannya dengan mongonversi beberapa tipe data sekunder yang berlainan.

Sumber data sekunder seperti catatan akunting yang sudah ada sering merupakan sumber data yang paling mudah ditangani dan biasanya merupakan data paling murah. Kekurangan utamanya adalah bahwa data-data tersebut telah disesuaikan dengan hukum dan persyaratan laporan finansial dan mungkin tidak secara langsung sesuai dengan situasi peramalan.

2.6. *Hidden Markov Model* (HMM)

Model Markov dikembangkan oleh seorang ahli yang berasal dari Rusia bernama A.A Markov pada tahun 1906. Teknik ini mula-mula digunakan pada ilmu pengetahuan fisika dan meteorologi untuk menganalisis partikel-partikel gas dalam suatu kontainer tertutup sebagai alat untuk meramalkan keadaan cuaca. *Hidden Markov Model* merupakan pengembangan dari Markov Model. Konsep Markov Model yang telah diperluas menjadi *Hidden Markov Model* (Model Markov Tersembunyi) dimana observasi merupakan fungsi probabilitas dari status. Model ini kemudian diaplikasikan pada kasus yang prosesnya tidak dapat diobservasi secara langsung (tersembunyi) tetapi bisa diobservasi hanya melalui kumpulan proses stokastik yang lain yang sedapat mungkin menghasilkan tahapan observasi [9].

Pada prinsipnya, dalam *Hidden Markov Model* pertama-tama akan ditemukan pola historis dataset dari masa lalu yang sesuai

dengan perilaku atau kondisi atas pola data saat ini, kemudian menginterpolasi kedua dataset dengan tepat atas nilai unsur-unsur ketetangannya dan akan dihasilkan prediksi atas perilaku atau kondisi atas pola data kedepan berdasarkan satu ataupun beberapa variabel acuan [10].

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, *flowchart* atau alur kerja metode penelitian dimulai dari identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, analisis data, perancangan sistem, analisis sistem, implementasi dan pengujian. *Flowchart* metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. *Flowchart* Metode Penelitian.



Gambar 2. *Flowchart* Metode Penelitian.

3.1. Identifikasi Masalah

Sebelum melakukan penukaran mata uang atau transaksi jual-beli mata uang, sebagai pelaku pasar uang sewajarnya harus terlebih dahulu akan melakukan prediksi mengenai harga (nilai tukar) mata uang yang hendak ditransaksikan dengan harapan mendapat keuntungan yang maksimal atau pun jika ternyata mengalami kerugian, resiko kerugian sudah diminimalisasi atau terukur sehingga menghindari terjadinya *margin call* atau kebangkrutan. Masalah yang diteliti pada penelitian ini adalah bagaimana menguji algoritma *Hidden Markov Model* (HMM) untuk kebutuhan peramalan nilai tukar mata uang Rupiah terhadap Dolar Amerika selama satu periode mendatang yaitu periode 1 bulan

mendatang, periode 3 bulan mendatang dan periode 1 tahun mendatang.

3.2. Studi Literatur

Studi literatur yang digunakan sebagai penunjang penelitian ini diperoleh dari buku-buku, jurnal-jurnal dan artikel-artikel di *website*. Teori yang mendasari penelitian ini adalah mengenai pasar valas (*foreign exchange market*), nilai tukar mata uang atau kurs, peramalan atau prediksi (*forecasting*), pembelajaran mesin, dan metode *Hidden Markov Model* (HMM).

3.3. Pengumpulan Data

Data mempunyai kegunaan utama dalam peramalan, data digunakan untuk mengamati pola perilaku beberapa variabel yang didasarkan pada pengamatan historis. Data kurs pada penelitian ini adalah data dari sumber sekunder yaitu data kurs yang di unduh dari situs resmi Bank Indonesia. Pada laman web tersebut informasi data disajikan dalam bentuk tabel yang terdiri dari hari kerja (*trade day*) berupa tanggal, kurs jual (*ask price*) penutupan harian dan kurs beli (*bid price*) penutupan harian.

3.4. Analisis

Tahap analisis merupakan tahap yang dilakukan untuk mengetahui kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan untuk melakukan perancangan sistem. Tahapan analisis pada penelitian ini terdiri dari analisis kebutuhan, pengumpulan data dan analisis data.

3.4.1 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan bertujuan untuk mengetahui kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan untuk membangun suatu sistem. Analisa kebutuhan dibagi menjadi dua bagian, yaitu kebutuhan perangkat keras dan kebutuhan perangkat lunak.

Kebutuhan perangkat keras yang digunakan untuk membangun sistem adalah sebagai berikut:

1. *Prosesor Intel(R) Core(TM) i3-2348M CPU @ 2.30 GHz.*
2. RAM 4.00 GB.
3. *Harddisk 150 GB.*
4. *VGA Intel(R) HD Graphics 3000 dan NVIDIA GeForce 710M.*

Kebutuhan perangkat lunak yang diperlukan untuk membangun sistem adalah sebagai berikut:

1. *Windows 7 Ultimate Service Pack 1* 64-bit.
2. *Microsoft Visual Studio 2019*.

3.4.2 Analisis Data

Analisis data bertujuan untuk memberi interpretasi terhadap kategori data atau pola data sehingga dapat diperoleh ukuran-ukuran yang dapat digunakan untuk membuat keputusan pada saat ini, untuk peramalan dan untuk merencanakan masa depan. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis data runtun waktu (*time series*).

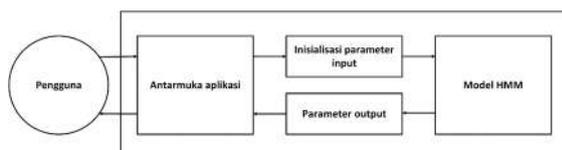
4 PERANCANGAN

4.1. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem prediksi nilai tukar mata uang Rupiah terhadap Dolar Amerika menggunakan metode *Hidden Markov Model*. Perancangan sistem meliputi Diagram Blok Sistem, Diagram Alur Data Logika, *Data Flow Diagram* (DFD), dan perancangan antarmuka aplikasi.

4.1.1 Diagram Blok Sistem

Diagram Blok Sistem Bertujuan untuk menggambarkan alur kerja yang ada pada sebuah sistem. Diagram Blok Sistem dapat dilihat pada Gambar 3. Diagram Blok Sistem.

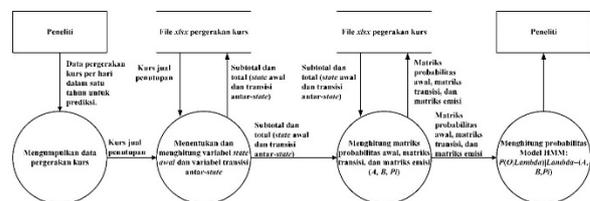


Gambar 3. Diagram Blok Sistem.

Pada Gambar 3 Diagram Blok Sistem, pengguna melakukan akses sistem dengan memasukkan tahun dan data kurs aktual dalam bentuk *file xlsx* pada tampilan antarmuka utama, kemudian data kurs aktual tersebut akan dieksekusi oleh fungsi pemilihan *range* data dan proses inialisasi parameter *input* yang kemudian dilakukan perhitungan oleh algoritma *Hidden Markov Model* berdasarkan asumsi-asumsi *Markov* untuk mendapatkan hasil prediksi berupa nilai probabilitas. Hasil prediksi kemudian ditampilkan pada antarmuka pengguna berupa indikator informasi prediksi pergerakan tren untuk masing-masing periode.

4.1.2 Perancangan Diagram Alur Data Logika

Perancangan Diagram Alur Data Logika bertujuan untuk mempermudah tahap implementasi dimana dari proses prediksi secara manual ke proses prediksi dengan sistem aplikasi. Proses perhitungan prediksi menggunakan metode *Hidden Markov Model* secara manual dapat dilihat pada Diagram pada Gambar 4. Diagram Alur Data Fisik, sedangkan proses prediksi sistem aplikasi prediksi untuk menggantikan prediksi manual agar sistem dapat digunakan oleh pengguna atau pelaku pasar untuk melakukan prediksi dapat dilihat pada Gambar 5. Diagram Alur Logika.



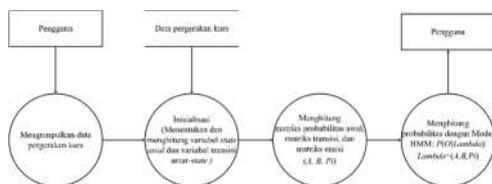
Gambar 4. Diagram Alur Data Fisik.

Pada Diagram Alur Data Fisik dilakukan pengumpulan data dari situs resmi Bank Indonesia, yaitu <http://www.bi.go.id>. Data yang diambil adalah kurs harga jual Dolar Amerika terhadap Rupiah tahun 2018 untuk selanjutnya disortir, dianalisis dan dilakukan perhitungan dengan Metode *Hidden Markov Model* secara manual menggunakan aplikasi *desktop Microsoft Office Excel* untuk mendapatkan hasil prediksi tren untuk periode 1 tahun berikutnya (2019). Tahap perhitungan *Hidden Markov Model* dimulai dari menentukan variabel-variabel untuk *state* dan nilai untuk variabel *state* pada periode waktu $t + 1$ kemudian menghitung jumlah subtotal dan total *state*. Setelah itu dilakukan penentuan variabel-variabel untuk transisi antar-*state* dan nilai variabel untuk transisi antar-*state* kemudian menghitung jumlah subtotal dan jumlah total transisi antar-*state*. Dari jumlah subtotal dan jumlah total transisi antar-*state* maka dilakukan tabulasi untuk membuat tabel distribusi transisi antar-*state* yang akan digunakan untuk menghitung matriks probabilitas transisi (*A*) dan matriks probabilitas emisi (*B*). Setelah didapatkan matriks probabilitas transisi dan matriks

probabilitas emisi, maka dilanjutkan dengan menghitung matriks probabilitas awal (π). Matriks probabilitas awal merupakan *hidden state* yang didapat dari jumlah subtotal masing-masing *state* dibagi dengan jumlah total *state*.

Setelah didapatkan matriks; A, B dan π , maka diperoleh model HMM yang dinyatakan dengan, $\lambda = (A, B, \pi)$, model HMM tersebut dapat digunakan untuk memprediksi probabilitas tren periode berikutnya yang dinyatakan dengan, $P(O|\lambda)$. Setelah didapatkan hasil prediksi terhadap probabilitas tren berdasarkan perhitungan manual, maka langkah selanjutnya adalah dilakukan perbandingan tren hasil prediksi berdasarkan data tahun 2018 terhadap tren aktual pada tahun 2019.

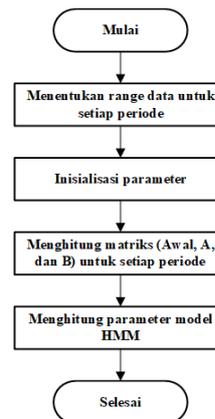
Dari uraian Diagram Alur Data Fisik maka tahap selanjutnya adalah dapat dapat dirancang Diagram Alur Data Logika agar metode prediksi dapat diimplementasikan ke dalam program sehingga perhitungan prediksi dapat dilakukan secara efisien menggunakan aplikasi sistem prediksi yang akan dibuat. Perancangan Diagram Alur Data Logika dapat dilihat pada Gambar 5. Diagram Alur Data Logika.



Gambar 5. Diagram Alur Data Logika.

Pada Gambar 5. Diagram Alur Data Logika, merupakan alur proses prediksi yang akan diimplementasikan ke dalam sistem prediksi. Pada Diagram Alur Data Logika, proses prediksi terpisah dari entitas dimana entitas pengguna dapat melakukan prediksi menggunakan aplikasi sistem prediksi tanpa melakukan perhitungan secara manual sehingga waktu yang diperlukan untuk meprediksi relatif singkat, entitas pengguna hanya perlu mengumpulkan data yang akan di-*input* ke antarmuka aplikasi untuk mendapatkan hasil prediksi. Hasil prediksi selanjutnya diharapkan dapat menjadi salah satu faktor pertimbangan untuk melakukan melakukan penukaran atau transaksi valuta asing khususnya untuk mata uang Rupiah terhadap Dolar Amerika.

4.2. Perancangan *Flowchart* Sistem



Gambar 6. *Flowchart* Sistem.

Pada Gambar 6. *Flowchart* Sistem, untuk memulai proses prediksi, yang dilakukan terlebih dahulu adalah *input* data kurs jual mata uang Rupiah terhadap Dolar Amerika secara manual, data kurs diambil dari situs Bank Indonesia tanpa perlu dilakukan penyortiran. Proses prediksi selanjutnya akan dilakukan oleh sistem setelah dilakukan pemilihan *file* data kurs. Berikut adalah tahapan-tahapan perhitungan probabilitas berdasarkan *flowchart* sistem:

1. Setelah dilakukan input data manual oleh pengguna maka program akan menentukan *range* data untuk memprediksi pergerakan tren periode waktu 1 bulan berikutnya, periode waktu 3 bulan berikutnya dan periode waktu 1 tahun berikutnya. Data jumlah hari yang diambil ditentukan bersifat statis dimana untuk melakukan prediksi terhadap pergerakan kurs periode waktu 1 bulan berikutnya adalah data 20 hari sebelumnya atau data 1 bulan sebelumnya. Untuk memprediksi pergerakan kurs periode waktu 3 bulan berikutnya adalah data 60 hari sebelumnya atau data 3 bulan sebelumnya. Untuk memprediksi pergerakan kurs periode waktu 1 tahun data yang diambil adalah data 1 tahun terakhir atau data keseluruhan periode 1 tahun sebelumnya.
2. Selanjutnya sistem akan melakukan proses *inisialisasi* parameter terhadap variabel-variabel *state* yang ditentukan untuk setiap periode hari ke- (t) , variabel-variabel tersebut adalah (A, D, S) , masing-masing adalah (*naik, turun, stabil*). Nilai parameter variabel state untuk periode hari ke- $(t + 1)$

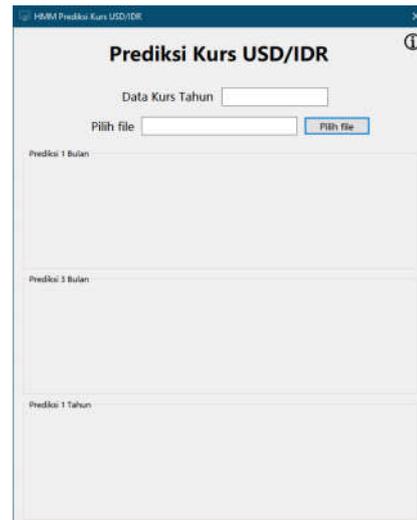
merupakan selisih dari nilai variabel terhadap periode hari ke- (t) . Jika $(t + 1) > t$ maka nilai yang terisi adalah $(1,0,0)$. Jika $(t + 1) < t$ maka nilai yang terisi adalah $(0,1,0)$. Jika $(t + 1) = t$ maka nilai yang terisi adalah $(0,0,1)$.

3. Dari nilai parameter tersebut sistem selanjutnya akan mengisi nilai parameter untuk variabel transisi antar-*state*, variabel-variabel transisi antar-*state* adalah $(AA, AD, AS, DA, DD, DS, SA, SD, SS)$, masing-masing adalah (*naik-naik, naik-turun, naik-stabil, turun-naik, turun-turun, turun-stabil, stabil-naik, stabil-turun, stabil-stabil*).
4. Langkah selanjutnya dari sistem adalah menghitung nilai untuk mendapatkan matriks probabilitas transisi, matriks probabilitas emisi dan matriks probabilitas awal.
5. Setelah didapatkan nilai semua matriks probabilitas diatas maka sistem akan menghitung probabilitas untuk periode berikutnya dan menampilkan *output* berupa uraian hasil prediksi.

5. IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Implementasi Antarmuka

Dari perancangan sistem yang telah dibuat pada Bab 4, maka akan diimplementasikan ke dalam antarmuka aplikasi *desktop* yang dibangun dengan menggunakan aplikasi *desktop Microsoft Visual Studio Community 2019*, kemudian didalam aplikasi akan disisipkan kode program dari sistem yang telah dirancang, dimulai dari tahap inisialisasi parameter dan algoritma perhitungan probabilitas hasil prediksi menggunakan metode *Hidden Markov Model*.

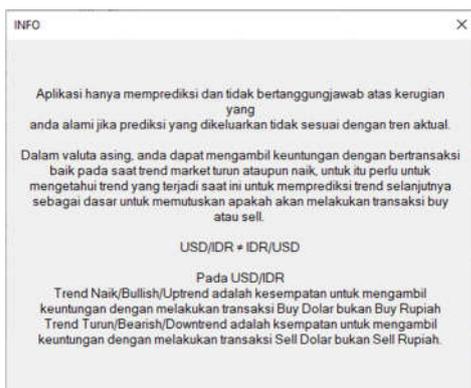


Gambar 7. Implementasi Antarmuka Utama Aplikasi.

Implementasi antarmuka bertujuan agar aplikasi dapat digunakan secara efisien untuk keperluan prediksi kurs Rupiah terhadap Dolar Amerika. Pada antarmuka aplikasi sistem prediksi antarmuka utama terdapat *textbox* untuk *input* tahun, kemudian tombol untuk *import file* data kurs yang diolah ke dalam *file Microsoft Excel (xlsx)* dan terdapat tombol untuk memproses dan menampilkan hasil prediksi oleh sistem untuk satu periode waktu yang akan datang. Satu periode yang dimaksud adalah periode waktu 1 bulan ke depan, periode waktu 3 bulan ke depan dan periode waktu 1 tahun ke depan.

Indikator informasi hasil prediksi periode waktu 1 bulan ke depan, periode waktu 3 bulan ke depan dan periode waktu 1 tahun ke depan ditentukan masing-masing memiliki tiga tren. Indikator akan menampilkan masing-masing hanya satu tren dengan nilai probabilitas paling besar yang dihasilkan oleh sistem prediksi menggunakan algoritma *Hidden Markov Model*.

Setelah dilakukan implementasi antarmuka utama, selanjutnya adalah mengimplementasikan antarmuka *info*. Implementasi antarmuka *info* dapat dilihat pada Gambar 8. Implementasi Antarmuka *Info*.



Gambar 8. Implementasi Antarmuka Info.

Pada Gambar 8. Antarmuka *Info*, berisi tentang *disclaimer* penggunaan aplikasi dan aturan dasar dalam transaksi valas.

5.2. Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian terhadap data sampel di atas yaitu data tahun 2018, sistem dianggap mengalami 1 penyimpangan (kesalahan) prediksi yaitu penyimpangan prediksi untuk tren pergerakan bulan Januari-Desember 2019 karena selama penelitian ini dibuat pergerakan kurs baru berjalan hingga bulan Oktober 2019. Untuk itu, selanjutnya maka dilakukan pengujian terhadap data-data lampau untuk keperluan pengujian keakuratan sistem prediksi terhadap data-data 10 tahun terakhir. Pengujian aplikasi sistem prediksi terhadap data-data lampau yang dimaksud dimulai dari tahun 2008 hingga tahun 2018. Hasil pengujian dirangkum ke dalam Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem Prediksi.

Berdasarkan hasil pengujian sistem prediksi terhadap 11 data pengujian, yaitu data 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 dan 2018, maka didapatkan nilai penyimpangan (*error*) hasil prediksi untuk setiap periode berdasarkan *Mean Absolute Deviation*, *Mean Square Error*, dan *Mean Absolute Percentage Error*. Nilai-nilai penyimpangan disajikan pada Tabel 2. Nilai *Error* Prediksi Berdasarkan MAD, MSE, dan MAPE.

Tabel 2. Nilai *Error* Prediki Berdasarkan MAD, MSE, dan MAPE.

t	b	Prediksi		Error		
		TT	T	MAD	MSE	MAPE
1 Bln	11	3	8	0.27	0.81	2.48%
3 Bln	11	3	8	0.27	0.81	2.48%

1 Thn	11	4	7	0.45	2.27	4.13%
-------	----	---	---	------	------	-------

Keterangan:

t = Periode

b = Banyak data uji

TT = Tidak tepat

T = Tepat

Dari Tabel 2, Nilai *error* prediksi berdasarkan *Mean Absolute Deviation* (MAD) untuk periode 1 bulan, periode 3 bulan dan periode 1 tahun adalah (0,27; 0,27; dan 0,45), sedangkan nilai *error* prediksi berdasarkan *Mean Square Error* (MSE) untuk masing-masing periode 1 bulan, periode 3 bulan dan periode 1 tahun adalah (0,81; 0,81; dan 2.27), dan nilai *error* berdasarkan MAPE adalah (2,48%; 2,48%; 4,14%).

6. KESIMPULAN

Aplikasi prediksi telah dibangun dengan menerapkan metode *Hidden Markov Model* ke dalam kode-kode program menggunakan aplikasi desktop *Visual Studio Community 2019* untuk memprediksi nilai tukar mata uang Rupiah terhadap Dolar Amerika berdasarkan tren pergerakan harga pada periode 1 bulan, 3 bulan dan 1 tahun. Dari hasil pengujian sistem, didapatkan nilai kesalahan (penyimpangan) prediksi berdasarkan *Mean Absolute Deviation* (MAD) untuk masing-masing periode adalah (0,27; 0,27; dan 0,45), didapatkan pula nilai penyimpangan prediksi berdasarkan *Means Square Error* (MSE) dengan nilai penyimpangan masing-masing periode adalah (0,82; 0,82; 2,27), dan didapatkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan nilai masing-masing (2,48%; 2,48%; 4,13%). Dari hasil penyimpangan berdasarkan ketiga perhitungan penyimpangan prediksi tersebut didapatkan bahwa, penyimpangan prediksi terkecil terdapat pada periode waktu 1 bulan dan 3 bulan dan penyimpangan terbesar terdapat pada prediksi periode 1 tahun. Berdasarkan *error* yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa sistem prediksi dengan metode *Hidden Markov Model* yang diimplementasikan pada penelitian ini dapat digunakan untuk memprediksi pergerakan nilai tukar mata uang Rupiah terhadap Dolar Amerika terutama untuk periode 1 dan 3 bulan karena dari hasil perhitungan *error* terhadap hasil pengujian mendapatkan

error yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil pengujian terhadap periode 1 tahun.

7. SARAN

1. Dapat dilakukan studi lanjut untuk implementasi dalam mengatasi masalah-masalah *Hidden Markov Model* dengan metode-metode penyelesaian masalah *Hidden Markov Model*.
2. Penelitian lanjutan menggunakan sumber data yang menyediakan data historis untuk periode-periode yang lebih singkat seperti data pergerakan harga per detik, per menit dan per jam.
3. Dapat dilakukan pengembangan terhadap teknik analisis untuk setiap periode waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baker, Richard E. Dkk. 2008. *Akuntansi Keuangan Lanjutan (Perspektif Indonesia)*. Salemba Empat: Jakarta.
- [2] Herdianto. 2013. *Prediksi Kerusakan Motor Induksi Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation*. Universitas Sumatra Utara: Medan.
- [3] Makridakis, Spyros; C. Wheelwright, Steven; E. McGee, Victor. *Metode dan Aplikasi Peramalan. Edisi Kedua. Jilid 2*. Binarupa Aksara Publisher: Tangerang.
- [4] Pakaja, F., Naba, A., Purwanto. 2012. *Peramalan Penjualan Mobil Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan Certainty Factor*, Jurnal EECCIS, Vol.6, No.1, Juni 2012.
- [5] Sukarna, Nevita Ary. 2015. *Aplikasi Prediksi Kurs Rupiah Terhadap Dolar Amerika Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Backpropagation*. Universitas Diponegoro.
- [6] Halim. 2000. *Penerapan Jaringan Saraf Tiruan Untuk Peramalan*. Jurnal Teknik Industri.
- [7] Subintara, R. 2015. *Prediksi Pergerakan Harga Harian Nilai Tukar Rupiah (IDR) Terhadap Dollar Amerika (USD) Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation*. Skripsi, Fakultas Ilmu Komputer. Universitas Dian Nuswantoro Semarang
- [8] Koosasi, A. H. 2017. *Deteksi Fraud Menggunakan Metode Model Markov Tersembunyi pada Proses Bisnis*. Jurnal Teknik ITS.
- [9] Md Rafiul Hassan and Baikunth Nath, 2005. *Stock Market Forecasting Using Hidden Markov Model : A New Aproach*.
- [10] Dr.rer.nat. Dedi Rosadi, M.Sc.Eng., 2006. *Diktat Kuliah Pengantar Analisa Runtun Waktu*, Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.