

BAB IV

ANALISA, PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai analisan dan perancangan sistem perangkat lunak yang akan dibangun untuk mengestimasi daya listrik gedung Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta di waktu yang akan datang, yang akan dikondisikan berdasarkan keadaan daya listrik pada masa waktu sebelumnya. Perancangan sistem ini akan membahas tentang sistem dari perangkat lunak yang akan dibangun, kemudian perancangan dari sistem tersebut dan perancangan tampilan.

IV.1 Pemilihan Algoritma Kalman Filter

Algoritma *Kalman Filter* merupakan salah satu algoritma model prakira statistik yang dapat menggabungkan model estimasi dan pembaharuan pengukuran. Data pengukuran terbaru menjadi bagian penting dari algoritma *Kalman Filter*, karena mendekati kondisi yang sebenarnya. Algoritma *Kalman Filter* disini akan digunakan dalam mengestimasi daya listrik berdasarkan daya listrik perbulan dari waktu sebelumnya. Selain kelebihan diatas, *Kalman Filter* tetap dapat melakukan proses estimasi suatu kondisi hanya dengan 1 parameter (Perdana, BGA 2010). Parameter kondisi yang dimaksud adalah data daya listrik Gedung Univeritas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta. Hal inilah yang menjadi alasan pemilihan algoritma *Kalman Filter* sebagai algoritma estimator dipenelitian ini.

IV.2 Akuisisi Data

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data pembayaran tagihan listrik perbulan Gedung Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta yang diambil berupa data daya listrik terpakai berupa satuan KVA (Kilo Volt Ampere).(Sarpras UPNVJ)

Tabel 3 Data Daya Listrik

	A	B	C
1	Data	2007	2008
2	Januari	2104	1900
3	Februari	2247	2100
4	Maret	2082	1842
5	April	2839	2157
6	Mei	2876	2473
7	Juni	2719	2444
8	Juli	2677	2279
9	Agustus	2282	1735
10	September	2103	1886
11	Oktober	2512	1743
12	November	1770	2182
13	Desember	2678	2222

IV.3 Desain Aplikasi Estimasi

IV.3.1 Desain Sistem

Desain sistem ini dirancang untuk mempermudah dalam mengetahui bagaimana proses terjadinya estimasi daya listrik dengan algoritma *Kalman Filter*. Untuk algoritma dari sistem adalah sebagai berikut :

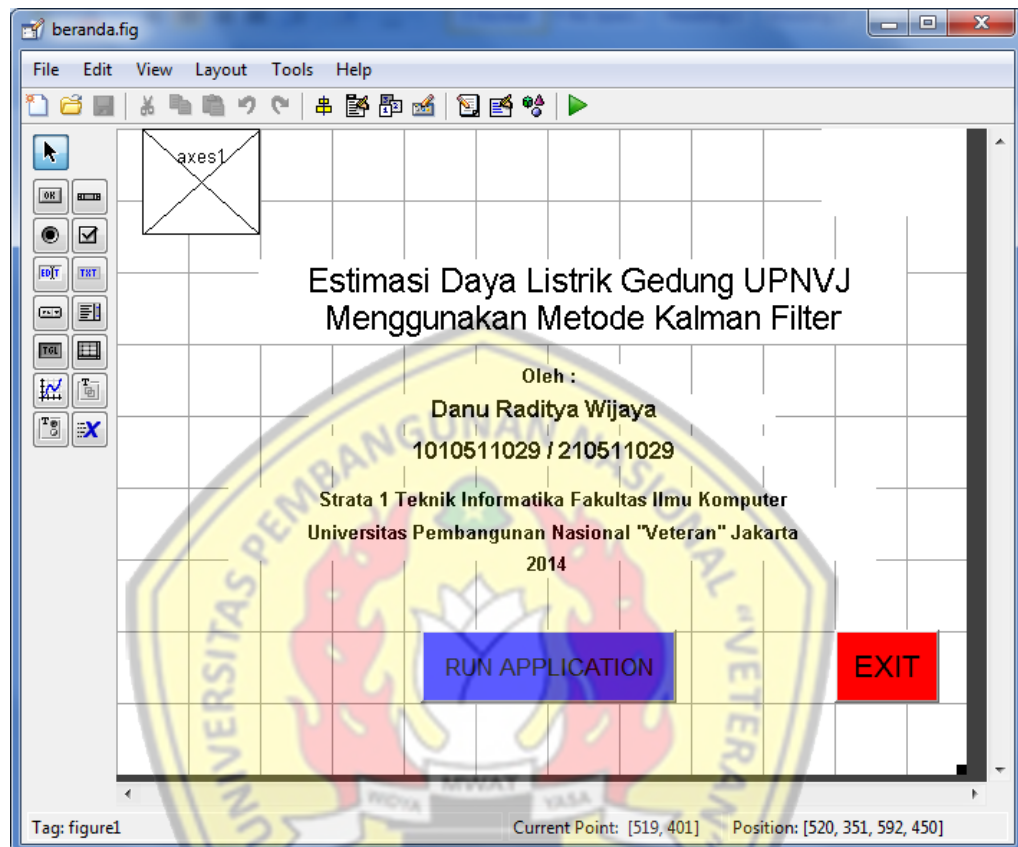
- a. Menentukan nilai awal *Kalman Gain* (K_k) dan *Gaussian Nois*, dimana nilai *Gaussian Nois* ditetapkan sebagai konstanta dan *Kalman Gain* nilainya akan berubah seiring dengan dilakukannya proses iterasi.
- b. Sistem membaca banyaknya data daya listrik tahunan yang dimasukkan sebagai data acuan yang selanjutnya akan dihitung dan digunakan dalam proses pengestimasi. Sistem juga akan membaca daya listrik bulanan yang berada pada data yang akan menjadi data pengukuran (Z_k). Dari proses ini sistem juga akan mengetahui bulan awal data daya listrik dan bulan data daya listrik terakhir dan ditampilkan dalam bentuk tabel yang menampilkan daya listrik bulan ke bulan (k).
- c. Setelah sistem berhasil membaca data yang akan dihitung, sistem akan membaca jumlah bulan yang akan diestimasi oleh *Kalman Filter* hingga bulan yang diinginkan, sebagai berhentinya proses estimasi ($K+1$).

- d. Selanjutnya sistem akan memulai proses pengestimasi menggunakan algoritma *Kalman Filter* dengan target estimasi pada bulan pertama data tagihan listrik. Proses pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai *prior kovarian error*, yang nantinya nilai *prior kovarian error* ini akan digunakan untuk menghitung nilai *Kalman Gain*. Setelah mendapatkan nilai *Kalman Gain*, data pengukuran dan nilai estimasi pertama (iterasi-1 X_{k-1} dianggap 0).
- e. Setelah berhasil mengestimasi pada bulan pertama data, iterasi akan terus berlanjut untuk prediksi tiap bulannya, hingga bulan terakhir batas bulan sesuai yang diinginkan.
- f. Selanjutnya setelah sistem selesai melakukan iterasi, sistem akan menampilkan hasil estimasi tiap bulannya hingga estimasi bulan yang diinginkan. Sekaligus menampilkan grafik yang akan membandingkan daya listrik bulanan yang berada pada data, dan daya listrik bulanan yang telah diestimasi oleh sistem pada panel grafik.
- g. Sistem juga akan mempresentasikan proses iterasi yang berjalan dibelakangnya pada panel proses. Sehingga dapat mengetahui proses perhitungan yang terjadi tiap bulannya, dari bulan awal mulainya data daya listrik hingga bulan terakhir yang menjadi batas estimasi yang diinginkan.

IV.3.2 Rancangan Tampilan Beranda

Pada proses ini dilakukan proses perancangan model aplikasi tampilan Home yang berfungsi sebagai halaman pembuka atau halaman pertama pada model aplikasi estimasi daya listrik menggunakan *Kalman Filter* ini. Proses perancangan tampilan model aplikasi ini menggunakan menu GUI pada software Matlab 2010a. Tampilan dalam rancangan home disini membuat sesederhana mungkin. Home dianggap sebagai menu pembuka aplikasi ini. Pada halaman pertama ini tertera informasi judul aplikasi yang menjelaskan terhadap pengguna kegunaan model aplikasi ini, selanjutnya informasi perancang aplikasi ini, dan 2 button proses yang masing-masing berfungsi untuk menjalankan aplikasi dan untuk keluar dari aplikasi estimasi ini. Button proses yang terdapat pada menu

Home ini diantaranya adalah *run application* dan *exit*. Berikut adalah gambar rancangannya :



Gambar 3 Rancangan Tampilan Beranda

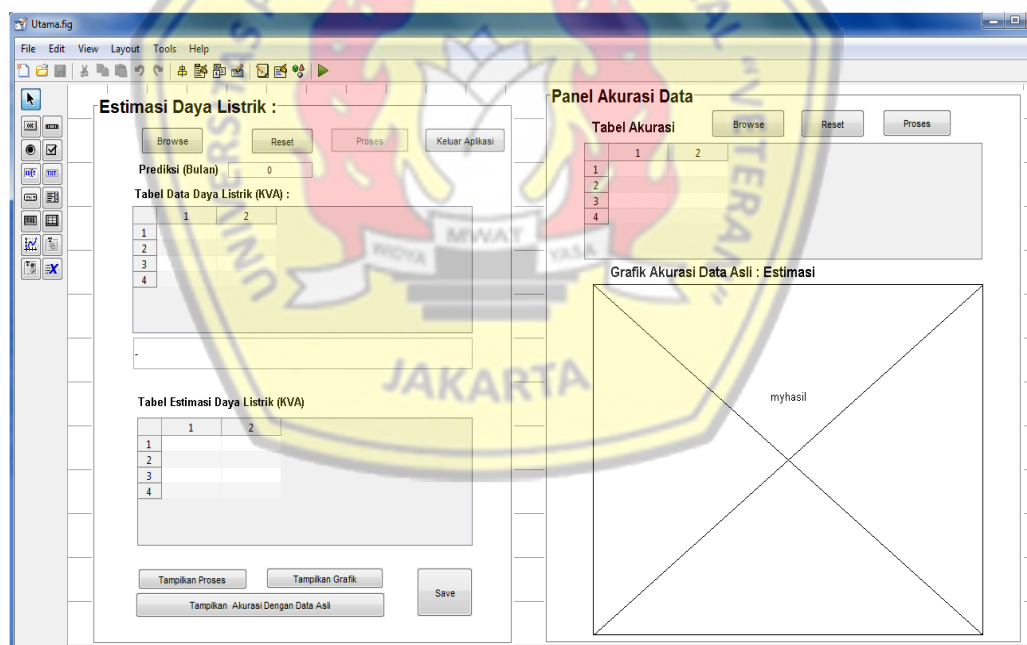
IV.3.3 Rancangan Tampilan Menu Utama Estimasi

Rancangan menu utama estimasi ini terdapat judul aplikasi pada atasnya, dan terpisah menjadi 3 panel utama :

- a. 1.4 Panel Proses Data : Pada panel proses data berisikan informasi daya tagihan listrik yang terdapat pada data, dan data daya listrik hasil estimasi dalam bentuk dua tabel terpisah, tabel daya listrik data dan tabel daya listrik estimasi.
- b. 2.4 Panel Detail Proses : Panel ini berisikan numerik perbandingan antara daya data dengan daya estimasi. Panel ini terdiri dari tabel proses estimasi, tabel *Kalman Gain* dan tabel *prior kovarian error* tiap iterasinya.

- c. 2.3 Panel Akurasi Data : Panel ini berisikan label inputan tabel data asli yang nantinya untuk diproses akurasi dengan data hasil estimasi dari tabel estimasi berupa grafik yang muncul pada label grafik akurasi data dengan data estimasi.
- d. 3.4 Panel Grafik Proses : Panel ini berisikan informasi detail proses perhitungan estimasi daya listrik berupa grafik pembandingan antara daya data daya listrik dengan daya listrik estimasi.

Menu estimasi ini terdapat beberapa button, yaitu button browse, button reset, button proses, button tampilan proses, button tampilan grafik, button save, dan button keluar aplikasi. Pada menu ini juga terdapat editbox yang berfungsi sebagai input jumlah bulan yang akan digunakan sebagai estimasi. Desain aplikasi ini didesain dengan sederhana, praktis dan informatif sehingga memudahkan user.



Gambar 4 Rancangan Tampilan Menu Utama

IV.4 Implementasi Aplikasi

Setelah dilakukan perancangan menu GUI pada aplikasi ini, kemudian GUI ini pun siap untuk diimplementasikan dengan memasukkan *script* program Matlab yang digunakan. Aplikasi ini adalah model estimasi daya listrik menggunakan algoritma *Kalman Filter*. Hal tersebut akan dijelaskan dibagi dalam beberapa tahap, yaitu :

IV.4.1 Tampilan Menu Beranda

Pada tampilan menu beranda merupakan tampilan awal dari aplikasi sebelum aplikasi estimasi ini dijalankan GUI Beranda yang terdapat informasi judul aplikasi, informasi perancang model aplikasi dan juga pada GUI home terdapat 2 button, yaitu button unuk menjalankan aplikasi secara keseluruhan. Berikut adalah tampilan menu Beranda yang telah diimplementasikan :



Gambar 5 Tampilan Menu Beranda

IV.4.2 Tampilan Menu Utama

Menu utama adalah model aplikasi yang akan dijalankan untuk melakukan proses estimasi daya listrik. Pada menu ini dijalankan dan dilakukan proses estimasi daya listrik. Tampilan menu utama ini dibuat terpisah menjadi 4 panel utama yaitu :

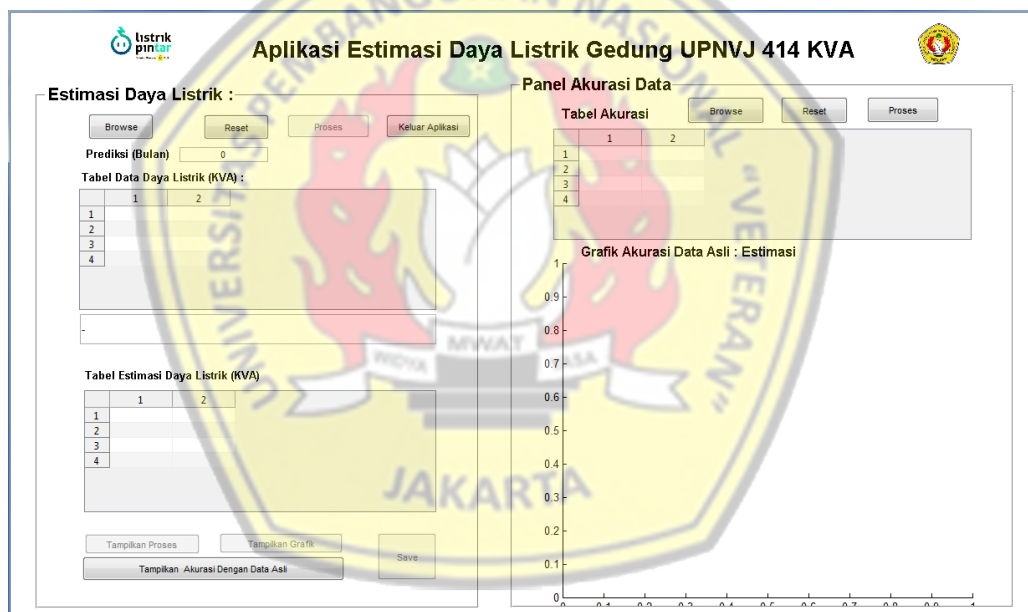
- a. Panel Proses Data : Panel daya berfungsi untuk menampilkan daya data yang diinput dan output daya estimasi yang sudah diproses dengan *Kalman Filter*.
- b. Panel Grafik Proses : Panel ini berfungsi untuk menampilkan grafik yang membandingkan daya data dengan daya estimasi selama proses iterasi.
- c. Panel Detail Proses : Panel detail proses ini berfungsi menampilkan tabel yang memberikan informasi detail mengenai nilai estimasi (X_k), Kalman Gain (K_k) dan Prior Kovarian Error (P_k) setiap iterasi.
- d. Panel Akurasi Data : Panel ini berfungsi untuk menampilkan inputan data asli yang akan dibandingkan dengan data estimasi kedalam bentuk grafik.

Pada menu estimasi ini juga terdapat beberapa button, yaitu :

- a. Button Browse : Berfungsi untuk mengambil data dalam bentuk Ms.Excel sebagai input data tagihan listrik yang akan diproses.
- b. Button Reset : Berfungsi untuk mereset semua tabel dan grafik yang ada pada menu estimasi ini sehingga dapat melakukan estimasi berikutnya.
- c. Button Proses : Berfungsi untuk memulai proses penghitungan estimasi dari input data yang sudah dilakukan menggunakan algoritma *Kalman Filter*.
- d. Button Save : Berfungsi untuk menyimpan tabel hasil estimasi daya listrik kedalam bentuk excel.
- e. Button Tampilkan Grafik : Berfungsi untuk menampilkan hasil estimasi dalam bentuk grafik dari proses estimasi tiap iterasi antara data daya listrik dan data estimasi.
- f. Button Tampilkan Proses : Berfungsi untuk menampilkan detail proses estimasi setiap iterasinya dalam bentuk tabel, detail yang ditampilkan antara lain tabel daya listrik estimasi tiap iterasi (X_k), tabel nilai Kalman Gain (K_k) dan tabel nilai Prior Kovarian Error (P_k).

g. Button Tampilkan Akurasi : berfungsi untuk menampilkan tabel inputan data asli dan hasil akurasi dari data asli dengan data estimasi dalam berupa grafik.

Pada menu estimasi ini total memiliki 5 tabel, yaitu tabel data tagihan, Tabel Prediksi tagihan, tabel proses estimasi tiap iterasinya dalam bentuk tabel, detail yang ditampilkan antara lain tabel daya estimasi setiap iterasinya (X_k), tabel nilai kalman gain (K_k) dan tabel nilai prior kovarian error (P_k). Menu utama aplikasi ini dibuat sesederhana dan sepraktis mungkin namun tetap informatif dalam menyampaikan hasil estimasi agar dapat mudah dipahami pengguna. Berikut tampilan menu utama aplikasi estimasi ini ketika dijalankan :



Gambar 6 Tampilan Menu Utama

IV.5 Praproses Data

Pada proses ini dilakukan praproses data yang berfungsi menyeleksi data yang sudah didapatkan dari data Sarpras UPN dalam bentuk nota pembayaran tagihan listrik gedung UPN dan web resmi PT. PLN (Persero) setiap bulannya. Proses ini akan menyeleksi data tersebut sehingga data yang digunakan hanyalah data daya listrik setiap bulannya berupa satuan KVA dalam bentuk file Ms. Excel

yang akan menjadi data input untuk proses perhitungan estimasi daya listrik gedung UPN dengan menggunakan algoritma *Kalman Filter*.

Hasil data daya listrik yang sudah diseleksi pada praproses penelitian ini mengambil data daya tagihan listrik gedung UPN yang berasal dari Sarpras UPN dan web PT. PLN (Persero). Pada proses penghitungan estimasi, iterasi yang dilakukan berdasarkan hitungan setiap bulannya dan diteruskan sehingga didapat estimasi daya listrik untuk bulan-bulan berikutnya. Selain input data daya tagihan listrik, model aplikasi ini juga memerlukan data input untuk mengetahui jumlah bulan yang akan diestimasi sehingga menjadi batas akhir berhentinya proses iterasi pada bulan tersebut.

Contoh bentuk data daya tagihan listrik gedung UPNVJ :

Tabel 4 Bentuk Data Daya Listrik Gedung UPNVJ

	A	B	C
1	Data	2007	2008
2	Januari	2104	1900
3	Februari	2247	2100
4	Maret	2082	1842
5	April	2839	2157
6	Mei	2876	2473
7	Juni	2719	2444
8	Juli	2677	2279
9	Agustus	2282	1735
10	September	2103	1886
11	Oktober	2512	1743
12	November	1770	2182
13	Desember	2678	2222

Sumber: Sarpras UPNVJ

IV.6 Perhitungan Estimasi dengan Kalman Filter

IV.6.1 Cara Kerja Kalman Filter

Pada aplikasi estimasi daya listrik gedung Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta ini akan dilakukan perhitungan menggunakan algoritma *Kalman Filter*, yang akan melibatkan nilai daya listrik asli (Z_k), nilai estimasi daya listrik waktu sebelumnya (X_{k-1}), dan Kalman Gain (K_k). Kalman Gain merupakan inti dari algoritma *Kalman Filter*. Untuk mendapatkan nilai

Kalman Gain, melibatkan nilai Prior Kovarian Error (P_k) dan nilai Gaussian Noise. Gaussian Noise merupakan statistik noise yang digunakan sebagai konstanta selama iterasi untuk menghitung nilai Kalman Gain. Hasil estimasi state sistem menggunakan algoritma *Kalman Filter* dipengaruhi juga oleh besarnya nilai Gaussian Noise yang ada pada proses estimasi. Semakin kecil Gaussian Noise yang ada pada proses, maka hasil estimasi akan semakin baik.

IV.6.2 Menetapkan Nilai Gaussian Noise dan Perhitungan Estimasi

Sebelum menuju proses utama menghitung nilai estimasi ketinggian terdapat beberapa proses yang harus dilakukan. Beberapa proses yang dilakukan dalam melakukan proses estimasi menggunakan algoritma *Kalman Filter* adalah sebagai berikut :

Jika variabel P ialah Prior Kovarian Error pada umumnya diberikan nilai 1 pada iterasi pertama dan akan berubah seiring proses iterasi maka G ialah variabel konstanta untuk Gaussian Noise yang merupakan asumsi *noise* pada saat pengukuran, misalnya kesalahan ukur yang disebabkan oleh peralatan atau pengamatan, pada umumnya diberikan nilai 0,1. *Noise* tersebut bisa kita rubah sedemikian rupa sehingga bisa mendapatkan hasil yang kita anggap paling baik. Nilai Gaussian Noise berpengaruh dalam penentuan nilai Kalman Gain dan Prior Kovarian Error dalam proses estimasi. Nilai Gaussian Noise yang baik akan menghasilkan nilai estimasi yang baik pula. Hasil estimasi menggunakan algoritma *Kalman Filter* juga dipengaruhi oleh besarnya nilai Gaussian Noise yang ada pada proses. Semakin kecil nilai Gaussian Noise yang ada pada proses, maka hasil estimasi akan semakin baik.

Contoh :

Diketahui daya listrik gedung UPNVJ pada Januari 2007 hingga Maret 2007 sebagai berikut, dan akan digunakan untuk membandingkan seberapa akurat algoritma *Kalman Filter* dalam memprediksi daya listrik di kedua bulan tersebut menggunakan nilai Gaussian Noise yang berbeda :

$$Z_k = [2104 , 2247, 2082]$$

* Jika Gaussian Noise = 0,1 iterasi-1 $P_k = 1$

Iterasi Pertama :

$$Z_k = 2104, G = 0,1, P_k = 1$$

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 1 / (1 + 0,1) = 0,90909$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 0,90909 * 2104 + (1 - 0,90909) * 0 = 1912,7273$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = (1 - 0,90909) * 1 = (1 - 0,90909) * 1 = 0,090909$$

Iterasi Kedua :

$$Z_k = 2247, G = 0,1, P_k = 0,090909$$

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0,090909 / (0,090909 + 0,1) = 0,47619$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 0,47619 * 2247 + (1 - 0,47619) * 1912,7273 = 2003,8095$$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat algoritma *Kalman Filter* dengan asumsi atau Gaussian Noise 0,1 untuk estimasi daya listrik pada Maret 2007. Maka estimasi Januari 2007 menunjukkan angka sebesar 1912,7273 dan untuk pembuktian estimasi pada Februari 2007 menunjukkan angka sebesar 2003,8095

* Jika Gaussian Noise = 0,00000001, iterasi-1 $P_k = 1$

$$Z_k = [2104, 2247, 2082]$$

Iterasi Pertama :

$$Z_k = 2104, G = 0,00000001, P_k = 1$$

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 1 / (1 + 0,00000001) = 1$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 1 * 2104 + (1 - 1) * 0 = 2104$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = (1 - 1) * 1 = 1e-008$$

Iterasi Kedua :

$$Z_k = 2247, G = 0,0000000001, P_k = 1e-008$$

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 1e-008 / (1e-008 + 0,0000000001) = 0,5$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 0,5 * 2247 + (1 - 0,5) * 2104 = 2104$$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat algoritma *Kalman Filter* dengan asumsi atau Gaussian Noise 0,000000001 untuk pembuktian keakuratan estimasi daya listrik pada Maret 2007. Maka estimasi Januari 2007 menunjukkan angka sebesar 2104 dan untuk pembuktian estimasi pada Februari 2007 menunjukkan angka sebesar 2104.

Dari contoh diatas dapat diketahui bagaimana menghitung daya listrik menggunakan algoritma *Kalman Filter* dan dapat disimpulkan bahwa semakin kecil Gaussian Noise yang ditetapkan sebagai konstanta pada proses estimasi, maka akan menghasilkan nilai estimasi yang baik dan berimpit pada keadaan yang sesungguhnya.

IV.6.3 Implementasi Perhitungan Estimasi Kedalam Model Kalman Filter

Setelah mendapatkan nilai Gaussian Noise yang diterapkan pada penelitian ini, data daya tagihan listrik setiap bulannya serta jumlah data pertahun maka proses perhitungan daya listrik estimasi dapat segera dimulai.

Data daya tagihan listrik ditetapkan sebagai Measurement Value (Z_k), nilai Kalman Gain (K_k) didapatkan dari perhitungan Prior Kovarian Error (P_k) dan Gaussian Noise (G), nilai P_k pada iterasi - 1 bernilai 1, dan nilai estimasi sebelumnya pada iterasi pertama bernilai 0.

Measurement Value (Z_k) pada tahun 2014

Tabel 5 Measurement Value 2007

	A	B
1	Data	2007
2	Januari	2104
3	Februari	2247
4	Maret	2082
5	April	2839
6	Mei	2876
7	Juni	2719
8	Juli	2677
9	Agustus	2282
10	September	2103
11	Oktober	2512
12	November	1770
13	Desember	2678

Proses iterasi - 1 *Kalman Filter* akan dimulai dari baris-2 kolom ke-2, tepatnya pada bulan pertama data tahun 2007. Dikarenakan kolom-2 data adalah data bulan, yang akan dijadikan sebagai row names pada UI tabel Matlab. Semua

data tersebut akan diproses menggunakan persamaan estimasi *Kalman Filter*, hasil perhitungan dari persaan (X_k) tersebut merupakan estimasi daya listrik untuk bulan berikutnya. Proses estimasi yang terjadi dalam algoritma *Kalman Filter* akan terus berulang (*looping*) hingga data daya listrik tersebut habis. Sebagai contoh berikut hasil perhitungan estimasi daya listriknya apabila digunakan untuk memprediksi untuk 12 bulan kedepan adalah sebagai berikut :

Iterasi-1 Estimasi :

$$:: K_k = P_k / (P_k + G) = 1 / (1 + 0,00000001) = 1$$

$$:: X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 1 * 2104 + (1 - 1) * 0 = 2104$$

$$:: P_k = (1 - K_k) * P_k = (1 - 1) * 1 = 1e-008$$

Iterasi-2 Estimasi :

$$:: K_k = P_k / (P_k + G) = 1e-008 / (1e-008 + 0,00000001) = 0,5$$

$$:: X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 0,5 * 2247 + (1 - 0,5) * 2104 = 2104$$

Iterasi-3 Estimasi :

$$:: K_k = P_k / (P_k + G) = 0.333333$$

$$:: X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2151.6667$$

$$:: P_k = (1 - K_k) * P_k = 3.3333e-009$$

Iterasi-4 Estimasi :

$$:: K_k = P_k / (P_k + G) = 0.25$$

$$:: X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2134.25$$

$$:: P_k = (1 - K_k) * P_k = 2.5e-009$$

Iterasi-5 Estimasi :

$$:: K_k = P_k / (P_k + G) = 0.2$$

$$:: X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2275.2$$

$$:: P_k = (1 - K_k) * P_k = 2e-009$$

Iterasi-6 Estimasi :

$$:: K_k = P_k / (P_k + G) = 0.16667$$

$$:: X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2375.3333$$

$$:: P_k = (1 - K_k) * P_k = 1.6667e-009$$

Iterasi-7 Estimasi :

$$:: K_k = P_k / (P_k + G) = 0.14286$$

$$:: X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2424.4286$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 1.4286e-009$$

Iterasi-8 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.125$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2456$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 1.25e-009$$

Iterasi-9 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.11111$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2436.6667$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 1.1111e-009$$

Iterasi-10 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.1$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2403.3$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 1e-009$$

Iterasi-11 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.090909$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2413.1818$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 9.0909e-010$$

Iterasi-12 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.083333$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2359.5833$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 8.3333e-010$$

Iterasi ini berlanjut hingga data terakhir. Ketika *Kalman Filter* mulai masuk keadaan estimasi tanpa adanya Measurement Update, *Kalman Filter* melanjutkan estimasinya dengan menganalisis data terakhir sebagai patokan Measurement Value.

Iterasi-13 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.076923$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2384.0769$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 7.6923e-010$$

Iterasi-14 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.071429$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2405.0714$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 7.1429e-010$$

Iterasi-15 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.066667$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2423.2667$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 6.6667e-010$$

Iterasi-16 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.0625$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2439.1875$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 6.25e-010$$

Iterasi-17 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.058824$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2453.2353$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 5.8824e-010$$

Iterasi-18 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.055556$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2465.7222$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 5.5556e-010$$

Iterasi-19 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.052632$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2476.8947$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 5.2632e-010$$

Iterasi-20 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.05$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2486.95$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 5e-010$$

Iterasi-21 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.047619$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2496.0476$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 4.7619e-010$$

Iterasi-22 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.045455$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2504.3182$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 4.5455e-010$$

Iterasi-23 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.043478$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 2511.8696$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 4.3478e-010$$

Iterasi-24 Estimasi :

$$\therefore K_k = P_k / (P_k + G) = 0.041667$$

$$\therefore X_k = K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_{k-1} = 25187917$$

$$\therefore P_k = (1 - K_k) * P_k = 4.1667e-010$$

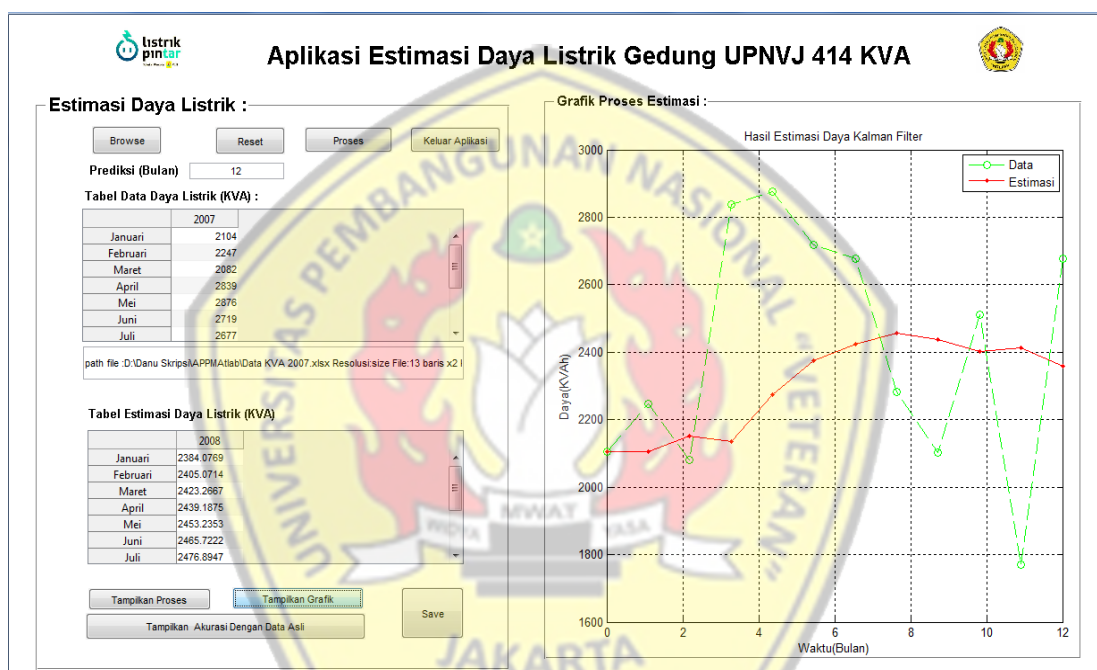
Proses iterasi ini tanpa Measurement Update juga akan terus berlanjut perulangannya hingga saatnya berhenti pada bulan yang sudah ditentukan sebelumnya, saat input jumlah bulan yang akan diprediksikan. Proses perulangan ini dilakukan dalam fungsi Matlab.

IV.7 Menampilkan Hasil Data Estimasi dan Grafik Pengestimasi

Setelah dilakukan input data daya listrik, input data jumlah bulan yang menentukan banyaknya iterasi yang diinginkan terhadap data daya listrik, dan kemudian dilakukan proses perhitungan estimasi menggunakan algoritma *Kalman Filter*. Setelah selesai melakukan proses pengestimasi maka hasil simulasi dengan *Kalman Filter* akan ditampilkan pada 2 bentuk, yaitu dalam bentuk tabel dan bentuk grafik. Bentuk grafik menampilkan perbandingan antara data daya listrik sebenarnya dengan data daya listrik hasil estimasi algoritma *Kalman Filter*, sedangkan bentuk tabel akan menampilkan informasi lengkap nilai estimasi yang sudah diperhitungkan oleh *Kalman Filter*. Untuk hasil data estimasi pada model aplikasi ini memiliki 4 tabel output, tabel hasil estimasi pada panel Tagihan Daya Listrik akan menampilkan hasil estimasi yang diinginkan saja. Sedangkan Tabel Proses Estimasi pada panel proses detail akan menampilkan data hasil estimasi lengkap dari iterasi-1 hingga iterasi terakhir. Pada panel proses juga terdapat Tabel Proses Kalman Gain dan Prior Kovarian Error yang akan menampilkan nilai-nilai pada setiap iterasinya.

IV.8 Hasil Estimasi dengan Kalman Filter

Setelah mendapatkan data yang diperlukan, maka dilakukan perhitungan daya listrik estimasi menggunakan model estimasi *Kalman Filter*. Simulasi ini diambilkan data sampel untuk proses simulasi, dengan memasukkan data daya listrik tahun 2007, untuk memprediksikan daya listrik gedung UPNVJ satu tahun kedepan hingga 2008. Dari data daya listrik tersebut, maka didapatkan hasil dengan grafik dan detail estimasi di tahun 2007 sebagai berikut :



Gambar 7 Grafik Hasil Proses Estimasi Tahun 2007

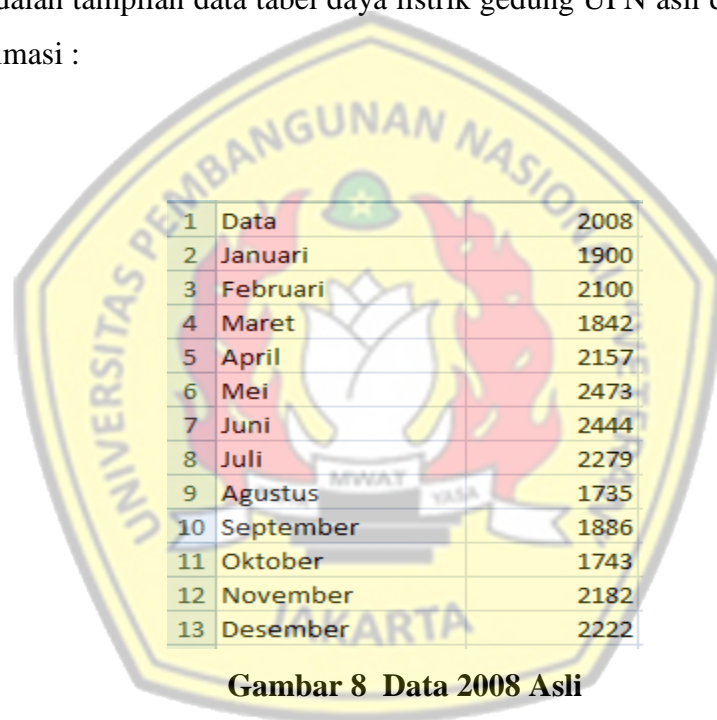
Selain grafik proses pengestimasian, model aplikasi ini akan menampilkan detail estimasi daya listrik gedung UPNVJ 2007 dalam bentuk tabel. Berikut adalah detail hasil estimasi daya listrik gedung UPNVJ menggunakan data tagihan 2007 :

Tabel 6 Hasil Estimasi Daya Listrik Gedung UPNVJ

Tahun	Bulan	Daya Tagihan (Rp)
2007	Januari	2104
	Februari	2104
	Maret	2151.6667
	April	2134.25
	Mei	2275.2
	Juni	2375.3333
	Juli	2424.4286
	Agustus	2456
	September	2436.6667
	Oktober	2403.3
	November	2413.1818
	Desember	2359.5888
2008	Januari	2384.0769
	Februari	2405.0174
	Maret	2423.2667
	April	2439.1875
	Mei	2453.2353
	Juni	2465.7222
	Juli	2476.8947
	Agustus	2486.95
	September	2496.0476
	Oktober	2504.3182
	November	2511.8696
	Desember	2518.7917

IV.9 Error (Estimasi vs Data Real) Kalman Filter

Untuk penentuan akurasi aplikasi dalam implementasi algoritma *Kalman Filter* untuk mengestimasi daya listrik gedung UPNVJ, digunakan data simulasi hasil penghitungan dengan *Kalman Filter* dan data fakta (Measurement) untuk pengujian, dan melihat keakuratannya algoritma *Kalman Filter* dalam mengestimasi suatu daya listrik dari data daya listrik tahun 2007 dan 2008 asli. Data dari 2007 digunakan sebagai data training dengan jumlah 12 bulan kedepan atau estimasi selama setahun, kemudian hasil estimasi dibandingkan dengan data asli 2008 dengan bentuk grafik yang akan muncul dalam panel Akurasi Data. Berikut adalah tampilan data tabel daya listrik gedung UPN asli dengan data daya listrik estimasi :



1	Data	2008
2	Januari	1900
3	Februari	2100
4	Maret	1842
5	April	2157
6	Mei	2473
7	Juni	2444
8	Juli	2279
9	Agustus	1735
10	September	1886
11	Oktober	1743
12	November	2182
13	Desember	2222

Gambar 8 Data 2008 Asli

	A	B
1	DATA	2008
2	Januari	2384.0769
3	Februari	2405.0174
4	Maret	2423.2667
5	April	2439.1875
6	Mei	2453.2353
7	Juni	2465.7222
8	Juli	2476.8947
9	Agustus	2486.95
10	September	2496.0476
11	Oktober	2504.3182
12	November	2511.8696
13	Desember	2518.7917

Gambar 9 Data 2008 Estimasi

Berikut adalah tampilan Tabel Akurasi Estimasi *Kalman Filter* :

Tabel 7 Pengukuran Error (Estimasi vs Data Real) Kalman Filter

Tahun	Bulan	Estimasi	Data Real	% Error	Deviasi Error
2008	Januari	2384.0769	1900	29.7222%	10.5689 %
	Februari	2405.0714	2100	14.5272%	-4.6261 %
	Maret	2423.2667	1842	31.5562%	12.4032 %
	April	2439.1875	2157	13.0824%	-6.0709 %
	Mei	2453.2353	2473	-0.7992%	-18.3541 %
	Juni	2465.7222	2444	0.0889%	-19.0644 %
	Juli	2476.8947	2279	8.6834%	-10.4699 %
	Agustus	2486.95	1739	43.0103%	23.857 %
	September	2496.0476	1886	32.3461%	13.1928 %
	Oktober	2504.3182	1743	43.6786%	24.5253 %
	November	2511.8696	2182	15.1177%	-4.0356 %
	Desember	2518.7917	2222	13.3569%	-5.7964 %
Rata-Rata Error				19.1533	
				%	
Standart Deviasi Error					1.3442 %

Pada prediksi bulan Mei terdapat presentase negatif karena data estimasi lebih kecil dari data asli (real) sehingga terjadi *under estimate*. Semakin kecil nilai error mengindikasikan semakin akurat.

Dari perbandingan data simulasi hasil estimasi dan data pengukuran fakta maka dihasilkan keakuratan estimasi dari algoritma *Kalman Filter* pada tiap bulannya dalam presentase keakuratan prediksi dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Estimasi Error} = ((\text{Data Estimasi} - \text{Data Real}) / \text{Data Real}) * 100\%$$

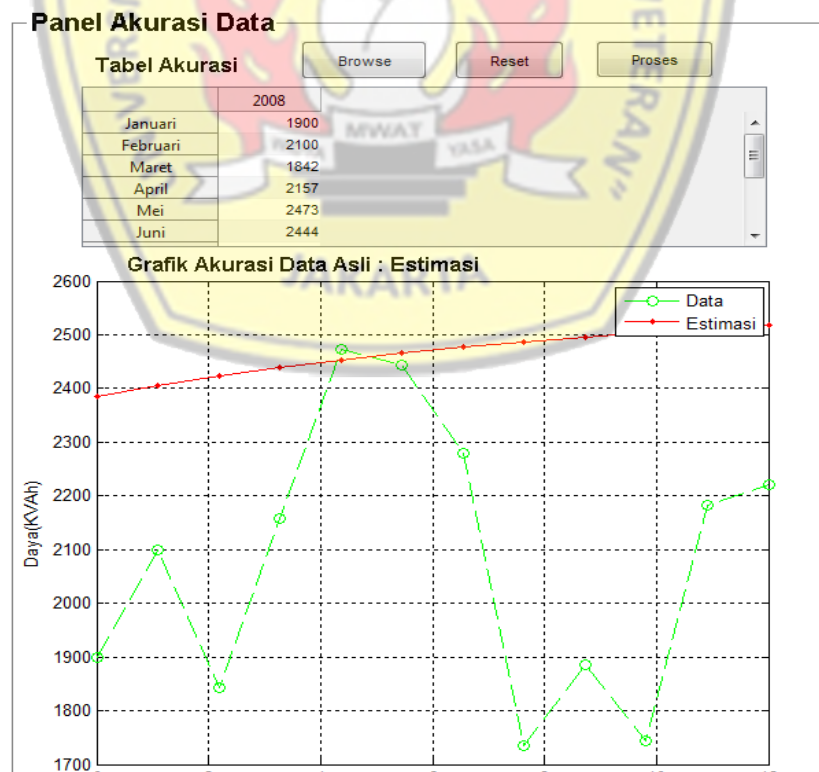
$$\text{Rata-rata Error} = \text{Jumlah Error} / \text{Jumlah Data}$$

$$\text{Deviasi Error} = \% \text{ Error} - \text{Rata-rata Error}$$

$$\text{Standart Deviasi Error} = \text{Jumlah Deviasi Error} / 12$$

$$\text{Varian Error} = (\text{Standart Deviasi Error})^2 = (1.3442)^2 = 1.8069 \%$$

Berikut adalah tampilan Grafik dari perbandingan akurasi hasil prediksi dari data daya listrik estimasi untuk tahun 2008 dengan data asli daya listrik tahun 2008 :



Gambar 10 Grafik Akurasi Data