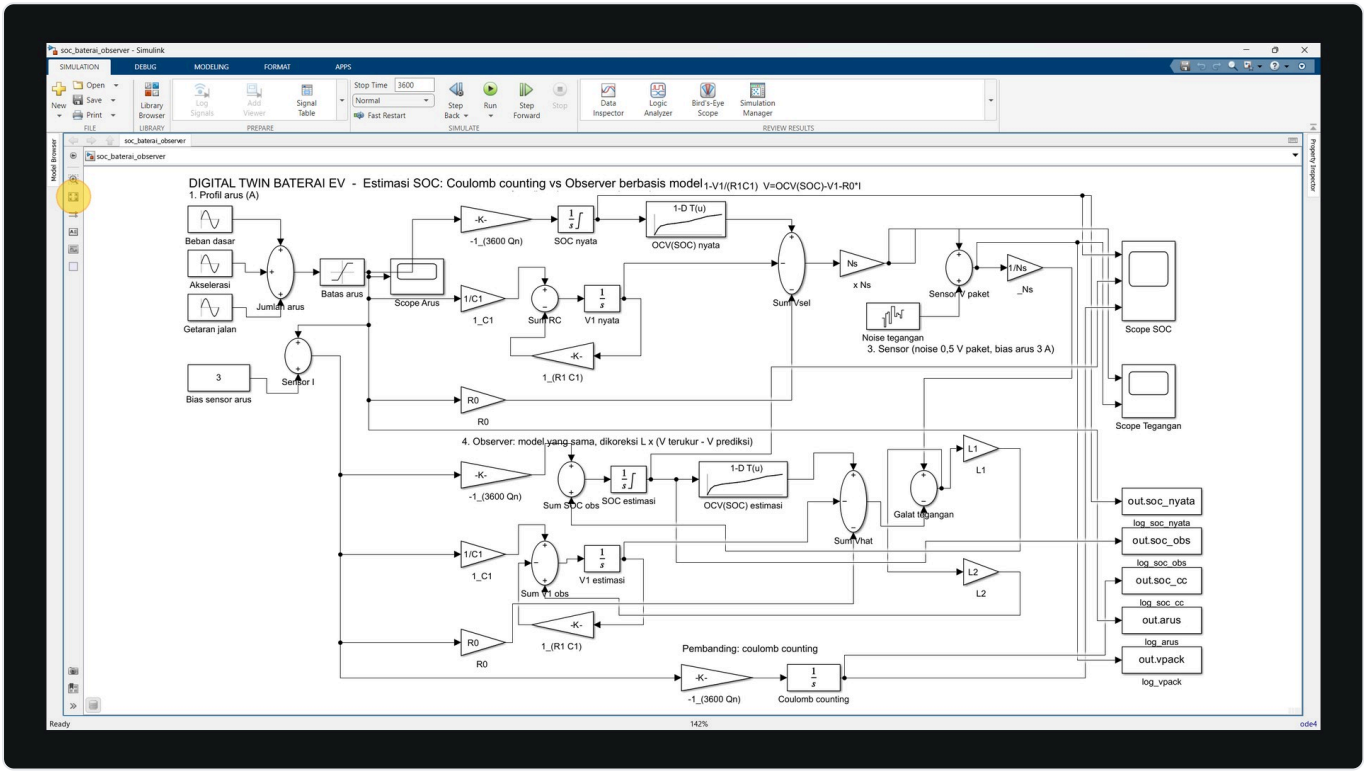
Cerdas Inovasi Digital

Tutorial MATLAB Simulink #1: Estimasi SOC Baterai EV

Membangun model coulomb counting dari nol, lalu menelaah observer berbasis model untuk baterai mobil listrik



SOFTWARE	LEVEL	DURASI VIDEO	LANGKAH
MATLAB Simulink	Pemula	± 12 menit	14 langkah

Sebelum Mulai

Sisa energi baterai mobil listrik tidak bisa diukur langsung; hanya arus dan tegangan yang terukur. Di episode ini kita membangun model coulomb counting paling sederhana langsung di Simulink, lalu membuka model observer berbasis model yang lebih lengkap dan menelaahnya bagian demi bagian. Model lengkap dibuka dari folder proyek, bukan dibangun ulang di video.

- Siapkan MATLAB R2025b dengan Simulink (tutorial ini direkam di R2025b; versi lain mirip tetapi tata letak tombol bisa berbeda).
- Bagian pertama dibangun dari model kosong, hanya butuh Simulink. Bagian kedua membuka model jadi dari folder proyek (file .slx) yang dijual terpisah di portofolio.
- Model 09 memakai blok Communications Toolbox; model lain hanya blok Simulink standar.

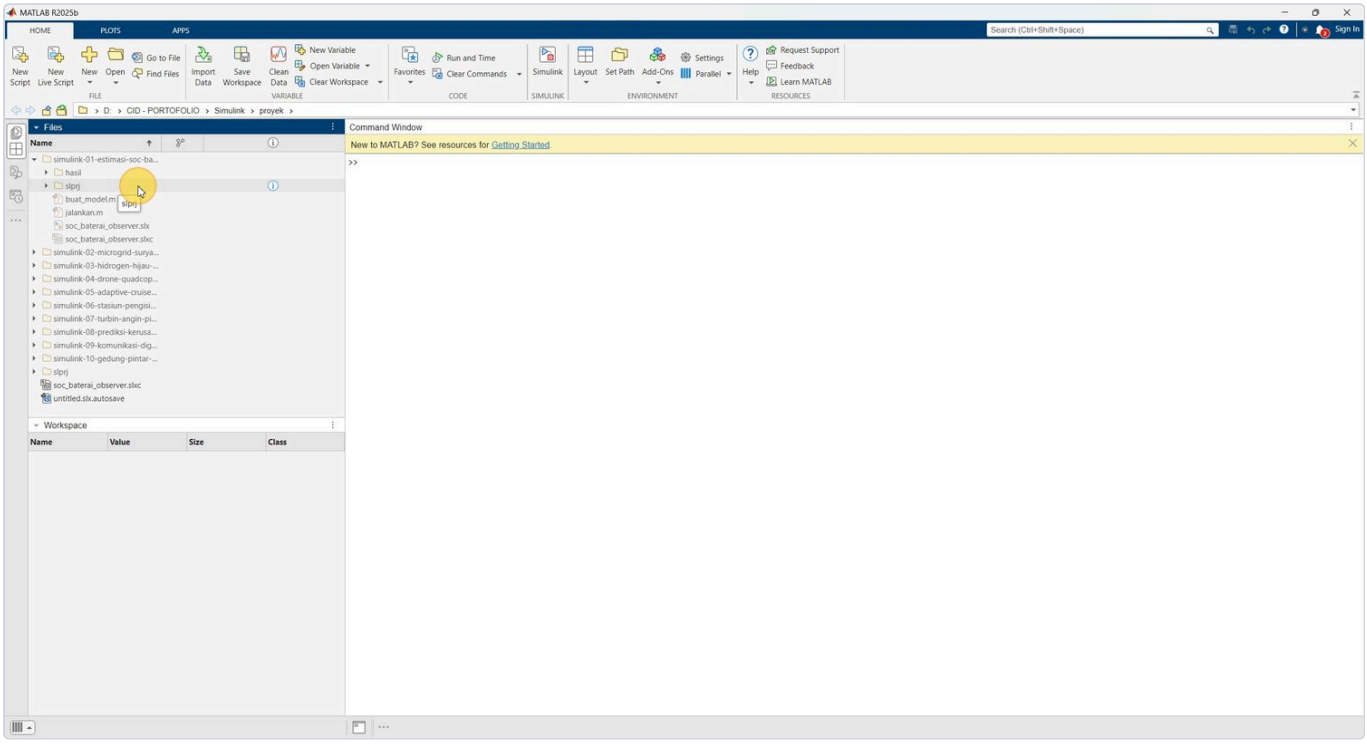
Daftar Langkah

1. Langkah 1: Tujuan dan teori singkat SOC
2. Langkah 2: Membuka Simulink dan model kosong
3. Langkah 3: Library Browser dan blok pertama
4. Langkah 4: Menambah blok dengan klik ganda
5. Langkah 5: Menyambung blok dengan garis
6. Langkah 6: Mengisi parameter arus
7. Langkah 7: Parameter Gain dan Integrator
8. Langkah 8: Menjalankan simulasi dan membuka Scope
9. Langkah 9: Membuka model jadi dari folder proyek
10. Langkah 10: Peta model, empat bagian
11. Langkah 11: Telaah parameter blok
12. Langkah 12: Menjalankan model lengkap
13. Langkah 13: Membaca metrik hasil simulasi
14. Langkah 14: Melihat grafik hasil

Langkah-langkah

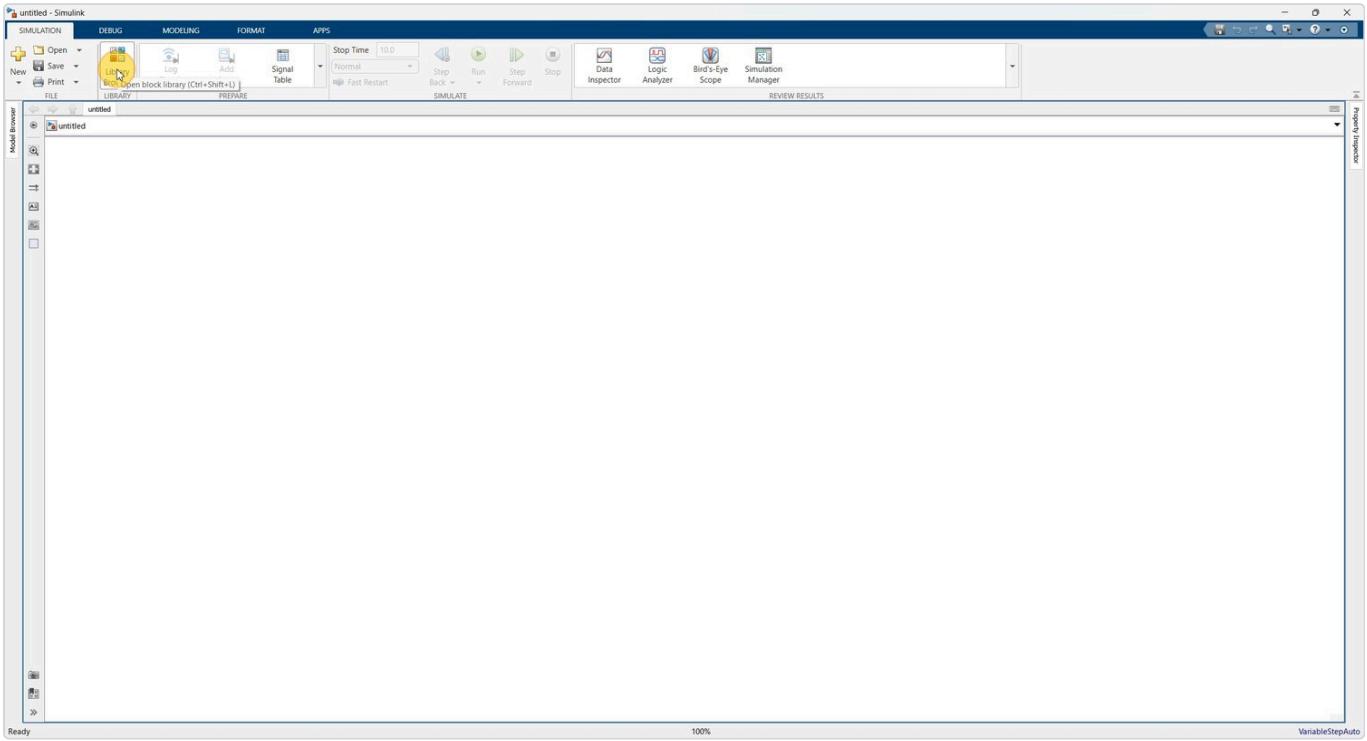
1 Langkah 1: Tujuan dan teori singkat SOC

Kita mulai dari masalahnya. Mobil listrik tidak punya tangki dengan pelampung seperti mobil bensin. Sisa energi baterai, yang disebut state of charge atau SOC, tidak bisa diukur langsung. Yang bisa diukur hanya arus dan tegangan. Cara paling sederhana adalah coulomb counting, yaitu menjumlahkan arus yang keluar dari baterai sepanjang waktu, lalu membaginya dengan kapasitas. Kelemahannya, sensor arus selalu punya kesalahan kecil, dan kesalahan itu ikut dijumlahkan terus sampai hasilnya melenceng jauh. Karena itu dipakai observer, yaitu model baterai yang berjalan paralel dan dikoreksi oleh tegangan terukur. Di sebelah kiri ada panel Files, berisi 10 folder proyek. Kita buka folder proyek pertama, yang berisi model, berkas hasil, dan berkas pembangun diagram.



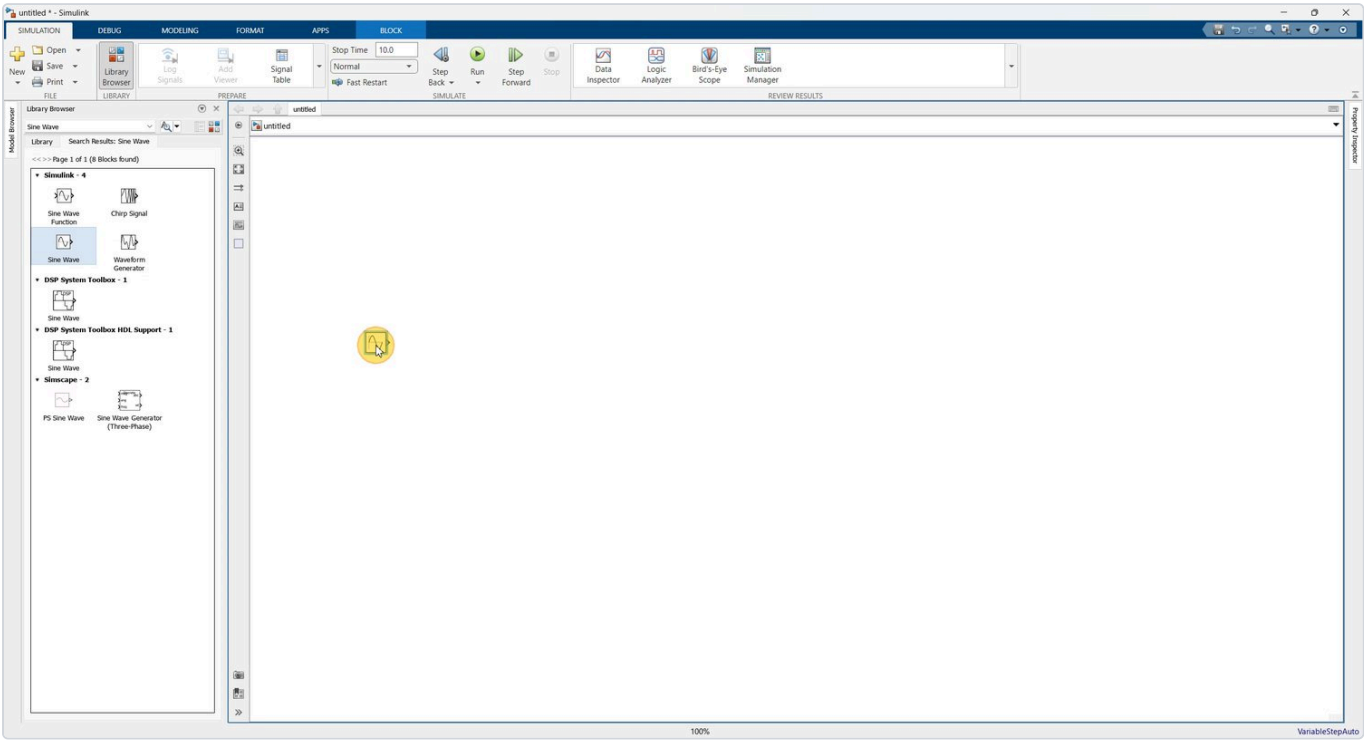
2 Langkah 2: Membuka Simulink dan model kosong

Untuk memulai, klik tombol Simulink di tab Home. Jendela Simulink Start Page terbuka, berisi berbagai templat. Kita pilih Blank Model, yaitu model kosong. Sebuah jendela editor Simulink muncul, dengan kanvas putih yang masih kosong. Di bagian atas ada pita menu Simulation, tempat tombol Run, kotak Stop Time, dan tombol Library Browser. Kita perbesar jendelanya supaya ruang kerja lega. Di kanvas inilah kita akan menyusun diagram blok. Setiap blok mewakili 1 operasi matematika, dan garis di antara blok membawa sinyal dari 1 blok ke blok berikutnya.



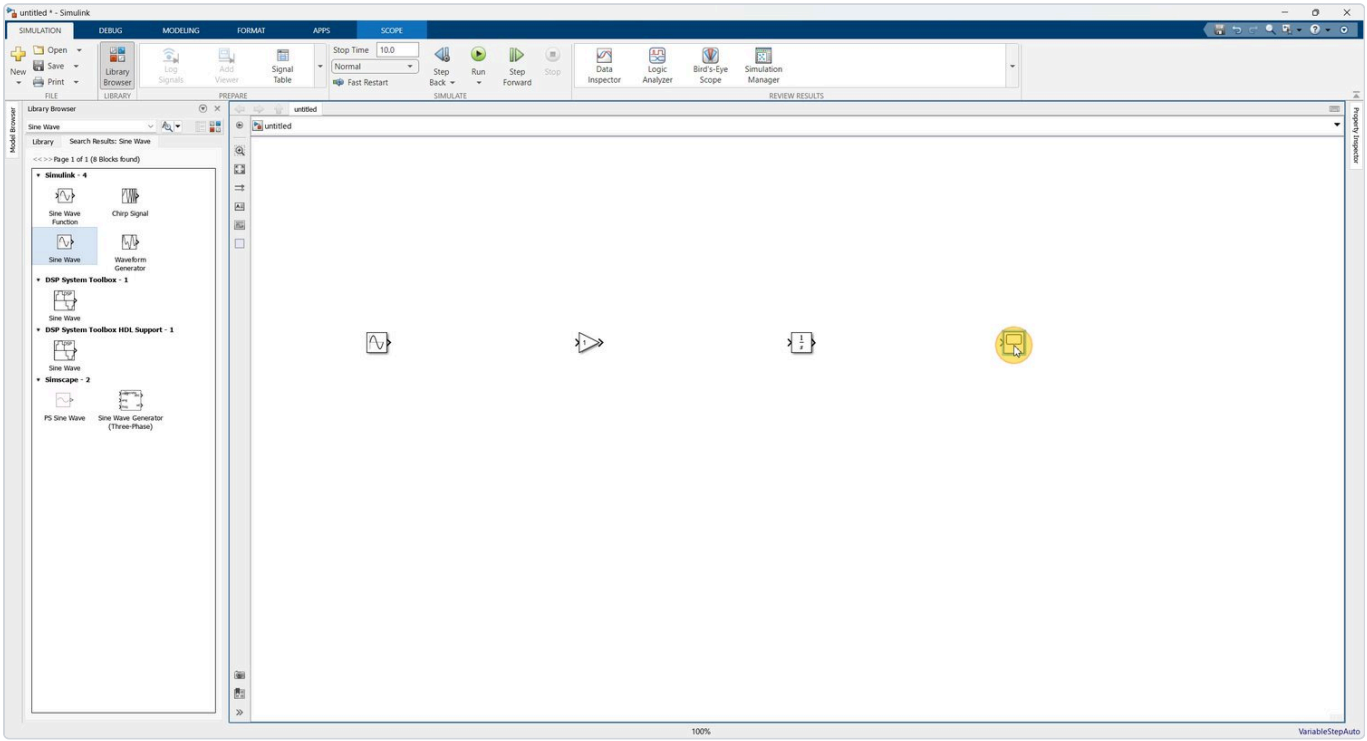
3 Langkah 3: Library Browser dan blok pertama

Semua blok tersimpan di Library Browser. Klik tombolnya, dan sebuah panel terbuka di sisi kiri. Daftarnya panjang, karena setiap toolbox menambahkan pustaka blok sendiri. Kita cari blok yang kita perlukan lewat kotak pencarian. Ketik Sine Wave, tekan Enter, lalu tunggu beberapa saat sampai pencarian selesai. Hasilnya dikelompokkan menurut pustaka. Kita ambil Sine Wave dari kelompok Simulink, lalu kita seret ke kanvas dan lepaskan di sebelah kiri. Blok ini akan menjadi sumber arus baterai. Dengan begitu, blok pertama sudah berada di kanvas, dan ia punya 1 port keluaran di sisi kanannya.



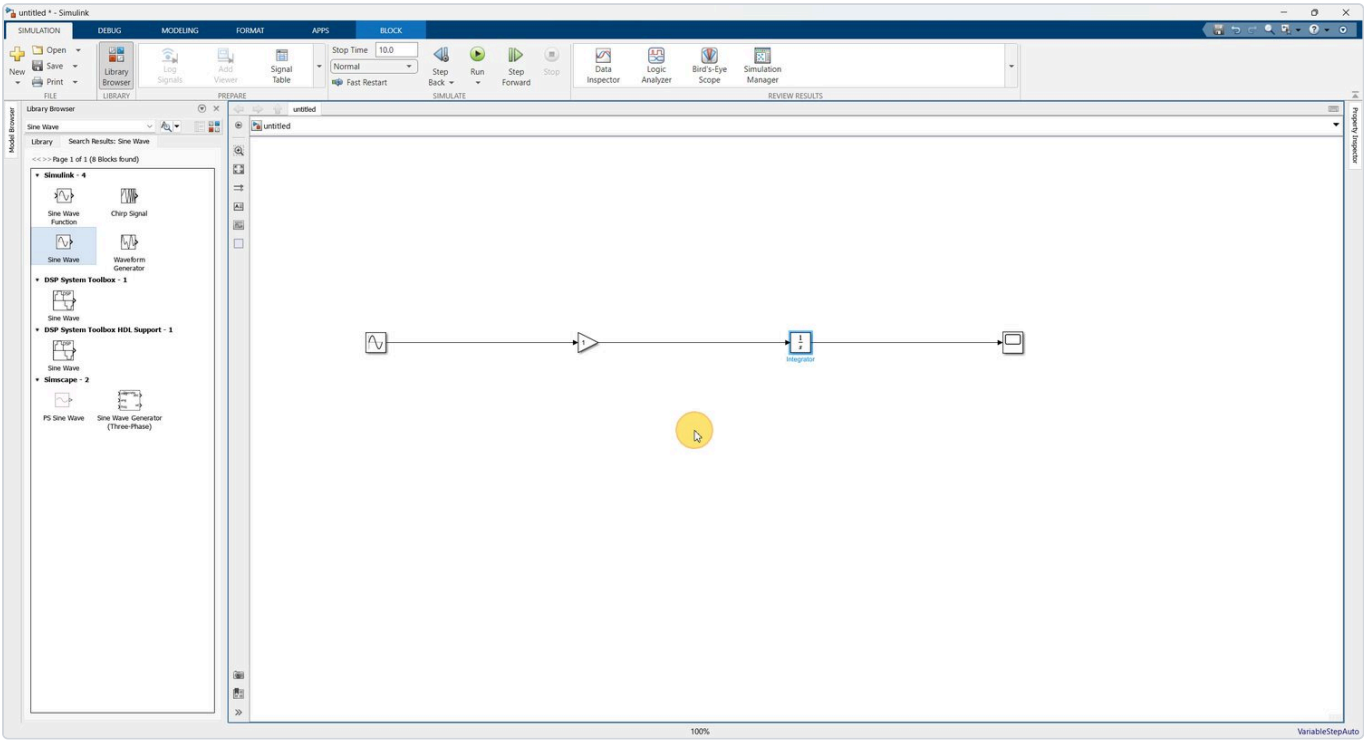
4 Langkah 4: Menambah blok dengan klik ganda

Ada cara yang lebih cepat untuk menambah blok. Klik ganda di bagian kosong kanvas, lalu ketik sebagian nama blok. Sebuah kotak pencarian kecil muncul, dan tekan Enter untuk memasukkan blok teratas. Pertama kita ketik Gain, yang akan mengalikan sinyal dengan sebuah konstanta. Kedua, Integrator, yang menjumlahkan sinyal sepanjang waktu, dan inilah inti coulomb counting. Ketiga, Scope, yaitu layar osiloskop untuk melihat hasil. Perhatikan bahwa blok muncul tepat di titik yang kita klik. Sekarang di kanvas ada 4 blok berderet dari kiri ke kanan, tinggal kita sambungkan.



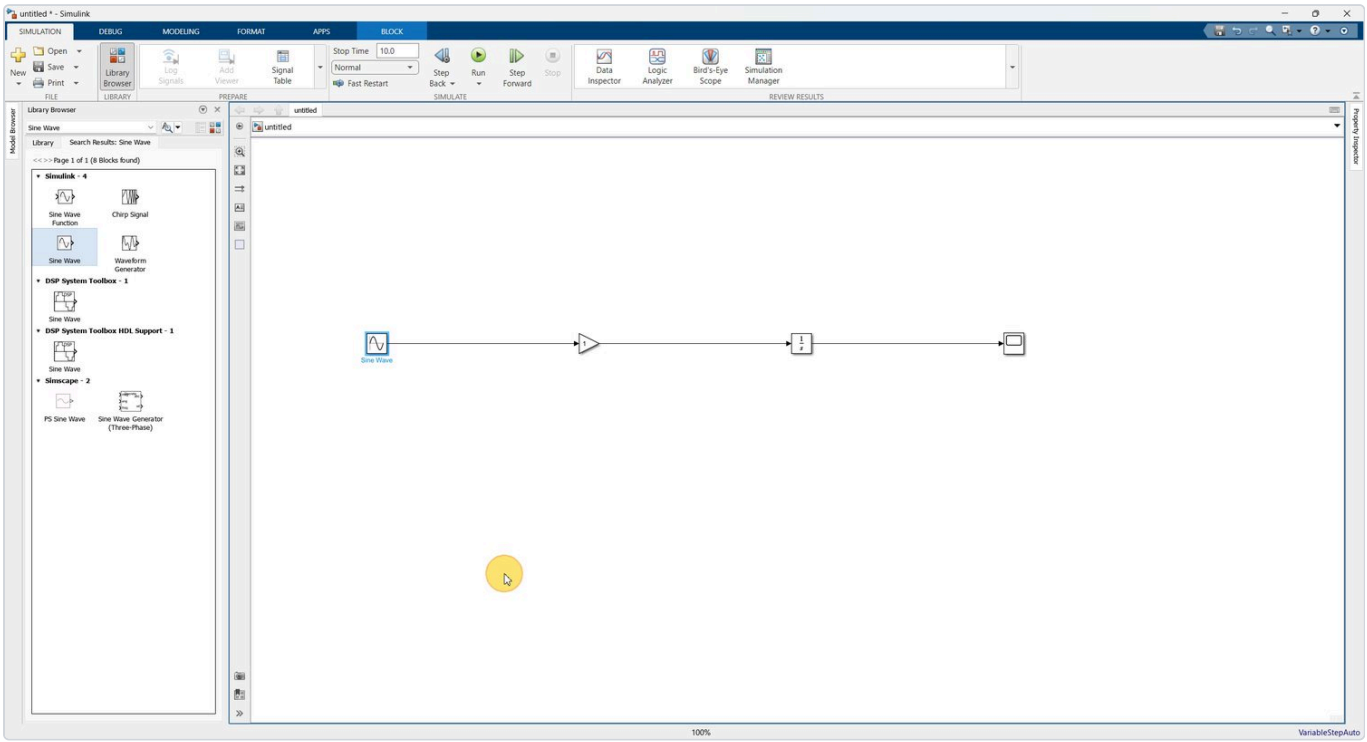
5 Langkah 5: Menyambung blok dengan garis

Untuk menyambung 2 blok, klik blok sumber, lalu tahan tombol Control dan klik blok tujuan. Simulink menarik garis dari port keluaran blok pertama ke port masukan blok kedua, dan menyusunnya dengan rapi. Kita mulai dari Sine Wave ke Gain. Lalu dari Gain ke Integrator. Terakhir dari Integrator ke Scope. Anak panah pada ujung garis menunjukkan arah aliran sinyal. Jadi alurnya begini: arus baterai dikali sebuah konstanta, lalu dijumlahkan sepanjang waktu, lalu ditampilkan di layar. Susunan ini sudah merupakan model coulomb counting yang lengkap.



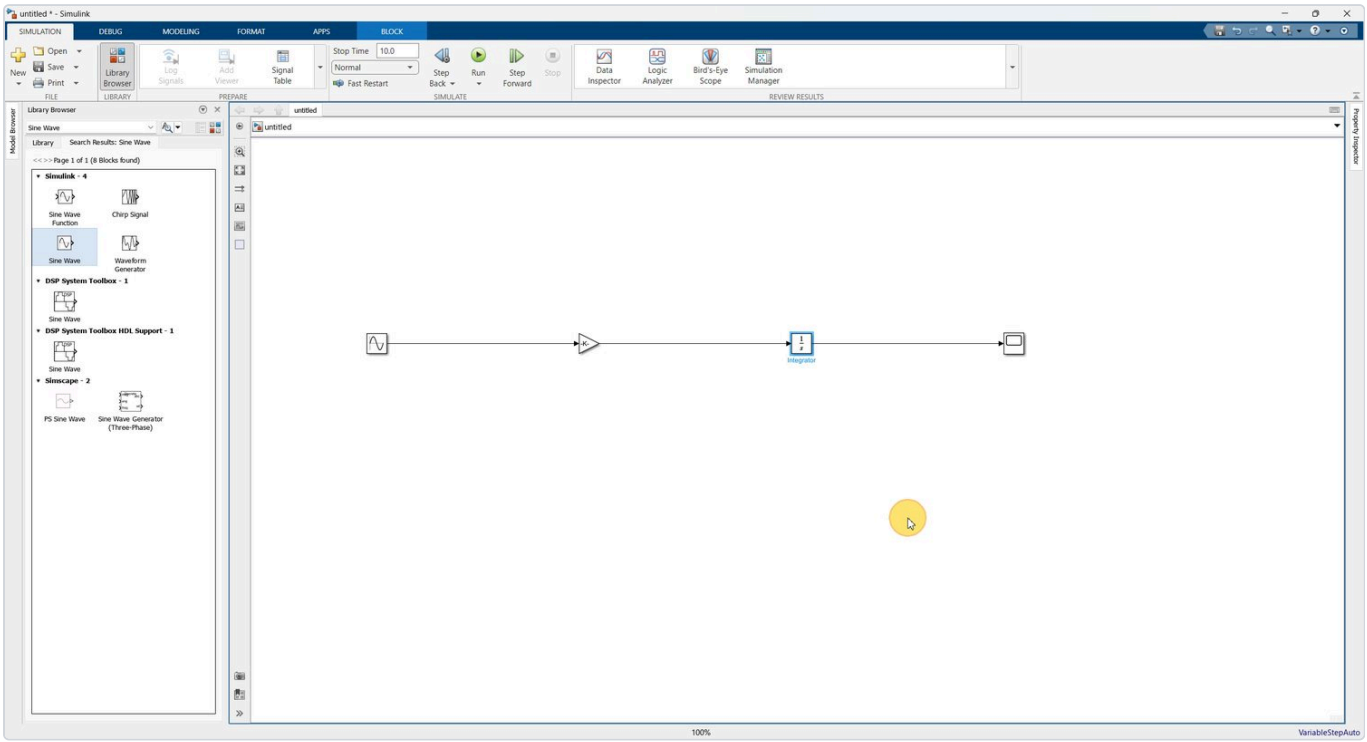
6 Langkah 6: Mengisi parameter arus

Sekarang kita isi parameter. Klik ganda blok Sine Wave, dan jendela Block Parameters terbuka. Rumus di bagian atas menjelaskan keluarannya: amplitudo kali sinus, ditambah bias. Kita mau arus berkendara yang berayun di sekitar 20 ampere. Isi Amplitude dengan 20, Bias dengan 20, dan Frequency dengan 2*pi/420. Artinya arus berayun antara 0 dan 40 ampere, dengan periode 7 menit. Nilai positif berarti baterai sedang melepas arus. Klik OK, dan parameter tersimpan.



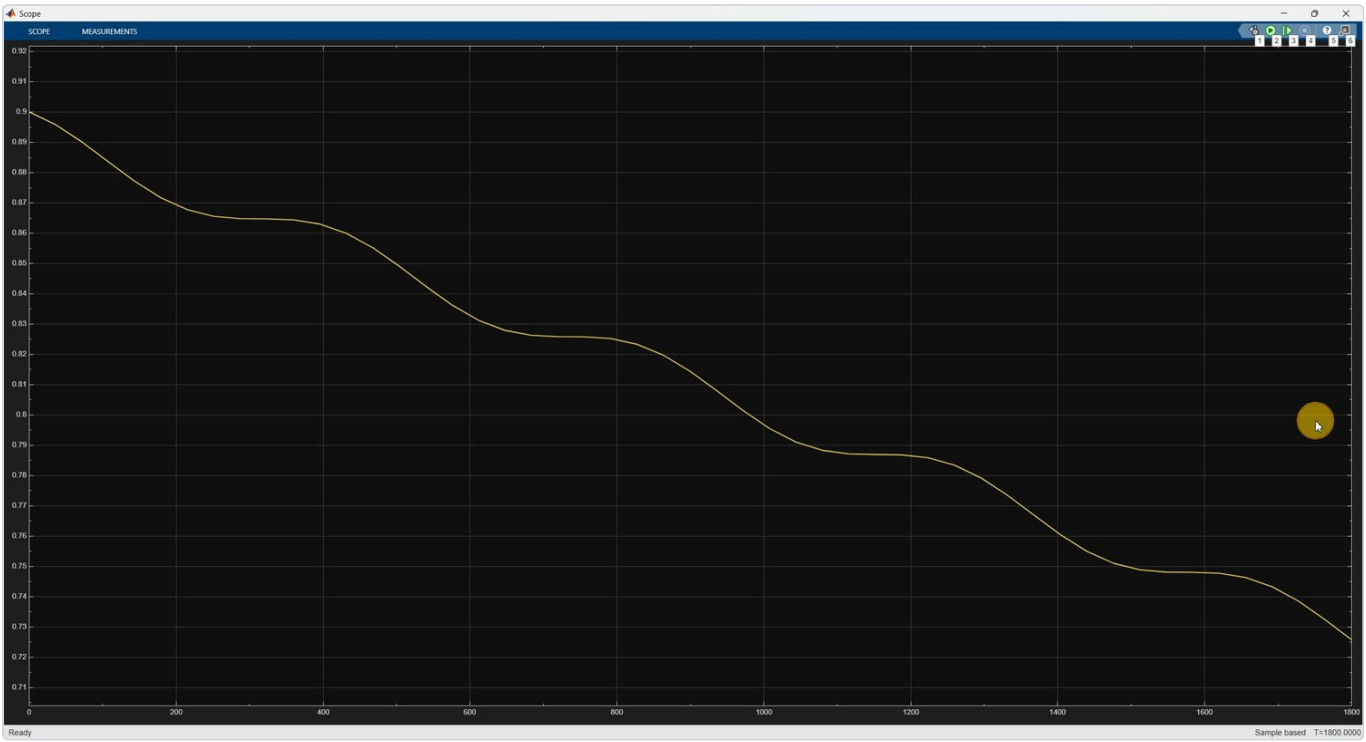
7 Langkah 7: Parameter Gain dan Integrator

Lanjut ke blok Gain. Rumus coulomb counting adalah SOC sama dengan SOC awal, dikurangi integral arus dibagi kapasitas. Kapasitas baterai kita 60 ampere jam, dan kita ubah jam menjadi detik dengan mengalikan 3600. Jadi isi Gain dengan -1/(3600*60). Tanda minus dipakai karena arus positif berarti SOC turun. Lalu klik ganda Integrator. Di kolom Initial condition kita isi 0,9, artinya baterai mulai dari 90%. Klik OK. Semua parameter sudah terisi.



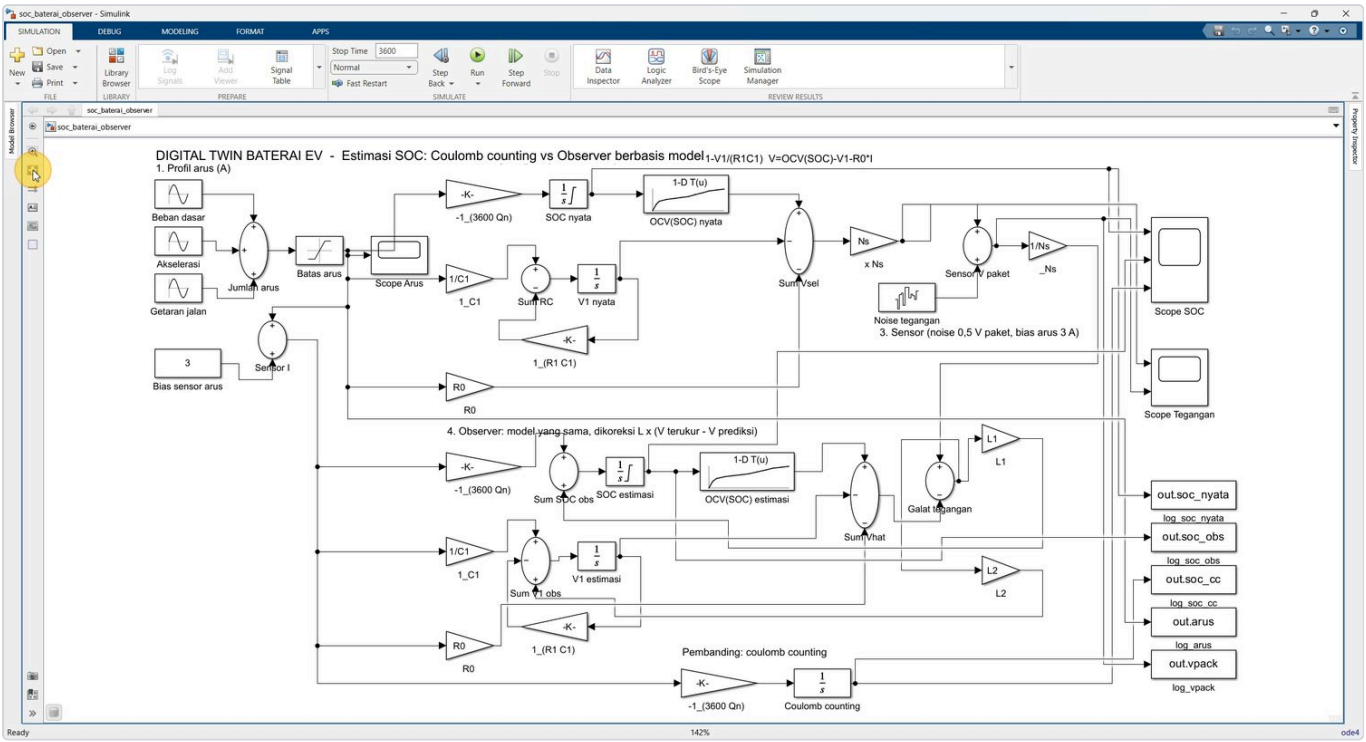
8 Langkah 8: Menjalankan simulasi dan membuka Scope

Saatnya simulasi. Di kotak Stop Time, ketik 1800, yaitu 30 menit berkendara. Lalu klik Run. Simulasi selesai dalam sekejap. Panel Library Browser kita tutup, lalu kita rapikan tampilan dengan tombol zoom to fit, sehingga diagram memenuhi jendela. Sekarang klik ganda blok Scope. Grafiknya menunjukkan SOC turun dari 0,9 secara bergelombang, mengikuti ayunan arus. Di akhir 30 menit, nilainya sekitar 0,726, atau 72,6%. Hasil ini cocok dengan hitungan tangan kita, jadi model pertama kita benar.



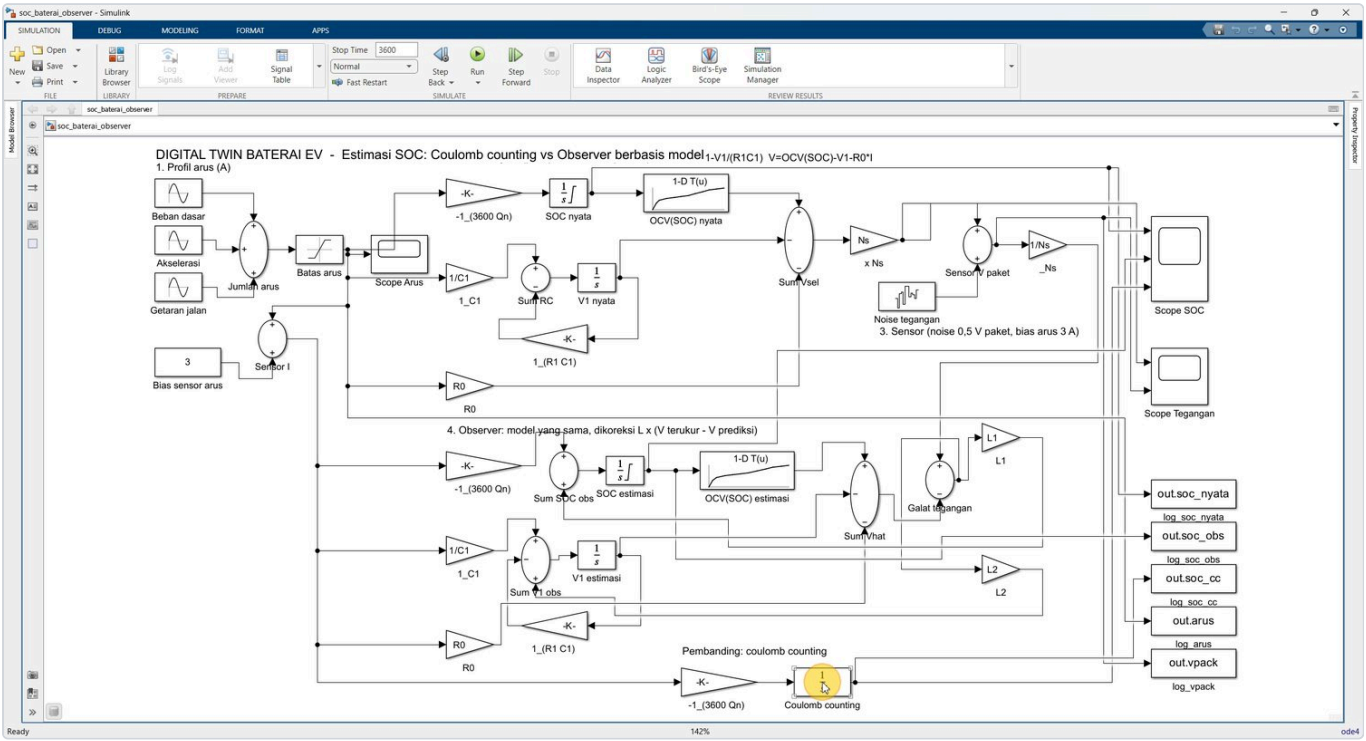
9 Langkah 9: Membuka model jadi dari folder proyek

Model sederhana tadi hanya coulomb counting. Sekarang kita buka model lengkapnya. Kembali ke jendela utama MATLAB, lalu di panel Files klik ganda berkas soc baterai observer titik s l x. Jendela model terbuka, dan kita besarkan serta kita rapikan dengan zoom to fit. Inilah diagram blok yang utuh. Sampai di sini perlu kita jelaskan dengan jujur: model ini tidak kita bangun ulang di video, karena berisi puluhan blok. Model ini sudah tersedia sebagai berkas proyek, dan yang kita lakukan sekarang adalah menelaahnya blok demi blok.



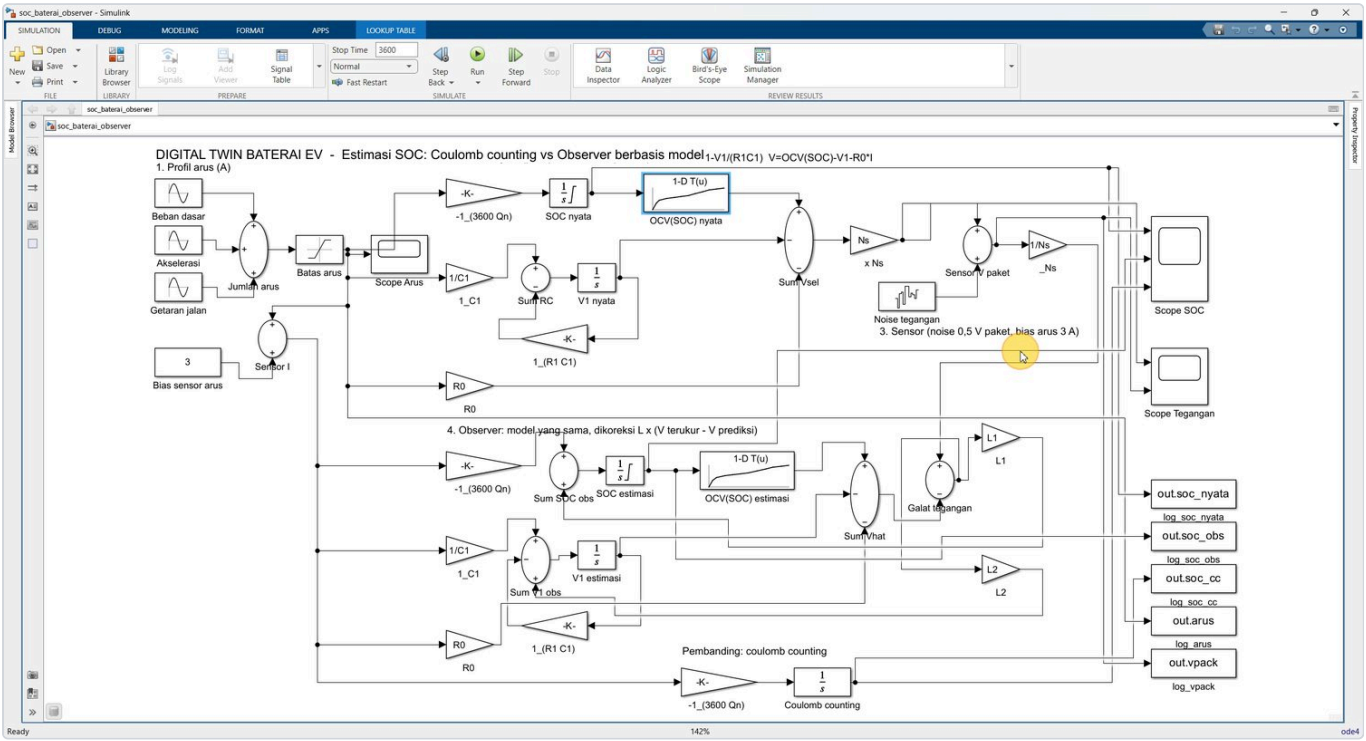
10 Langkah 10: Peta model, empat bagian

Mari kita baca diagramnya dari kiri atas. Bagian 1, di kiri atas, adalah profil arus berkendara, dari 3 blok Sine Wave yang dijumlahkan, lalu dibatasi oleh blok Saturation. Bagian 2, di tengah atas, adalah baterai nyata, atau digital twin: integrator SOC, tabel tegangan rangkaian terbuka, dan 1 cabang resistor kapasitor. Bagian 3, di kanan, adalah sensor, yaitu noise tegangan setengah volt dan bias arus 3 ampere. Bagian 4, di bawah, adalah observer, model yang sama dengan baterai nyata, tetapi dikoreksi oleh selisih tegangan. Paling bawah ada pembanding coulomb counting.



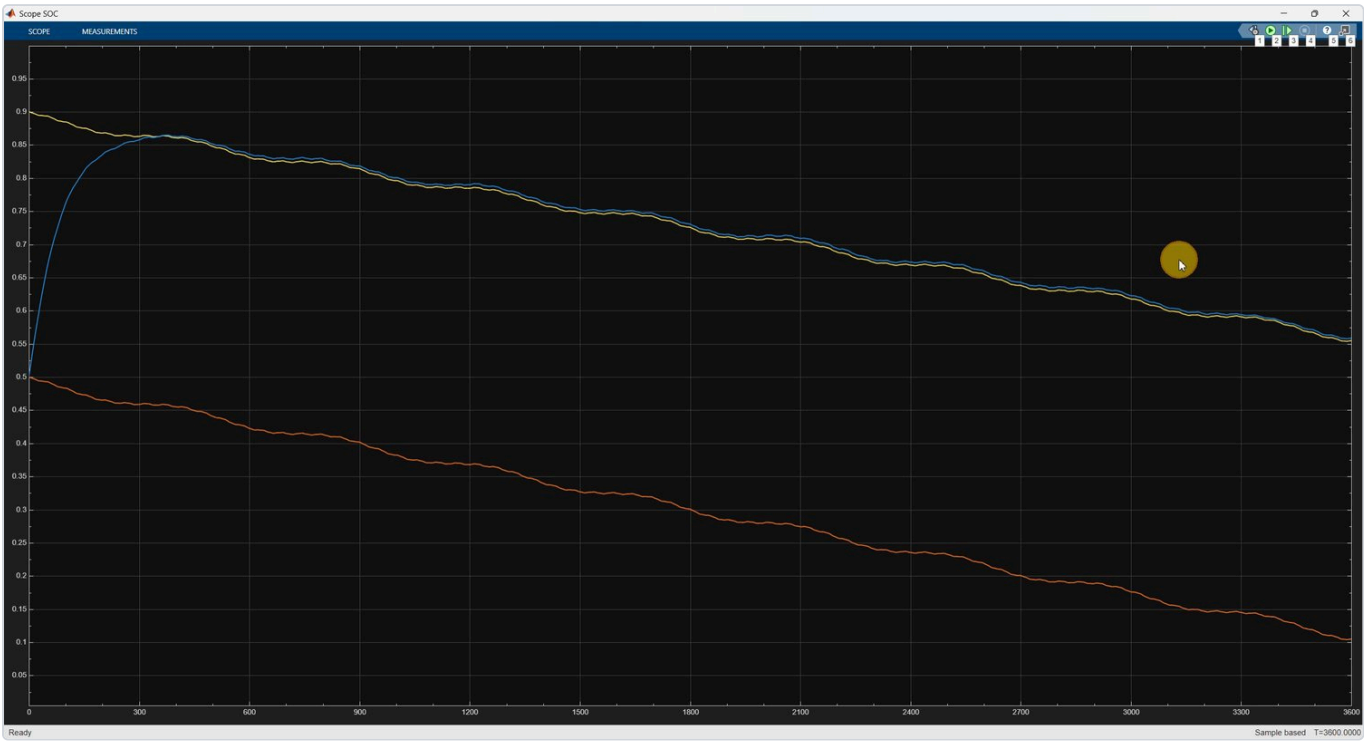
11 Langkah 11: Telaah parameter blok

Sekarang kita lihat isi beberapa blok. Klik ganda blok Beban dasar. Isinya sama seperti Sine Wave yang tadi kita isi, yaitu amplitudo, bias, dan frekuensi. Bedanya, di sini ada 3 gelombang dengan periode berbeda, sehingga arus terlihat seperti arus berkendara sungguhan, bukan sinus tunggal. Lalu klik ganda blok OCV nyata, sebuah tabel pencarian 1 dimensi. Tabel ini menerjemahkan SOC menjadi tegangan rangkaian terbuka sel, dari 3 volt pada saat kosong sampai 4,2 volt pada saat penuh. Angka-angkanya diambil dari variabel di model workspace, sehingga mudah diganti.



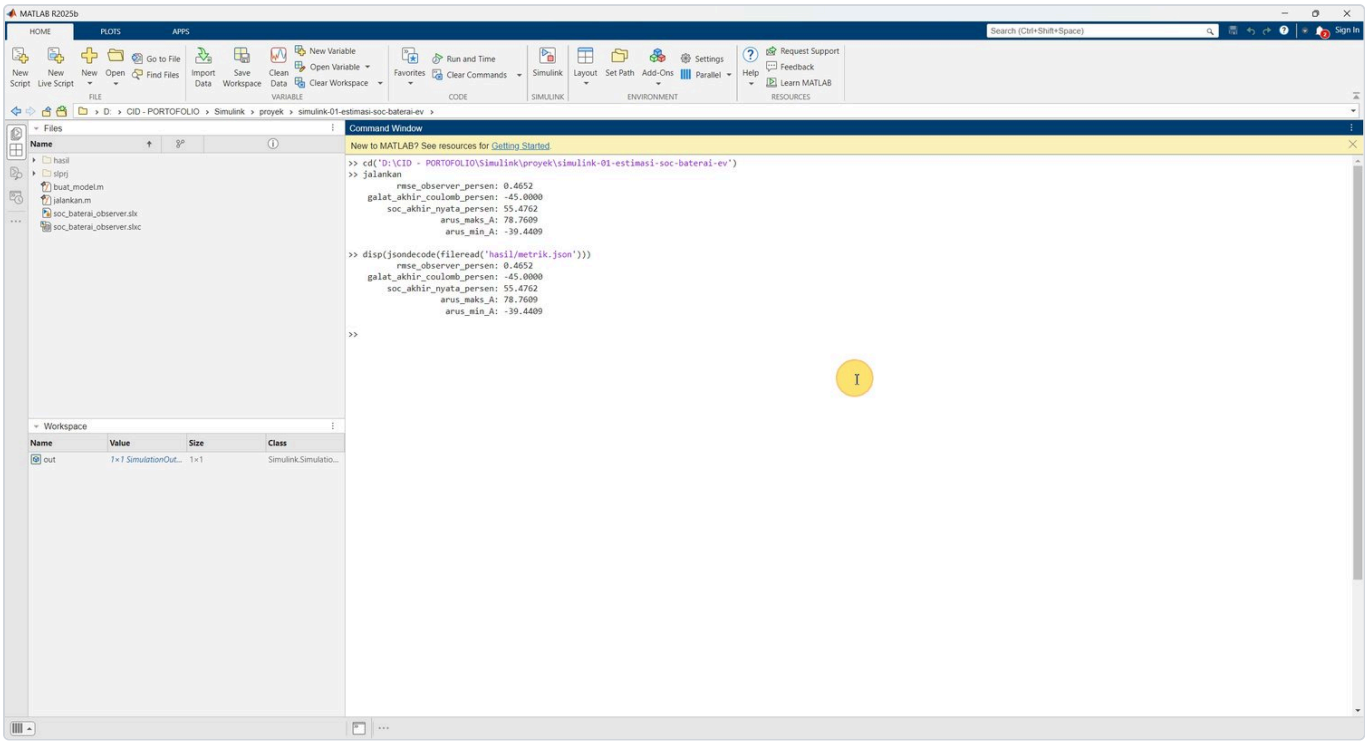
12 Langkah 12: Menjalankan model lengkap

Waktunya menjalankan model lengkap. Stop Time-nya 3600 detik, atau 1 jam berkendara. Klik Run, dan tunggu beberapa detik karena modelnya lebih besar. Setelah selesai, klik ganda blok Scope SOC. Pada layar ini ada 3 garis. Garis SOC nyata menurun dari 90%. Garis observer segera menyusul garis nyata, padahal tebakan awalnya dibuat salah, yaitu 50%. Sementara garis coulomb counting, yang juga mulai dari 50%, tidak pernah mengejar, karena ia tidak punya koreksi. Inilah keunggulan observer.



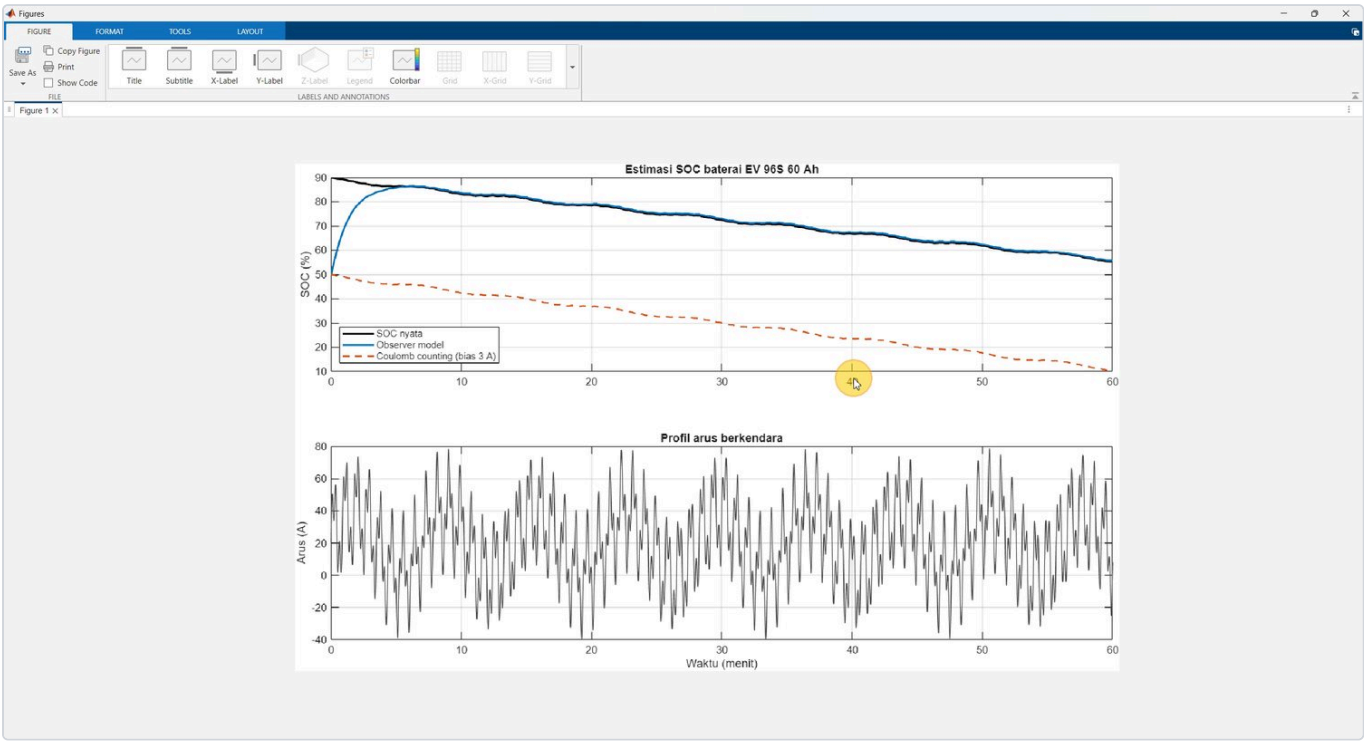
13 Langkah 13: Membaca metrik hasil simulasi

Sekarang kita baca angkanya. Di Command Window kita pindah ke folder proyek, lalu menjalankan berkas jalankan, yang menyimpan grafik dan metrik. Setelah selesai, kita baca berkas metrik. Galat akar rata-rata kuadrat observer hanya 0,46%, setelah 10 menit pertama. Sedangkan galat akhir coulomb counting -45%, karena tebakan awalnya 50% dan sensor arus punya bias 3 ampere. SOC nyata di akhir simulasi adalah 55,5%. Arus maksimum 79 ampere, dan arus minimum -39 ampere, yaitu saat pengereman regeneratif.



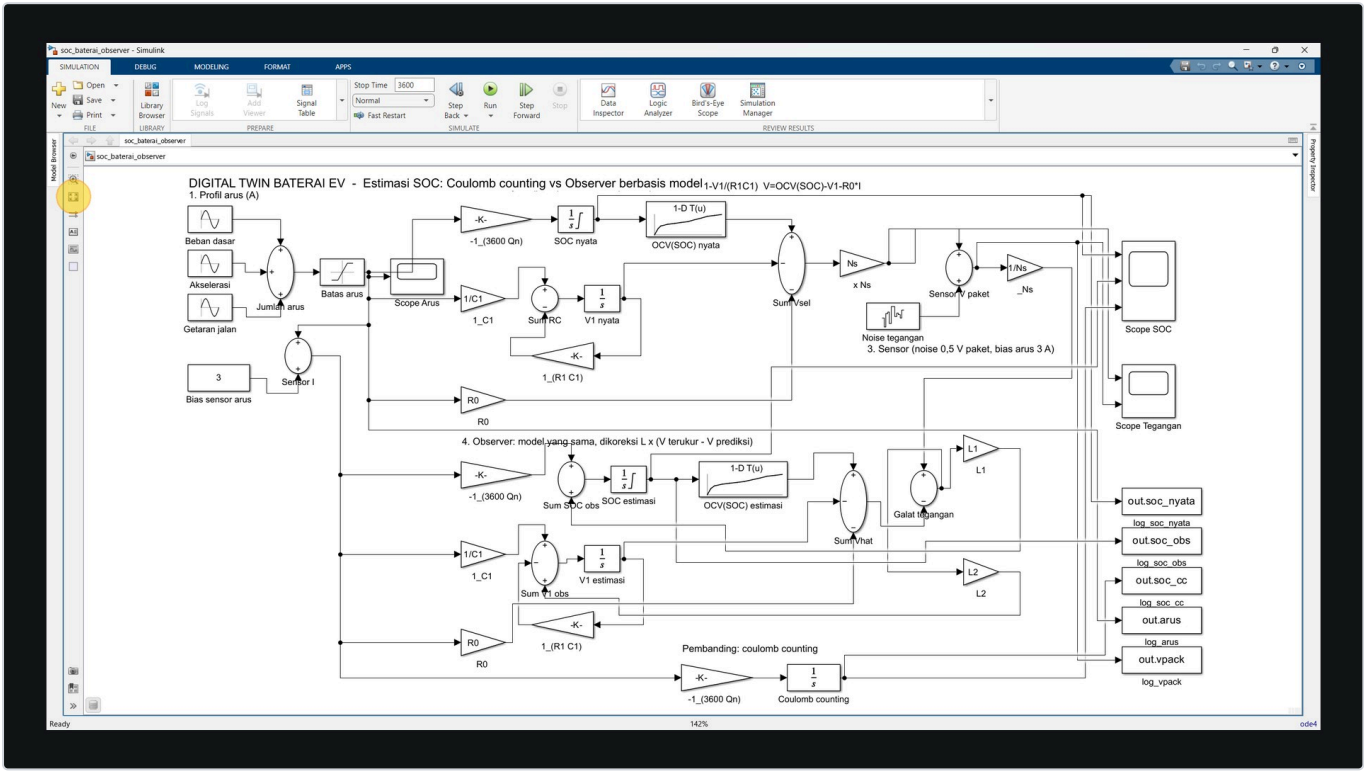
14 Langkah 14: Melihat grafik hasil

Terakhir kita tampilkan grafik hasil yang tersimpan. Grafik bagian atas menampilkan 3 garis SOC: yang nyata dalam warna hitam, observer dalam warna biru, dan coulomb counting dalam warna oranye putus-putus. Garis biru menempel erat di atas garis hitam, sedangkan garis oranye menyimpang jauh. Grafik bagian bawah menampilkan profil arus berkendara selama 1 jam. Dengan 1 pandangan, kita bisa melihat mengapa observer jauh lebih layak dipakai di mobil listrik daripada coulomb counting murni.



Selesai!

Model coulomb counting buatan sendiri berakhir pada SOC sekitar 72,6% setelah 30 menit, sesuai hitungan tangan. Pada model lengkap, coulomb counting murni menyimpang (galat akhir sekitar -45%) karena tebakan awal dan bias sensor arus, sedangkan observer berbasis model menjaga galat RMS sekitar 0,46%. Episode berikutnya membahas microgrid tenaga surya dan baterai.



Latihan Lanjutan

- Ubah Initial condition Integrator dari 0,9 menjadi 0,5. Berapa SOC di akhir 30 menit, dan apakah cocok dengan hitungan tangan?
- Ganti kapasitas pada Gain dari 60 Ah menjadi 40 Ah. Bagaimana bentuk penurunan SOC berubah?
- Tambahkan blok Constant sebagai bias arus 3 A lalu jumlahkan dengan arus. Seberapa besar SOC menyimpang setelah 30 menit?
- Di model lengkap, buka blok OCV nyata dan catat tegangan sel pada SOC 0 dan 1.

Tangkapan layar diambil dari video tutorial Cerdas Inovasi Digital. Kursus, jasa, dan file project: cerdasinovasidigital.com · WA 0812.5222.7510