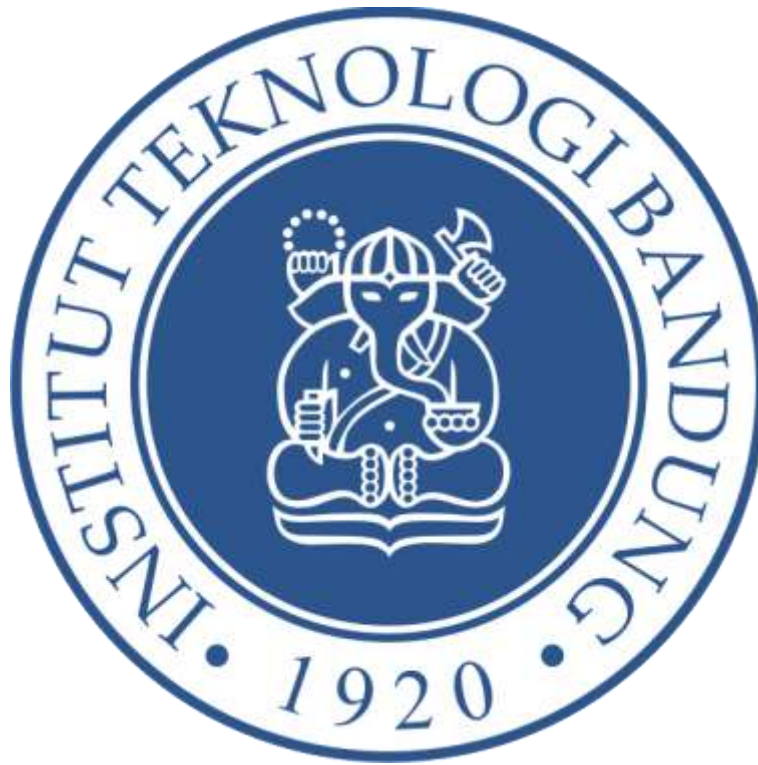


**LAPORAN AKHIR SEMESTER**  
**SMART GRID ARCHITECTURE MODEL - TESLA**  
**MODEL 3**



**BERNARDUS RENDY / 13317041**

**TF5033 SISTEM ENERGI KENDARAAN LISTRIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK FISIKA**  
**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG 2019**

## DAFTAR ISI

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| DAFTAR ISI .....               | 2  |
| DAFTAR GAMBAR .....            | 3  |
| A. Pengantar .....             | 4  |
| B. Lapisan Komponen.....       | 5  |
| C. Lapisan Komunikasi.....     | 8  |
| D. Lapisan Informasi .....     | 9  |
| E. Lapisan Fungsi.....         | 11 |
| F. Lapisan Bisnis .....        | 13 |
| G. Pertanyaan dan Diskusi..... | 16 |
| REFERENSI .....                | 18 |

## **DAFTAR GAMBAR**

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1 Lapisan Komponen SGAM Tesla Model 3 .....                  | 5  |
| Gambar 2 Lapisan Komunikasi Tesla Model 3.....                      | 8  |
| Gambar 3 Lapisan Informasi Tesla Model 3 .....                      | 9  |
| Gambar 4 Lapisan Fungsi Tesla Model 3.....                          | 11 |
| Gambar 5 Lapisan Bisnis Tesla Model 3 .....                         | 13 |
| Gambar 6 Safety, Performance, Long Range, Built Around Driver ..... | 14 |
| Gambar 7 Tesla Mobile Application.....                              | 15 |

## A. Pengantar

*Smart grid architecture model* (SGAM) adalah model arsitektur yang digunakan untuk memetakan komponen, sistem komunikasi, sistem informasi, fungsi, dan objektif bisnis dari suatu sistem perusahaan atau *service*. SGAM memetakan seluruh hal tersebut kedalam tiap lapisan yang dipisahkan sesuai domain dan zona yang sesuai. Domain tersebut dibagi ke dalam generation, transmission, distribution, DER, dan customer. Zona dibagi ke dalam proses, lapangan, stasiun, operasi, perusahaan, dan pasar. Guna dari pemetaan ini adalah mempermudah analisis *interoperability* tiap komponen penyusun sistem melalui berbagai komponen/sistem pendukung yang terdapat pada tiap lapisan.

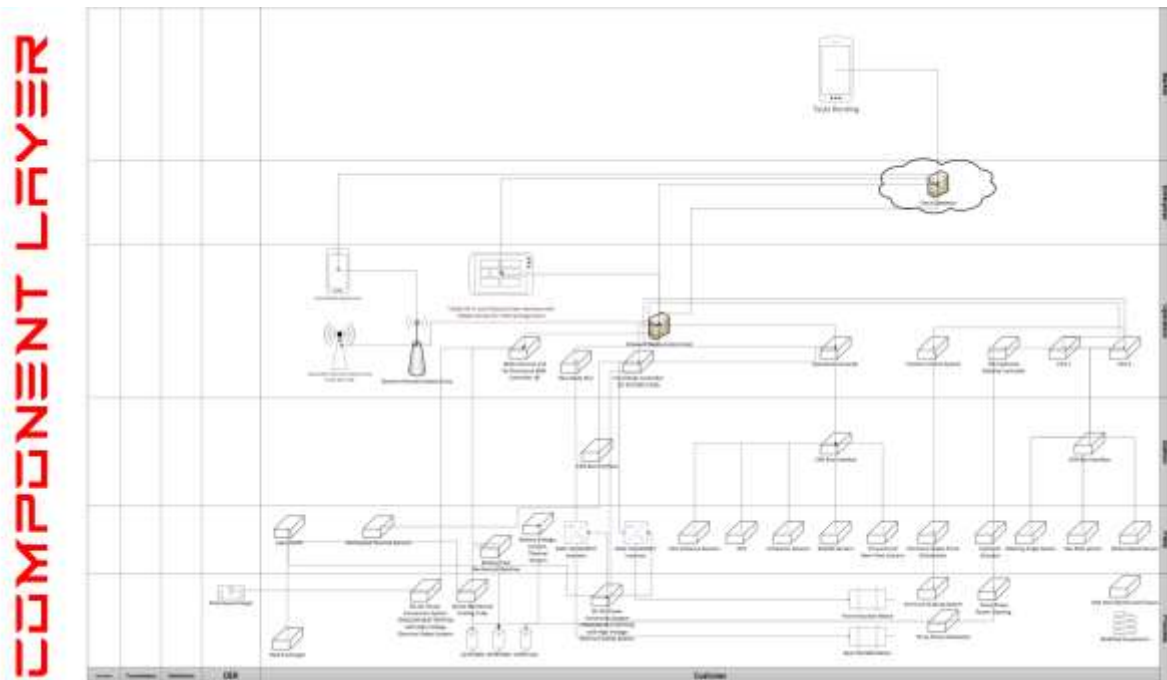
Sesuai tujuan akhir dari mata kuliah TF5033 Sistem Energi Kendaraan Listrik, yaitu untuk memetakan dari lapisan komponen hingga bisnis berbagai kendaraan listrik dan sistem pendukungnya kedalam suatu model yang informatif dan sesuai, dilakukan pembuatan model SGAM dari salah satu topik yaitu Tesla Model 3. Sebelumnya telah dijelaskan secara mendetail komponen penyusun Tesla Model 3 tanpa meninjau lapisan lainnya. Komponen tersebut terbagi ke dalam beberapa subkategori di lapisan fungsi yang lebih holistik: sistem kontrol keamanan mekanik, *autopilot*, dan drive unit, sistem penyimpanan baterai dan *fast charging*, *climate control*, *user interface*, dan *electrical controller*. Komponen penyusun akan di plotting pada setiap subkategori tersebut dalam laporan ini.

Setelah pemetaan komponen, dilakukan pembuatan lapisan komunikasi. Lapisan komunikasi diturunkan berdasarkan referensi yang didapatkan dan praktis umum dari komponen yang digunakan (jika referensi tidak didapatkan). Lapisan komunikasi terfokus pada interkoneksi dari tiap komponen (bukan hanya subkategori dari komponen) yang akan membentuk aliran data/besaran fisis yang diterima oleh komponen lain sesuai dengan protokol atau konvensi dari transfer data/energi. Lalu dilakukan pemetaan lapisan informasi berdasarkan kebutuhan tiap komponen, pada peta dimasukkan seluruh besaran fisis yang mungkin berhubungan pada interkoneksi.

Berdasarkan informasi tersebut, dilakukan pemetaan fungsi dari informasi yang dimiliki tiap subsistem. Fungsi disimpulkan berdasarkan keseluruhan subsistem dan bukan merupakan fungsi individual komponen (holistik). Lalu berdasarkan fungsi tersebut, disimpulkan operasi bisnis yang dilakukan oleh servis ini.

Setelah seluruh informasi dipetakan, dapat ditemukan interoperabilitas dari keseluruhan sistem Tesla Model 3 sehingga dapat dilakukan peninjauan ulang untuk *reverse engineering* atau improvisasi sistem. Interoperabilitas juga dapat digunakan untuk mengecek *cross-cutting issues* dari dua atau lebih sistem yang terkait.

## B. Lapisan Komponen



**Gambar 1 Lapisan Komponen SGAM Tesla Model 3**

Pertama-tama ditinjau seluruh komponen dan keterkaitan tiap komponen dengan daftar komponen yang telah dikumpulkan adalah:

- *Ultra high strength steel reinforcement*
- *Modified Suspension Chassis*
- *Three phase power steering motor*
- *Dual ECU*
- *ESC Hydraulic Stability Control*
- *Wheel Speed Sensor*
- *Steering Angle Sensor*
- *Yaw Rate Sensor*
- *Anti-Lock Braking System (ABS)*
- *Electronic Brake-Force Distribution (EBD)*
- *Traction Control System (TCS)*
- *2 PMSRM Induction Motor*
- *650V SiC MOSFET Based Inverter*
- *Autopilot Computer*
- *Ultrasonic Sensors*
- *Forward Facing and Rear View Camera*
- *GPS*
- *RADAR Sensors*
- *Park Distance Sensors*
- *Front Body Controller (ST SPC56EC74L8)*
- *Rear Body ECU*

- *2170 Cell Based NCA Battery Pack*
- *Battery Pack Stabilizer (Vibration reduction)*
- *Multi-Channel and Bi-Directional BMS*
- *Battery Voltage and Current Sensors*
- *DC-DC Power Conversion System (TMS320F28377DPTPQ)*
- *Tablet Based All-in-one User Interface with Hidden Screen for Vehicle Diagnostics*
- *Tesla Mobile Application*
- *Transmitter Remote Keyless Entry*
- *Receiver Remote Keyless Entry*
- *Spline membrane cooling tube*
- *Distributed thermal sensors*
- *Heat exchanger*
- *Cabin HVAC*
- *Front Body Controller*
- *Central Body Controller*
- *Rear Body Controller*
- *Cloud Database*
- *Onboard Media Control Unit*

Komponen-komponen tersebut akan ditinjau sesuai dengan diagram dimulai dengan yang paling dekat dengan proses (bagian kanan bawah) yaitu badan mekanikal dari sistem yang terbentuk dari *ultra high strength steel reinforced chassis* dengan suspensi yang termodifikasi sedemikian rupa sehingga kenyamanan dari mobil terjaga. Sistem ini sama sekali tidak terkait sistem yang lain, hanya merupakan chassis yang terkait dengan body melalui suspensi. (kaitan terdekat adalah pertukaran energi dengan roda tetapi tidak terlalu dependen, suspensi hanya dependen dengan disturbansi jalanan).

Bagian komponen yang ditinjau kedua adalah yaw rate, steering angle, dan wheel speed sensor. Ketiga bagian ini terhubung ke dual ECU menggunakan CAN Bus interface untuk mengalirkan data yang kemudian akan digunakan untuk mengontrol ESC Hydraulic Stability Controller untuk mengatur power steering three phase yang mengambil power dari luaran modulator hasil DC-DC Power Conversion System. Kemudian data tersebut juga digunakan untuk mengontrol dengan Traction Control System yang akan mengaktuator Electronic Brake-Force Distribution dan menjalankan Anti-Lock Braking System untuk menjaga yaw rate, steering angle, dan wheel speed pada rentang yang aman. Hasil dual ECU ini juga diberikan pada Onboard Media Control Unit yang menampung seluruh informasi logging dari mobil.

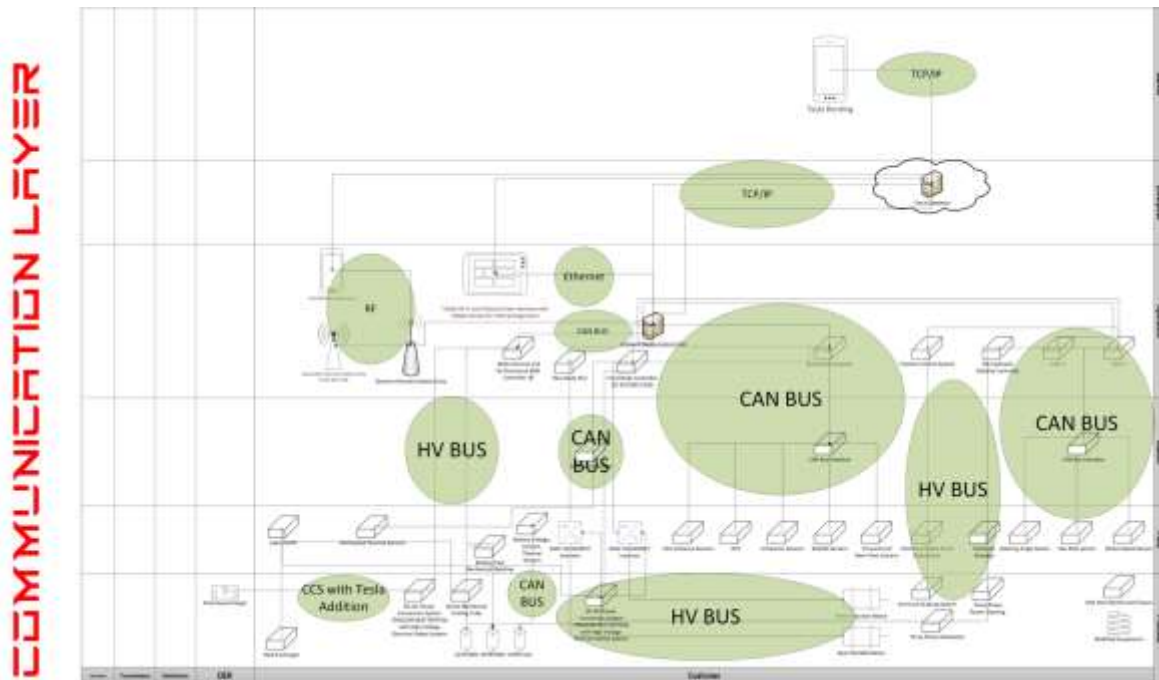
Sub-sistem yang kemudian ditinjau adalah autopilot. Autopilot dikendalikan secara total oleh autopilot computer yang merupakan processor khusus buatan Tesla dengan arsitektur FPGA (Field Programmable Gate Array) khusus untuk mengolah data dari sensor: park distance sensors, GPS, ultrasonic sensors, RADAR sensors, dan forward and rear view camera. Data kemudian diolah oleh autopilot

computer dan hasilnya diberikan pada front body controller dan rear body ECU yang akan mengontrol luaran DC-DC PCS pada 650V SiC MOSFET Inverters untuk motor induction depan dan motor PM-SRM belakang.

Kemudian sistem energi harus ditinjau dari sistem penyimpanan energinya, dalam hal ini adalah baterai dengan 2170 Li-ion NCA Cells buatan panasonic yang dirangkai sedemikian rupa seperti sebelumnya telah dibahas pada laporan tengah semester, terdapat spline membrane cooling tube diantara baterai, dan kemudian baterai dirangkai didalam mechanical stabilizer untuk menahan getaran. Spline membrane cooling tube ini terhubung secara langsung dengan integrated thermal management system yang ada di cabin HVAC dan terhubung langsung dengan heat exchanger melalui pipa cooling keseluruhan kendaraan. Sistem penyimpanan energi baterai kemudian terhubung langsung ke Multi-channel and bi-directional BMS controller sebanyak empat buah yang terdapat di dalam battery pack. Setiap brick baterai juga memiliki kontroler lokal masing-masing yang terhubung dengan kontroler utama. BMS ini kemudian terhubung dengan Onboard Media Control Unit untuk menampilkan hasil BMS melalui Tablet All-in-one Onboard User Interface. Hal yang menarik dari user interface ini adalah kemampuan multifungsinya sebagai display output data onboard, interaksi input user, display data cloud, dan juga keberadaan hidden screen untuk vehicle diagnostics. Pengisian energi pada baterai dilakukan dengan menggunakan Tesla Supercharger secara umum dan diatur pada DC-DC PCS sebelum masuk ke dalam baterai.

Sub sistem terakhir adalah remote keyless entry dan integrasi cloud database untuk berbagai macam penggunaan. Remote keyless entry menggunakan transmitter dan receiver pada kendaraan untuk memberi akses secara otomatis pada kendaraan. Sesuai diagram, hal ini juga dapat dilakukan melalui aplikasi Tesla pada smartphone yang memadai fitur RF.

## C. Lapisan Komunikasi



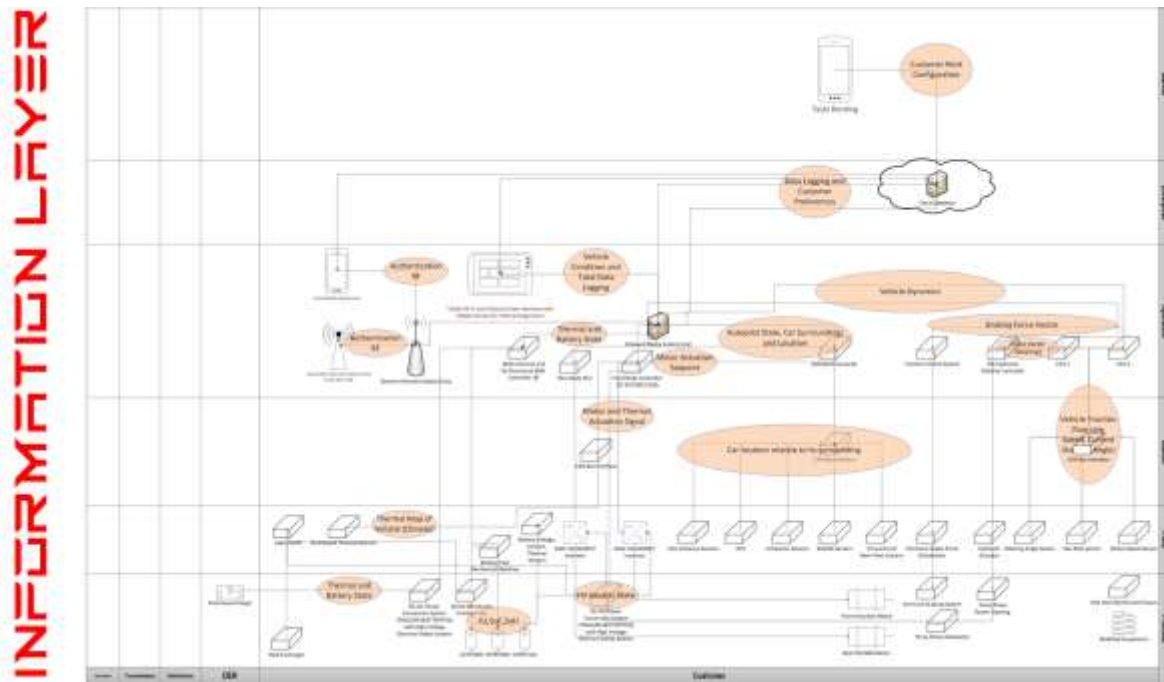
**Gambar 2 Lapisan Komunikasi Tesla Model 3**

Komunikasi pada Tesla Model 3 cukup didominasi menggunakan controlled area network bus (CAN bus) karena sifat robust yang dimiliki CAN bus serta kebutuhan tempat yang minim. CAN bus digunakan pada akuisisi data edge device seperti sensor-sensor oleh kontroler dual ECU, antar baterai dan sensor baterai, antara sensor baterai dan kontroler, serta kontroler dan media control unit. Keunggulan CAN bus juga terdapat pada kemampuan komunikasi dua arah yang dibutuhkan seperti pada BMS.

Selain CAN bus, Tesla Model 3 menggunakan HV bus pada komponen tegangan tinggi untuk mentransfer energi, protokol yang digunakan pada charger CCS dengan sedikit perubahan khusus Tesla, RF untuk Remote Keyless Entry, ethernet untuk mentransfer data dari MCU menuju HMI Tablet, dan TCP/IP untuk akses wireless menuju dan dari cloud. Komunikasi Tesla tidak memiliki hal khusus untuk mengirimkan kembali energi kepada grid seperti V2G communication, namun memiliki arsitektur yang terkhususkan untuk mengurangi jumlah minimum kabel yang dibutuhkan serta peletakkan kabel yang strategis.



## D. Lapisan Informasi



**Gambar 3 Lapisan Informasi Tesla Model 3**

Lapisan informasi dapat terbagi menjadi lapisan informasi konteks bisnis dan lapisan informasi model data. Dalam hal ini tidak dibahas lapisan informasi konteks bisnis karena akan dibahas pada lapisan bisnis secara total, hanya saja dibahas lapisan informasi model data dengan model data bukan merupakan protokol komunikasi tetapi informasi yang dikomunikasikan untuk diolah agar lebih mudah disimpulkan informasi bisnis yang digunakan. Terlihat Tesla Model 3 menggunakan data dasar dari traksi kendaraan berupa yaw rate, speed, current steering angle untuk menjadi input dalam menentukan output power steering dan electric braking. Perhatikan bahwa braking berbeda dengan kendaraan pada umumnya dimana braking utama yang ditunjukkan disini adalah electric braking, karena model arsitektur terpusat pada perbedaan khusus yang dimiliki Tesla Model 3 dibanding mobil listrik lainnya serta cara pengolahan informasi menjadi fungsinya.

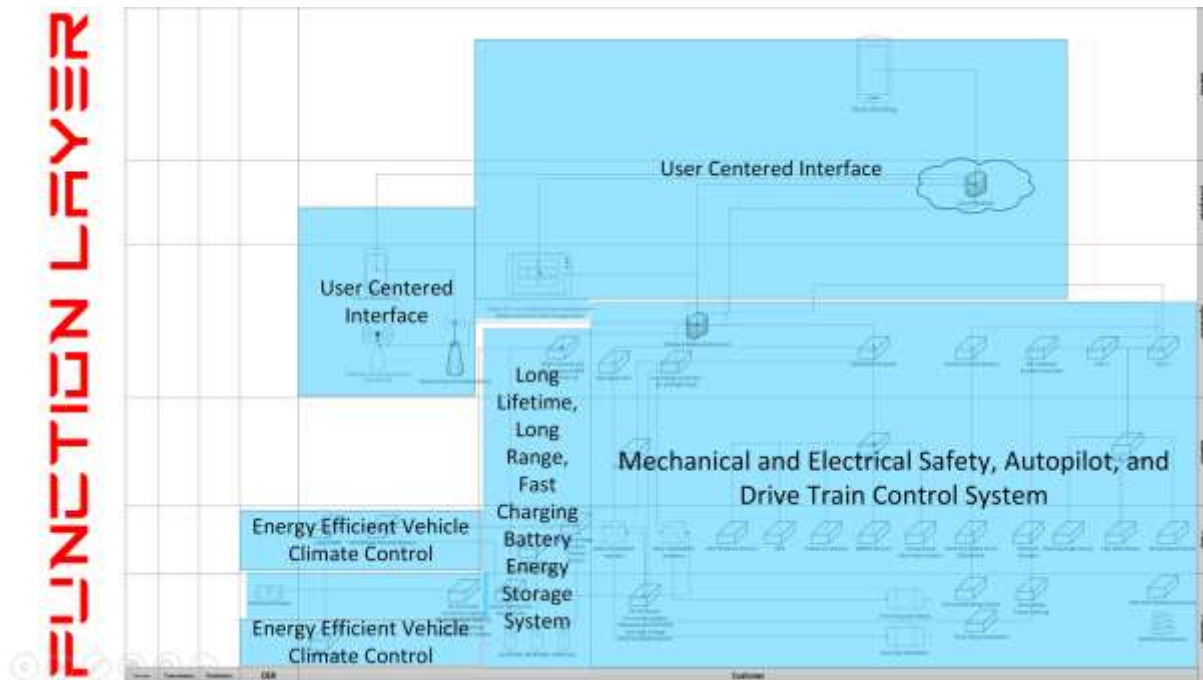
Dari data yang telah diambil secara real-time pada traksi dan telah terjadi pengontrolan oleh rem dan power steering, hasil dinamika kendaraan dikirim menuju MCU untuk di logging dan digunakan oleh sub-sistem lain seperti autopilot. Autopilot menerima data dari sensor ultrasonic, GPS, parking distance, RADAR, dan kamera untuk mendapatkan informasi lokasi serta posisi relatif terhadap lingkungannya. Informasi ini kemudian diolah oleh autopilot computer yang telah memiliki data dinamika kendaraan untuk menyimpulkan bagaimana harus mengaktivasikan sinyal pada motor. Bergantung pada state autopilot, autopilot computer mengaktivasikan sinyal pada inverter dan DC-DC PCS untuk mengeluarkan daya yang sesuai dan sinyal yang sesuai untuk mengaktivasikan kecepatan dan torsi motor yang sesuai dengan yang dibutuhkan.

Selain untuk dinamika pergerakan kendaraan, penjagaan sistem termal juga menggunakan informasi yang diambil dari berbagai macam sensor dan data termal juga akan digunakan oleh sub-sistem lainnya seperti baterai karena memiliki keterikatan yang tidak bebas linear. Informasi pemetaan termal dari kendaraan (climate) didapat dari distribusi sensor termal yang terdapat diberbagai tempat di dalam mobil akan dikirimkan ke kontroler depan dan belakang untuk secara real-time dikontrol. Hal ini tentunya mengimplikasi salah satu pemilihan standar komunikasi CAN Bus yang merupakan komunikasi yang robust dan dapat cukup diandalkan untuk sistem real-time.

Sistem kelistrikan kendaraan umumnya diatur oleh HV electric safety system. Sama seperti pada umumnya, Tesla Model 3 juga bekerja seperti itu, tetapi uniknya Tesla Model 3 memiliki HV electric safety system pada bagian depan dan belakang serta tambahan keamanan 12V untuk redundansi mengatasi kegagalan. Baterai mengirimkan V, I, SoC, SoH ke BMS. BMS mengatur baterai agar efisien dan mengirimkan data termal, V, I, SoC, SoH sebelum diolah ke MCU.

Informasi yang tidak kalah penting adalah informasi yang ditampilkan bagi pengguna pada umumnya. Data tersebut adalah data hasil data logging yang berisi kondisi termal, kondisi baterai, kondisi dinamika kendaraan, dan data lingkungan sekitar mobil informasi tersebut serta preferensi customer. Data yang terakhir adalah data autentikasi RF untuk mengakses fitur yang dimiliki mobil.

## E. Lapisan Fungsi



**Gambar 4 Lapisan Fungsi Tesla Model 3**

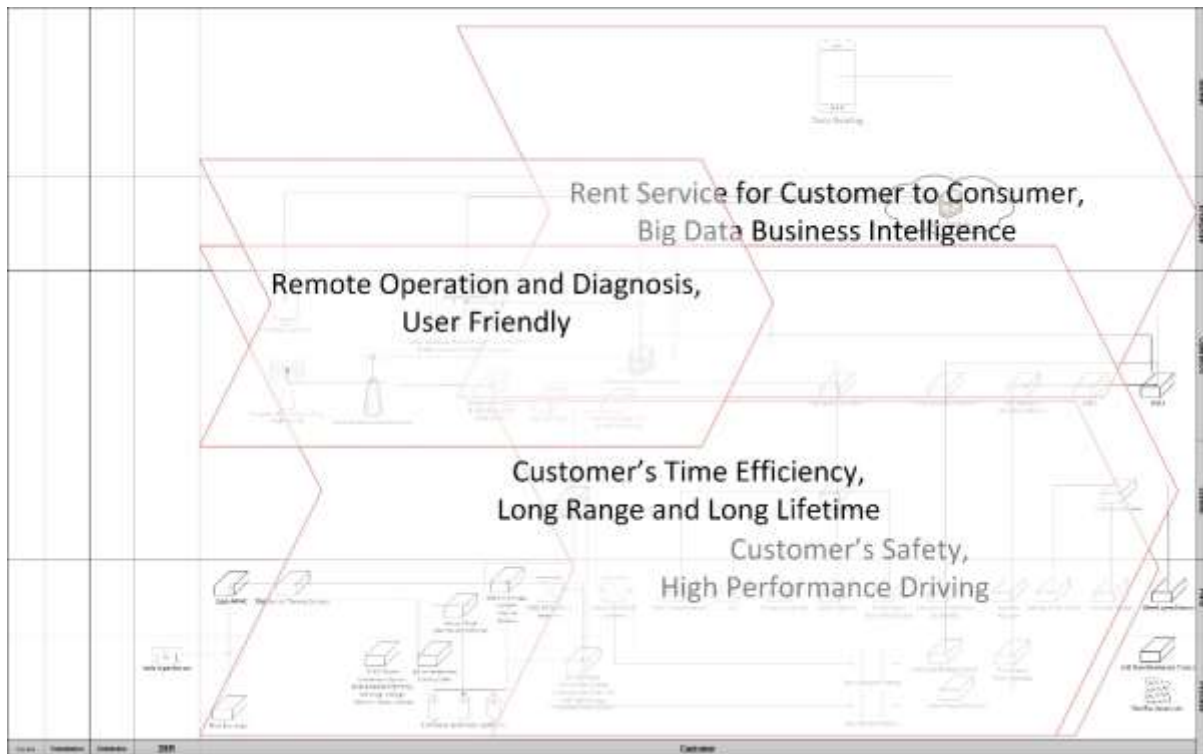
Komponen dari Tesla Model 3 memiliki dominasi keseluruhan fungsi yang seperti umumnya ditemukan pada mobil listrik lainnya yaitu drive train control system namun dengan mechanical dan electrical safety yang sangat diperhatikan. Hal ini membuat Tesla mendapatkan 5-star EURO NCAP safety rating dan dari banyak Lembaga lainnya juga, menjadi mobil paling aman yang pernah dibuat. Tesla juga memiliki fungsi autopilot yang terintegrasi pada drive train control system dan mechanical and electrical safety system sehingga dapat mencapai full self-driving sesuai ketentuan yang ada.

Fungsi lain yang ingin dibentuk Tesla Model 3 adalah long lifetime, long range, fast charging battery energy storage system. Fungsi ini mengedepankan aspek utilisasi baterai yang efektif dan efisien, terdapat pengontrolan untuk tiap sel baterai yang dikontrol juga oleh pengontrol dengan hierarki lebih tinggi untuk redundancy. Komponen untuk fungsi ini juga ber-overlap dengan fungsi energy efficient vehicle climate control karena sistem pendinginan dari seluruh komponen terintegrasi menjadi satu antara baterai dengan climate control kendaraan dan dengan drive train pada level proses.

Fungsi energy efficient vehicle climate control diadakan oleh Tesla Model 3 melalui komponen khusus pengatur distribusi temperatur dalam kendaraan dengan adanya feedback loop dari sensor termal terdistribusi. Aktuasi dilakukan oleh pengontrol utama pada bagian depan, tengah, dan belakang dari mobil untuk bagian yang berbeda. Dalam sistem energy efficient vehicle climate control ini terdapat pendinginan dan pemanasan sehingga tidak disebut cooler atau heater tetapi climate (juga karena dapat mengatur distribusi temperature dan bukan rata-rata).

Fungsi terakhir adalah user centered interface dengan kapabilitas remote access via wireless RF dan TCP/IP. Adanya tablet HMI, Tesla mobile application, dan kunci jarak jauh untuk remote keyless entry, membuat user mampu melakukan remote access dan berinteraksi dengan keseluruhan komponen yang ada melalui MCU yang didisplay dan dapat diinteraksi via HMI.

## F. Lapisan Bisnis



**Gambar 5 Lapisan Bisnis Tesla Model 3**

Terdapat delapan fungsi bisnis utama dari model 3: safety, long range and long lifetime, customer's time efficiency, remote operation and diagnosis, big data business intelligence, rent service for customer to consumer (masih baru akan diimplementasikan), dan high performance driving. Value proposition dari model bisnis Tesla Model 3 adalah built around driver (user friendly), safety, long range and long lifetime, dan high performance driving yang seluruhnya terfokus pada komponen di level proses, station, dan operation mengimplikasi pada tingkat kesulitan manufaktur yang tinggi untuk jumlah produksi yang tinggi. Empat value proposition dari model bisnis Tesla Model 3 ini dapat dilihat pada situs web Tesla Model 3 sebagai core promotion mereka.



**Gambar 6 Safety, Performance, Long Range, Built Around Driver**

Lalu untuk empat fungsi bisnis lainnya yaitu customer's time efficiency, remote operation and diagnosis, big data business intelligence, dan rent service dapat dilihat melalui Tesla mobile application. Dengan adanya Tesla Summon sebagai high-end user interface dari interaksi lapisan fungsional autopilot, mechanical and electrical safety, dan drive control unit, Tesla Model 3 mampu memberikan value time efficiency pada penggunaanya, juga memberikan remote operation dalam semua komponennya (termasuk climate control).

Tesla Model 3 memungkinkan adanya big data business intelligence dari tiap data logging yang sangat banyak pada tiap mobil yang telah diproduksi dengan jumlah sangat banyak. Hal ini mempermudah Tesla untuk melakukan CRM (Customer Relationship Management) dengan jauh lebih mudah dengan adanya data yang sangat banyak hingga maintenance dan service yang prediktif dan efisien melalui diagnosis yang juga dapat dilakukan via HMI.

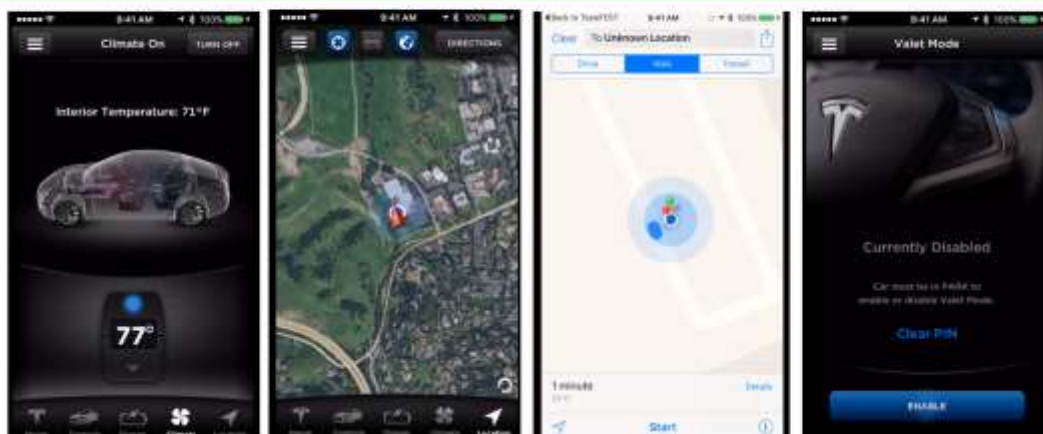
Tesla Model 3 juga membuka kemungkinan full self-driving car renting dengan adanya fitur full autopilot dan remote operation. Pemilik Tesla Model 3 seakan-akan mempunyai mobil yang dapat berkendara dengan sendirinya dan menjadi suatu mobil yang dapat digunakan sebagai ride-sharing dengan monitoring yang ada seperti kamera dalam kabin untuk menjaga keamanan mobil.

# TESLA APP



TESLA

# TESLA APP



TESLA

Gambar 7 Tesla Mobile Application

## G. Pertanyaan dan Diskusi

### 1. Bagaimana sistem pemetaan SGAM Tesla Model 3?

Sebenarnya pada saat waktu presentasi, saya masih bingung karena terdapat banyak sekali subsistem yang memiliki fungsi berbeda-beda seperti mechanical redundancy, autopilot, UI, dan lain-lain. Saat penulisan laporan ini dilakukan, jawaban atas pertanyaan ini turut serta dijawab dengan penjelasan pada bab pendahuluan.

### 2. Apakah Tesla memiliki aplikasi web yang dapat meninjau keadaan kendaraan?

Tidak, Tesla hanya memiliki Tesla mobile application dan onboard HMI untuk meninjau keadaan kendaraan.

### 3. Bagaimana dengan business intelligence yang mungkin dikembangkan Tesla?

Tesla mungkin mengembangkan business intelligence kearah customer relationship management dan maintenance and service. CRM dengan data kendaraan customer yang real-time dan dapat dievaluasi dapat membuat sebuah relationship management menjadi custom made dan data based. Maintenance dan service dapat dilakukan dengan prediktif serta dapat dipersiapkan sebelum terjadi kegagalan. Maintenance dan service juga dapat dilakukan secara real-time dengan bantuan positioning yang mudah ditentukan untuk setiap kendaraan.

### 4. Bagaimana mekanisme rencana Tesla tentang Tesla renting, bagaimana skemanya?

Skema dari Tesla renting ini adalah seperti ride-sharing layaknya uber, grab, gojek, dan lain-lain untuk melakukan utilisasi mobil ketika sedang tidak digunakan, menghasilkan untuk pemilik mobil Tesla Model 3 ini.

### 5. Bagaimana remote operation dari Tesla Model 3? Apa saja alternatifnya?

Tesla Model 3 memiliki alternatif remote operation dari Tesla mobile application dan remote keyless entry. Keduanya sama sama menggunakan RF untuk berkomunikasi untuk remote operation masuk ke dalam mobilnya. Untuk pure remote operation atau menggunakan utilitas mobil dari luar mobil, hanya dapat dilakukan di Tesla mobile application seperti mengatur climate dalam mobil, menggunakan klakson, lampu, dan lain-lain.

### 6. Adakah fitur tambahan dari Tesla yang membuat mobil ini sangat stand out dari mobil yang lain?

Tesla Model 3 seperti Tesla model pendahulu pendahulunya, memiliki banyak "easter egg" khusus yang datang dengan mobilnya, membuat mobil ini tidak sekedar mobil tetapi seperti computer yang berjalan, dapat dimodifikasi sesuka usernya, sebuah "ubuntu berjalan". Contoh easter eggnya adalah permainan pada HMI dashboard, user interactive software seperti "ludicrous mode" dimana pengguna bermain dengan drive unit layaknya drag race.



7. Bagaimana hubungan Tesla Model 3 dengan market? Apa saja marketing yang diadakan terkait komponen dan SGAM ini?

Keunikan Tesla adalah Tesla tidak pernah melakukan marketing secara langsung pada produknya. Mereka berfokus pada membuat produk memiliki utilitas yang tinggi dan kualitas yang tinggi sehingga orang-orang akan membantu melakukan "marketing" dengan atau tanpa mereka sadari karena pengguna memang terpuaskan pada produk tersebut. Pada SGAM kurang terdapat komponen customer dengan market karena customer tidak berinteraksi banyak dengan market setelah mobil tersebut dibeli, hanya banyak interaksi dengan enterprise karena keperluan CRM dan maintenance serta service.

8. Apa saja keunikan dari SGAM Tesla Model 3 dibanding yang lain?

Pada mobil listrik lain, komponen otomasi dan sistem feedback loop dalam kendaraan tidak sebanyak Tesla Model 3. Tesla Model 3 memiliki arsitektur layaknya plant dalam industri proses yang dalam satu lingkungan tersebut seluruh komponen berinteraksi satu sama lain menghasilkan feedback satu sama lain yang mengubah output sistem yang terkait. Hal ini tentu membuat diagram SGAM jauh lebih rumit dan memiliki interkoneksi antar sub-sistem yang jauh lebih banyak.

9. Kenapa SGAM ini terfokus pada domain customer saja?

Karena yang ditinjau hanya Tesla Model 3 sebagai mobil listrik, mengabaikan service Tesla lainnya seperti Tesla Supercharger, Tesla Service Manual, dan lain-lain. Jadi hanya meninjau lingkup dimana produk utama adalah Tesla Model 3.

10. Bagaimana cara membaca SGAM dengan efisien?

Tergantung sistem yang dibentuk arsitekturnya. Dalam kasus Tesla Model 3 ini, lebih mudah meninjau SGAM dari komponen yang dapat ditemukan di dalam mobil terlebih dahulu, lalu mengabstraksi ke komponen yang menunjang di luar mobil. Lalu dilihat interkoneksi antara komponen-komponen serta membacanya dari layer informasi terlebih dahulu karena akan membantu memberikan aliran data pada sistem sehingga akan membuat kita mengerti apa fungsi tiap komponen. Baru setelah itu membaca keseluruhan fungsi dan mengerti detail tentang moda komunikasi pada layer komunikasi. Terakhir kita meninjau sisi bisnis agar paham relasi setiap komponen terhadap tujuan bisnis yang dibawakan pada pengguna.

## **REFERENSI**

**Goodarzi, Gordon A.\_ Hayes, John G - Electric powertrain \_ energy systems, power electronics & drives for hybrid, electric & fuel cell vehicles-John Wiley & Sons (2018)**

**(US9527403B2) Charging station providing thermal conditioning of electric vehicle during charging session**  
<https://patents.google.com/patent/US9527403B2/en>

**(WO2019006204) Multi-channel And Bi-directional Battery Management System**  
<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2019006204>

**(US20190280334) NOVEL BATTERY SYSTEMS BASED ON TWO-ADDITIVE ELECTROLYTE SYSTEMS INCLUDING 1,2,6-OXODITHIANE-2,2,6,6-TETRAOXIDE**  
<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US251449154&tab=ATONALBIBLIO>

**(US20110212356A1) Extruded and Ribbed Thermal Interface for use with a Battery Cooling System**  
<https://patents.google.com/patent/US20110212356A1/en>

**(US7841431B2) Electric vehicle thermal management system**  
<https://patents.google.com/patent/US7841431>

<https://www.tesla.com/model3> (diakses 25 September 2019)

<https://www.teslarati.com/tesla-high-speed-wiring-full-self-driving-safety-patent/>  
(diakses 25 September 2019)

<https://www.inverse.com/article/50894-tesla-model-3-charging-without-charger>  
(diakses 25 September 2019)

[https://cecas.clemson.edu/cvel/auto/systems/regenerative\\_braking.html](https://cecas.clemson.edu/cvel/auto/systems/regenerative_braking.html) (diakses 25 September 2019)

[https://www.researchgate.net/figure/Overall-structure-of-the-regenerative-and-hydraulic-blended-braking-system\\_fig1\\_268389110](https://www.researchgate.net/figure/Overall-structure-of-the-regenerative-and-hydraulic-blended-braking-system_fig1_268389110) (diakses 25 September 2019)

<https://ev-database.org/car/1138/Tesla-Model-3-Long-Range-Dual-Motor#charge-table> (diakses 25 September 2019)

<https://www.youtube.com/watch?v=QW3PmRp7EK8> (diakses 25 September 2019)

<https://www.teslarati.com/tesla-model-3-steering-drivetrain-suspension-secrets-revealed/> (diakses 25 September 2019)

<https://www.carthrottle.com/post/electronic-power-assisted-steering-how-does-it-work/> (diakses 25 September 2019)

<https://electrek.co/2019/04/13/tesla-model-3-longevity-claims-elon-musk/> (diakses 25 September 2019)

<https://tsportline.com/blogs/owners-guide/the-tesla-model-3-wheel-guide> (diakses 25 September 2019)

<https://electrek.co/2017/08/24/tesla-model-3-exclusive-battery-pack-architecture/> (diakses 25 September 2019)

<https://seekingalpha.com/article/3983102-teslas-gigafactory-christmas-july> (diakses 25 September 2019)

<https://www.grin.com/document/341486> (diakses 12 Desember 2019)

<https://www.youtube.com/watch?v=vVFhT-DjnI> (diakses 12 Desember 2019)

<https://www.youtube.com/watch?v=vxMveqqVPbq> (diakses 12 Desember 2019)

<https://insideevs.com/news/338500/first-look-at-hidden-screens-in-tesla-model-3/> (diakses 12 Desember 2019)