

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini dijelaskan mengenai sistem baterai kendaraan listrik, tinjauan umum Sistem Manajemen Baterai (BMS), arsitektur BMS, dan landasan teori yang mendukung perumusan Standar Nasional Indonesia melalui teknik adopsi standar, dan skala likert

2.1. Sistem Baterai Kendaraan listrik

Baterai merupakan perangkat penyimpanan energi yang berfungsi untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui proses elektrokimia reaksi oksidasi-reduksi (Doughty & Pesaran, 2012). Baterai yang digunakan pada kendaraan listrik pada umumnya memiliki perbedaan dengan baterai untuk penggunaan aplikasi lainnya. Perbedaan ini bisa dilihat dari besarnya kemampuan penyimpanan energi dan umur pakai baterai dimana pada baterai kendaraan listrik diperlukan kemampuan energi yang lebih besar dan umur pakai yang lama. Pada umumnya, baterai yang digunakan pada aplikasi kendaraan listrik merupakan baterai sekunder yaitu baterai mampu isi ulang. Sistem baterai terdiri dari 4 komponen utama yaitu sel baterai, baterai pak, sistem manajemen baterai, dan sistem pendingin (Ellingsen dkk., 2013).

2.1.1. Sel Baterai

Sel merupakan bagian paling dasar dari suatu sistem baterai kendaraan listrik. Secara umum sel baterai yang digunakan terdiri dari katoda, anoda, separator, *cell packaging*, elektrolit dan sel elektronik. Katoda merupakan komponen baterai yang berfungsi sebagai tempat pengumpulan ion-ion dan material aktif dan merupakan tempat terjadinya reaksi reduksi (EPA, 2012). Anoda memiliki fungsi sebagai tempat pengumpulan ion-ion dan tempat bagi material aktif (EPA, 2012). Elektrolit merupakan material yang bersifat penghantar ionik yang berfungsi sebagai media untuk mentransfer ion-ion antara katoda dan anoda. Pada sel baterai juga terdapat separator yang terbuat dari material insulator. *Cell packaging* ditentukan berdasarkan tipe bentuk sel baterai. Biasanya *packaging* untuk sel silinder dan prismatic terbuat dari bahan *metal*, *hard plastic* dan *semihard plastic*, sedangkan untuk tipe bentuk *pouch* terbuat dari *soft bag* (Zackrisson dkk., 2010). *commit to user*

2.1.2. Pak Baterai

Menurut IEC 61982 (2012), pak baterai merupakan rakitan mekanikal meliputi sel baterai dan bingkai atau wadah, dan komponen yang memungkinkan untuk manajemen baterai. Komponen pak baterai terdiri atas sel baterai, dan interkoneksi yang memberikan konduktivitas listrik di antara keduanya. Pak baterai sekunder juga berisi sensor suhu, yang digunakan pengisi baterai untuk mendeteksi suhu akhir pengisian.

2.1.3. Sistem Manajemen Baterai

Menurut Andrea (2010), BMS merupakan alat yang digunakan untuk memantau baterai, melindungi baterai, mengestimasi energi yang tersimpan pada baterai, memaksimalkan performansi baterai dan melaporkan keadaan baterai pada pengguna melalui *external devices*. BMS juga diartikan sebagai sistem elektronik yang mengatur baterai mampu-isi-ulang (*rechargeable battery*), pengaturan yang dimaksud seperti perlindungan terhadap baterai, perhitungan data sekunder, pelaporan data pada pengguna, menyeimbangkan keadaan baterai serta mengatur keadaan baterai sesuai lingkungan sekitar

2.1.4. Sistem Pendingin

Sistem pendingin diperlukan dalam sebuah sistem baterai, hal ini disebabkan suhu baterai perlu dijaga dari panas berlebih (*Overheating*) agar kinerja baterai lebih efisien serta tidak terjadi internal *shortcircuit* yang dapat menyebabkan baterai meledak (Doughty & Pesaran,2012). Radiator aluminium adalah komponen utama dari sistem pendingin. Untuk media panas konvektif, sistem pendingin mencakup pendingin glikol, yang terkandung di dalam manifold aluminium. Klem dan pengencang yang terbuat dari baja serta alat kelengkapan pipa plastik dan karet digunakan untuk penyegelan. Konduktivitas termal dipastikan lebih lanjut dengan penggunaan pad celah termal yang terbuat dari pengisi dan polimer bertulang *fiberglass*.

2.2. Gambaran Umum BMS

Dalam pengoperasian baterai bisa mengalami kesalahan-kesalahan tertentu seperti penggunaan baterai pada tegangan rendah atau pada keadaan pengosongan berlebihan (*overdischarge*) yang dapat mengakibatkan terjadi reduksi elektrolit

yang menghasilkan gas dan dapat memicu kebakaran yang berpotensi menimbulkan risiko keamanan lainnya (Lu dkk., 2013). Selain itu, menurut Lu dkk. (2013) kesalahan lainnya yang mungkin terjadi yaitu baterai sekunder berada pada kondisi tegangan yang tinggi atau pengisian secara berlebihan (*overcharge*) yang dapat menyebabkan panas pada baterai meningkat. Salah satu cara mengatasi hal tersebut dapat menggunakan suatu perangkat yaitu Sistem Manajemen Baterai (BMS). BMS adalah perangkat elektronik yang mengelola pengisian ulang baterai (sel atau pak baterai) serta memantau keadaan baterai, menghitung data sekunder, melaporkan data baterai, melindungi baterai, mengatur kondisi sekitar baterai, dan/ atau menjaga keseimbangan baterai. BMS digunakan untuk alasan keamanan penggunaan baterai elektronik. Pada Gambar 2.1 ditunjukkan produk BMS.



Gambar 2.1 Produk BMS

Sumber : <https://www.ev-power.eu/Battery-Management/BMS123-Smart/123-Smart-BMS-Complete-Set-4-cells-with-Bluetooth-4-0.html>

BMS juga didefinisikan sebagai kombinasi dari sensor, kontroler, *communication*, dan *hardware* komputasi dengan software algoritma yang didesain untuk mengetahui maksimum arus *charge-discharge* dan estimasi *State of Charge* (SOC) dan *State of Health* (SOH) baterai (Young dkk., 2013). SOC didefinisikan sebagai sisa kapasitas baterai dan dipengaruhi oleh kondisi operasi seperti beban arus dan temperatur sedangkan SOH merupakan perbandingan kapasitas maksimum *charge* setelah penggunaan dengan kapasitas maksimum *charge* saat masih baru. *commit to user*

BMS konvensional memiliki 2 fungsi utama yaitu monitor dan perlindungan (Zhu, 2011). Fungsi monitor berkaitan dengan pengukuran arus, tegangan *cell* dan temperatur, sedangkan fungsi perlindungan berkaitan dengan sistem *switching on/off* bergantung pada kondisi yang ada. Adapun fungsi dari Sistem Manajemen Baterai (Magatrika UGM, 2013) lainnya yaitu:

- a. Kemampuan untuk memonitor parameter yang ada di baterai (*Data monitoring and acquisition capability*), sebagai contoh untuk mendeteksi arus dan tegangan pada baterai, mendeteksi suhu baterai, kemampuan untuk menyimpan informasi yang penting pada baterai.
- b. Kemampuan untuk memprediksi level energi atau kapasitas baterai terpakai (*State of Charge prediction capability*). Kemampuan untuk mendeteksi level energi (SOC) pada baterai sangat menentukan optimalnya pengoperasian mobil listrik. Selain itu juga dapat diketahui kapan diperlukan waktu pengisian ulang dan berhenti mengisi ulang sehingga dapat mengurangi reaksi kimia yang tidak dapat balik sehingga dapat memperpanjang umur pakai baterai.
- c. Kemampuan untuk memutus dan menyambung baterai dari beban (motor) dan dari *charger* jika terjadi keadaan yang luar biasa secara otomatis (*Automatic switching capability*). Dengan kemampuan ini diharapkan baterai akan berada dalam mode pengoperasian yang aman sepanjang waktu. Kejadian luar biasa yang akan memicu pemutusan otomatis misalnya keadaan sudah terisi penuh (*fully charged*), keadaan sudah SOC hampir nol (*almost fully discharged*), beban lebih yang menyebabkan *overcurrent* atau *overheated*.
- d. Menghitung beberapa karakteristik pengisian seperti Pengisian arus maksimum sebagai nilai batasan arus pengisian atau *Charge Current Limit* (CCL), arus pengosongan/*discharge* maksimum sebagai nilai batasan arus pengosongan atau *Discharge Current Limit* (DCL), total energi yang dikirimkan sejak pertama kali dioperasikan dan total lamanya waktu operasi baterai sejak pertama kali operasi.

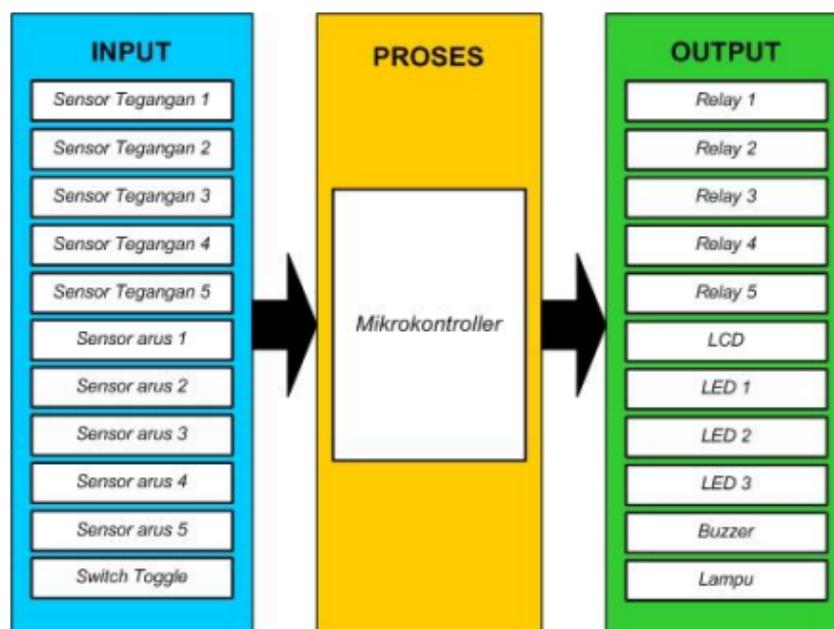
2.3. Arsitektur BMS

Berdasarkan beberapa literatur, diketahui bahwa sistem manajemen baterai memiliki 2 topologi yang utama yaitu terpusat dan modular (Alvarez dkk.,2017). Perbedaan yang mendasar antara sistem terpusat dan modular terdapat dalam mekanisme kontrol terhadap baterai dimana pada terpusat hanya terdapat satu unit BMS dalam sistem baterai yang berfungsi untuk mengontrol aktivitas secara keseluruhan. Topologi terpusat digunakan karena sederhana, dapat digunakan untuk kebutuhan tertentu, dan hemat biaya namun hanya dapat digunakan pada skala terbatas (tidak dapat digunakan pada sistem yang besar). Sistem terpusat ditetapkan hanya sesuai untuk aplikasi 200 volt ke bawah.

Arsitektur BMS terdiri atas sistem hardware dan software, berikut merupakan penjelasan dari 2 arsitektur tersebut.

2.3.1. Desain Hardware BMS

Desain *Hardware* BMS secara umum terdiri dari beberapa perangkat seperti sensor, mikrokontroler, relay dan LCD terkadang juga dilengkapi dengan lampu LED dan buzzer sebagai tanda peringatan dan bahaya (wijaksana & Subandi, n.d) Secara lengkap desain *hardware* BMS ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Desain *Hardware* BMS

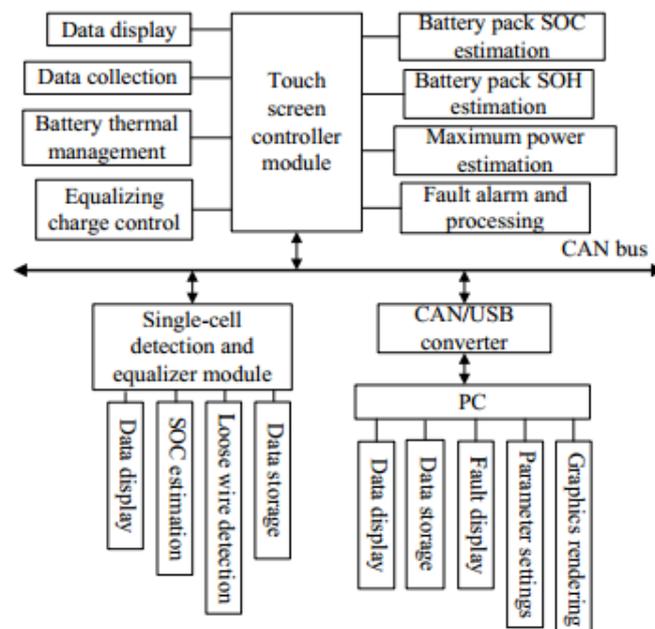
Sumber : wijaksana & Subandi (n.d)

commit to user

Berdasarkan gambar 2.2 diketahui pada bagian input terdapat beberapa sensor dan *switch toggle*. Sensor tegangan dan sensor arus berguna untuk mendapatkan nilai tegangan dan arus pada masing-masing akumulator. Mikrokontroler berguna untuk mengkonversi data analog menjadi data digital dan akan diproses lebih lanjut sesuai program yang dibuat. Relay 1-4 akan berfungsi sebagai pemutus pengisian baterai ketika kondisi baterai penuh dianggap terpenuhi, sedangkan relay 5 akan berfungsi sebagai pemutus baterai ketika kondisi baterai dianggap habis. Selain menampilkan kondisi baterai pada LCD, buzzer dan led juga digunakan sebagai indikator dan peringatan baterai sedangkan lampu dioperasikan berdasarkan kondisi pada *switch toggle*.

2.3.2. Desain Software BMS

Arsitektur desain software BMS harus mampu melaksanakan fungsi antara lain menerima informasi tegangan, temperatur, informasi SOC dan memproses data seperti *timing acquisition total voltage* dan total arus dalam baterai pak, dan mengirim informasi arus untuk *single-cell detection module* seperti arus, tegangan, suhu dan informasi lainnya, nilai SOC dan estimasi SOH serta *equalizing charge*.(Hu,Wu,Tu,&Fan,2011). Berikut adalah gambar struktur software BMS.

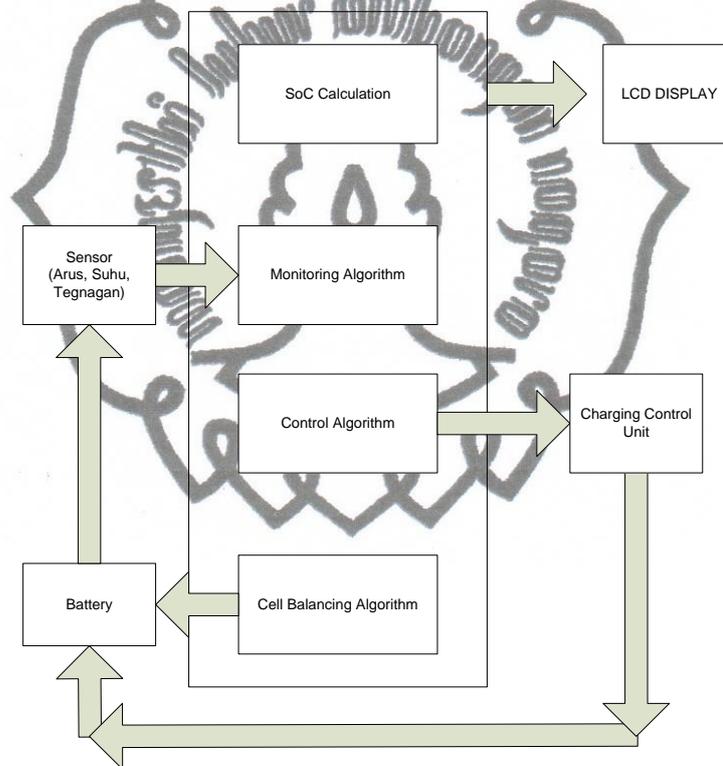


Gambar 2.3 Struktur Software BMS

commit to user

2.3.3. Blok Diagram BMS

Struktur blok diagram BMS disajikan dalam gambar 2.3. Blok diagram tersebut juga mengontrol display status baterai, sebagai contoh LCD dapat menampilkan status ketika “baterai lemah”. Blok diagram terdiri dari kontroler, sistem pengisian, sensor masukan, baterai dan LCD Display. Kontroler menggunakan algoritma dalam mengontrol pengisian dan *cell balancing*. Algoritma monitoring akan memonitor tegangan baterai, arus pengisian, dan tingkat SoC Baterai. *Charging control algorithm* mengendalikan tegangan pengisian, dan arus yang dibutuhkan. *Cell balancing algorithm* berfungsi untuk mengendalikan tegangan sel baterai yang tidak *balance*.



Gambar 2.4 Blok Diagram BMS
Sumber : Namith T. & Shankpal (2012)

2.4. Pengukuran Paramter BMS

Pengukuran parameter baterai adalah salah satu cara bagi BMS untuk mengetahui status baterai. Pengukuran parameter baterai EV secara real-time dalam BMS meliputi tegangan sel baterai, suhu, arus, voltase dan isolasi pak, dan lain lain. Berikut adalah mekanisme yang biasa digunakan dalam pengukuran parameter baterai.

commit to user

2.4.1. Pengukuran Tegangan

Pengukuran tegangan sel merupakan salah satu parameter yang paling penting dalam kinerja baterai eksternal dan kondisi baterai sangat bergantung padanya (Jiang&Zhen,2015). Pada pengukuran tegangan perlu dipertimbangkan masalah interferensi dan isolasi tegangan rendah, biaya, ketepatan perlu dipertimbangkan dengan cermat. Ada beberapa metode yang digunakan dalam pengukuran tegangan untuk baterai. Metode yang biasa digunakan yaitu skema diskrit dan integratif. Skema diskrit terdiri dari rangkaian sampel dan *hold*, *strobe* dan sirkuit konversi digital analog, yang dibuat dari komponen diskrit dan chip AD. Metode pengukuran utamanya adalah pembagian hambatan, relay switching, dan metode distribusi pengukuran. Sedangkan pada metode integratif dilakukan dengan chip pengukuran voltase terintegrasi seri untuk kendaraan listrik. Chip ini umumnya mengintegrasikan sirkuit sampel, *hold*, *strobe* dan analog digital converter (ADC), kontrol keseimbangan dan rangkaian suhu secara bersamaan.

Pada metode pembagian hambatan, tegangan sel baterai yang terkoneksi seri diubah menjadi tegangan ground pembagi hambatan. Pada metode ini akurasi semakin menurun ketika semakin banyak baterai yang terkoneksi secara seri. Secara matematis cara mengukur tegangan baterai menggunakan pembagi hambatan di tunjukan dalam persamaan 2.

$$\begin{aligned} U'_{Bn} &= U'_n - U'_{n-1} & (2.1) \\ &= (U_n - U_{n-1}) + \lambda(U_n \pm U_{n-1}) \\ &= UBn + \lambda(U_n \pm U_{n-1}) \end{aligned}$$

Dimana λ = error pengukuran tegangan

U_{Bn} = Tegangan Baterai

U'_{Bn} = Tegangan hasil pengukuran

Pada skema *relay switching*, tegangan dari masing masing baterai ditransfer ke masing masing unit sensor. Meski tegangan yang ditansfer merupakan tegangan *non-ground* namun tegangan tersebut dapat dianggap sebagai sinyal ground yang umum karena hanya satu relay yang terhubung pada saat bersamaan.

Metode distribusi pengukuran dilakukan dilakukan dengan skema beberapa baterai berbagi satu modul pengukuran. Dengan peralihan saluran, setiap teganga

sel dapat dimasukkan ke modul pengukuran sehingga tidak ada masalah yang mendasar.

Selain pengukuran tegangan sel baterai, pengukuran tegangan total juga dapat digunakan untuk mengetahui kapasitas baterai secara keseluruhan. Meskipun tegangan total dapat diperoleh dengan menjumlahkan tegangan semua sel, namun cara tersebut tidak dapat serta merta dilakukan. tegangan total umumnya menggunakan pembagi resistensi, kemudian menggunakan ADC eksternal untuk pengambilan sampel. Diperlukan tambahan isolator antara rangkaian sampel dan CPU untuk menghindari tegangan tinggi yang memecahkan sirkuit pengukuran. Sirkuit yang terisolasi bisa diletakkan di depan chip ADC untuk membuat isolasi analog dan bisa juga diletakkan di belakang chip ADC untuk membuat isolasi digital.

2.4.2. Pengukuran Arus

Arus pengisian atau pengosongan merupakan gambaran mengenai energi transfer eksternal dan juga basis penting pengelolaan energi BMS. Pengukuran tersebut berguna untuk menyediakan data untuk memperkirakan SOC, dan untuk pengendalian pengisian dan pengosongan oleh BMS.

2.4.3. Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu adalah pemantauan *real-time* dari suhu operasi pak baterai. Metode pengukuran yang umum digunakan yaitu penggunaan *termocouple*, *metal thermal resistance temperature detector*, *thermistor*, *analog integrated temperature sensor* dan *intelligent temperature sensor*. Berikut adalah penjelasan untuk masing masing metode pengukuran suhu.

- *Termocouple*, metode ini sering digunakan pada pengukuran suhu. Hal ini disebabkan beberapa keuntungan dari penggunaan metode ini yaitu jangkauan pengukuran yang lebar, kinerja stabil, respon dinamis yang baik, kesalahan pengukuran yang kecil dan sinyal transmisi jarak jauh 4-20 mA, kontrol otomatis yang mudah dioperasikan serta kontrol terpadu. Prinsip kerja didasarkan pada efek termoelektrik dimana jika dua konduktor atau semikonduktor yang berbeda dihubungkan ke dalam satu lingkaran dan dua titik kontak memiliki suhu yang berbeda, maka daya termoelektrik diproduksi dalam lingkaran. Tegangan output termokopel tergantung pada

perbedaan suhu antara ujung panas dan dingin. Pada aplikasi penggunaannya perlu ditambahkan kompensasi suhu, menggunakan filter tertentu untuk pembesaran sirkuit dan desain sirkuit deteksi suhu di area yang dingin. Semakin banyak titik yang harus diukur maka sambungan kabel akan semakin kompleks dan dapat mengurangi keandalan sistem.

- *Metal thermal resistance temperature detector thermistor*, biasa digunakan pada area dengan suhu rendah sampai sedang. Prinsip kerja didasarkan pada resistansi konduktor atau semikonduktor akan berubah seiring perubahan suhu. Sebagian besar material logam yang digunakan untuk detector panas adalah logam murni seperti platina dan tembaga. Kelebihan utama detektor ini yaitu sinyal transmisi jarak jauh, sensitivitas tinggi, stabil, dan akurasi yang tinggi. Meski memiliki kelebihan, metode ini memiliki kekurangan yaitu ukuran besar, inersia thermal besar, dan respon rendah.
- *Thermistor* merupakan perangkat pengukuran suhu yang terdiri dari semikonduktor padat dengan koefisien temperatur resistansi tinggi. Menurut koefisien temperatur, termistor dikelompokkan menjadi dua jenis: koefisien koefisien temperatur positif (PTC) dan resistor koefisien temperatur negatif (NTC). Kelebihan metode ini yaitu sensitivitas tinggi, ukuran kecil, stabilitas yang baik, kemampuan overload yang kuat, kecepatan respon tinggi, dan delay kecil. Namun, ia memiliki akurasi yang buruk. Sehingga metode ini digunakan pada pengukuran dengan akurasi yang rendah.
- *Analog integrated temperature sensor* merupakan sensor terintegrasi yang terbuat dari semikonduktor silikon, juga disebut sensor silikon atau sensor suhu terpadu monolitik. Sebuah Sensor suhu terintegrasi analog adalah IC khusus yang mengintegrasikan sensor suhu menjadi satu keping. Ini bisa menyelesaikan pengukuran suhu dan mengeluarkan sinyal analog. Sinyal output dari sensor suhu terintegrasi analog meliputi arus, tegangan, frekuensi, dan sebagainya. Kelebihan yang dimiliki yaitu harga murah, kecepatan respon cepat, transmisi jarak jauh ukuran kecil dan daya rendah.
- *Intelligent temperature sensor* (Sensor suhu cerdas), Merupakan integrasi antara sensor suhu, sirkuit perifer, ADC, mikrokontroler dan sirkuit antar muka menjadi satu chip, dengan kemampuan mengukur suhu dan

berkomunikasi dengan mikroprosesor. Sensor suhu cerdas dapat mengeluarkan data suhu dan suhu relatif kontrol data Ini memiliki karakteristik bagus, seperti akurasi pengukuran tinggi, waktu konversi cepat kemampuan program, multipoint pengukuran secara paralel, pengukuran yang mudah digunakan dan mudah diinstalasi

Berdasarkan skema pengukuran tersebut, terdapat perbedaan output pengukuran yang disebabkan perbedaan akurasi pengukuran. Berikut merupakan perbedaan akurasi untuk skema pengukuran suhu diatas.

Tabel 2.1 Perbedaan Akurasi Pengukuran Suhu Baterai

Scheme	Range (°C)	Error (°C)	Processing circuit	Positioning
Thermocouple	0–1600	±1	Filter and amplification AD conversion	Inconvenient
Thermal resistance	-200 to 600	<1	Filter and amplification AD conversion	Inconvenient
Thermistor	-50 to 400	<1	Filter and amplification AD conversion	Inconvenient
Analog integrated temperature sensor	-40 to 150	<5	Filter and amplification AD conversion	Inconvenient
Intelligent temperature sensor	-40 to 150	<3	Not required	Convenient

(Sumber : Jianping & Zhen, 2015)

2.5. Estimasi SOC

Estimasi SOC dengan akurasi yang tinggi memberikan informasi tentang sisa energi yang berguna, dan dapat digunakan acuan dalam mengevaluasi keandalan baterai “(Hannan dkk,2017). Beberapa metode untuk memperkirakan SOC telah diperkenalkan sejak tahun 1980an, namun definisi yang tepat belum dijelaskan karena pemahaman SOC memerlukan analisis lebih lanjut. Metode yang paling klasik untuk memperkirakan SOC adalah integrasi arus, yang mengungkapkan rasio kapasitas arus yang tersedia terhadap kapasitas nominal. Berikut rumus matematis untuk menentukan besarnya SOC

$$SOC = 1 - \int \frac{idt}{C_n} \quad (2.2)$$

Dimana I = Arus Baterai

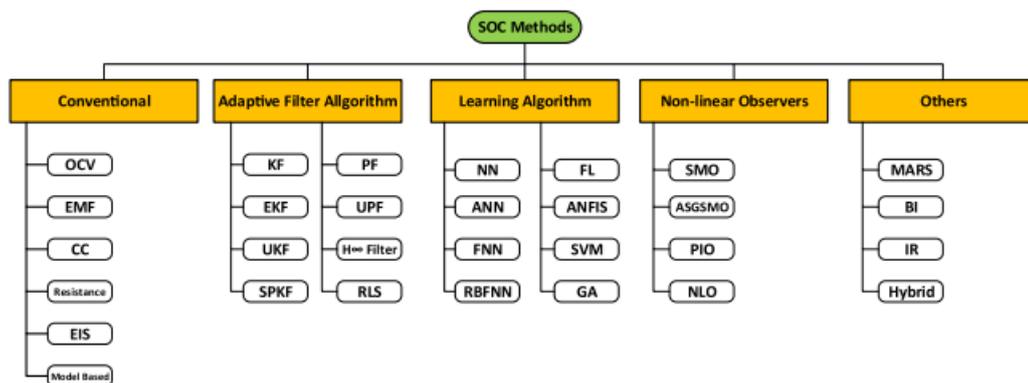
- t = Waktu
- Cn = Kapasitas Nominal

Karena variasi beban eksternal dan reaksi kimia baterai, kapasitas nominal menurun secara bertahap dari waktu ke waktu, yang mana menyebabkan karakteristik degradasi baterai non-stasioner dan tidak linier. Selain itu, kesalahan estimasi SOC yang besar dapat terjadi karena akumulasi di pengukuran terminal, sehingga perlu mengkalibrasi ulang nilai dari waktu ke waktu. Cara lain untuk mendefinisikan SOC dengan efek efisiensi coulombik yaitu rasio energi yang dibutuhkan untuk pengisian energi pemakaian yang dibutuhkan untuk mendapatkan kembali kapasitas awal. Yang dinyatakan sebagai berikut.

$$SOC = 1 - \int \frac{i \cdot \eta dt}{C_n} \tag{2.3}$$

- Dimana I = Arus Baterai
- t = Waktu
- Cn = Kapasitas Nominal
- η = efisiensi coulombic

Berdasarkan studi literatur diketahui beberapa metode untuk mengestimasi SOC berdasarkan beberapa pendekatan seperti konvensional, adaptive filter algorithm, learning algorithm, non linear observer dan lainnya . Adapun metode tersebut disajikan dalam gambar berikut :



Gambar 2.5 Pembagian Metode Estimasi SOC

Sumber : (Hannan dkk, 2017)

Mengembangkan dan menerapkan manajemen baterai lithium-ion dengan estimasi SOC dalam aplikasi EV telah menjadi tantangan utama karena adanya reaksi elektrokimia yang rumit dan penurunan kinerja dari waktu ke waktu yang disebabkan oleh berbagai faktor internal dan eksternal. Selanjutnya, sebagian

besar eksperimen baterai yang ditentukan dilakukan di lingkungan laboratorium dengan tegangan standar, batas arus, dan variasi suhu rendah. Namun, sangat sedikit penelitian mempertimbangkan operasi baterai dalam kondisi yang berbeda seperti hujan deras, iklim yang panas dan lembab, cuaca dingin serta getaran dari jalan yang tidak rata. Selain itu, ketidakseimbangan sel, proses penuaan baterai, suhu, karakteristik histeresis dinamis, *selfdischarge*, tingkat charge-discharge adalah faktor lain, yang bertanggung jawab untuk penurunan kinerja baterai. Para peneliti telah mengusulkan berbagai model baterai untuk memperkirakan SOC; Namun, setiap model memiliki keterbatasan informasi untuk penggunaan kendaraan listrik. Berikut merupakan besarnya nilai error untuk masing masing metode estimasi SOC tersebut

Method	Author	Avg. error
OCV	Truchot et al.	Unspecified
EMF	Waag and Sauer	$\leq \pm 2\%$
CC	Zhang et al.	$\leq \pm 4\%$
Resistance	Wang and Liu	Unspecified
EIS	Coleman et al.	Unspecified
Model-based	He et al.	$\leq \pm 5\%$
KF	Yatsui and Bai	$\leq \pm 1.76\%$
EKF	Jiang et al.	$\leq \pm 1\%$
UKF	Tiang et al.	$\leq \pm 4\%$
SPKF	Plett	$\leq \pm 2\%$
PF	Gao et al.	Unspecified
He Filter	Zhang et al.	$\leq \pm 2.49\%$
RLS	Eddahech et al.	$\leq \pm 1.03\%$
NN	Affanni	$\leq \pm 4.6\%$
FL	Salkind	$\leq \pm 5\%$
SVM	Alvarez	$\leq \pm 6\%$
GA	Zheng	$\leq \pm 2\%$
SMO	Kim	$\leq \pm 3\%$
PIO	Xu et al.	$\leq \pm 1\%$
NLO	Xia et al.	$\leq \pm 4.5\%$
MARS	Álvarez Antón et al.	$\leq \pm 1\%$
BI	Liye et al.	$\leq \pm 5\%$
IR	Ranjbar	Unspecified
Hybrid	Li et al.	$\leq \pm 2.7\%$
	Xu et al.	$\leq \pm 6.5\%$
	He et al.	$\leq \pm 3.5\%$
	Hu et al.	$\leq \pm 3\%$

Gambar 2.6 Keakuratan Estimasi SOC dari berbagai metode

Source : (Hannan dkk,2017)

2.6. Perkembangan Pasar Produk BMS di Dunia

Perkembangan yang pesat pada permintaan kendaraan listrik di dunia juga berdampak pada peningkatan penjualan BMS serta sistem energi terbarukan (Alvares dkk, 2017). Pasar BMS global dihargai sebesar USD 1.98 Miliar pada

tahun 2015 dan diperkirakan akan mencapai USD 7.25 Miliar pada tahun 2022 dengan rata rata pertumbuhannya mencapai 20,5% (Markets and Markets, 2016). Randall (2016) menyatakan bahwa pendapatan untuk pasar BMS sekitar USD 11,73 miliar pada tahun 2025 dengan laju pertumbuhan 19,9% pada periode 2016-2025.

Saat ini, China merupakan negara dengan pangsa pasar kendaraan listrik paling besar di dunia, tercatat total pasar domestik China untuk BMS yaitu USD 0.65 miliar pada tahun 2015 yang berarti sekitar 32,8% dari pangsa global dimana diperkirakan nilai tersebut akan terus naik mencapai USD 2.24 – 2.40 miliar ditahun 2020 (Alvares dkk, 2017). Selain pasar china, wilayah asia pasik (selain jepang) menguasai pangsa pasar sebesar 29,1% pasar global dan diikuti gabungan Amerika Utara dan Eropa Barat sebesar 40,8% pada tahun 2015.

Perkembangan pasar BMS bersifat kompleks dan bergantung pada karakteristik para pemangku kepentingan seperti ukuran, usia, pendapatan tahunan, posisi geografis, kompetensi inti dan interaksi di antara mereka. Ukuran, usia dan pendapatan perusahaan di dalam pasar ini mungkin menawarkan, misalnya gagasan tentang kemungkinan investasi pada penelitian dan pengembangan. Pemain pasar yang relevan dalam pasar BMS global dikelompokkan menjadi beberapa tingkatan yaitu

1. Produsen Sel Lithium-Ion dan pak baterai: pemain yang relevan adalah produsen sel primer
2. Produsen BMS
3. Pengguna akhir BMS: terutama otomotif, telekomunikasi, jaringan listrik dan energi.
4. Penyedia chip BMS

2.7. Perkembangan Standardisasi BMS di Dunia

Hasil analisis pasar yang dilakukan oleh Alvares dkk (2017) menunjukkan berbagai macam BMS untuk aplikasi otomotif dan memungkinkan untuk dilakukan standardisasi komponen BMS dapat menyebabkan efek skala yang signifikan dan perbaikan biaya lebih lanjut. Dari analisis produk komersial, berikut fitur untuk masa depan, terstandarisasi BMS otomotif seperti:

- a. Arsitektur perangkat keras modular, mampu menangani hingga 1000V pada level pak baterai
- b. Papan pengukuran / IC (CMU) dengan kemampuan menangani kimia sel sampai 5V
- c. Komunikasi CAN,

Perbandingan produk BMS tidak dapat dilakukan secara keseluruhan karena tidak mungkin untuk mengumpulkan informasi teknis yang cukup rinci untuk banyak *Original Equipment Manufacturer* (OEM) BMS dan pemasok BMS untuk BEV dan HEV pada pabrikan Volkswagen, Toyota, Renault-Nissan, dan Tesla. Namun, keberhasilan penerapan standar BMS akan sangat tergantung pada adopsi olehnya pemain pasar besar dan yang berpengaruh. Selama pengembangan BMS untuk kendaraan listrik, ada berbagai aspek yang perlu dipertimbangkan pengoperasian yang aman dari sistem baterai terutama untuk tindakan untuk mengurangi risiko kesalahan komponen atau kekurangan desain ke tingkat yang dapat diterima.

Salah satu standar internasional yang mengatur komponen elektronik dalam kendaraan yaitu standar ISO 26262, yang terdiri dari sekitar 480 halaman, dirumuskan secara sangat komprehensif dan cara umum sehingga bisa digunakan baik untuk pengembangan kendaraan yang lengkap maupun untuk komponen otomotif individu. Hanya sedikit perusahaan yang saat ini menawarkan BMS dengan tingkat integritas keselamatan otomotif tertentu (Alvarez dkk, 2017). Dapat disimpulkan bahwa sulit untuk menerapkan standar ISO yang ada langsung ke BMS. Salah satu alasannya adalah BMS ditawarkan dengan harga yang sangat berbeda sesuai dengan tujuan misalnya kedirgantaraan. Namun, ISO 26262 menuntut agar persyaratan keselamatan dipertimbangkan dan memenuhi konteks aplikasi spesifik. Jika konteks aplikasi tidak secara eksplisit tidak dijelaskan maka pengembangan harus dilakukan diluar konteks aplikasi.

Sampai saat ini, tidak ada standar atau pedoman keselamatan fungsional spesifik untuk pengembangan BMS. Meskipun ada beberapa pedoman umum untuk sertifikasi keselamatan fungsional perangkat elektronik kendaraan yaitu IEC 61508 dan ISO 26262. Menurut Alvarez dkk (2017) standar tersebut belum

cukup untuk memenuhi kebutuhan persyaratan keamanan pengoperasian kendaraan listrik namun hanya berupa langkah suportif dalam proses pembangunan, dan tidak cukup dengan sendirinya mencapai sertifikasi ASIL dari BMS sesuai ISO 26262. Saat ini, dilakukan revisi ISO 26262 untuk memberikan analisis keamanan khususnya bagian perangkat lunak perangkat listrik dan elektronik.

2.8. Standar dan Standardisasi

Standar berasal dari bahasa Inggris yaitu *standard*, yang juga memiliki kesamaan makna dengan *norme* dan *etalon* dalam bahasa Perancis. Istilah *norme* merujuk pada standar dalam bentuk dokumen, sedangkan *etalon* merujuk pada standar fisis atau pengukuran (Badan Standar Nasional, 2009). Standar didefinisikan sebagai spesifikasi teknis atau sesuatu yang dibakukan termasuk tata cara dan metode yang disusun berdasarkan konsensus semua pihak yang terkait dengan memperhatikan syarat-syarat keselamatan, keamanan, kesehatan, lingkungan hidup, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta pengalaman, perkembangan masa kini dan masa yang akan datang untuk memperoleh manfaat yang sebesar-besarnya (PP No. 102 Tahun 2000)

Untuk merumuskan standar, perlu dilakukan standardisasi. Proses standardisasi yaitu proses merumuskan, menetapkan, menerapkan dan merevisi standar, yang dilaksanakan secara tertib melalui kerjasama dengan semua pihak yang berkepentingan (Badan Standar Nasional, 2009). Selain itu dalam UU No. 20 Tahun 2014, standardisasi didefinisikan sebagai proses merencanakan, merumuskan, menetapkan, menerapkan, memberlakukan, memelihara, dan mengawasi standar yang dilakukan secara tertib dan bekerja sama dengan semua pemangku kepentingan. Standardisasi mencakup berbagai bidang seperti bidang industri manufaktur, otomotif, informasi, telekomunikasi, pangan dan lain-lain. Pemberlakuan standardisasi dalam berbagai bidang dilakukan karena standardisasi dianggap memiliki manfaat dan tujuan untuk meningkatkan kualitas hidup manusia.

Di Indonesia, pihak yang berwenang menentukan standar atau Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah Badan Standar Nasional Indonesia (BSN). Hal

tersebut sesuai dengan Keputusan Presiden Nomor 13 Tahun 1997 tentang pembentukan BSN. Pada level internasional ada beberapa lembaga yang berwenang mengatur standar tertentu seperti IEC, ISO, ITU dan CAC. Berikut merupakan penjelasan mengenai lembaga internasional yang mengatur standar. (BSN,2009).

1. ITU (*International Telecommunication Union*)

Merupakan lembaga yang mengatur standar dalam bidang telekomunikasi

2. IEC (*International Electrotechnical Commission*)

Merupakan lembaga yang mengatur standar dalam bidang mesin dan peralatan listrik.

3. ISO (*International Organization for Standardization*)

Merupakan lembaga yang berfungsi untuk mengembangkan, mengkoordinir dan menetapkan standar selain standar kelistrikan untuk mendukung perdagangan global, meningkatkan mutu, melindungi kesehatan dan keselamatan/keamanan konsumen dan masyarakat luas, melestarikan lingkungan serta mendiseminasikan informasi dan memberikan bantuan teknis di bidang standarisasi.

4. CAC (*Codex Alimentarius Commission*)

Merupakan lembaga yang bertugas untuk mengembangkan standar pangan dan teks terkait dalam rangka melindungi kesehatan konsumen dan menjamin praktek yang jujur dalam perdagangan pangan internasional

Badan Standar Nasional (2009) menyebutkan tujuan standarisasi antara lain :

a. *fitness for purpose*

Kemampuan proses, produk atau jasa untuk memenuhi kegunaan yang ditetapkan dalam kondisi spesifik tertentu.

b. *Interchangeability*

Kesesuaian bahwa suatu produk, proses atau jasa dapat digunakan untuk mengganti dan memenuhi persyaratan relevan.

c. *Variety Reduction*

commit to user

Hal ini bertujuan untuk menentukan jumlah ukuran optimum, *grade*, komposisi, *rating*, dan cara kerja untuk memenuhi kebutuhan tertentu.

d. *Compatibility*

yaitu kesesuaian proses, produk atau jasa untuk digunakan secara bersamaan dengan kondisi spesifik untuk memenuhi persyaratan relevan, tanpa menimbulkan interaksi yang tidak diinginkan.

e. Meningkatkan pemberdayaan sumber daya

Pencapaian ekonomi menyeluruh secara maksimum dengan meningkatkan pemanfaatan sumber daya seperti material, modal dan optimasi pemberdayaan manusia.

f. Komunikasi dan pemahaman yang lebih baik

Hal ini berfungsi untuk memperlancar komunikasi antara produsen dan konsumen dan memberikan kepercayaan bahwa produk sesuai dengan persyaratan yang tercantum dalam standar.

g. Menjaga keamanan, keselamatan dan kesehatan

Standardisasi produk untuk menjamin keamanan, keselamatan dan kesehatan bagi pemakainya.

h. Pelestarian lingkungan

Standar yang dirumuskan harus mempertimbangkan perlindungan alam dari kerusakan yang mungkin timbul.

i. Mengurangi hambatan perdagangan.

Standar mencegah adanya hambatan perdagangan non-tarif melalui harmonisasi persyaratan.

Manfaat standardisasi bagi pihak-pihak yang berkepentingan seperti produsen, pemasok, konsumen dan peneliti (BSN, 2009) yaitu antara lain:

1) Bagi produsen

- Memberikan kemudahan dalam membuat prosedur dengan format yang sudah ada;
- Mengefektifkan pemeriksaan dan pengujian serta prosedur pengendalian mutu untuk mengurangi produk yang tak memenuhi spesifikasi (*reject*) dan pengerjaan ulang (*re-working*);

- Memungkinkan pengadaan bahan baku seperti material dan komponen yang dapat dipertukarkan dari stok yang tersedia dengan lebih mudah serta tanpa kehilangan waktu;
- Mengurangi persediaan dan sisa material, komponen dan produk akhir;
- Memfasilitasi pelatihan bagi staf dan operator;
- Mengurangi biaya pada pekerjaan administratif;
- Memfasilitasi pemasaran dan meningkatkan kepercayaan konsumen; dan
- Mendorong tercapainya produktivitas yang lebih tinggi di setiap divisi/departemen, yang berarti pengurangan biaya, harga rendah, penjualan tinggi dan keuntungan lebih besar.

2) Bagi pemasok dan pedagang

- Mengefektifkan pemeriksaan dan pengujian;
- Pengadaan yang lebih mudah;
- Mengurangi investasi di dalam inventarisasi;
- Penyederhanaan pelayanan;
- Pengurangan biaya;
- Fasilitasi di dalam perluasan pasar;
- Fasilitasi di dalam pelayanan pasca penjualan;
- Mempercepat kembalinya modal dan keuntungan investasi lebih tinggi;.
- Standar memungkinkan semua pihak yang terkait untuk menghindari, mengurangi kemungkinan adanya kesalahpahaman yang mendorong ke arah perselisihan perdagangan yang sebenarnya tidak perlu terjadi atau proses peradilan.

3) Bagi konsumen atau pengguna

- Memudahkan pemilihan produk bermutu;
- Mengefektifkan pemeriksaan dan pengujian;
- Pengadaan yang mudah dengan biaya lebih rendah;
- Penyederhanaan pelayanan dan meningkatkan layanan purna jual;
- Mengurangi investasi di dalam inventori;
- Dasar untuk bertransaksi;
- Mengurangi perselisihan dan kesalahpahaman.

4) Bagi ilmuwan

commit to user

- Sebagai dasar penetapan dalam memfasilitasi suatu hasil akhir yang dapat dibandingkan dan diproduksi ulang dalam mengevaluasi produk dan jasa;
- Membantu dalam menentukan spesifikasi dan persyaratan khusus item lainnya;
- Memberikan definisi yang teliti terhadap alat, piranti dan peralatan yang digunakan serta prosedur yang akan digunakan dan harus diikuti dalam teknik evaluasi;
- Sebagai titik awal bahan penelitian dan pengembangan untuk selanjutnya berimbas terhadap peningkatan mutu barang dan jasa.

2.9. Adopsi Standar

Standar Nasional Indonesia merupakan standar yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) dan berlaku secara nasional (BSN, 2009). Adopsi Standar yaitu publikasi SNI berdasarkan standar ISO/IEC yang relevan, memiliki kesamaan status sebagai dokumen normatif nasional, dengan mengidentifikasi setiap penyimpangan dari standar ISO/IEC yang ada.

Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 03 menjelaskan mengenai tata cara pengadopsian standar ISO/IEC menjadi SNI. Hal tersebut dikarenakan dalam penyusunan SNI dianjurkan menggunakan acuan ISO/IEC. Namun, adopsi secara menyeluruh mungkin tidak dapat dilakukan pada kasus tertentu, karena alasan nasional seperti keamanan, perlindungan kesehatan, aspek lingkungan, iklim dan teknologi yang digunakan.

Publikasi SNI berdasarkan standar ISO/IEC yang relevan, memiliki kesamaan status sebagai dokumen normatif nasional, dengan mengidentifikasi setiap deviasi dari standar ISO/IEC yang ada. Perubahan editorial dalam proses adopsi diperbolehkan selama tidak mengubah substansi teknis dan standar aslinya. Untuk membandingkan SNI dengan Standar ISO/IEC yang relevan, perlu ditunjukkan adanya kesetaraan agar hubungan tersebut dapat mudah dengan cepat dimengerti. Klasifikasi tingkat kesetaraan tersebut dibagi menjadi 3 tingkat yaitu: identik, modifikasi dan tidak sama (*not equivalent*) (BSN,2009).

commit to user

Suatu SNI dianggap telah mengadopsi standar ISO/IEC apabila SNI tersebut identik atau modifikasi dari standar ISO/IEC. Pengadopsian secara identik dari standar ISO/IEC menjamin transparansi, yang merupakan dasar untuk memfasilitasi perdagangan.

Ada beberapa tingkat kesetaraan hubungan yaitu:

a. Identik

SNI dikatakan identik dengan standar ISO/IEC bila memenuhi ketentuan yaitu SNI berisikan substansi teknis, struktur dan kata-kata yang sama persis (terjemahan identik), atau SNI berisikan substansi teknis, struktur dan kata-kata yang sama persis (terjemahan identik), walaupun berisi sedikit perubahan editorial.

b. Modifikasi

SNI merupakan modifikasi dari standar ISO/IEC jika mengikuti ketentuan yaitu penyimpangan teknis dibolehkan sepanjang dapat diidentifikasi dan diterangkan dengan jelas dan untuk transparansi dan ketertelusuran, sangat dianjurkan agar SNI hanya mengadopsi dari satu standar ISO/IEC.

c. Tidak sama (*Not Equivalen*)

SNI dinyatakan tidak sama (*Not Equivalen*) dengan standar ISO/IEC jika dalam hal substansi teknis dan struktur serta perubahan-perubahannya belum diidentifikasi dengan jelas. SNI juga dinyatakan tidak sama bila SNI hanya memuat sebagian kecil atau sebagian yang kurang signifikan dari ketentuan standar ISO/IEC. Tingkat kesetaraan tersebut tidak termasuk adopsi. Berikut adalah tabel kategori tingkat kesetaraan dan kategori dari sebuah standar

Tabel 2. 2 Kategori kesetaraan dan singkatan

Kategori kesetaraan	Uraian	Singkatan
Identik	SNI identik dengan standar ISO/IEC jika: a) SNI identik dalam hal substansi teknis, struktur dan kata-kata, atau b) SNI identik dalam hal substansi teknis dan struktur, meskipun mengandung perubahan editorial minimal yang ditentukan pada 4.2. Dalam hal ini "prinsip bolak-balik" terpenuhi.	IDT
Modifikasi	SNI merupakan modifikasi standar ISO/IEC jika penyimpangan teknis, yang diperbolehkan, dapat diidentifikasi dan diterangkan secara jelas. SNI mencerminkan struktur dari standar ISO/IEC, tetapi perubahan pada struktur diperbolehkan, dengan syarat perubahan dalam struktur tersebut memungkinkan mudahnya perbandingan antara kedua standar tersebut. SNI modifikasi juga memuat perubahan yang diperbolehkan dalam kesetaraan identik. Dalam hal ini "prinsip bolak balik" tidak terpenuhi	MOD
Tidak sama/ ekuivalen	SNI tidak sama dengan standar ISO/IEC dalam hal substansi teknis dan struktur serta setiap perubahan yang belum diidentifikasi dengan jelas. Tidak ada kesetaraan yang jelas antara SNI dengan standar ISO/IEC. Kategori kesetaraan ini bukan merupakan adopsi.	NEQ

Sumber : BSN (2009)

2.10. Program Nasional Perumusan Standar (PNPS)

Sebelum sebuah standar dirumuskan maka perlu dilakukan pembentukan Program Nasional Perumusan Standar (PNPS). PNPS merupakan perencanaan perumusan SNI, yang di dalamnya telah ditetapkan judul SNI yang akan dirumuskan beserta pertimbangannya yang dipublikasikan agar dapat diketahui oleh semua pihak yang berkepentingan.

Berdasarkan UU No. 20 Tahun 2014, pihak yang berkepentingan dalam kegiatan perumusan standar dan penilaian kesesuaian yang terdiri atas unsur konsumen, pelaku usaha, asosiasi pakar, cendekiawan, kementerian, lembaga pemerintah non kementerian, dan/atau pemerintah daerah. BSN Menyusun SNI dengan mempertimbangkan arah kebijakan nasional dibidang standardisasi, kebutuhan pasar, perkembangan satndardisasi internasional, kesepakatan regional dan internasional, dan kemampuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Tahapan PNPS digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.6. Proses Pengembangan Standar

Sumber BSN (2009)

Pelaksanaan PNPS diawali dengan tahapan perencanaan. Pada tahap ini diperoleh konsep rancangan SNI yang akan dibuat. Selanjutnya, berdasarkan konsep rancangan SNI tersebut dilakukan *drafting* atau penyusunan SNI yang mengacu pada pedoman penulisan SNI dalam PSN 08 2016. Hasil *drafting* tersebut, selanjutnya dilakukan jajak pendapat.

Dalam menyusun usulan PNPS, panitia teknis/subpanitia teknis memperhatikan dan menjangkau masukan dari berbagai pihak terutama pemangku kepentingan, Masyarakat Standardisasi Indonesia (MASTAN), instansi terkait, serta memperhatikan sumber daya dan target waktu penyelesaian. Setelah PNPS terbentuk maka selanjutnya dilakukan perumusan standar sesuai PNPS tersebut.

Perumusan SNI mengacu kepada prinsip-prinsip pengembangan standar (BSN,2009) yaitu

a) Transparan dan terbuka

Terbuka bagi semua pihak yang berkepentingan untuk mengetahui program pengembangan SNI serta memberikan kesempatan yang sama untuk berpartisipasi

b) Konsensus dan tidak memihak

Memberikan kesempatan bagi pihak-pihak yang memiliki kepentingan untuk mengutarakan pandangannya serta mengakomodasikan kesepakatan oleh pihak-pihak tersebut secara konsensus dan tidak memihak kepada pihak tertentu.

c) Efektif dan relevan

commit to user

Harus mengupayakan agar hasilnya dapat diterapkan secara efektif sesuai dengan konteks keperlunya.

d) Koheren

Sebisa mungkin mengacu pada satu standar internasional yang relevan dan menghindari duplikasi dengan kegiatan perumusan standar internasional agar harmonis dengan standar internasional.

e) Dimensi pengembangan

Mempertimbangkan kebutuhan pemangku kepentingan termasuk usaha kecil dan menengah serta kebutuhan daerah.

Perumusan SNI harus memperhatikan sejumlah ketentuan sebagai berikut.

- b Tidak dimaksudkan atau berpotensi menimbulkan hambatan perdagangan yang berlebihan atau yang tidak diperlukan.
- c Sedapat mungkin harmonis dengan standar internasional yang telah ada
- d Apabila tidak mengacu pada satu standar internasional yang relevan (ada beberapa standar yang digunakan) maka harus dilakukan validasi terhadap hasil rumusan tersebut.
- e Ketentuan sebisa mungkin menyangkut pengaturan kinerja dan menghindarkan ketentuan yang menyangkut pengaturan cara pencapaian kinerja.

2.11. Penulisan SNI

Tata cara penulisan SNI diatur dalam Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08 2007. Prinsip umum yang harus diperhatikan dalam penulisan SNI antara lain tujuan, pendekatan kinerja, homogenitas, konsistensi standar, bahasa, keselarasan SNI dengan standar internasional, dan perencanaan perumusan SNI.

Pengaturan umum pada unsur unsur yang harus ada pada standar ditunjukkan pada tabel dibawah ini. Standar tidak perlu berisi seluruh unsur teknis normatif seperti pada tabel, namun dapat berisi unsur teknis dan normatif yang lain. Unsur unsur teknis dan normatif dan urutannya ditentukan berdasarkan sifat standarnya sendiri.

commit to user

Tabel 2.3 Unsur Unsur pada Standar.

Jenis unsur	Penempatan unsur ^{a)} dalam dokumen	Isi unsur standar ^{a)} yang diperbolehkan
Awal bersifat informatif	Halaman Sampul	Judul Nomor dan Logo SNI
	Daftar Isi Prakata	Uraian Catatan Catatan kaki
	Pendahuluan	Uraian Gambar Tabel Catatan Catatan kaki
Umum bersifat normatif	Judul Ruang lingkup	Uraian Gambar Tabel Catatan Catatan kaki
	Acuan normatif	Acuan berupa standar yang diacu Catatan kaki
Teknis bersifat normatif	Istilah dan definisi	Uraian
	Simbol dan singkatan	Gambar
	Klasifikasi	Tabel
	Persyaratan	Catatan
	Pengambilan contoh	Catatan kaki
	Metode uji	
	Penandaan	
Lampiran normatif	Uraian	
Tambahkan bersifat informatif	Lampiran informatif	Uraian Gambar Tabel Catatan Catatan kaki
	Bibliografi	Referensi Catatan kaki
	Indeks	
Keterangan: ^{a)} Cetak tebal = unsur yang dipersyaratkan harus ada. Cetak tegak = unsur normatif. Cetak miring = unsur informatif.		

(Sumber : PSN 08,2007)

2.12. Pendekatan FACTS

FACTS (*A Framework for Analysis, Comparison, and Testing of Standard*) adalah metodologi yang dikembangkan oleh NIST (*National Institut of Standards and Technology, US Departement of Commerce*) yang dapat digunakan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan standar (witherell,2013). Pendekatan FACTS mempertimbangkan kepentingan seluruh stakeholder terkait, pendekatan ini juga yang menyediakan framework untuk menganalisa, membandingkan dan menguji standar dengan cara strukturisasi dan formalisasi informasi melalui *Zachman framework*. *Zachman Framework* merupakan kerangka yang digunakan untuk memperoleh informasi menggunakan pertanyaan 5W1H, yaitu : *What, How, When, Who, Where, dan Why*.

Pendekatan FACTS ini dapat diaplikasikan pada setiap tahapan siklus hidup standar yaitu pengembangan standar; implementasi standar; dan pemeliharaan standar. Terdapat 3 tahapan utama dalam pendekatan FACTS yaitu analisis, *commit to user*

perbandingan, dan pengujian. Analisis yang digunakan yaitu analisis kebutuhan stakeholder dan analisis teknis. Berikut merupakan penjelasan tiap tahapan pendekatan dalam FACTS

1. Analisis

- Analisis Kebutuhan Stakeholder

Dalam pengembangan standar, diperlukan analisis mengenai kebutuhan standar untuk mengakomodasi semua kebutuhan *stakeholder* terkait standar.

- Analisis Kebutuhan Teknis

Analisis kebutuhan *stakeholder* yang telah terkumpul kemudian diterjemahkan menjadi analisis kebutuhan teknis dengan strukturisasi menggunakan *framework zachman*.

2. Perbandingan Standar

Perbandingan standar dilakukan untuk mengidentifikasi gap dan *overlap* dari setiap standar yang menjadi acuan. Dengan melakukan perbandingan standar dapat diketahui standar mana yang tepat untuk memenuhi aspek aspek teknis yang telah dilakukan.

3. Pengujian Standar

- Verifikasi

Verifikasi dilakukan pada tahap pengembangan dan pemeliharaan, hal tersebut dilakukan untuk menguji apakah telah mencakup semua kebutuhan stakeholder.

- Validasi

Validasi dilakukan pada tahap implementasi, hal tersebut bertujuan untuk menguji apakah produk atau proses telah mampu memenuhi struktur dan operasional dari standar yang dibuat. Validasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan stakeholder seperti laboratorium pengujian, Produsen Baterai, dan produsen kendaraan listrik saat ini untuk memenuhi hal hal atau persyaratan yang diatur pada rancangan standar.

2.13. Skala Likert

Skala likert merupakan skala respon psikometri (sikap) untuk mendapatkan preferensi responden atau tingkat kesepakatan dengan sebuah pernyataan atau

serangkaian pernyataan. Responden diminta untuk menunjukkan tingkat kesepakatan mereka dengan pernyataan yang diberikan melalui skala ordinal (Betram,2007).

Skala likert menggunakan 5 (lima) skala yang menunjukkan tingkatan setuju atau tidak setuju responden terhadap pernyataan. Angka 1 (satu) menunjukkan sikap sangat tidak setuju, hingga angka 5 (lima) menunjukkan sikap sangat setuju terhadap pernyataan yang berkaitan dengan setiap pernyataan kuesioner. Adanya nilai tengah yang bersifat netral untuk memfasilitasi responden yang memiliki sikap moderat terhadap pernyataan yang diberikan (Klopfer dan Medden, 1980, dalam Whidiarso 2013). Tidak disediakannya alternatif tengah akan menyebabkan responden merasa dipaksa untuk memilih alternatif secara bipolar. Keterpaksaan ini akan memberikan kontribusi kesalahan sistematis dalam pengukuran.

Shaw dan Wright (1967 dalam whidiarso 2010) mengemukakan tiga kemungkinan responden memilih kategori tengah, yaitu tidak memiliki sikap atau pendapat, ingin memberikan penilaian secara seimbang, atau belum dapat memberikan sikap atau pendapat yang jelas. Selain itu juga dapat disebabkan oleh sikap ragu, tidak memahami pernyataan dalam butir, respons mereka kondisional, atau bersikap netral, moderat, atau rata-rata. Selain itu, pemilihan kategori tengah menunjukkan keengganan responden untuk memilih arah tanggapan terhadap pernyataan. Skor skala bisa menjadi bias jika responden cenderung memilih kategori tengah, dikarenakan tidak memahami butir dan merasa tidak nyaman dengan pernyataan yang diberikan. Oleh karena itu bagi penyusun skala psikologi diharapkan untuk menyusun butir yang mudah dipahami dan membangun interaksi yang hangat dengan responden agar mereka merasa tidak terintervensi.

2.14. Perkembangan Penelitian mengenai Standardisasi

Penelitian mengenai standardisasi di Indonesia dan dunia sudah banyak dilakukan untuk berbagai sektor. Pada tabel 2.4. merupakan perbandingan penelitian terdahulu tentang standardisasi sebelumnya dengan penelitian saat ini.

Tabel 2.4Perbandingan Penelitian Terdahulu tentang Standardisasi di Indonesia

No	Judul	Peneliti	Metode	Objek Kajian	Hasil
1	A Standardization of The Electrical Metrology Laboratory Competence for DC Voltage Unit (2007)	Hadi Sardjono	Ketertelusuran dan uji banding antar laboratorium metrologi nasional negara lain	Laboratorium metrologi untuk tegangan DC	Penjelasan mengenai kalibrasi ketertelusuran pengukuran tegangan DC di Pusat penelitian KIM LIPI
2	Standardisasi Klasifikasi dan Informasi Spasial Penutup Lahan Berbasis Data Satelit Penginderaan Jauh Optis (2012)	Wiweka Wiweka, Surlan Surlan, Siti Hawariyah	Pendekatan delineasi dan interpretasi visual dan kombinasi warna	Citra digital pandangan sinoptik sumber daya alam Indonesia	Usulan standar untuk terminologi kelas penutup lahan dari hasil klasifikasi citra digital dalam skala 1:100.000, sebagai jalan untuk memfasilitasi pandangan sinoptik sumber daya alam Indonesia. Memberikan usulan standardisasi kelas penutup lahan 8 kelas jenis penutup lahan, yaitu: hutan, semak/belukar, sawah, perkebunan, permukiman kota, permukiman desa, tubuh air, dan lahan terbuka.
3	An Innovative Approach to the Development of an International Software Process Lifecycle Standard for Very Small Entities (2013)	Rory V. O'Connor dan Claude Y. Laporte	<i>Innovative Approach</i>	<i>Software Process Lifecycle Standard</i>	Pengembangan standar ISO / IEC 29110, untuk membantu perusahaan kecil dalam menerapkan standar, seperti menguraikan skema proyek percontohan untuk penggunaan dalam uji coba awal standar

Tabel 2.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu tentang Standardisasi di Indonesia (Lanjutan)

No	Judul	Peneliti	Metode	Objek Kajian	Hasil
4	Implementation Framework for Information Systems Policy for Fraud Control in Credit Unions (2015)	Samuel Lubanga Oronje dan Christopher A. Moturi	Zachman Framework	Regulasi Sistem Informasi	Menghasilkan kerangka kerja Zachman untuk mengimplementasikan kebijakan sistem informasi yang dapat digunakan untuk mengadalkan fraud pada <i>credit unions</i> dengan mempertimbangkan semua kebutuhan pemangku kepentingan
5	Designing Framework for Standardization and Testing Requirements for the Secondary Battery A Case Study of Lithium-Ion Battery Module in Electric Vehicle Application (2016)	Niken Aristyawati, Fakhrina Fahma, Wahyudi Sutopo, Agus Purwanto, Muhammad Nizam, Bendjamin B. Louhenapessy dan Ary Budi Mulyono	FACTS	Modul Baterai LiFePo4	Menyusun persyaratan kinerja dan persyaratan pengujian yang diperlukan dalam SNI modul baterai lithium ion untuk kendaraan listrik
6	The Standard Development for the National Standard of Indonesian (SNI) of the Cell Traction Battery Lithium-ion Ferro Phospate Secondary for Electric Vehicles Applications (2016)	Dana Prianjani, Fakhrina Fahma, Wahyudi Sutopo, Agus Purwanto, Muhammad Nizam, Bendjamin B. Louhenapessy dan Ary Budi Mulyono	FACTS	Sel Baterai LiFePO4	Menyusun persyaratan kinerja dan persyaratan pengujian yang diperlukan dalam SNI sel baterai LiFePO4 lithium ion untuk kendaraan listrik
7	Penelitian saat ini	Penulis	FACTS	Sistem Manajemen baterai	Menyusun persyaratan kinerja dan persyaratan pengujian yang diperlukan dalam SNI BMS untuk kendaraan listrik

