

Battery Charge Controllers untuk sistem fotovoltaik – Kinerja dan fungsi

(IEC 62509:2010, IDT)

Pengguna dari RSNI ini diminta untuk menginformasikan adanya hak paten dalam dokumen ini bila diketahui serta memberikan informasi pendukung lainnya (pemilik paten, bagian yang terkena paten, alamat pemberi paten dan lain-lain)

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Persyaratan fungsionalitas dan kinerja BCC FV	4
4.1 Umum	3
4.2 Penerapan persyaratan	3
4.3 Persyaratan proteksi masa pakai baterai	4
4.3.1 Mencegah arus bocor dari baterai ke pembangkit FV	4
4.3.2 Fungsi dasar pengisian baterai	4
4.3.3 Panduan pengisian	5
4.3.4 Keamanan <i>set-point</i>	6
4.3.5 Kemampuan pemutusan beban	6
4.4 Persyaratan kinerja energi	6
4.4.1 Konsumsi-diri saat siaga	6
4.4.2 Efisiensi BCC	7
4.5 Proteksi dan persyaratan <i>fail safe</i>	7
4.5.1 Kinerja termal	7
4.5.2 Operasi arus lebih	7
4.5.3 Polaritas terbalik pembangkit FV dan baterai	8
4.5.4 Rangkaian terbuka pada terminal baterai (tidak ada koneksi baterai)	8
4.6 Persyaratan antarmuka pengguna	8
4.6.1 Umum	8
4.6.2 Informasi operasional	8
4.6.3 <i>Set-point</i> dan parameter yang dapat diatur pengguna	9
4.6.4 Alarm	9
5 Uji	9
5.1 Kondisi umum uji	9
5.1.1 Penyiapan dan pengondisian awal uji	9
5.1.2 Sumber listrik DC untuk pengujian	10
5.1.3 Pengaturan uji umum	10
5.1.4 Pengaturan uji arus balik	11
5.1.5 Pengaturan uji siklus pengisian daya	12
5.1.6 Efisiensi, kinerja termal, dan pengaturan uji arus lebih FV	14
5.2 Uji proteksi masa pakai baterai	15
5.2.1 Uji arus bocor dari baterai ke pembangkit FV	15
5.2.2 Uji siklus pengisian	16
5.2.3 Uji pemutusan/penyambungan kembali beban	17
5.3 Uji kinerja energi	18

5.3.1 Uji konsumsi-diri saat siaga	18
5.3.2 Uji efisiensi	19
5.4 Uji proteksi dan <i>fail safe</i>	19
5.4.1 Uji kinerja termal	19
5.4.2 Uji proteksi arus lebih FV	20
5.4.3 Uji proteksi arus lebih beban listrik	21
5.4.4 Uji polaritas terbalik baterai	21
5.4.5 Uji polaritas terbalik pembangkit FV	22
5.4.6 Uji rangkaian terbuka baterai	23
5.5 Uji antarmuka pengguna	23
Lampiran A (informatif) Panduan pengisian baterai	25
Gambar 1 – Pengaturan uji umum	11
Gambar 2 – Pengaturan uji arus balik	12
Tabel 1 – Persyaratan untuk konsumsi-diri	7
Tabel A.1 – Panduan <i>set-point</i> pengisian baterai	25

Prakata

SNI IEC 62509:2010, *Battery Charge Controllers untuk sistem fotovoltaik – Kinerja dan fungsi*, merupakan standar yang disusun dengan jalur adopsi tingkat keselarasan identik dari IEC 62509:2010, *Battery charge controllers for photovoltaic systems – Performance and functioning*, dengan metode adopsi terjemahan satu bahasa dan ditetapkan oleh BSN Tahun 2024.

Dalam Standar ini istilah “*this international standard*” dan “*this standard*” diterjemahkan menjadi “Standar ini”.

Standar ini menetapkan persyaratan minimum untuk fungsi dan kinerja *Battery Charge Controller* (BCC) yang digunakan dengan baterai asam timbal dalam sistem fotovoltaik (FV) terestrial. Tujuan utamanya adalah untuk memastikan reliabilitas BCC dan memaksimalkan masa pakai baterai. Standar ini harus digunakan bersama dengan IEC 62093, yang menjelaskan uji dan persyaratan untuk aplikasi instalasi yang dimaksudkan.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 27-08, Energi Surya. Standar ini telah dibahas melalui rapat konsensus 7 Agustus 2024 di Bandung melalui luring dan daring, yang dihadiri oleh para pemangku kepentingan (*stakeholders*) terkait, yaitu perwakilan dari pemerintah, pelaku usaha, konsumen, dan pakar. Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 20 September 2024 sampai dengan 4 Oktober 2024 dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Apabila terdapat keraguan atas terjemahan ini, maka disarankan melihat pada dokumen asli standar IEC 62509:2010 *Battery charge controllers for photovoltaic systems – Performance and functioning* dan/atau dokumen terkait lain yang menyertainya.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari Standar ini dapat berupa hak kekayaan intelektual (HAKI). Namun selama proses perumusan SNI, Badan Standardisasi Nasional telah memperhatikan penyelesaian terhadap kemungkinan adanya HAKI terkait substansi SNI. Apabila setelah penetapan SNI masih terdapat permasalahan terkait HAKI, Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab mengenai bukti, validitas, dan ruang lingkup dari HAKI tersebut.

Battery Charge Controllers untuk sistem fotovoltaik – Kinerja dan fungsi

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan persyaratan minimum untuk fungsi dan kinerja *Battery Charge Controller* (BCC) yang digunakan dengan baterai asam timbal dalam sistem fotovoltaik (FV) terestrial. Tujuan utamanya adalah untuk memastikan reliabilitas BCC dan memaksimalkan masa pakai baterai. Standar ini harus digunakan bersama dengan IEC 62093, yang menjelaskan uji dan persyaratan untuk aplikasi instalasi yang dimaksudkan. Selain fungsi BCC, Standar ini membahas fitur BCC berikut:

- pembangkit fotovoltaik yang mengisi daya baterai,
- kontrol beban,
- fungsi proteksi,
- fungsi antarmuka.

Standar ini tidak mencakup kinerja *Maximum Power Point Tracking* (MPPT), tetapi berlaku untuk unit BCC yang memiliki fitur ini.

Standar ini menetapkan persyaratan fungsional dan kinerja untuk *battery charge controller* dan menyediakan uji untuk menentukan karakteristik fungsi dan kinerja pengendali cas. IEC 62093 digunakan untuk menentukan persyaratan konstruksi untuk instalasi yang dimaksudkan yang mencakup tetapi tidak terbatas pada aspek seperti *enclosure*, kekokohan koneksi fisik, dan keselamatan.

Standar ini ditulis untuk aplikasi baterai asam timbal. Hal ini tidak terbatas pada kapasitas BCC yang dapat diterapkan, tetapi persyaratan peralatan uji bila diterapkan pada BCC dengan arus atau tegangan tinggi, sebagai contoh, lebih besar dari 120 V atau 100 A, mungkin sulit untuk dicapai. Pendekatan ini mungkin berlaku untuk sumber daya lain dan teknologi baterai lain seperti baterai Ni-Cd dengan menggunakan nilai tegangan sel yang sesuai.

2 Acuan normatif

Standar berikut, secara keseluruhan atau sebagian diacu secara normatif dalam dokumen ini dan sangat penting untuk aplikasi ini. Untuk acuan bertanggal, hanya berlaku edisi yang dikutip. Untuk acuan yang tidak bertanggal, edisi terbaru dari dokumen acuan (termasuk amendemen) yang berlaku.

IEC 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols*

IEC 62093, *Balance-of-system components for photovoltaic systems – Design qualification natural environments*

3 Istilah dan definisi

Untuk keperluan standar ini, istilah dan definisi yang tercantum dalam IEC 61836 dan berikut yang berlaku

3.1

battery charge controller (BCC)

perangkat elektronik yang mengendalikan pengisian dan pengosongan baterai dalam sistem energi fotovoltaik. Fungsi pengendali pengisian boleh termasuk sebagai subsistem dalam produk lain

3.2

bulk charge

tahap pengisian awal yang bertujuan memulihkan pengisian baterai secepat mungkin, di mana semua arus pengisian yang tersedia dari pembangkit FV, atau nilai arus maksimum BCC, disalurkan ke baterai

CATATAN Istilah *bulk charge* disebut juga sebagai pengisian daya cepat.

3.3

tegangan bulk

tegangan ambang batas yang digunakan oleh BCC sebagai parameter kendali untuk mengubah mode pengisian daya dari *bulk charge* ke tahap pengisian berikutnya

CATATAN Istilah tegangan *bulk* disebut juga sebagai tegangan cepat.

3.4

waktu tunda bulk charge

lamanya waktu yang diperlukan untuk mempertahankan tegangan *bulk* sebelum terjadi perubahan dari tahap *bulk charge* ke tahap pengisian berikutnya

3.5

arus ekualisasi

arus konstan yang diterapkan ke baterai selama pengisian ekualisasi; normalnya ditentukan oleh rekomendasi pabrikan baterai

3.6

pengisian ekualisasi

tahap pengisian dengan tegangan yang relatif tinggi yang dipertahankan selama waktu yang ditentukan. Kendali pengisian dapat dicapai dengan pengaturan tegangan konstan atau arus konstan atau kombinasi keduanya. Pengisian ekualisasi dimaksudkan untuk menjadikan semua sel ke keadaan pengisian yang sama dan menghilangkan stratifikasi elektrolit dalam *flooded cells* dengan menyebabkannya menghasilkan gas dan mengaduk elektrolit

3.7

tegangan ekualisasi

tegangan yang boleh dicapai baterai selama ekualisasi. Tegangan ini diatur di atas *gassing point* untuk baterai *flooded* dan di bawah tegangan maksimum yang boleh ditahan baterai tanpa mengalami kerusakan

3.8

waktu ekualisasi

waktu dengan tegangan ekualisasi dipertahankan sejak baterai mencapai tegangan ekualisasi, hingga saat pengisian ekualisasi dihentikan untuk memasuki tahap pengisian berikutnya

3.9

float charge

tahap pengisian tegangan konstan dengan baterai dipertahankan pada tegangan di bawah *gassing point* untuk menyelesaikan siklus pengisian dan mengompensasi pengosongan

baterai secara mandiri

3.10

tegangan *float*

tegangan konstan minimum yang diperlukan untuk mengimbangi rugi-rugi internal baterai

3.11

titik pemutusan beban

kondisi (biasanya tegangan baterai) saat terminal beban pengendali pengisian dimatikan untuk mencegah pengosongan baterai yang berlebihan, atau saat sinyal kendali atau alarm dipicu untuk memberi sinyal status pengisian baterai rendah. Ketika kondisinya adalah tegangan baterai, biasanya digunakan singkatan LVD (*Low Voltage Disconnect*)

3.12

titik penyambungan kembali beban

kondisi (biasanya tegangan baterai) saat terminal beban pengendali pengisian dihidupkan kembali agar baterai dapat menyuplai beban, atau saat sinyal kendali atau alarm dimatikan untuk memberi sinyal status pengisian baterai yang memerlukan pasokan dari beban. Ketika kondisinya adalah tegangan baterai, biasanya digunakan singkatan LVR (*Low Voltage Reconnect*)

3.13

adaptif-mandiri

algoritma yang memodifikasi *set-point* pengendalian pengisian berdasarkan penghitungan status pengisian, riwayat pengisian baterai, dll., atau kombinasi dari parameter tersebut

3.14

kompensasi temperatur untuk *set-point* dari akhir tegangan pengisian

koefisien dependen temperatur yang diterapkan pada *set-point* dari akhir tegangan pengisian ketika temperatur baterai berbeda dari temperatur referensi (biasanya 25 °C). Selain koefisien temperatur, kompensasi temperatur normalnya memiliki batas minimum dan maksimum yang sebaiknya dipatuhi (yaitu *set-point* tegangan sebaiknya dibatasi di dalam suatu rentang)

4 Persyaratan fungsionalitas dan kinerja BCC FV

4.1 Umum

Pasal ini menjelaskan persyaratan kinerja dan fungsionalitas untuk *battery charge controller* (BCC) FV. Persyaratan ini dibagi dalam 5 kategori utama:

- Proteksi masa pakai baterai.
- Efisiensi.
- Antarmuka pengguna.
- Fungsi *fail safe*.
- Penandaan dan dokumentasi.

Ketentuan dalam standar ini tidak dimaksudkan untuk menghalangi atau mengesampingkan teknik kendali inovatif yang bertujuan untuk memastikan pengisian baterai yang efektif. Namun hal ini harus dapat diverifikasi melalui pengujian.

4.2 Penerapan persyaratan

Ketentuan persyaratan yang diperlukan memastikan pengoperasian yang andal dan fungsi

proteksi esensial, dan umumnya mudah dicapai bahkan pada BCC murah yang ditujukan untuk instalasi kecil (contoh instalasi modul tunggal pada tegangan ekstra rendah).

Ketentuan persyaratan yang direkomendasikan memastikan pengisian baterai lebih efektif, efisiensi yang lebih baik, masa pakai baterai yang lebih lama, dan fungsi antarmuka pengguna tambahan. Ketentuan ini dimaksudkan untuk menyediakan dan/atau memfasilitasi pengisian baterai dan manajemen beban yang lebih canggih.

4.3 Persyaratan proteksi masa pakai baterai

4.3.1 Mencegah arus bocor dari baterai ke pembangkit FV

BCC harus membatasi arus bocor yang mengalir dari baterai ke pembangkit FV untuk mencegah pengosongan baterai di malam hari. Arus balik yang diperbolehkan dalam sisi FV harus $\leq 0,1\%$ dari arus input terukur BCC ketika tegangan baterai sama dengan rating tegangan.

Kesesuaian harus diverifikasi dengan pengujian sesuai dengan 5.2.1.

4.3.2 Fungsi dasar pengisian baterai

4.3.2.1 Umum

BCC harus menyediakan *set-point* pengisian dan *set-point* pemutusan beban yang sesuai untuk teknologi baterai tertentu atau teknologi yang dimaksudkan untuk digunakan.

4.3.2.2 Lindungi baterai dari pengisian lebih

BCC harus memutuskan atau mengatur arus pengisian untuk menghindari pengisian lebih baterai sesuai dengan *set-point* akhir pengisian yang direkomendasikan pabrikan baterai.

Kesesuaian harus ditentukan dengan pengujian sesuai dengan 5.2.2.

4.3.2.3 Lindungi baterai dari pengosongan lebih

BCC harus mempunyai ketentuan untuk mencegah baterai dari pengosongan lebih, baik dengan memutuskan arus ke beban secara langsung, atau dengan sinyal *trip* yang memungkinkan peralatan eksternal menghentikan arus ke beban, atau dengan alarm.

Jika proteksi pengosongan lebih baterai dicapai melalui alarm yang terdengar atau terlihat yang meminta pengguna sistem untuk memutuskan semua beban atau beban yang tidak penting, hal ini harus dinyatakan dengan jelas dalam buku panduan pengoperasian.

Jika proteksi pengosongan lebih bergantung pada instalasi perangkat eksternal yang memberikan proteksi pengosongan lebih (seperti inverter), fakta ini harus dinyatakan dengan jelas dalam buku panduan instalasi.

Proteksi pengosongan lebih baterai dapat dipicu oleh pengukuran tegangan baterai, perhitungan status pengisian, kombinasi keduanya atau algoritma lainnya. *Set-point* proteksi mungkin dikompensasi dengan arus. *Set-point* proteksi pengosongan lebih baterai harus dapat diverifikasi melalui pengujian. Dokumentasi dan/atau antarmuka BCC harus dengan jelas menentukan algoritma dan kriteria yang digunakan untuk menetapkan *set-point* pemutusan beban dan penyambungan kembali.

Kesesuaian harus ditentukan dengan pengujian sesuai dengan 5.2.3.

4.3.2.4 Akurasi *set-point*

Akurasi pengukuran BCC untuk *set-point* tegangan untuk kendali pengisian harus $\pm 1\%$ atau lebih baik. Untuk pemutusan beban harus $\pm 2\%$ atau lebih baik.

Kesesuaian harus ditentukan melalui uji sesuai dengan 5.2.2 dan 5.2.3.

4.3.3 Panduan pengisian

4.3.3.1 Umum

BCC harus disesuaikan dengan teknologi baterai spesifik untuk tujuan penggunaannya guna memastikan penerapan *set-point* pengisian yang benar. BCC FV dapat menggunakan berbagai metode untuk memastikan pengisian baterai yang benar, persyaratan dalam pasal ini mencakup beberapa solusi yang dimungkinkan dan tidak membatasi solusi lainnya.

4.3.3.2 Tahapan pengisian yang diperlukan

Minimal, *battery charge controller* FV harus memiliki tahap *bulk charging* dan *float charging*.

CATATAN Beberapa pabrikan memberikan nama tahapan pengisian yang berbeda dalam dokumentasinya dibandingkan yang ditentukan dalam standar ini. Kehati-hatian harus dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik pengisian yang tepat untuk setiap unit atau pabrikan dan melakukan acuan-silang dengan terminologi yang digunakan dalam standar ini.

4.3.3.3 Tahapan pengisian yang direkomendasikan

Selain persyaratan dari 4.3.3.2, *battery charge controller* sebaiknya menyediakan pengisian ekualisasi secara berkala ke baterai. Frekuensi pengisian ekualisasi sebaiknya lebih dari 7 hari.

4.3.3.4 *Set-point* pengisian yang dapat disesuaikan

Untuk memastikan sistem pengisian yang benar untuk jenis baterai, *set-point* pengisian sebaiknya disesuaikan atau dipilih secara otomatis melalui penyesuaian *set-point* individual, maupun melalui pemilihan jenis baterai atau deteksi mandiri jenis baterai. Hal ini dapat dicapai dengan cara perangkat keras atau perangkat lunak melalui antarmuka pengguna atau dengan menyesuaikan *set-point* sebagaimana diarahkan dalam buku panduan.

Mode pengisian spesifik yang digunakan bergantung pada teknologi baterai yang ditetapkan. Panduan mengenai *set-point* baterai untuk tujuan pengujian jika informasi tersebut tidak tersedia dari pabrikan diberikan dalam Lampiran A.

Set-point adaptif-mandiri berdasarkan algoritma tingkat lanjut harus mampu untuk diverifikasi menggunakan informasi yang disediakan oleh antarmuka pengguna dan dokumentasi BCC. Tidak ada prosedur uji khusus yang dikembangkan untuk perangkat yang menggunakan teknik canggih ini.

CATATAN *Set-point* yang dapat disesuaikan mungkin tidak diperlukan untuk BCC yang ditujukan untuk aplikasi daya rendah (< 250 W) dan untuk jenis baterai tertentu.

4.3.3.5 *Set-point* pengisian dengan kompensasi temperatur

Tegangan tinggi *bulk*, *float* dan tegangan tinggi lainnya atau *set-point* akhir pengisian sebaiknya dikompensasi dengan temperatur. Kompensasi temperatur, jika disediakan, sebaiknya sesuai dengan rekomendasi pabrikan baterai untuk jenis baterai tertentu. *Set-point*

RSNI3 IEC 62509:2010

yang dikompensasi dengan temperatur harus dapat diidentifikasi dari dokumentasi pengendali pengisian.

CATATAN Pabrikasi baterai asam timbal biasanya menetapkan koefisien kompensasi temperatur sebesar $-5 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}/\text{Cell}$.

4.3.3.6 Kompensasi penurunan tegangan untuk pengukuran *set-point*

BCC sebaiknya menyediakan sarana untuk mengompensasi penurunan tegangan pada kabel baterai, atau memberikan instruksi instalasi untuk meminimalkan penurunan tegangan.

Jika *battery charge controller* dilengkapi dengan kabel sensor baterai, maka pengendali pengisian tersebut harus mampu untuk beroperasi dengan atau tanpa kabel tersebut. Hal ini untuk melindungi unit terhadap pemutusan kabel sensor baterai yang tidak disengaja. Persyaratan ini diuji sesuai dengan 5.2.2 dan 5.2.3 dengan melakukan uji dengan dan tanpa kabel sensor yang dihubungkan pada kondisi uji 25°C .

4.3.4 Keamanan *set-point*

Set-point pengisian harus diamankan terhadap perubahan selain melalui tindakan yang disengaja dan memenuhi syarat.

Kepatuhan harus ditentukan melalui pemeriksaan unit dan instruksi pengoperasian yang menyertainya.

CATATAN 1 Pasal ini tidak berlaku untuk *battery charge controller* dengan *set-point* tetap.

CATATAN 2 Penggunaan alat atau kata sandi merupakan cara proteksi yang dapat diterima.

4.3.5 Kemampuan pemutusan beban

Jika proteksi pengosongan lebih disediakan melalui fungsi pemutusan beban, *set-point* pemutusan beban dan penyambungan kembali harus diverifikasi dengan pengujian sesuai 5.2.3.

Beban tersebut dapat berupa beban yang dialihkan secara langsung atau beban yang dikendalikan oleh BCC dengan cara lain. Dalam hal BCC mengalihkan beban secara langsung, hal ini sebaiknya disediakan melalui perangkat pemutus beban yang terintegrasi.

Jika BCC mempunyai beberapa *set-point* pemutusan beban, *set-point* ini harus dapat diverifikasi melalui pengujian dan dapat ditentukan dari antarmuka pengguna BCC dan/atau ditulis dengan jelas dalam dokumentasi.

CATATAN Proteksi pengosongan lebih baterai merupakan fitur wajib (lihat 4.3.2.3). Kemampuan pemutusan beban BCC hanya direkomendasikan, tetapi harus dicapai dengan cara eksternal lainnya jika tidak disediakan oleh BCC, karena ini penting untuk proteksi masa pakai baterai.

4.4 Persyaratan kinerja energi

4.4.1 Konsumsi-diri saat siaga

Tanpa masukan atau beban FV, konsumsi-diri BCC FV harus sebagaimana diperinci dalam Tabel 1, ketika tegangan baterai setara dengan $2,1 \text{ V}/\text{Cell} \pm 2\%$, dan temperatur *ambient* adalah $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Kesesuaian harus ditentukan dengan uji sesuai dengan 5.3.1.

Tabel 1 – Persyaratan untuk konsumsi-diri

Arus pengisian nominal	Konsumsi-diri maksimal
< 5 A	5 mA
$5 A \leq I \leq 50 A$	0,1% dari arus pengisian nominal
> 50 A	50 mA

CATATAN Batasan yang diberikan dalam Tabel 1 dimaksudkan untuk fungsi pengendali pengisian dalam mode “waktu malam”. Apabila terdapat peralatan periferal lain seperti perangkat manajemen beban, layar, pencatat data, dan lainnya yang berbagi suplai daya dengan BCC, maka peralatan tersebut harus dinonaktifkan atau diputuskan sambungannya dari BCC jika memungkinkan.

4.4.2 Efisiensi BCC

Efisiensi daya BCC harus dievaluasi dari 10% hingga 100% dari *rating* arus pengisian, pada tegangan baterai setara dengan $2,2 \text{ V/Cell} \pm 2\%$ dan pada temperatur lingkungan $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Efisiensi harus ditentukan dengan uji sesuai dengan 5.3.2[N1].

4.5 Proteksi dan persyaratan *fail safe*

4.5.1 Kinerja termal

BCC harus mampu menangani arus/daya masukan terukur dari pembangkit dan, secara bersamaan, arus beban terukur ke terminal beban (jika tersedia) selama minimal 1 h pada temperatur pengoperasian lingkungan terukur maksimum yang ditentukan pabrikan $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Tegangan baterai harus $2,2 \text{ V/Cell} \pm 2\%$.

Kesesuaian harus ditentukan dengan uji sesuai dengan 5.4.1.

CATATAN Bergantung pada peringkat relatif dari terminal input dan beban FV, uji ini dapat mengakibatkan kondisi pengisian atau pengosongan baterai.

4.5.2 Operasi arus lebih

4.5.2.1 Sisi FV

BCC harus tidak rusak oleh arus berlebih dari pembangkit FV hingga 125% dari *rating* arus penuh. BCC harus dapat terus beroperasi secara normal setelah kejadian tersebut dan harus tidak mempersyaratkan pengaturan ulang secara manual.

CATATAN Waktu reset untuk mekanisme *trip* reset ulang otomatis, sebaiknya tidak lebih lama dari waktu yang ditunjukkan dalam petunjuk pabrikan, jika ditentukan.

Kesesuaian harus ditentukan dengan uji sesuai dengan 5.4.2.

4.5.2.2 Sisi beban

Jika BCC memiliki terminal beban, terminal ini harus dilengkapi dengan proteksi arus untuk mencegah beban lebih yang menyebabkan kerusakan pada pengoperasian fungsi BCC FV yang esensial.

Kesesuaian harus ditentukan dengan uji sesuai dengan 5.4.3.

Rating terminal beban sebaiknya sesuai dengan persyaratan aplikasi yang dimaksudkan.

4.5.3 Polaritas terbalik pembangkit FV dan baterai

BCC harus dilindungi dari koneksi polaritas terbalik pembangkit FV atau baterai dengan perangkat keras atau dengan prosedur dan penandaan yang terdokumentasi.

CATATAN Metode proteksi yang lebih diutamakan terhadap polaritas terbalik adalah dengan perangkat keras, tetapi dokumentasi prosedural diperbolehkan. Hal ini menjadi perhatian selama instalasi dan penggantian baterai.

Kesesuaian harus ditentukan dengan uji sesuai dengan 5.4.4 dan 5.4.5.

4.5.4 Rangkaian terbuka pada terminal baterai (tidak ada koneksi baterai)

BCC dengan terminal beban harus dilindungi dari kerusakan dan melindungi beban dari tegangan rangkaian terbuka pembangkit FV jika terjadi pemutusan baterai.

Kesesuaian harus ditentukan dengan uji sesuai dengan 5.4.6.

4.6 Persyaratan antarmuka pengguna

4.6.1 Umum

Antarmuka pengguna BCC sebaiknya mencakup salah satu dari tipe berikut; layar LCD, indikator LED, alarm berbunyi, kontak relai, antarmuka komputer lain atau antarmuka analog atau digital lainnya. Antarmuka dapat memberikan pengguna informasi berharga tentang operasi sistem jika diterapkan dengan benar.

Antarmuka pengguna dapat diintegrasikan ke dalam komponen sistem lain yang terpisah dari BCC seperti unit kontrol/*logging*/antarmuka tambahan yang dapat dihubungkan secara fisik ke BCC atau beroperasi melalui komunikasi nirkabel.

4.6.2 Informasi operasional

4.6.2.1 Umum

Tingkat informasi yang diberikan kepada pengguna ditentukan oleh aplikasi yang dimaksudkan dan kebutuhan spesifiknya.

Antarmuka pengguna pengendali pengisian sebaiknya memberikan informasi sebagaimana dijelaskan dalam 4.6.2.2.

4.6.2.2 Informasi pengoperasian yang direkomendasikan

- Indikasi status pengisian (mengisi atau tidak mengisi).
- Indikasi status pemutusan beban (atau status proteksi pengosongan lebih).

- Indikasi status pengisian baterai yang terhubung.

Informasi operasional tambahan lainnya yang ditampilkan oleh unit mungkin termasuk namun tidak terbatas pada:

- *Set-point* pengisian.
- Tegangan baterai.
- Arus pengisian.
- Input/output energi.

4.6.3 *Set-point* dan parameter yang dapat diatur pengguna

Jika *set-point* atau parameter yang dapat diatur pengguna disediakan, antarmuka pengguna harus menyediakan fasilitas untuk mengubah dan menampilkan pengaturan tersebut sebagaimana ditentukan dalam 4.3.3.4.

CATATAN Pasal ini tidak berlaku untuk *battery charge controller* dengan *set-point* tetap.

Kesesuaian harus ditentukan dengan pemeriksaan unit dan panduan pengguna/panduan instalasi yang menyertainya.

4.6.4 Alarm

Kondisi-kondisi berikut sebaiknya diberikan tanda oleh antarmuka pengguna:

- Status pengisian baterai rendah/Tegangan baterai rendah/Ketersediaan rendah.
- Beban terputus.
- BCC *trip* (contoh karena temperatur lebih).

Alarm yang terlihat dan/atau berbunyi, yang dapat diidentifikasi dengan jelas oleh pengguna sistem, harus terpicu di dalam unit apabila salah satu kondisi di atas terjadi. Alarm berbunyi harus dibatasi waktunya, dan setelah waktu habis alarm akan berubah ke alarm yang terlihat atau bergetar.

Kesesuaian harus ditentukan melalui uji sesuai dengan 5.2.2 dan 5.2.3.

5 Uji

5.1 Kondisi umum uji

5.1.1 Penyiapan dan pengondisian awal uji

BCC harus dilekatkan dan dipasang sesuai dengan petunjuk yang disertakan bersama unit. Jika BCC dimaksudkan untuk dipasang dengan cara atau konfigurasi tertentu (contoh pemasangan di dinding), instalasinya harus meniru kondisi tersebut.

BCC harus diinstal di *chamber* dengan temperatur terkendali untuk semua uji. Prosedur uji tidak boleh dimulai hingga *chamber* dan temperatur BCC mencapai stabilitas termal.

5.1.2 Sumber listrik DC untuk pengujian

5.1.2.1 Input FV

Sumber daya yang digunakan sebagai input FV sebaiknya berupa simulator pembangkit FV, akan tetapi sumber daya yang tegangan dan arusnya terkendali dikombinasikan dengan resistor seri (R_S pada diagram uji) dapat digunakan.

Apabila simulator pembangkit FV digunakan, maka simulator tersebut harus memiliki *rating* minimum sebagai berikut:

- $V_{OC} \geq 2 \times V_{BAT-NOM}$
- $I_{SC} \geq 1,25 \times I_{BCC-IN}$

Apabila sumber daya yang tegangan dan arusnya terkendali dengan resistor seri digunakan, maka harus memiliki *rating* minimum sebagai berikut:

- $V \geq 2 \times V_{BAT-NOM}$
- $I \geq 1,25 \times I_{BCC-IN}$

Keterangan:

$V_{BAT-NOM}$ adalah tegangan baterai nominal;

I_{BCC-IN} adalah *rating* arus input FV *battery charge controller*.

5.1.2.2 Simulator baterai

Catu daya yang digunakan untuk simulasi baterai harus dikendalikan tegangan dan arusnya serta memiliki *rating* minimum sebagai berikut:

- $V \geq 1,4 \times V_{BAT-NOM}$
- $I \geq 1,25 \times I_{BCC-OUT}$

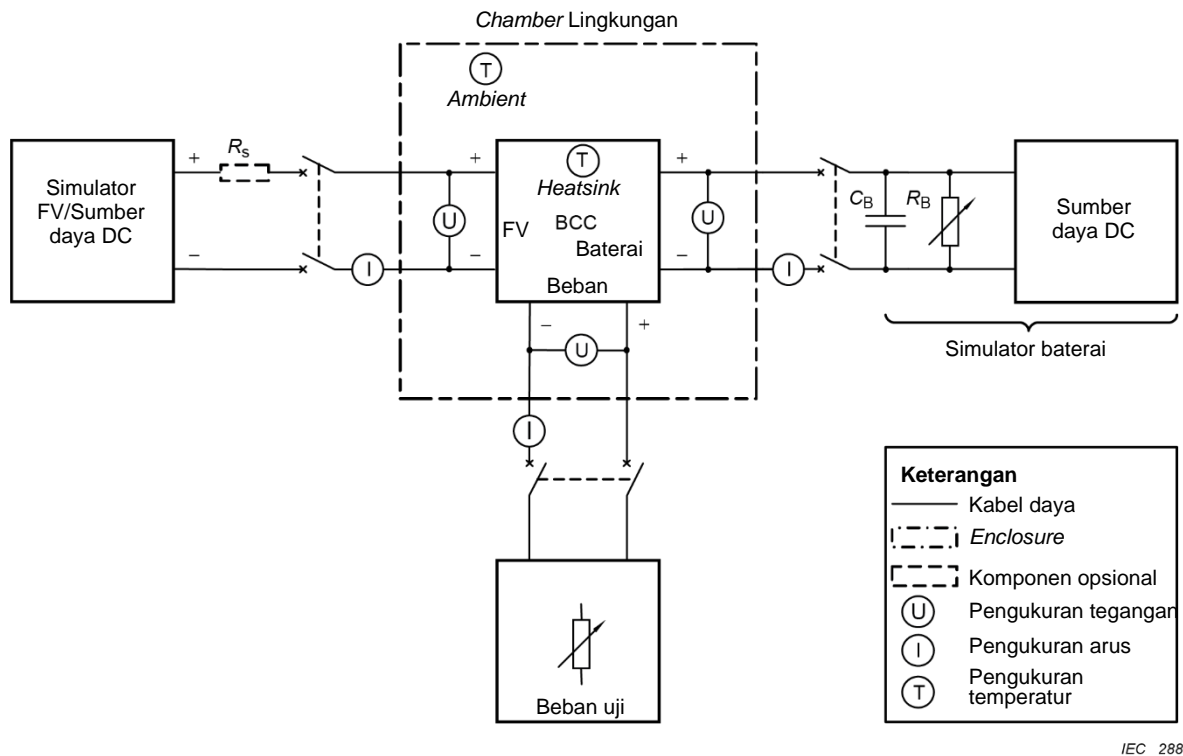
Keterangan:

$I_{BCC-OUT}$ adalah *rating* arus pengisian *battery charge controller*

5.1.3 Pengaturan uji umum

Pengaturan uji umum harus sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1. Variasi atau modifikasi apa pun pada pengaturan dasar untuk uji tertentu ditentukan dalam 5.1.4, 5.1.5, dan 5.1.6 dan dalam pasal uji terkait.

Pengukuran tegangan harus dilakukan di terminal BCC.



Gambar 1 – Pengaturan uji umum

5.1.4 Pengaturan uji arus balik

Pengaturan uji harus sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 2.

Resistansi input pembangkit FV (R_{PV}) harus dihitung menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$R_{PV} = 1440 \frac{N_S}{I_R} \quad (1)$$

$$P_{R_{PV}} = \frac{(2,1N_C)^2}{R_{PV}} \quad (2)$$

Keterangan:

R_{PV} adalah resistansi listrik pembangkit FV yang dipersyaratkan untuk terhubung ke sistem (Ω);

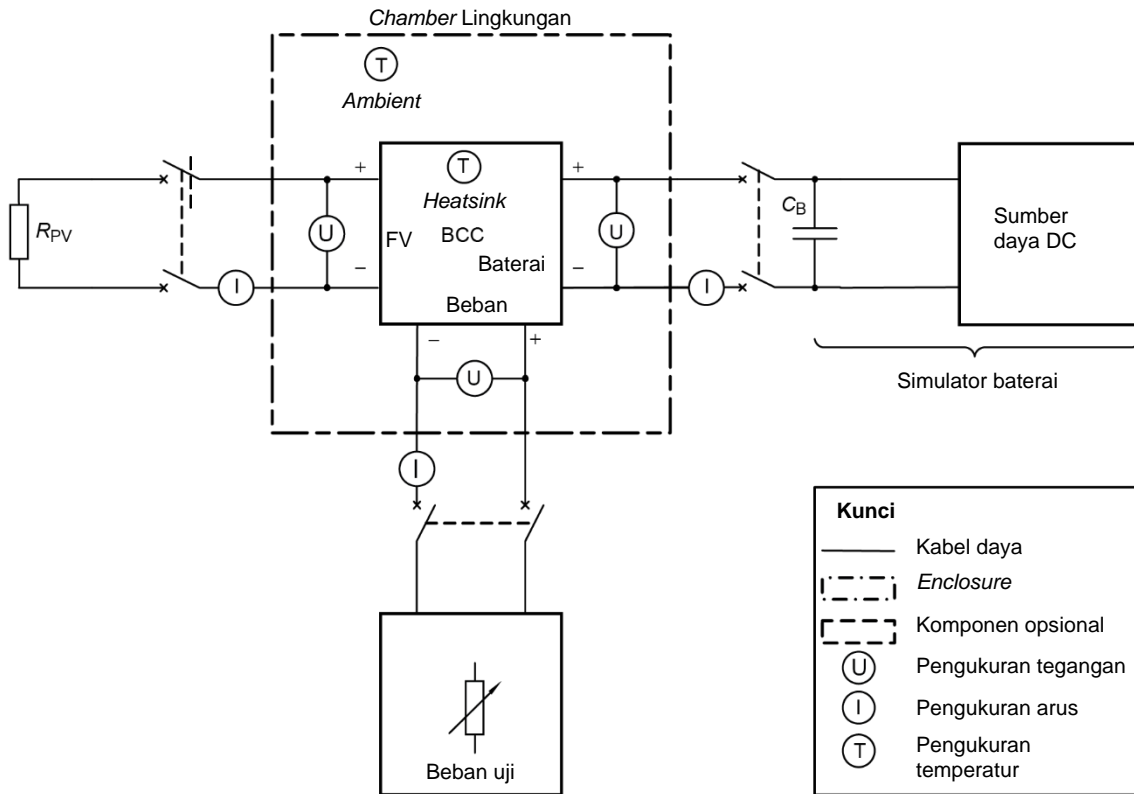
N_S adalah jumlah modul FV dalam seri yang akan digunakan pada setiap *string* untuk BCC yang sedang diuji (mempertimbangkan 1 modul seri untuk setiap tegangan sistem nominal 12 V). Diasumsikan jumlah standar sel FV dalam sebuah modul adalah 36 sel;

I_R adalah *rating* arus (A) dari BCC;

$P_{R_{PV}}$ adalah rating disipasi daya (W) minimum R_{PV} ;

N_C adalah jumlah sel seri baterai, dengan 1 sel setara dengan tegangan nominal 2 V.

CATATAN Persamaan 1 berdasarkan pada resistansi tipikal teknologi modul FV persambungan rangkap tiga a-Si:H.



IEC 2890/10

Gambar 2 Pengaturan uji arus balik

5.1.5 Pengaturan uji siklus pengisian daya

5.1.5.1 Umum

Pengaturan uji harus sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1, dengan pertimbangan sebagai berikut.

5.1.5.2 Input FV

Simulator pembangkit FV adalah opsi yang lebih diutamakan. Jika simulator pembangkit FV dengan *rating* tegangan dan/atau arus yang dipersyaratkan tidak tersedia, gunakan catu daya dengan resistor seri (R_S).

Jika catu daya dengan resistor seri digunakan, pengaturan catu daya FV sebaiknya sebagai berikut:

$$V_{PV-PSU} = 1,25 \times V_{BAT-MAX} \quad (3)$$

$$I_{PV-PSU} = 10\% \text{ dari } \textit{rating} \text{ arus input FV} \quad (4)$$

Keterangan:

$V_{BAT-MAX}$ adalah tegangan pengisian ekspektasi maksimum selama *set-point* uji (contoh tegangan ekualisasi maksimum pada 25 °C;

I_{PV-PSU} adalah pengaturan arus catu daya input FV;

V_{PV-PSU} adalah pengaturan tegangan catu daya input FV.

Penurunan tegangan dalam R_S sebaiknya berada di antara 10% hingga 15% dari pengaturan tegangan unit catu daya (PSU) FV, oleh karena itu:

$$\frac{0,1 \times V_{PV-PSU}}{I_{PV-PSU}} \leq R_S \leq \frac{0,15 \times V_{PV-PSU}}{I_{PV-PSU}} \quad (5)$$

Dengan demikian, disipasi daya minimum yang dipersyaratkan dari R_S diberikan oleh:

$$P_{R_S} = I_{PV-PSU}^2 R_S \quad (6)$$

Keterangan:

R_S adalah resistansi seri yang terhubung antara catu daya FV dan *battery charge controller*.

5.1.5.3 Simulator baterai

PSU sisi baterai dipersyaratkan sebagai cadangan bagi BCC yang memindai kurva IV FV dan oleh karena itu memutus arus FV selama beberapa detik untuk melakukan operasi ini. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah tegangan baterai turun terlalu tajam selama pemindaian kurva IV.

Pengaturan PSU cadangan baterai harus sebagai berikut:

$$0,9 \times V_{BAT} \leq V_{BAT-PSU} \leq 0,94 \times V_{BAT}$$

$$I_{BAT-PSU} = 120\% \text{ dari arus pengisian ekspektasi}$$

Keterangan:

V_{BAT} adalah tegangan baterai yang diukur pada terminal BCC;

$V_{BAT-PSU}$ adalah pengaturan tegangan PSU cadangan;

$I_{BAT-PSU}$ adalah pengaturan arus PSU cadangan.

CATATAN $V_{BAT-PSU}$ sebaiknya disesuaikan setiap kali tegangan baterai disesuaikan untuk pengujian sebagaimana ditentukan dalam tahapan uji 5.2.2.2.

Nilai kapasitor baterai (C_B) sebaiknya $0,2 \text{ F} \pm 20\%$.

R_B adalah resistor variabel yang memperbolehkan pengontrolan tegangan baterai. Karakteristiknya sebaiknya sebagai berikut:

$$R_{B-MIN} = \frac{V_{BAT-MIN}}{I_{CHG}}$$

$$R_{B-MAX} = \frac{V_{BAT-MAX}}{I_{CHG}}$$

$$P_{R_B} = V_{BAT-MAX} I_{CHG}$$

Keterangan:

I_{CHG} adalah arus pengisian baterai yang dipersyaratkan untuk uji ini;

R_{B-MIN} adalah resistansi minimum yang dipersyaratkan untuk uji ini;

R_{B-MAX} adalah resistansi maksimum yang dipersyaratkan untuk uji ini;

P_{R_B} adalah kapasitas disipasi daya minimum yang dipersyaratkan R_B ;

$V_{BAT-MIN}$ adalah tegangan baterai minimum yang diharapkan selama *set-point* uji (contoh, simulasi dengan status pengisian baterai rendah).

5.1.6 Efisiensi, kinerja termal, dan pengaturan uji arus lebih FV

5.1.6.1 Umum

Pengaturan uji harus sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1, dengan pertimbangan yang dijelaskan dalam 5.1.5.2 dan 5.1.6.2.

5.1.6.2 Simulator baterai

Tegangan pada terminal baterai BCC harus tetap konstan selama durasi uji. Simulator baterai dapat digunakan jika dapat mempertahankan tegangan konstan. Penggunaan unit catu daya (PSU) dengan tegangan dan arus yang terkendali sesuai untuk uji ini selama poin-poin berikut dipertimbangkan.

PSU yang terhubung ke terminal baterai BCC dalam hal ini perlu menyediakan referensi tegangan baterai ($V_{BAT-PSU}$). PSU ini harus beroperasi dalam mode pengaturan tegangan dan menyuplai arus ke R_B (lihat Gambar 1) setiap saat selama uji.

Pengaturan PSU ini sebaiknya sebagai berikut:

$$V_{BAT-PSU} = V_{BAT-TEST} \tag{7}$$

$$I_{BAT-PSU} = 1,3I_{CHG-MAX} \tag{8}$$

Keterangan:

- $V_{\text{BAT-TEST}}$ adalah tegangan baterai uji yang diukur pada terminal BCC (2,2 V/Cell untuk uji efisiensi);
 $V_{\text{BAT-PSU}}$ adalah pengaturan tegangan PSU baterai;
 $I_{\text{CHG-MAX}}$ adalah arus pengisian maksimum yang diharapkan.

CATATAN $V_{\text{BAT-PSU}}$ biasanya perlu sedikit disesuaikan pada setiap tingkat arus pengisian untuk mengompensasi penurunan tegangan pengisian daya dalam perkawatan.

Nilai kapasitor baterai (C_B , lihat Gambar 1) harus $0,1 \text{ F} \pm 20\%$.

R_B adalah resistor tetap yang menghilangkan arus pengisian serta arus dari PSU baterai. Karakteristiknya sebaiknya sebagai berikut:

$$R_B = \frac{V_{\text{BAT-TEST}}}{1,15I_{\text{CHG-MAX}}} \pm 10\% \quad (9)$$

$$P_{R_B} \geq 1,3V_{\text{BAT-TEST}}I_{\text{CHG-MAX}} \quad (10)$$

Keterangan:

- R_B adalah resistor pengaturan baterai yang dipersyaratkan untuk uji;
 P_{R_B} adalah kapasitas disipasi daya minimum yang dipersyaratkan R_B .

5.2 Uji proteksi masa pakai baterai

5.2.1 Uji arus bocor dari baterai ke pembangkit FV

5.2.1.1 Tujuan/ruang lingkup

Uji ini dimaksudkan untuk mengukur arus balik yang melalui BCC dari baterai ke pembangkit FV, ketika pembangkit FV terhubung tetapi tidak menghasilkan arus. Uji memverifikasi kesesuaian dengan persyaratan 4.3.1. Pengukuran dilakukan pada temperatur $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

5.2.1.2 Pengaturan uji

Sebagaimana ditentukan dalam 5.1.4.

5.2.1.3 Prosedur uji

- Hubungkan pengaturan uji sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 2.
- Pastikan kondisi yang ditentukan dalam 5.1.1 telah terpenuhi.
- Sesuaikan tegangan baterai menjadi $2,1 \text{ V/Cell} \pm 2\%$.
- Ukur arus dalam *loop* R_{PV} .

CATATAN Untuk beberapa unit diperbolehkan memiliki waktu tunda, dari saat tegangan FV lebih rendah dari tegangan baterai hingga waktu terjadi pengurangan arus bocor pada pembangkit FV.

- Bandingkan hasilnya dengan persyaratan 4.3.1.

5.2.2 Uji siklus pengisian

5.2.2.1 Tujuan/ruang lingkup

Uji ini dimaksudkan untuk mengukur *set-point* pengisian BCC pada 25 °C dan 40 °C. Pengukuran pada kedua temperatur tersebut memperbolehkan verifikasi kompensasi temperatur *set-point* ketika BCC memiliki kemampuan ini.

Untuk mengukur *set-point* pengisian, diperlukan untuk memantau siklus pengisian lengkap, termasuk seluruh tahapan pengisian BCC tersedia yang sedang diuji. Jumlah tahapan pengisian bervariasi antara jenis dan pabrikan BCC yang berbeda. *Controller ON/OFF* hanya memiliki dua tahap. Dalam banyak kasus, unit pengatur mencakup *bulk charging* dan *float charging* sebagai standar minimum dan perimbangan. Beberapa BCC yang lebih rumit mencakup tahapan pengaturan lainnya.

5.2.2.2 Pengaturan uji

Sebagaimana ditentukan dalam 5.1.5.

5.2.2.3 Prosedur uji

- a) Hubungkan pengaturan uji sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1
- b) Pastikan kondisi yang ditentukan dalam 5.1.1 terpenuhi pada temperatur *chamber* 25 °C.
- c) Sesuaikan resistor simulator baterai (R_B) untuk menghasilkan tegangan baterai nominal pada 10% dari *rating* arus pengisian.
- d) Selama uji, pertahankan pengaturan tegangan PSU baterai dalam batas yang ditentukan dalam 5.1.5.3, perhatian khusus harus diberikan setelah setiap perubahan tegangan.

CATATAN 1 Hal ini untuk memastikan bahwa tegangan baterai dikendalikan oleh BCC dan bukan oleh PSU cadangan baterai.

- e) Atur parameter pengoperasian catu daya input FV untuk menghasilkan arus pengisian 10%. Untuk pengendali PWM, tegangan MPP suplai FV harus $140\% \pm 2\%$ dari tegangan baterai nominal dan tegangan rangkaian terbuka $175\% \pm 2\%$ dari tegangan baterai nominal. Untuk pengendali MPPT, tegangan MPP suplai FV harus berada pada titik-tengah rentang tegangan operasi BCC $\pm 2\%$ dan tegangan rangkaian terbuka $125\% \pm 2\%$ dari tegangan MPP.
- f) Catat tegangan dan arus input dan *output* serta temperatur *chamber* pada tingkat pengambilan sampel yang memberikan resolusi yang cukup dari parameter yang diamati.

CATATAN 2 Tingkat pengambilan sampel 20 detik umumnya memberikan resolusi yang cukup jika input BCC memberikan penyaringan yang sesuai terhadap setiap pulsa PWM. Namun, beberapa unit dapat menampilkan riak tegangan dan arus dengan frekuensi puluhan hingga ratusan hertz; dalam hal ini, frekuensi pengambilan sampel wajib disesuaikan.

- g) Tingkatkan tegangan baterai secara bertahap dengan meningkatkan R_B , hingga BCC mulai mengatur arus pengisian dalam hal pengendali pengatur (PWM atau MPPT) atau telah memutuskan arus dalam hal pengendali ON-OFF. Tunggu 2 min atau sesuai waktu tunda BCC yang ditentukan +1 min, mana saja yang lebih besar, di antara tahapan tegangan. Catat tegangan ini sebagai akhir tegangan *bulk charge*.

CATATAN 3 Pertimbangkan kompensasi temperatur dan/atau arus apa pun saat memperkirakan *set-*

point pengisian akhir yang diharapkan.

CATATAN 4 *Step* tegangan baterai harus konsisten dengan ketidakpastian pengukuran yang dipersyaratkan, khususnya mendekati *set-point* regulasi yang diharapkan. 20 mV per sel baterai sesuai selama peningkatan tegangan, namun 4 mV per sel baterai atau kurang dipersyaratkan di dekat titik regulasi yang memicu perubahan tegangan *step* untuk memastikan ketidakpastian pengukuran yang sesuai.

CATATAN 5 Regulasi dapat diidentifikasi dengan memantau tegangan dan arus input menggunakan osiloskop.

- h) Jika pengendali bertipe pengatur, lanjutkan ke langkah berikutnya. Jika pengendali bertipe ON-OFF, turunkan tegangan secara bertahap, hingga BCC menyambungkan kembali arus FV. Tunggu 2 min atau sesuai waktu tunda BCC yang ditentukan +1 menit, mana saja yang lebih besar, di antara tegangan *step*. Catat tegangan ini sebagai tegangan kembali ke pengisian. Lihat langkah l).

CATATAN 6 Pertimbangkan kompensasi temperatur dan/atau arus apa pun saat memperkirakan *set-point* akhir pengisian yang diharapkan.

Tahapan tegangan baterai sebaiknya konsisten dengan ketidakpastian pengukuran yang disyaratkan, khususnya mendekati *set-point* regulasi yang diharapkan.

- i) Lakukan ekualisasi pengisian dengan paksa jika fasilitas ini tersedia.
- j) Dengan menggunakan osiloskop, sesuaikan siklus kerja BCC hingga 90% dengan meningkatkan R_B .
- k) Biarkan pengendali pengisian melanjutkan siklus pengisian secara otomatis (misalnya tidak ada penyesuaian R_B lanjutan yang sebaiknya diperlukan) sampai mode *float* tercapai dan bertahan selama setidaknya setengah jam untuk mendapatkan pembacaan yang stabil dan kemungkinan adanya penyimpangan. Catat tegangan dan arus input dan *output* pada tahap pengisian yang berbeda (ekualisasi, *float*, dan lain-lain).
- l) Ulangi uji pada temperatur *ambient* (*chamber*) 40 °C.
- m) Akhir uji.

5.2.3 Uji pemutusan/penyambungan kembali beban

5.2.3.1 Tujuan/ruang lingkup

Uji ini dimaksudkan untuk memverifikasi *set-point* tegangan rendah yang digunakan untuk pemutusan beban (LVD) dan penyambungan kembali beban (LVR). Pengukuran dipersyaratkan pada temperatur 25 °C.

Beberapa BCC tidak memiliki kemampuan penanganan beban, namun memiliki kontak tambahan yang memungkinkan pengendalian beban oleh perangkat pengalihan eksternal.

CATATAN BCC tingkat lanjut boleh tidak bergantung pada *set-point* tegangan. Dalam kasus seperti ini, prosedur yang dimodifikasi berdasarkan algoritma kontrol beban BCC sebaiknya digunakan.

5.2.3.2 Pengaturan uji

Sebagaimana ditentukan dalam 5.1.3.

5.2.3.3 Prosedur uji

- a) Hubungkan pengaturan uji sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1.

CATATAN 1 Untuk uji ini, putus hubungan R_B dan PSU input FV.

- b) Pastikan kondisi yang ditentukan dalam 5.1.1 terpenuhi pada temperatur *chamber* 25 °C.
- c) Atur PSU baterai untuk menghasilkan tegangan baterai 2,1 V/Cell dan sambungkan ke BCC.
- d) Jika unit memiliki terminal beban, atur resistansi beban untuk menghasilkan arus beban sebesar $10\% \pm 2\%$ dari *rating* arus beban pada *rating* tegangan baterai. Jika unit memiliki *output* kendali untuk fungsi pemutus tegangan rendah, atur resistansi beban pada *output* kendali untuk menghasilkan arus beban yang dapat diatur oleh *output* kendali ini.
- e) Turunkan tegangan baterai secara bertahap, hingga BCC memutus beban (tegangan dan arus terminal beban = 0). Tunggu 2 min atau sesuai waktu tunda BCC +1 min yang ditentukan, mana saja yang lebih besar, di antara *step* tegangan. Catat tegangan sesaat sebelum pemutusan sebagai pengukuran LVD.

CATATAN 2 Pertimbangkan kompensasi temperatur dan/atau arus apa pun saat memperkirakan *set-point* pemutusan yang diharapkan.

Step tegangan baterai sebaiknya konsisten dengan ketidakpastian pengukuran yang dipersyaratkan, khususnya mendekati *set-point* pemutusan yang diharapkan.

- f) Naikkan tegangan baterai secara bertahap, hingga BCC menghubungkan kembali beban (tegangan terminal beban = V_{BAT}). Tunggu 2 min atau sesuai waktu tunda BCC yang ditentukan + 1 min, mana saja yang lebih besar, di antara tahapan tegangan. Catat tegangan sesaat sebelum penyambungan kembali sebagai pengukuran LVR.

CATATAN 3 Pertimbangkan kompensasi temperatur dan/atau arus apa pun saat memperkirakan *set-point* penyambungan kembali yang diharapkan.

Step tegangan baterai sebaiknya konsisten dengan ketidakpastian pengukuran yang dipersyaratkan, khususnya mendekati *set-point* penyambungan kembali yang diharapkan.

- g) Ulangi uji pada temperatur *ambient* (*chamber*) 40 °C.
- h) Akhir uji.

5.3 Uji kinerja energi

5.3.1 Uji konsumsi-diri saat siaga

5.3.1.1 Tujuan/ruang lingkup

Tujuan dari uji ini adalah untuk menentukan konsumsi-diri *battery charge controller* dalam mode siaga (tanpa input atau beban FV).

5.3.1.2 Pengaturan uji

Sebagaimana ditentukan dalam 5.1.3

5.3.1.3 Prosedur uji

- a) Hubungkan pengaturan uji sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1.

CATATAN Untuk uji ini, R_B sebaiknya dilepas dari rangkaian dan tidak diperlukan input atau beban FV.

- b) Pastikan kondisi yang ditentukan dalam 5.1.1 terpenuhi pada temperatur *chamber* 25 °C.

- c) Sesuaikan tegangan baterai menjadi 2,1 V/Cell \pm 2%.
- d) Pastikan terminal beban atau *output* kendali tambahan (jika ada) dalam mode aktif atau ON.
- e) Ukur tegangan dan arus baterai; catat pembacaannya.
- f) Ulangi pengukuran pada 2,0, 1,9, 1,8, dan 1,7 V/Cell secara berurutan.
- g) Akhir uji.

5.3.2 Uji efisiensi

5.3.2.1 Tujuan/ruang lingkup

Tujuan dari uji ini adalah untuk menentukan kurva efisiensi *battery charge controller* pada rentang arus pengisian 10% hingga 100% pada temperatur *ambient* 25 °C.

5.3.2.2 Pengaturan uji

Sebagaimana ditentukan dalam 5.1.6.

5.2.1.2 Prosedur uji

- a) Hubungkan pengaturan uji sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1.

CATATAN 1 Untuk uji ini, tidak ada beban dipersyaratkan.

- b) Pastikan kondisi yang ditentukan dalam 5.1.1 terpenuhi pada temperatur *chamber* 25 °C.
- c) Atur tegangan baterai menjadi 2,2 V/Cell dengan mengatur PSU baterai dengan tetap menjaga R_B konstan.

CATATAN 2 Pastikan PSU baterai beroperasi dalam mode tegangan konstan selama uji.

- d) Sesuaikan arus input FV untuk menghasilkan 10% dari *rating* arus pengisian \pm 2%, dan sesuaikan kembali $V_{BAT-PSU}$ untuk menghasilkan tegangan baterai sebesar 2,2 V/Cell pada terminal BCC.
- e) Pastikan BCC beroperasi dalam mode *bulk*, dan terminal beban atau *output* kendali tambahan (jika ada) dalam mode aktif atau ON.
- f) Ukur tegangan, arus, dan daya input dan *output* dan catat nilai-nilai ini pada pembacaan arus pengisian 10%.
- g) Ulangi langkah d) hingga f) untuk 20% hingga 100% arus pengisian dengan peningkatan 10%.
- h) Lepaskan suplai dari input FV.
- i) Terapkan beban resistif arus nominal 100% pada terminal beban BCC.
- j) Ukur penurunan tegangan dan efisiensi daya BCC.

5.4 Uji proteksi dan *fail safe*

5.4.1 Uji kinerja termal

5.4.1.1 Tujuan/ruang lingkup

Uji ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja pengendali pengisian pada *rating* temperatur maksimum dan *rating* arus pengisian dalam mode *bulk*. Apabila pabrikan tidak menentukan kondisi pengoperasian *ambient* terukur maksimum, maka uji ini harus dilakukan pada temperatur 40 °C. Pengaruh dari beban yang dihubungkan melalui perangkat pengalihan beban terintegrasi sebaiknya disertakan dalam uji ini.

5.4.1.2 Pengaturan uji

Sebagaimana ditentukan dalam 5.1.6.

5.4.1.3 Prosedur uji

- a) Hubungkan pengaturan uji sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1.
- b) Pastikan kondisi yang ditentukan dalam 5.1.1 terpenuhi pada temperatur pengujian ± 2 °C untuk temperatur *chamber*.
- c) Atur tegangan baterai menjadi 2,2 V/Cell dengan mengatur PSU baterai dengan tetap menjaga R_B konstan.

CATATAN Pastikan PSU baterai beroperasi dalam mode tegangan konstan selama uji.

- d) Pastikan bahwa BCC beroperasi dalam mode *bulk*, sesuaikan arus input FV untuk memberikan 100% *rating* arus pengisian daya $\pm 2\%$, dan sesuaikan kembali $V_{BAT-PSU}$ untuk menghasilkan tegangan baterai sebesar 2,2 V/Cell pada terminal BCC.
- e) Berikan *rating* beban pada terminal beban, jika tersedia.
- f) Catat arus, tegangan, dan daya input dan *output*, serta temperatur *heat-sink* dan *chamber* dengan interval 1 min atau lebih cepat selama 1 h atau hingga proteksi termal terpicu dalam BCC (pengaturan arus, *shut down*, dan lain-lain).

5.4.2 Uji proteksi arus lebih FV

5.4.2.1 Pengaturan uji

Sebagaimana ditentukan dalam 5.1.6.

5.4.2.2 Tujuan/ruang lingkup

Uji ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja pengendali pengisian dalam kondisi beban lebih pada 25 °C dan 125% *rating* arus pengisian dalam mode *bulk*.

5.4.2.3 Prosedur uji

- a) Hubungkan pengaturan uji sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1.

CATATAN 1 Untuk uji ini, tidak ada beban dipersyaratkan.

- b) Pastikan kondisi yang ditentukan dalam 5.1.1 terpenuhi pada temperatur *chamber* 25 °C.
- c) Atur tegangan baterai menjadi 2,2 V/Cell dengan mengatur PSU baterai dengan tetap menjaga R_B konstan.

CATATAN 2 Pastikan PSU baterai beroperasi dalam mode tegangan konstan selama uji.

- d) Pastikan bahwa BCC beroperasi dalam mode *bulk*, sesuaikan arus input FV untuk memberikan 125% *rating* arus pengisian daya $\pm 2\%$, dan sesuaikan kembali $V_{\text{BAT-PSU}}$ untuk menghasilkan tegangan 2,2 V/Cell pada terminal BCC.
- e) Catat arus, tegangan, dan daya input dan *output*, serta temperatur *heat-sink* dan *chamber* dengan interval 1 min atau lebih cepat selama 1 h atau hingga proteksi termal terpicu dalam BCC (pengaturan arus, *shut down*, dll.).

5.4.3 Uji proteksi arus lebih beban listrik

5.4.3.1 Tujuan/ruang lingkup

Uji ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja pengendali pengisian pada temperatur 25 °C dan 125% *rating* arus beban.

5.4.3.2 Pengaturan uji

Sebagaimana ditentukan dalam 5.1.3.

5.4.3.3 Prosedur uji

- a) Hubungkan pengaturan uji sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1.

CATATAN Untuk pengujian ini, R_B sebaiknya dilepas dari rangkaian dan tidak dipersyaratkan input FV.

- b) Pastikan kondisi yang ditentukan dalam 5.1.1 terpenuhi pada temperatur *chamber* 25 °C.
- c) Sesuaikan tegangan baterai menjadi 2,0 V/Cell $\pm 2\%$ menggunakan catu daya baterai.
- d) Sesuaikan arus beban hingga 125% dari nilai *rating* dengan mengatur resistansi beban, dan sesuaikan kembali $V_{\text{BAT-PSU}}$ untuk menghasilkan tegangan baterai sebesar 2,0 V/Cell pada terminal BCC.
- e) Catat tegangan, arus, dan daya baterai dan beban, serta temperatur *heat-sink* dan *chamber* dengan interval 1 min atau lebih cepat selama 1 h atau hingga proteksi termal terpicu dalam BCC.

5.4.4 Uji polaritas terbalik baterai

5.4.4.1 Tujuan/ruang lingkup

Uji ini dimaksudkan untuk memverifikasi toleransi BCC terhadap koneksi baterai dengan polaritas terbalik dan juga untuk memverifikasi proteksi beban dari suplai tegangan negatif.

5.4.4.2 Pengaturan uji

Sebagaimana ditentukan dalam 5.1.3 dengan pengamatan yang ditentukan dalam prosedur uji.

5.4.4.3 Prosedur uji

- a) Periksa dokumentasi BCC dan unit itu sendiri untuk memverifikasi apakah mampu menahan koneksi polaritas terbalik pada terminal baterai, atau jika terdapat peringatan khusus untuk tidak melakukannya. Jika terdapat peringatan pada unit atau dokumentasinya, jangan melanjutkan uji. Jika tidak terdapat peringatan, lanjutkan ke

langkah berikutnya.

- b) Hubungkan pengaturan uji sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1.

CATATAN 1 Untuk uji ini, R_B dan C_B sebaiknya dilepas dari rangkaian dan tidak dipersyaratkan input FV.

- c) Dengan input FV dan pemutus arus baterai pada posisi terbuka, balikkan polaritas PSU baterai. Atur tegangan baterai ke nilai nominal $\pm 2\%$ dan atur batas arus PSU baterai menjadi dua kali lipat *rating* arus pengisian BCC.
- d) Atur resistansi beban untuk menarik 10% *rating* arus pada *rating* tegangan baterai.

CATATAN 2 Pastikan untuk menggunakan resistor aktual atau beban elektronik yang tidak sensitif terhadap polaritas.

- e) Catat tegangan, arus, dan daya dari baterai, beban, dan FV pada interval 10 s atau lebih cepat selama durasi uji.
- f) Hubungkan baterai dan beban serta pertahankan koneksi selama 5 min. Catat setiap alarm yang ditampilkan oleh BCC.
- g) Pastikan BCC tidak mengalami kerusakan dan tegangan balik belum dialirkan ke beban.

5.4.5 Uji polaritas terbalik pembangkit FV

54.5.1 Tujuan/ruang lingkup

Uji ini dimaksudkan untuk memverifikasi toleransi BCC terhadap koneksi pembangkit FV dengan polaritas terbalik dan juga untuk memverifikasi proteksi beban dari suplai tegangan negatif.

5.4.5.2 Pengaturan uji

Sebagaimana ditentukan dalam 5.1.3, dengan pengamatan yang ditentukan dalam prosedur uji.

5.4.5.3 Prosedur uji

- a) Revisi dokumentasi BCC dan unit itu sendiri untuk memverifikasi apakah mampu menahan koneksi polaritas terbalik pada terminal FV, atau jika terdapat peringatan khusus untuk tidak melakukannya. Jika terdapat peringatan pada unit atau dokumentasinya, jangan melanjutkan uji. Jika tidak terdapat peringatan, lanjutkan ke langkah berikutnya.
- b) Hubungkan pengaturan uji sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1.

CATATAN 1 Untuk uji ini, R_B dan C_B sebaiknya dilepas dari rangkaian dan tidak dipersyaratkan input baterai.

- c) Dengan input FV dan pemutus arus baterai pada posisi terbuka, balikkan polaritas simulator pembangkit FV atau PSU + resistor seri. Atur tegangan dan arus FV serta R_S (jika ada) sesuai 5.1.5.2 untuk arus pengisian 100%.
- d) Atur resistansi beban untuk mengambil 10% *rating* arus pada *rating* tegangan baterai.

CATATAN 2 Pastikan untuk menggunakan resistor aktual atau beban elektronik yang tidak sensitif terhadap polaritas.

- e) Catat tegangan, arus, dan daya dari baterai, beban, dan FV pada interval 10 s atau

lebih cepat selama durasi uji.

- f) Hubungkan input FV dan beban serta pertahankan koneksi selama 5 min. Catat setiap alarm yang ditampilkan oleh BCC.
- g) Pastikan BCC tidak mengalami kerusakan dan tegangan balik belum dialirkan ke beban.

5.4.6 Uji rangkaian terbuka baterai

5.4.6.1 Tujuan/ruang lingkup

Uji ini dimaksudkan untuk memverifikasi toleransi BCC terhadap terjadinya rangkaian terbuka pada terminal baterai, dan proteksi beban agar tidak dihubungkan langsung dengan tegangan pembangkit FV.

5.4.6.2 Pengaturan uji

Sebagaimana ditentukan dalam 5.1.6, dengan modifikasi yang ditunjukkan dalam prosedur uji.

5.4.6.3 Prosedur uji

- a) Hubungkan pengaturan uji sesuai dengan yang ditentukan dalam Gambar 1.
- b) Atur tegangan dan arus PSU baterai sesuai dengan 5.1.6.2.

CATATAN Pertimbangkan bahwa untuk kasus khusus berikut $I_{CHG-MAX} = I_{CHG-PV} - I_{LOAD}$ jika BCC memiliki terminal beban.

- c) Atur parameter pengoperasian catu daya input FV untuk menghasilkan *rating* arus pengisian $\pm 5\%$. Untuk pengendali PWM, tegangan MPP suplai FV harus $140\% \pm 2\%$ dari tegangan baterai nominal dan tegangan rangkaian terbuka $175\% \pm 2\%$ dari tegangan baterai nominal. Untuk pengendali MPPT, tegangan MPP suplai FV harus berada pada titik-tengah rentang tegangan operasi BCC $\pm 2\%$ dan tegangan rangkaian terbuka $125\% \pm 2\%$ dari tegangan MPP.
- d) Jika unit memiliki terminal beban, atur beban menjadi 5% *rating* arus terminal beban pada tegangan baterai nominal.
- e) Hubungkan beban baterai dan sumber FV dalam urutan tersebut.
- f) Sesuaikan tegangan baterai ke nilai nominal dengan mengatur PSU baterai dan biarkan BCC tetap dalam kondisi ini selama 5 min.
- g) Putus sambungan baterai dengan membuka SW2. Biarkan unit tetap dalam kondisi ini selama 5 min. Catat alarm sinyal/pesan gangguan apa pun.
- h) Sambungkan kembali baterai dan verifikasi apakah unit beroperasi normal dengan membaca sinyal di layar. Catat pengamatan yang relevan.

5.5 Uji antarmuka pengguna

Persyaratan antarmuka pengguna diverifikasi terutama dengan pemeriksaan BCC dan petunjuk serta buku panduan instalasi yang menyertainya. Alarm diverifikasi selama uji lain seperti:

- Uji putus/sambung kembali beban (5.2.3)
- Uji polaritas terbalik (5.4.4 dan 5.4.5)
- Uji kinerja termal (5.4.1)

RSNI3 IEC 62509:2010

- Uji proteksi arus lebih (5.4.2 dan 5.4.3)

Lampiran A
(informatif)
Panduan pengisian baterai

Tabel A.1 memberikan saran *set-point* tegangan baterai untuk tujuan pengujian jika pabrikan baterai tidak menyediakan informasi tersebut.

Tabel A.1 – Panduan *set-point* pengisian baterai

Nilai yang diberikan V per sel untuk 25 °C	<i>Vented</i>	<i>Sealed/VRLA</i>
<i>Bulk charge</i>	2,4	2,4
Ekualisasi	2,45 sampai 2,55	2,45
Pemutusan tegangan rendah, untuk arus pengosongan I10	1,80 sampai 1,85	1,80 sampai 1,85
Pemutusan tegangan rendah, untuk arus pengosongan 10% dari I10	1,95 sampai 2,0	1,95 sampai 2,0
<i>Float</i>	2,35	2,30

Informasi perumus SNI

[1] Komite Teknis Perumusan SNI

Komite Teknis 27-08 Energi Surya

[2] Susunan Keanggotaan Komtek Perumusan SNI

Ketua : Oo Abdul Rosyid
Wakil Ketua : Tony Susandy
Sekretaris : Shelty Juliavionni
Anggota : Adjat Sudrajat
Pahlawan Sagala
Ian Jack Permana
Katrin Rifanni Pamella
Kharisma Surya Gautama
Asep Sopandi
Yusup
Harry Indrawan
Kevin Marojahan
Chairiman

[3] Konseptor Rancangan SNI

Adjat Sudrajat
Kevin Marojahan
Chairiman

[4] Sekretariat Pengelola Komite Teknis perumusan SNI

Direktorat Aneka Energi Baru dan Energi Terbarukan
Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral