KAJIAN SISTEM DLVBD PADA CATU DAYA BTS DALAM PERANGKAT TELEKOMUNIKASI

TUGAS AKHIR

Oleh

DWI HASTANTO
0405230124

TUGAS AKHIR INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI
SEBAGIAN PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GANJIL 2007/2008

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

KAJIAN SISTEM DLVBD PADA CATU DAYA BTS DALAM PERANGKAT TELEKOMUNIKASI

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 19 Desember 2007

Dwi Hastanto

NPM 04 05 23 012 4

PENGESAHAN

Tugas akhir dengan judul :

KAJIAN SISTEM DLVBD PADA CATU DAYA BTS DALAM PERANGKAT TELEKOMUNIKASI

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Tugas akhir ini telah diujikan pada sidang ujian tugas akhir pada tanggal 2 Januari 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai tugas akhir pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 8 Januari 2008
Dosen Pembimbing

Ir. **Amien Rahardjo**, MT.
NIP 130 536 625

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Ir. Amien Rahardjo, MT.

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.

Dwi Hastanto
NPM 040 523 0124

Dosen Pembimbing
Ir. Amien Rahardjo, MT.

KAJIAN SISTEM DLVBD PADA CATU DAYA BTS DALAM PERANGKAT TELEKOMUNIKASI

ABSTRAK

Sistem catu daya pada BTS mempunyai peran yang sangat penting pada perangkat telekomunikasi. Biasanya untuk BTS sebagai non prioritas dan transmisi radio sebagai prioritas. Operator seluler cenderung lebih memilih transmisi radio tetap berjalan walaupun ada gangguan atau padamnya listrik. Baterai menjadi pilihan untuk menggantikan catu daya. Namun, sistem catu daya PRS 1000 masih menggunakan satu keluaran baik itu untuk prioritas dan non prioritas. Bila beban yang diberikan semakin besar pada sistem, maka perangkat transmisi radio akan semakin cepat padam.

Dengan menggunakan sistem DLVBD, keluaran sistem PRS 1000 menjadi dua, yaitu prioritas dan non prioritas. Pada saat sumber daya listrik mengalir, sistem DLVBD mendapat catu daya dan baterai mendapat catu dayanya masing - masing.Pada saat PLN padam, baterai melepaskan energi pada BTS dan radio sesuai dengan prioritasnya secara terpisah. Di saat beban BTS tidak bekerja karena LVBD1 terbuka, baterai radio tetap melepaskan energi sampai LVBD2 terbuka. Baterai BTS dapat mensuplai baterai radio jika tegangannya lebih besar dibandingkan dengan baterai radio, tetapi baterai radio tidak melakukan hal yang sama pada baterai BTS karena fungsi dioda sebagai pembatas arus. Hingga akhirnya LVBD2 terbuka saat tegangan baterai radio 43,20 V. Durasi waktu pelepasan baterai menjadi lebih lama bila dibandingkan dengan sistem PRS 1000 tanpa menggunakan sistem DLVBD.

Pembahasan pada tugas akhir ini lebih ditekankan pada bagian pelepasan baterai pada beban, meliputi penjelasan mengenai aliran arus, perbandingan dengan sistem PRS 1000, dan perancangan perangkat keras dari sistem DLVBD. Selain itu, dijelaskan tentang cara kerja sistem dan pemanfaatan sistem PRS 1000 setelah dimodifikasi.

Kata kunci : Sistem, Prioritas, DLVBD, Melepaskan energi

Dwi Hastanto
NPM 040 523 0124
Electrical Departemen Engineering

Counsellor
Ir. Amien Rahardjo, MT.

KAJIAN SISTEM DLVBD PADA CATU DAYA BTS DALAM PERANGKAT TELEKOMUNIKASI

ABSTRACT

Power supply system on BTS has a important task in telecommunication equipment. Usually for BTS as a non priority and radio transmission as a priority. Cellular operator disposed better choose radio transmission still working even there is a disturbing or no electricity. Battery become a choice for exchange power. However, power supply PRS 1000 still has one output for priority and non priority. If load more become greater to a system then radio transmission equipment more faster become off.

With using DLVBD system, the output for PRS 1000 system becoming two, that is priority and non priority. At moment the energy from PLN is flowing trough the system, DLVBD system get a energy and battery get energy each other. At moment PLN off, battery discharge for BTS and radio appropriate with its priority on separate. At moment BTS load not working because LVBD1 open, radio battery still discharge till LVBD2 open. BTS battery can supply radio battery if the voltage bigger than radio battery, but radio battery don't do the same as BTS radio because diode function as a current limit. Until the end LVBD2 open when battery voltage at 43,20 V. Discharge backup time become longer than PRS 1000 system without using DLVBD system.

Research for this final duty more pressing on discharge battery for load, include explanation about current flow, equivalent with PRS 1000 system, and hardware design for DLVBD system. Beside that, it explain about how the system work and benefit PRS 1000 system after modified.

Keyword : System, Priority, DLVBD, Discharge

DAFTAR ISI

Halaman

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ii
PERSETUJUAN iii
ABSTRAK iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR SINGKATAN xiii

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 LATAR BELAKANG 1
1.2 TUJUAN..... 2
1.3 METODELOGI PENULISAN..... 2
1.4 PEMBATASAN MASALAH 2
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN 3

BAB II LANDASAN TEORI 4
2.1. SISTEM DLVBD…….. 4
2.1.1. Monitor Control Unit (MCU) 5
2.1.2. Dioda ……..... 8
2.1.2.1. Dioda diberi tegangan nol 8
2.1.2.2. Dioda diberi tegangan negatif ……..... 9
2.1.2.3. Dioda diberi tegangan positif ……..…..... 9
2.1.2.4. Karakteristik dioda ...…… 10
2.1.3. Resistor Shunt …...……..... 13
2.1.3.1. Karakteristik dan spesifikasi ...……..... 14
2.1.3.2. Aplikasi resistor shunt 16
2.1.4. Low Voltage Disconnect (LVD) …….. 16
2.1.5. Baterai …… 17
2.1.5.1. Konstruksi baterai ……..... 17

2.1.5.2. Pengisian *(Charging)* ……..…….... 18
2.1.5.3. Faktor yang mempengaruhi umur baterai ……..... 18
2.1.5.3.1. Suhu ……. 20
2.1.5.3.2. Ventilasi ……...…… 21
2.1.5.3.3. Pelepasan arus (*Discharging current*) ……..…... 22
2.1.5.3.4. Kedalaman pelepasan arus (DOD) ……...……. 23
2.1.5.3.5. Siklus (*Cycling*) …….. 24
2.1.5.3.6. Tegangan akhir ……...……. 24
2.1.5.3.7. Masa umur baterai ……...……. 25
2.2. Hukum Kirchoff ……..... 25
BAB III DESKRIPSI DAN PERANCANGAN SISTEM 27
3.1. PERANCANGAN SISTEM DLVBD..... 27
3.1.1. Monitor Control Unit (MCU) ……..... 28
3.1.2. Dioda IRKJ 56/04 ……..... 30
3.1.3. Resistor Shunt ……..... 32
3.1.4. *Low Voltage Disconnect* (LVD) 33
3.1.5. Kontaktor dan Relai 35
3.1.6. Baterai ……. 37
3.1.7. Terminal ……..…….. 40
3.1.8. Distribusi *Direct Current* (Distribusi DC) ……..…….. 41
3.2. UJI COBA ALAT ……..... 41
3.2.1 Beban tiruan (*Dummy load*) ..……. 41
3.2.2 Tang ampere (*Clamp meter*) …….. 42
3.2.3 Multimeter FLUKE ……. 44
3.2.4 Perangkat lunak (*Winpower*) …….. 45
3.3 DESKRIPSI SISTEM …… 45
3.4 CARA KERJA SISTEM …… 46
3.5 TERMINOLOGI PRIORITAS DAN NON PRIORITAS ……..... 50
BAB IV ANALISIS SISTEM 51
4.1 METODE PENGUMPULAN DATA …… 51
4.2 HASIL UJI COBA SISTEM …….. 52
4.3 ANALISIS DATA …….. 54

BAB V KESIMPULAN ……..... 61
DAFTAR ACUAN ……... 62
DAFTAR PUSTAKA ……... 63
LAMPIRAN …….. 64

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Skematik diagram koneksi dalam DLVBD..... 4

Gambar 2.2 Skematik diagram koneksi luar DLVBD……..…….... 5

Gambar 2.3. Tampilan depan Monitor Control Unit..... 6

Gambar 2.4. Alarm Monitor Control Unit..... 7

Gambar 2.5. Antarmuka Monitor Control Unit..... 7

Gambar 2.6. Struktur dioda ……. 8

Gambar 2.7. Dioda diberi tegangan nol……..... 8

Gambar 2.8. Dioda diberi tegangan negatif..... 9

Gambar 2.9. Dioda diberi tegangan positif……..... 9

Gambar 2.10. Simbol dioda……..... 10

Gambar 2.11. Simbol dan struktur dioda..... 11

Gambar 2.12. Dioda dengan bias maju……..... 12

Gambar 2.13. Dioda dengan bias negatif 12

Gambar 2.14 Grafik arus dioda…….. 13

Gambar 2.15 Bentuk fisik resistor shunt……..…… 14

Gambar 2.16 Diagram rangkaian LVD ……..…… 17

Gambar 2.17 Grafik faktor yang mempengaruhi umur baterai……..……..... 19

Gambar 2.18 Grafik umur baterai terhadap suhu……..…….. 20

Gambar 2.19 Grafik pelepasan energi terhadap suhu……..…… 20

Gambar 2.20 Grafik tegangan sel terhadap suhu……..……... 21

Gambar 2.21 Letak kipas ventilasi di ruang BTS……..…….. 21

Gambar 2.22 Peletakan susunan baterai dalam kabinet…….……. 22

Gambar 2.23 Grafik Kapasitas terhadap kedalaman pelepasan……..….. 23

Gambar 2.24 Grafik siklus terhadap kedalaman pelepasan energi……..…. 23

Gambar 2.25 Grafik umur baterai terhadap tegangan akhir……..…… 24

Gambar 2.26 Grafik umur baterai terhadap waktu pemakaian…… 24

Gambar 2.27 Alur loop pada rangkaian……...… 25

Gambar 3.1 Tampak depan DLVBD……. 26

Gambar 3.2 Tampak atas dan tampak belakang DLVBD…….. 26
Gambar 3.3 Bagian dalam DLVBD……... 28
Gambar 3.4 Monitor Control Unit……. 28
Gambar 3.5 Konfigurasi MCU menggunakan *keypad* atau komputer…….. 29
Gambar 3.6 Simbol dioda IRKJ 56/04…….. 30
Gambar 3.7 Rangkaian dioda IRKJ 56/04……. 31
Gambar 3.8 Bentuk fisik dioda IRKJ 56/04…….. 31
Gambar 3.9 Arus yang dihalang oleh dioda……... 32
Gambar 3.10 Bentuk fisik resistor shunt……. 33
Gambar 3.11 Rangkaian LVD……. 34
Gambar 3.12 Konfigurasi kontaktor pada sistem DLVBD…… 35
Gambar 3.13 Konfigurasi relai OMRON MY2 48 VDC…… 36
Gambar 3.14 Bentuk fisik relai OMRON MY2 48 VDC…… 36
Gambar 3.15 Grafik tegangan rangkaian terbuka terhadap persentase pelepasan energi……. 37
Gambar 3.16 Grafik persentase umur baterai terhadap suhu…….. 38
Gambar 3.17 Grafik kapasitas terhadap suhu dan rata- rata pelepasan energi……... 39
Gambar 3.18 Bentuk fisik baterai UMTB……..…. 39
Gambar 3.19 Baterai disusun seri dengan tegangan sistem 48 V…….. 40
Gambar 3.20 Terminal sistem DLVBD…… 40
Gambar 3.21 Distribusi DC sistem DLVBD…… 41
Gambar 3.22 Bentuk fisik beban tiruan…….…….. 42
Gambar 3.23 Tang ampere KYORITSU model 2033…….…… 43
Gambar 3.24 Multimeter FLUKE model 179…….……. 44
Gambar 3.25 Tampilan perangkat lunak *Winpower*…….. 45
Gambar 3.26 Skematik diagram sistem DLVBD bagian dalam…….…… 45
Gambar 3.27 Skematik diagram sistem DLVBD bagian luar……..……. 46
Gambar 3.28 Rangkaian sistem PRS 1000 menggunakan sistem DLVBD..… 46
Gambar 3.29 Arah arus (positif) ketika kondisi normal (PLN hidup)…..… 48
Gambar 3.30 Arah arus pelepasan energi baterai saat LVBD catu daya utama (LVBD1) masih tertutup……..…… 49

Gambar 3.31 Arah Arus (Positif) pelepasan baterai saat LVBD1 terbuka..…. 50
Gambar 4.1 Pengujian sistem PRS 1000…… 51
Gambar 4.2 Pengujian sistem PRS 1000 menggunakan sistem DLVBD….... 52
Gambar 4.3 Grafik hasil pengukuran…….…… 55
Gambar 4.4 Grafik tegangan baterai…….…. 57
Gambar 4.5 Saat kondisi normal…….….. 58
Gambar 4.6 Pelepasan energi baterai saat kondisi PLN padam…….…… 58
Gambar 4.7 Pelepasan energi baterai saat kontaktor tertutup……..…….. 60

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1. Pengaturan tegangan di MCU... 29
Tabel 3.2. Karakteristik dioda IRKJ 56/04..... 31
Tabel 3.3. Karakteristik LVD 48 – 30..... 34
Tabel 3.4 Karakteristik baterai UMTB…….. 37
Tabel 3.5 Karakteristik Tang ampere KYORITSU model 2033……... 43
Tabel 4.1 Pelepasan energi baterai pada sistem PRS 1000…… 52
Tabel 4.2 Pelepasan energi baterai sistem PRS 1000
dengan sistem DLVBD……. 53
Tabel 4.3 Pelepasan energi baterai pada sistem PRS 1000…… 59

DAFTAR SINGKATAN

BTS	Base Transceiver Station
BSC	Base Station Controller
PRS 1000	Power Rack System 1000
DLVBD	Double Low Voltage Battery Disconnect
MCU	Monitor Control Unit
LVBD	Low Voltage Battery Disconnect
LVD	Low Voltage Disconnect
LCD	Liquid Crystal Display
DOD	Depth Of Discharge
PLN	Perusahaan Listrik Negara
NC	Normally Open
NO	Normally Closed
DC	Direct Current
PC	Personal Computer

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Catu daya sangat penting perannya dalam perangkat *Base Transceiver Station* (BTS). Banyak jenis – jenis catu daya sesuai dengan perancangannya. Masing – masing mempunyai keunggulan sebagai catu daya dari BTS. Catu daya yang handal adalah sistem yang mampu mengendalikan distribusi tegangan dan arus dari BTS agar tidak terjadi masalah walaupun ada gangguan sedikitpun. Catu daya ke perangkat sistem telekomunikasi selular berbeda berdasarkan tingkat prioritasnya. Tingkat prioritas dari terendah ke tingkat tertinggi adalah BTS, Radio dan *Base Station Controller* (BSC).

Pada sistem catu daya lama pemutusan beban pada saat pelepasan energi adalah bersamaan antara BTS dan radio. Oleh karena itu dirancang perangkat BTS yang menggunakan sistem prioritas dan non prioritas pada beban catu daya. Untuk non prioritas, biasanya dibebani dengan arus yang besar oleh antena BTS dan prioritas dibebani dengan arus yang kecil oleh radio. Tetapi, masih ada sistem yang menggunakan prioritas saja sebagai masukan input dari perangkat BTS. Sistem ini dibuat oleh perusahaan ELTEK yang dinamakan *Power Rack System* 1000 atau disingkat dengan PRS 1000. Sistem ini masih menggunakan satu keluaran output untuk perangkat BTS, sehingga antara prioritas dan non prioritas menjadi satu beban. Ini merupakan kelemahan sistem tersebut dalam mengantisipasi bila terjadi pemadaman listrik. Karena waku pelepasan energi untuk radio akan lebih cepat dibandingkan dengan sistem yang menggunakan prioritas terpisah.

Oleh karena itu diperlukan tambahan alat untuk membedakan pemutusan beban, dimana BTS diputus terlebih dulu,sedangkan radio diputus kemudian dalam jangka waktu tertentu sesuai setting tegangan pemutusan. Pada sistem *Flat Pack*, hal ini sudah diaplikasikan dengan pemutusan beban pada saat pelepasan energi pada baterai dibuat prioritas dan non prioritas. Penggunaan sistem *Double Low Voltage Battery Disconnect* (DLVBD) adalah tepat untuk membuat sistem PRS 1000 agar

beban untuk antena BTS dan radio terpisah ,tidak menjadi satu. Sehingga waktu pelepasan energi baterai di radio sebagai beban prioritas menjadi lebih lama.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari tugas akhir ini adalah merancang dan menganalisis sistem DLVBD dan mengaplikasikannya pada sistem PRS 1000 agar beban BTS dan radio menjadi terpisah sehingga pelepasan energi baterai radio menjadi lebih lama

1.3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam menyusun tugas akhir ini, metode yang digunakan oleh penulis untuk mempermudah penulisan sebagai berikut :

1. Metode Observasi

   Metode ini merupakan suatu pengumpulan berbagai informasi secara langsung, yaitu pengamatan dan pencatatan terhadap kegiatan yang dilakukan.

2. Metode Kepustakaan

   Metode kepustakaan adalah suatu metode pengumpulan informasi yang diperlukan dengan membaca buku-buku literatur, dokumen, catatan kuliah, dan bacaan lainnya sebagai referensi yang berkaitan dengan permasalahan.

1.4 PEMBATASAN MASALAH

Pada tugas akhir ini beberapa permasalahan yang menjadi batasan – batasan adalah sebagai berikut :

- Penulis menganalisis cara kerja sistem DLVBD
- Arah Arus dan tegangan pada beban BTS dan radio saat dialiri listrik dan listrik padam
- Penulis tidak membahas lebih jauh mengenai MCU dan antarmuka (*interface*)

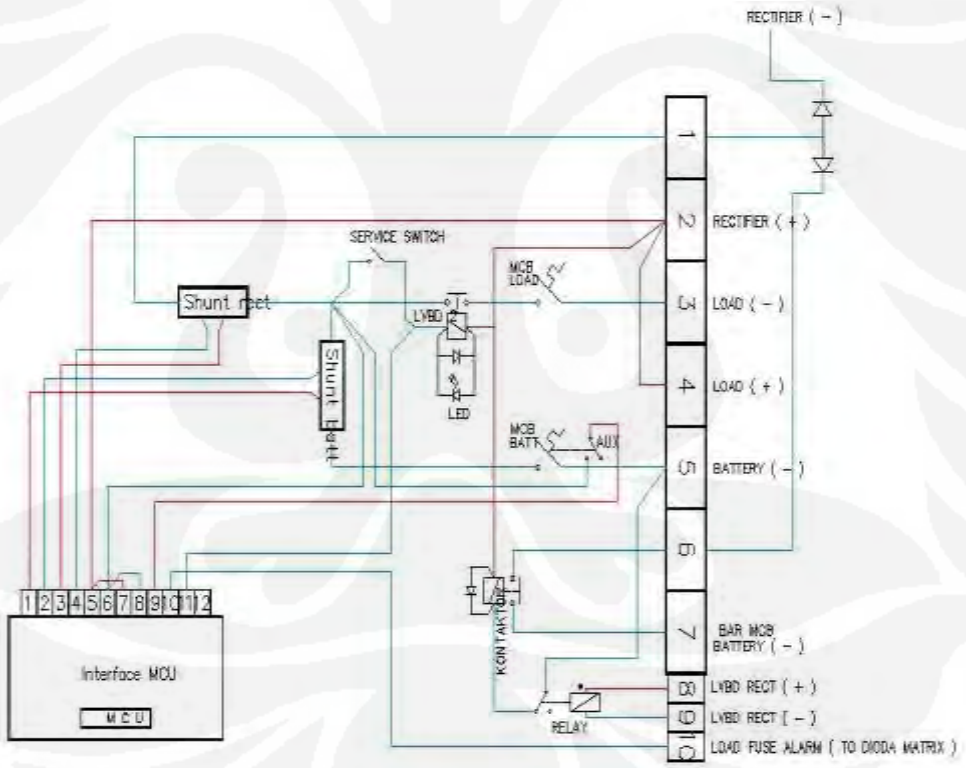
1.5 SISTEMATIKA PENELITIAN

Untuk mempermudah memahami dan membahas tugas akhir ini, maka penyajian tulisan ini dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu Bab 1 sebagai pendahuluan dimana menjelaskan tentang latar belakang, tujuan, metodelogi penulisan, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab 2 menguraikan landasan teori dasar yang menunjang perancangan sistem termasuk diantaranya dioda, hambatan paralel, relai dan komponen – komponen lainnya. Selain itu, disini juga dibahas secara singkat mengenai konsep dasar dari DLVBD. Selanjutnya, pada bab 3 menjelaskan tentang perancangan sistem. Antara lain mengenai pengaturan tegangan, fungsi komponen – komponen pendukung tersebut. Sebagai penutup, Bab 4 berisikan beberapa kesimpulan dari hasil perancangan dan analisa sistem yang telah dilakukan.

BAB II
LANDASAN TEORI

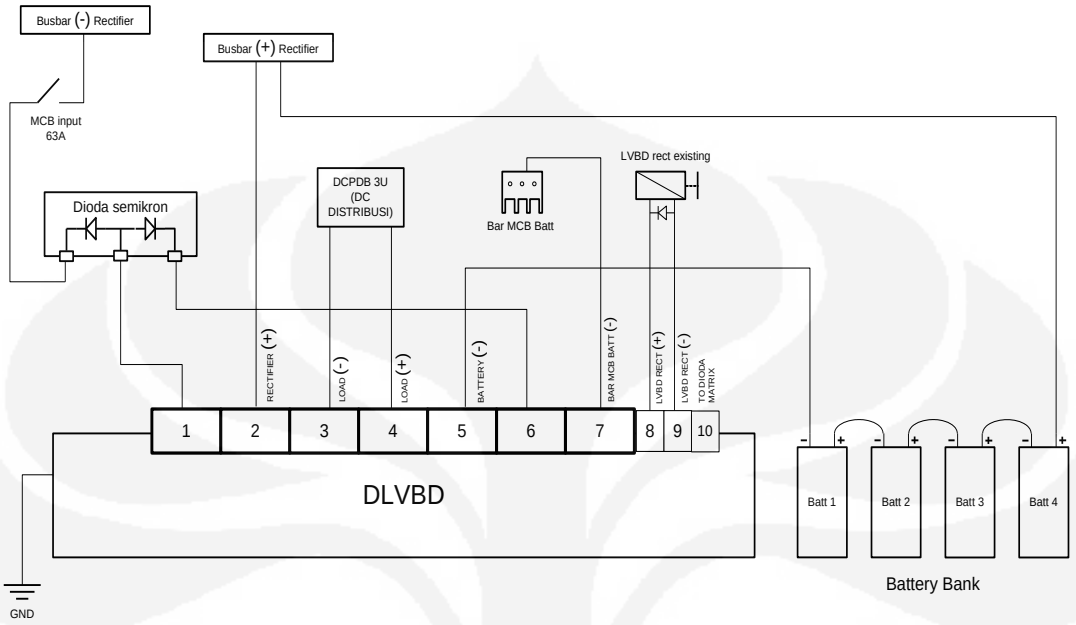
2.1 Sistem DLVBD (Double Low Voltage Battery Disconnect)

Low Voltage Battery Disconnect (LVBD) berupa kontaktor yang berfungsi memutuskan arus pelepasan energi pada baterai. LVBD bekerja (*disconnect*) ketika pelepasan energi pada baterai telah mencapai tegangan batas akhir, sehingga pada saat itu beban tidak mendapat catuan daya (mati). DLVBD adalah perangkat yang dipasang di sistem catu daya yang mempunyai fungsi untuk membagi beban perangkat sesuai tingkat prioritasnya.



Gambar 2.1 Skematik diagram koneksi dalam DLVBD

Sumber : Andi Supandi. "Double Low Voltage Battery Disconnect.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 27



Gambar 2.2 Skematik diagram koneksi luar DLVBD

Sumber : Andi Supandi. "Double Low Voltage Battery Disconnect.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 28

Pada sistem DLVBD terdiri dari komponen – komponen utama,diantaranya adalah :

1. MCU (*Monitor Control Unit*)
2. Dioda
3. Hambatan shunt (*Shunt resistor*)
4. LVD (*Low Voltage Disconnect*)
5. Baterai
6. Kontaktor dan relai (*Relay*)

2.1.1 Monitor Control Unit (MCU)

Salah satu komponen penting dari sistem DLVBD adalah MCU. Perangkat ini berfungsi sebagai unit monitor dan kontrol dari sistem. MCU merupakan penghubung antara sistem dengan pengguna.MCU mempunyai fitur – fitur antara lain :

1. Layar *Liquid Cristal Display* (LCD) dan tombol untuk pengecekan langsung di tempat

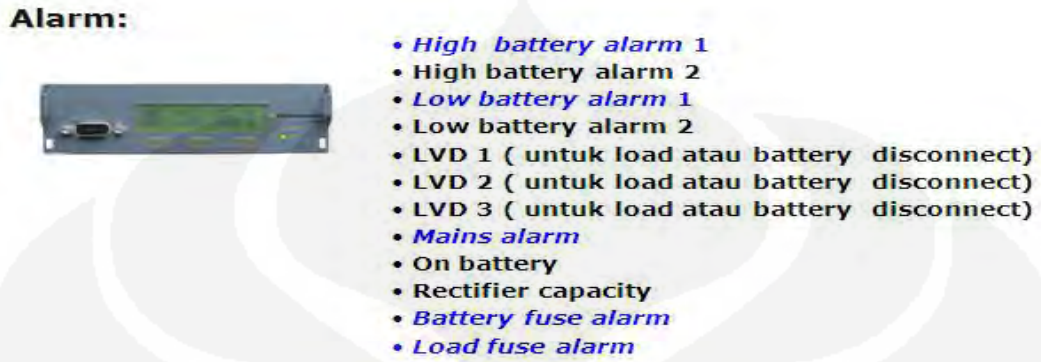
2. RS-232 untuk koneksi komputer atau monitor pengendali dan kontrol melalui modem / SNMP
3. 6 alarm yang dapat dikonfigurasi untuk alarm keluaran relai sebagai monitor pengendali
4. Memonitor baterai dan pengetesan (manual dan otomatis)
5. Pengisian secara suhu kompensasi untuk meningkatkan umur baterai
6. Pemutusan tegangan rendah (*Low Voltage disconnect*) berdasarkan waktu atau tegangan
7. Pesan pesan alarm disimpan pada memori
8. Alarm/rincian kejadian dengan waktu dan tanggal
9. Perangkat lunak berbasis *Windows* untuk kemudahan akses dan konfigurasi (*WinPower*)

Gambar 2.3 Tampilan depan Monitor Control Unit

Sumber : Ari Yohana. "Flatpack 1500 & MCU.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 6

MCU dapat dioperasikan melalui 2 jalur. Jalur pertama melalui tombol yang ada di MCU secara langsung. Jalur kedua melalui komputer dengan cara menghubungkan ke MCU dengan menggunakan kabel RS232. Menu – menu yang ada melalui tombol kurang lengkap dibandingkan dengan menggunakan komputer. Namun, di saat darurat, menu melalui tombol menjadi sangat penting untuk menghindari kejadian yang lebih buruk. Di gambar 2.3 terdapat dua indikator lampu. Lampu berwarna merah, mengindikasikan terjadi gangguan di sistem. Lampu berwarna hijau, mengindikasikan sistem berjalan dengan baik. Jika terjadi alarm, MCU akan

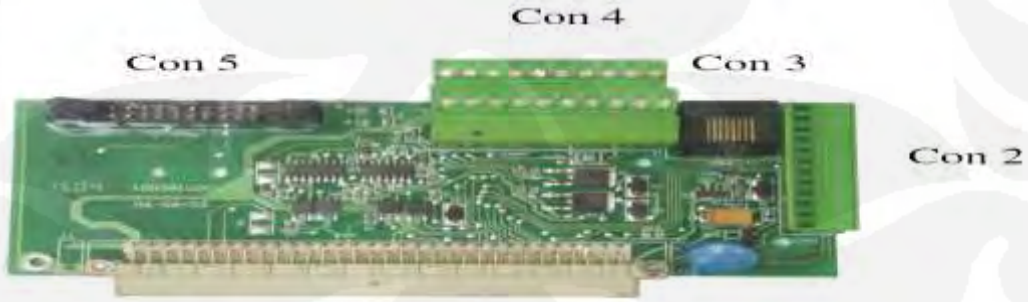
menampilkannya di layar dan mencatatnya ke dalam alarm log. Fungsi dari alarm ini adalah sebagai informasi terjadinya kesalahan – kesalahan yang terjadi pada sistem saat terjadi gangguan yang dilengkapi dengan tanggal kejadiannya.



Gambar 2.4 Alarm Monitor Control Unit

Sumber : Ari Yohana. "Flatpack 1500 & MCU.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 7

Pada MCU juga terdapat perangkat pendukung yang disebut dengan antarmuka (*interface*). Fungsi alat ini adalah perantara komunikasi antara perangkat yang ada pada sistem dengan MCU. Jadi, komponen – komponen utama dalam sistem dihubungkan ke MCU melalui antarmuka, sehingga apabila terjadi kesalahan pada salah satu komponen tersebut dapat terbaca oleh MCU dan menampilkannya pada layar.

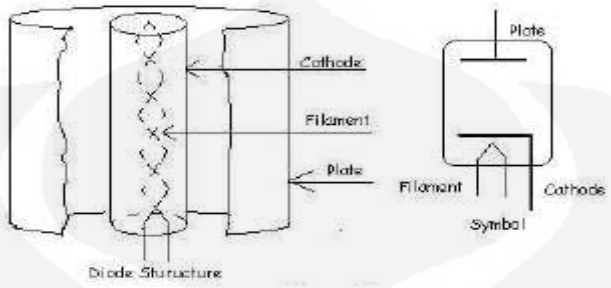


Gambar 2.5 Antarmuka Monitor Control Unit

Sumber : Andi Supandi. "Double Low Voltage Battery Disconnect.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 30

2.1.2 Dioda

Dioda ialah jenis VACUUM tube yang memiliki dua buah elektroda. Dioda tabung pertama kali diciptakan oleh seorang ilmuwan dari Inggris yang bernama Sir J.A. Fleming (1849-1945) pada tahun 1904.



Gambar 2.6 Struktur diode

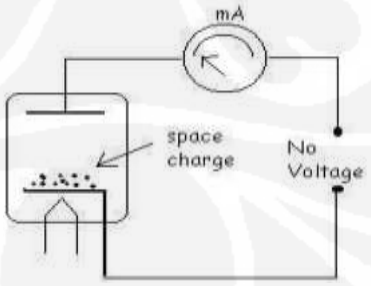
Sumber : cnt121.files.wordpress.com/2007/11/dioda.pdf

Struktur dan skema dari dioda dapat dilihat pada gambar di atas. Pada dioda, plate diletakkan dalam posisi mengelilingi katoda sedangkan pemanas disisipkan di dalam katoda. Elektron pada katoda yang dipanaskan oleh pemanas akan bergerak dari katoda menuju pelat

Untuk dapat memahami bagaimana cara kerja dioda kita dapat meninjau 3 situasi sebagai berikut ini yaitu :

1. Dioda diberi tegangan nol
2. Dioda diberi tegangan negatif
3. Dioda diberi tegangan positif

2.1.2.1 Dioda diberi tegangan nol



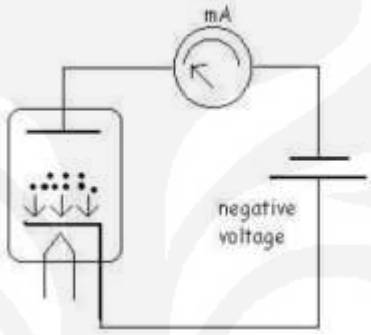
Gambar 2.7 Dioda diberi tegangan nol

Sumber : cnt121.files.wordpress.com/2007/11/dioda.pdf

Ketika dioda diberi tegangan nol maka tidak ada medan listrik yang menarik elektron dari katoda. Elektron yang mengalami pemanasan pada katoda hanya

mampu melompat sampai pada posisi yang tidak begitu jauh dari katoda dan membentuk muatan ruang (*Space Charge*). Tidak mampunyai elektron melompat menuju katoda disebabkan karena energi yang diberikan pada elektron melalui pemanasan oleh pemanas belum cukup untuk menggerakkan elektron menjangkau pelat.

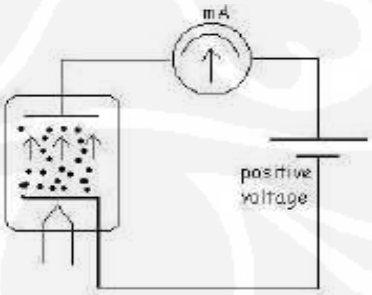
2.1.2.2 Dioda diberi tegangan negatif



Gambar 2.8 Dioda diberi tegangan negatif
Sumber : cnt121.files.wordpress.com/2007/11/dioda.pdf

Ketika dioda diberi tegangan negatif maka potensial negatif yang ada pada plate akan menolak elektron yang sudah membentuk muatan ruang sehingga elektron tersebut tidak akan dapat menjangkau pelat sebaliknya akan terdorong kembali ke katoda, sehingga tidak akan ada arus yang mengalir.

2.1.2.3 Dioda diberi tegangan positif



Gambar 2.9 Dioda diberi tegangan positif
Sumber : cnt121.files.wordpress.com/2007/11/dioda.pdf

Ketika dioda diberi tegangan positif maka potensial positif yang ada pada pelat akan menarik elektron yang baru saja terlepas dari katoda oleh karena emisi *thermionic*, pada situasi inilah arus listrik baru akan terjadi. Seberapa besar arus listrik yang akan mengalir tergantung daripada besarnya tegangan positif yang dikenakan pada pelat. Semakin besar tegangan pelat akan semakin besar pula arus listrik yang akan mengalir.

Oleh karena sifat dioda yang seperti ini yaitu hanya dapat mengalirkan arus listrik pada situasi tegangan tertentu saja, maka dioda dapat digunakan sebagai penyearah arus listrik (*rectifier*).

2.1.2.4 Karakteristik dioda

Hampir semua peralatan elektronika memerlukan sumber arus searah. Penyearah digunakan untuk mendapatkan arus searah dari suatu arus bolak-balik. Arus atau tegangan tersebut harus benar-benar rata tidak boleh berdenyut-denyut agar tidak menimbulkan gangguan bagi peralatan yang dicatu.

Dioda sebagai salah satu komponen aktif sangat popular digunakan dalam rangkaian elektronika, karena bentuknya sederhana dan penggunaannya sangat luas. Ada beberapa macam rangkaian dioda, diantaranya : penyearah setengah gelombang (*Half-Wave Rectifier*), penyearah gelombang penuh (*Full-Wave Rectifier*), rangkaian pemotong (*Clipper*), rangkaian penjepit (*Clamper*) maupun pengganda tegangan (*Voltage Multiplier*). Di bawah ini merupakan gambar yang melambangkan dioda penyearah.

Gambar 2.10 simbol diode

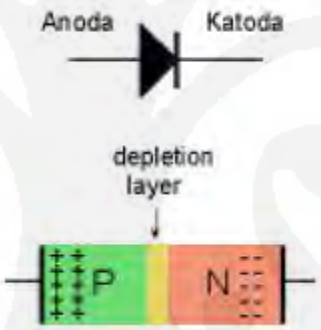
Sumber : cnt121.files.wordpress.com/2007/11/dioda.pdf

Sisi Positif (P) disebut Anoda dan sisi Negatif (N) disebut Katoda. Lambang dioda seperti anak panah yang arahnya dari sisi P ke sisi N. Karenanya ini mengingatkan kita pada arus konvensional dimana arus mudah mengalir dari sisi P ke sisi N.

Dioda terbagi atas beberapa jenis antara lain :

- Dioda germanium
- Dioda silikon
- Dioda selenium
- Dioda zener
- Dioda cahaya (LED)

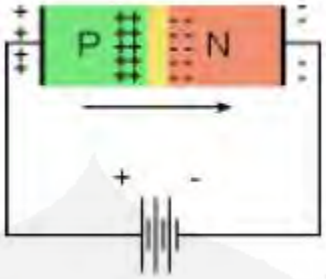
Dioda termasuk komponen elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor. Beranjak dari penemuan dioda, para ahli menemukan juga komponen turunan lainnya yang unik. Dioda memiliki fungsi yang unik yaitu hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja. Struktur dioda tidak lain adalah sambungan semikonduktor P dan N. Satu sisi adalah semikonduktor dengan tipe P dan satu sisinya yang lain adalah tipe N. Dengan struktur demikian arus hanya akan dapat mengalir dari sisi P menuju sisi N.



Gambar 2.11 simbol dan struktur dioda

Sumber : cnt121.files.wordpress.com/2007/11/dioda.pdf

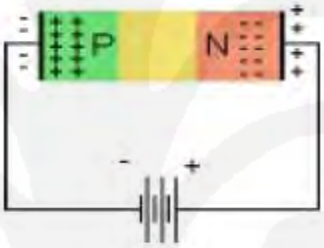
Gambar ilustrasi di atas menunjukkan sambungan PN dengan sedikit porsi kecil yang disebut lapisan deplesi (*depletion layer*), dimana terdapat keseimbangan lubang dan elektron. Seperti yang sudah diketahui, pada sisi P banyak terbentuk lubang - lubang yang siap menerima elektron sedangkan di sisi N banyak terdapat elektron-elektron yang siap untuk bebas merdeka. Lalu jika diberi bias positif, dengan arti kata memberi tegangan potensial sisi P lebih besar dari sisi N, maka elektron dari sisi N dengan serta merta akan tergerak untuk mengisi lubang di sisi P. Tentu kalau elektron mengisi lubang disisi P, maka akan terbentuk lubang pada sisi N karena ditinggal elektron. Ini disebut aliran lubang dari P menuju N, Kalau menggunakan terminologi arus listrik, maka dikatakan terjadi aliran listrik dari sisi P ke sisi N.



Gambar 2.12 Dioda dengan bias maju

Sumber : cnt121.files.wordpress.com/2007/11/dioda.pdf

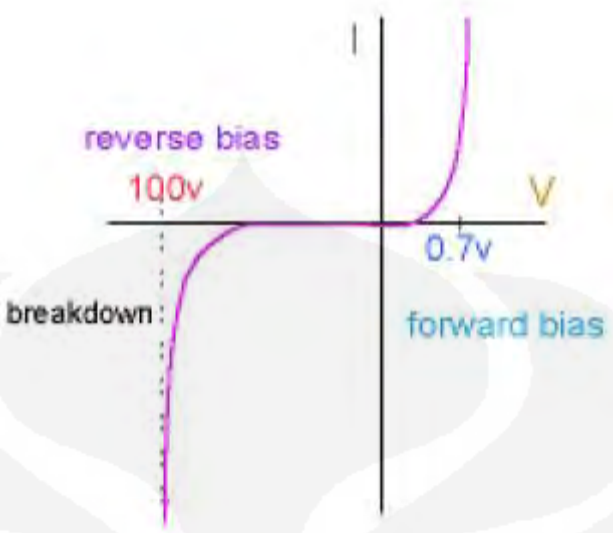
Sebaliknya apakah yang terjadi jika polaritas tegangan dibalik yaitu dengan memberikan bias negatif (*reverse bias*). Dalam hal ini, sisi N mendapat polaritas tegangan lebih besar dari sisi P.



Gambar 2.13 Dioda dengan bias negatif

Sumber : cnt121.files.wordpress.com/2007/11/dioda.pdf

Tentu jawabannya adalah tidak akan terjadi perpindahan elektron atau aliran lubang dari P ke N maupun sebaliknya. Karena baik lubang dan elektron masing-masing tertarik ke arah kutup berlawanan. Bahkan lapisan deplesi (*depletion layer*) semakin besar dan menghalangi terjadinya arus. Demikianlah sekelumit bagaimana dioda hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja. Dengan tegangan bias maju yang kecil saja dioda sudah menjadi konduktor. Tidak serta merta di atas 0 volt, tetapi memang tegangan beberapa volt di atas nol baru bisa terjadi konduksi. Ini disebabkan karena adanya dinding deplesi (*depletion layer*). untuk dioda yang terbuat dari bahan Silikon tegangan konduksi adalah di atas 0,7 volt. Kira-kira 0,3 volt batas minimum untuk dioda yang terbuat dari bahan Germanium.



Gambar 2.14 Grafik arus diode

Sumber : cnt121.files.wordpress.com/2007/11/dioda.pdf

Sebaliknya untuk bias negatif dioda tidak dapat mengalirkan arus, namun memang ada batasnya. Sampai beberapa puluh bahkan ratusan volt baru terjadi kegagalan (*breakdown*), dimana dioda tidak lagi dapat menahan aliran elektron yang terbentuk di lapisan deplesi.

2.1.3 Resistor Shunt

Shunt adalah resistor presisi tinggi yang digunakan untuk mengukur arus yang lewat dari rangkaian. Dengan menggunakan hukum Ohm, kita dapat mengetahui tegangan akan melalui resistor dan dibagi oleh resistansinya yang sama dengan nilai arus, maka dari itu jika kita mengetahui tegangan yang melewati resistor, kita bisa dengan mudah menghitung arusnya. Hukum Ohm :

$$\mathbf{V = I \times R} \quad \text{.....(2.1)}$$

Dimana : V = Tegangan

I = Arus

R = Hambatan

Gambar 2.15 Bentuk fisik resistor shunt

Sumber : http://www.rc-electronics-usa.com/current-shunt.html

Sebagai contoh, sebuah resistor shunt mempunyai hambatan 0,0001 Ohm dialiri arus 50 Ampere yang melewatinya akan menghasilkan tegangan 0,0001 x 50 = 0,05 Volt atau 50 mV (miliVolt).

Jadi dengan memberikan hambatan di rangkaian dimana arus yang mau didapat bisa dengan mengukur tegangan yang melewati hambatan. Dan dengan mengetahui resistansi dari hambatan maka kita bisa menghitung arus dengan menggunakan hukum Ohm, yaitu I = V ÷ R . Sebaliknya, jika kita mengetahui arus dan tegangan dihasilkan melalui current shunt, kita bisa menggunakan hukum Ohm untuk mengkalibrasi resistansi hambatan.

2.1.3.1 Karakteristik dan Spesifikasi

Hambatan shunt biasanya ditetapkan dengan variasi dari listrik dan spesifikasi mekanik. Spesifikasi listrik mengindikasi bagaimana mendekati kesempurnaan dari shunt sebagai sensor arus. Presisi yang sempurna dari hambatan mempunyai resistansi yang tepat. Bahwa resistansi tidak berubah dengan suhu, umur atau arus. Induktansi (resistansi ke perubahan arus AC) adalah nol. Ketelitian disesuaikan hambatan dengan mendekati yang ideal, tapi ukurannya besar dan sangat mahal. Spesifikasi hambatan ditetapkan sebagai berikut :

- **Arus rata – rata**, sebagai contoh 100 Ampere

- **Tegangan keluaran**, dimana mengindikasi resistansi sebagai tegangan yang dihasilkan untuk nilai arus. V = I × R. Sebagai contoh penilaian keluaran dari 50 mV pada 100 A dimana menyiratkan resistansi 0,0005 Ohm (0,5 mOhm)
- **Ketepatan resistansi**, sebagai contoh resistansi aktualnya yakni antara ±0.25% dari nilai yang ditentukan
- **Penyimpangan resistansi,** sebagai contoh perubahan resistansi shunt kurang dari 0,002% (atau 20 ppm = parts per million) per °C dari perubahan suhu. Jumlah dari ketepatan dan kesalahan penyimpangan mengindikasi bahwa seberapa banyak keluaran current shunt yang akan salah dibandingkan dengan keluaran ideal yang ditetapkan (resistansi). Sebagai contoh dengan menggunakan perubahan suhu 30 °C, jadi 0.25% + 0.002% ×30 = 0.31% kesalahan yang akan didapat. Atau 50 × 0.0031 = 0.155 mV kesalahan.
- **Nilai daya,** karena hambatan adalah resistor dan menghamburkan panas dari arus yang mengalir melaluinya, akan semakin panas. Sejak panas dapat mengubah resistansi dan bahkan bisa merusak hambatan secara permanen, hambatan sering memberi nilai daya. Panas ditimbulkan oleh daya yang diukur dalam Watt (W)

$$\mathbf{W = I^2 \times R} \quad \textbf{(2.2)}$$

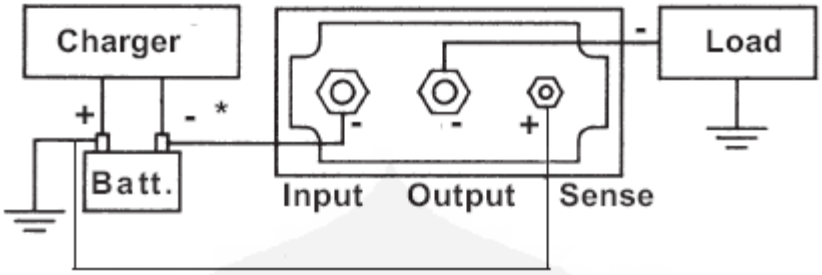
Ini menyatakan bahwa panas yang dihasilkan meningkat dengan “akar” dari arus. Jadi dengan menggandakan arus meningkatkan daya panas yang dihamburkan dengan $2^2 = 2 \times 2 = 4$ kali. Jadi perubahan kecil di arus menghasilkan perubahan besar di pemanasan. Dalam prakteknya, hambatan seringkali dinilai pada penggunaan terus – menerus hanya 66% dari nilai yang ditentukan. Jadi, bila kita membutuhkan 80A (digunakan terus – menerus) dalam pengukuran , kita tidak bisa menggunakan 100A (karena 66A pada penggunaannya) nilai hambatan. Secara berurutan, shunt sebaiknya mempunyai grafik yang menunjukkan kita nilai garis arus yang berkelanjutan sebagai fungsi dari suhu lingkungan udara.

2.1.3.2 Aplikasi resistor shunt

Resistor shunt dapat digunakan untuk memperbaharui sistem energi. Ini sangat penting untuk mengetahui seberapa banyak arus yang mengalir ke dalam dan keluar dari deretan baterai dalam memperbaharui sistem energi. Ketika sedang mengisi arus yang mengalir ke baterai seharusnya tidak boleh lebih dari 10% dari kapasitas baterai. Sebagai contoh, baterai 100Ah tidak boleh diisi lebih dari arus 10A atau akan menyebabkan kerusakan dan/atau menjadi terlalu panas. Ini juga sangat berguna untuk mengetahui arus yang dihasilkan oleh turbin angin atau panel solar, karena informasi tersebut membantu kita untuk menghitung seberapa banyak daya yang dihasilkan. Sebagai contoh panel solar mempunyai tegangan 12 Volt dan daya 15 Watt menghasilkan 18Volt ketika sangat mendung dan 21 Volt ketika sangat cerah. Ketika mendung, kit bisa mengukur arus hanya 0,1A dan ketika cerah arus 0,8A.

2.1.4 Low Voltage Disconnect (LVD)

Pelepasan energi pada baterai di ruang BTS dapat rusak apabila melebihi pelepasan ketika aliran listrik dari PLN hilang untuk periode panjang. Kecuali bila daya disimpan dalam waktu tertentu, pemancar dapat mengambil arus dari baterai selama setelah penggunaan tegangan telah habis dipakai oleh radio. Dalam beberapa kasus, koneksi ke baterai saat tegangan rendah dapat merusak pemancar. Untuk melindungi baterai dan peralatan lainnya supaya tidak rusak dan membantu menghindari segala hal yang berhubungan dengan situasi pelepasan yang berlebihan, instalasi LVD sangat penting. LVD berisi sensor spesial dan unit rangkaian kontrol yang tersusun rapat, lapisan *vinyl-clad alumunium*. Ini dipasang antara baterai dengan daya utama antara baterai dengan beban. Unit secara terus – menerus memonitor tegangan baterai dan jika turun dibawah tegangan ambang (*threshold*) ,LVD memutuskan beban, menghindari pelepasan energi lebih lanjut. Ketika baterai sedang mengisi dan tegangan dinaikkan diatas tegangan ambang, beban secara otomatis akan terkoneksi kembali. Titik Hubung dan tak terhubung ini adalah tergantung dari pengaturan penggunaannya.



Gambar 2.16 Diagram rangkaian LVD

Sumber : www.colehersee.com/pdf/hot_feed/D-614_LowVoltageDisconnect.pdf

2.1.5 Baterai

Baterai merupakan alat penyimpan muatan listrik yang dapat kita temukan dalam aneka bentuk, tegangan dan kapasitas. Berdasarkan teknologinya baterai dapat dikategorikan ke dua bagian yaitu : Baterai Basah (*Vented Type*)dan Baterai Kering (*Valve Regulated Lead Acid*). Dalam penulisan seminar, hanya memfokuskan pada baterai tipe kering saja. Tegangan nominal satu sel baterai 2 Volt. Sel baterai dapat dihubungkan secara seri untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan, dan dapat dihubungkan secara parallel untuk meningkatkan kapasitas sesuai dengan yang diinginkan. Sehingga dalam 1 blok baterai yang bertegangan 12 V terdapat 6 sel yang diseri. Keuntungan baterai kering dibandingkan tipe baterai basah adalah :

1. Ramah lingkungan dan tidak memerlukan ruangan khusus
2. Tidak memerlukan penambahan elektrolit selama masa perawatan Dapat dipasang dalam posisi horizontal (untuk tipe baterai tertentu)
3. Tersegel dengan rapi

Baterai VRLA merupakan sumber energi ideal yang biasanya digunakan pada :

- Peralatan Telekomunikasi
- UPS
- dll

2.1.5.1 Konstruksi baterai

Secara umum baterai terdiri dari pelat positif dan negative, separator, terminal post dan container. Untuk baterai yang menggunakan pelat datar, aktif material akan ditempelkan langsung di sisi pelat. Pelat ini di-desain dapat digunakan selama 10 tahun pada suhu lingkungan yang normal (20^{o}C). Separator merupakan pemisah

antara pelat positif dan negatif. Separator ini dibuat dari bahan serabut kaca miko (*microfibre glass*) yang memiliki fungsi penyerapan yang tinggi dengan pori-pori yang sangat kecil sehingga jalannya proses kimiawi dalam baterai dapat berjalan dengan baik. Pada baterai juga terdapat katup, sehingga jika terjadi tekanan di dalam baterai melebihi 30 kPA valve akan terbuka untuk membuang gas. Dan katup tersebut akan menutup kembali. Container pada baterai dibuat dari bahan ABS, container ini di-desain untuk tahan terhadap guncangan dan memiliki fungsi flame retardant / tidak terbakar oleh api. Fitur operasi :

- Kapasitas

  Kapasitas terukur dalam satuan Ampere Hour, yang merupakan besarnya muatan listrik yang dapat dikeluarkan selama proses pelepasan energi. Kapasitas nominal setiap baterai biasanya dinyatakan dalam C_{10} yaitu kemampuan kapasitas baterai dalam melepaskan energi dengan arus yang konstan selama 10 jam.
- Tegangan sel
- Impedansi internal dan arus short circuit

2.1.5.2 Pengisian (Charging)

Tegangan mengambang (*Floating vlotage*)

Merupakan tahap pengisisan dengan nilai tegangan yang konstan (2,27 Vpc) tanpa dibatasi oleh waktu yang berguna untuk menjaga kondisi baterai tetap penuh.

Tegangan dorongan (*Boost Voltage*)

Merupakan tahap pengisian baterai dengan tegangan tidak lebih dari 2,4 Vpc yang dibatasi oleh waktu dan current limit yang berguna agar kondisi baterai cepat terisi penuh.

Arus pembatas (*Current Limit*)

Merupakan pembatasan arus pengisian yang ke baterai, untuk mencegah baterai overcharge dan mengakibatkan baterai kembung.

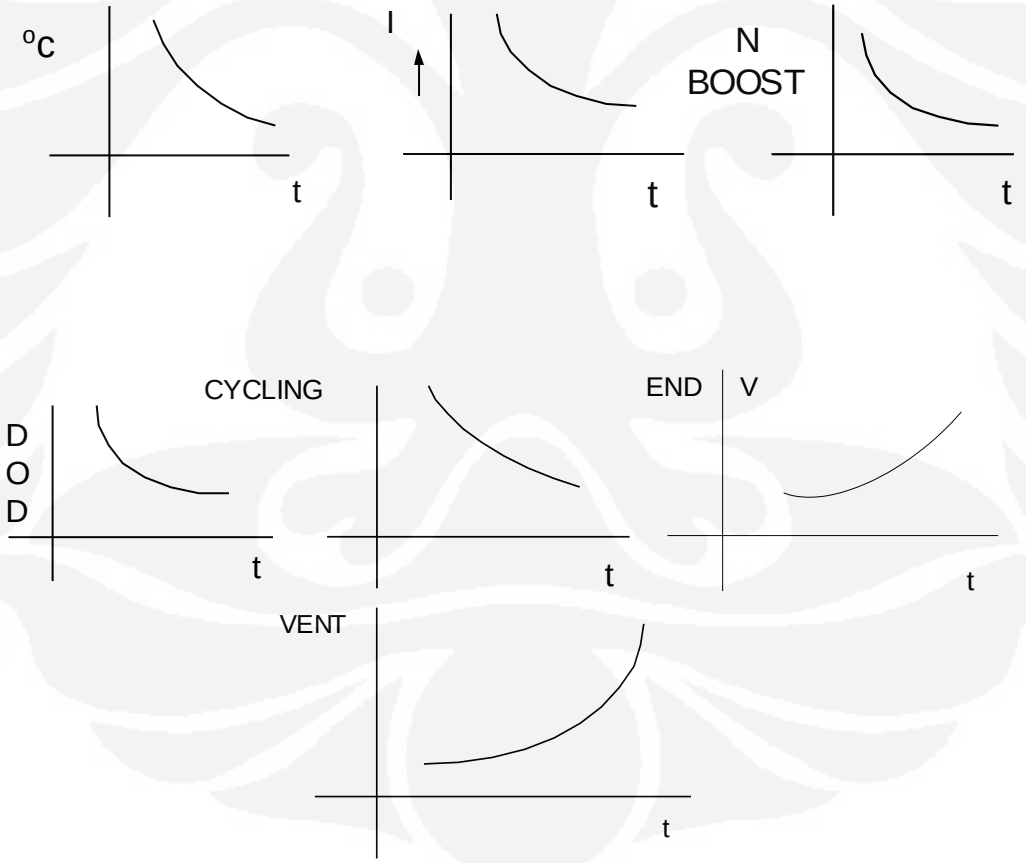
Siklus (*Cycling*)

Setiap baterai umurnya akan habis bila sudah melewati jumlah siklus. Jumlah ini tergantung dari kedalaman baterai saat pelepasan energi. Sehingga semakin dalam energi baterai dilepaskan, maka umur baterai akan semakin berkurang.

2.1.5.3 Faktor yang mempengaruhi umur baterai

Umur dari baterai dipengaruhi oleh :

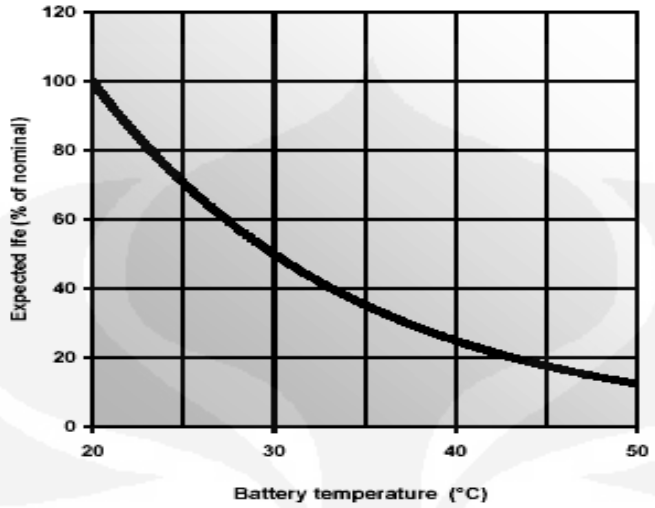
1. Suhu
2. Arus pengisian
3. Tingkat seringnya Boost
4. Kedalaman pelepasan energi baterai
5. Siklus
6. Tegangan akhir
7. Ventilasi



Gambar 2.17 Grafik faktor yang mempengaruhi umur baterai

2.1.5.3.1 Suhu

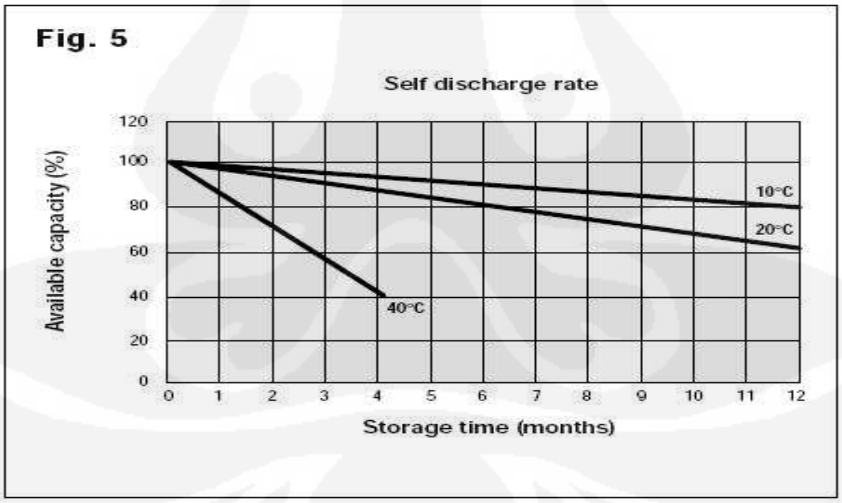
Baterai dapat beroperasi pada suhu –15^{o}C hingga 40^{o}C.



Gambar 2.18 Grafik umur baterai terhadap suhu

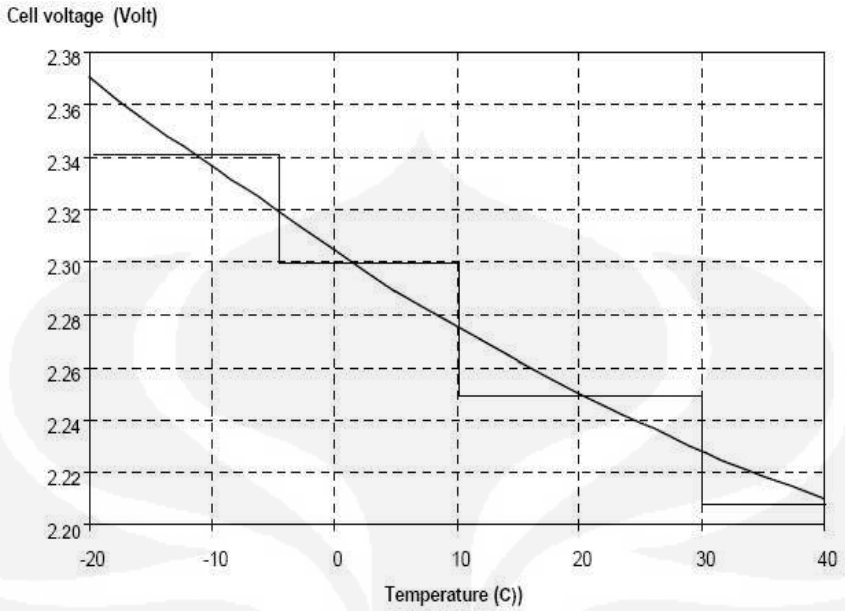
Sumber : Agus Sumardi. "Petunjuk Baterai." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 3

Pengoperasian baterai pada suhu diatas 20^{o}C akan mengurangi umur baterai.



Gambar 2.19 Grafik pelepasan energi terhadap suhu

Sumber : Agus Sumardi. "Petunjuk Baterai." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 5



Gambar 2.20 Grafik tegangan sel terhadap suhu

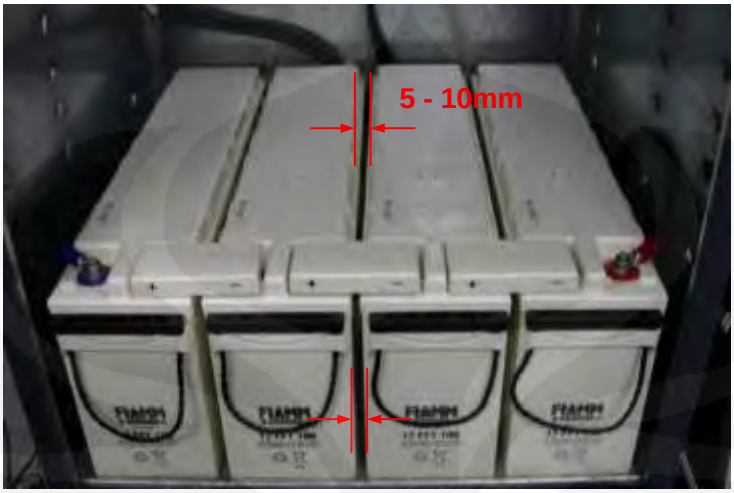
Sumber : Agus Sumardi. "Petunjuk Baterai." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 6

2.1.5.3.2 Ventilasi

Gambar 2.21 Letak kipas ventilasi di ruang BTS

Sumber : Agus Sumardi. "Petunjuk Baterai." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 8

Kipas ventilasi harus bekerja dengan baik dan harus dapat mengeluarkan udara panas yang ada di dalam ruang jika kondisi PLN padam.



Gambar 2.22 Peletakan susunan baterai dalam kabinet

Sumber : Agus Sumardi. "Petunjuk Baterai." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 10

Antar blok baterai harus diberi jarak, agar ada aliran udara yang cukup mengalir pada sisi-sisi samping baterai.

2.1.5.3.3 Pelepasan arus (Discharging current)

Catu daya tanpa dilengkapi dengan pembatas arus (Current Limit)

Jika kita melepaskan energi baterai sampai pada level 1,8 V_{pc}, maka total tegangan akhir = 24x 1,8 V = 43,2 V Setelah LVBD (Low Voltage Battery Disconnect) putus, tegangan baterai akan naik (Exp. 44 Volt) Jika kita mengisi energi baterai dengan tegangan ambang 2,27 V_{pc}, tegangan total menjadi

2,27 x 24 V = 54,48 V

Contoh. Baterai SLA 75 k = koefisien yang tergantung pada *Depth Of Discharge* (DOD) = >1.

Jika kita menggunakan menggunakan pembatas arus, maka arusnya menjadi

0,1 C_{10} = 0,1 x 75 A = 7,5 A

Dimana C_{10} = Kapasitas jam ampere (AH)

Jadi jika kita tidak menggunakan pembatas arus, arus pengisian akan menjadi tinggi dan akan merusak baterai. Tegangan yang direkomendasikan pada saat proses pengisian kembali saat suhu 20 – 25^{o}C adalah

Ambang (*Floating*)

2.23 – 2.27 Vpc dengan pembatas arus 0.15 C_{10}

Dorongan (*Boost*)

2.4 Vpc dengan pembatas arus 0.15 C_{10}

2.1.5.3.4 Kedalaman pelepasan arus (Depth of Discharge)

Jumlah Ah sebelum pelepasan dibagi dengan kapasitas baterai yang sebenarnya

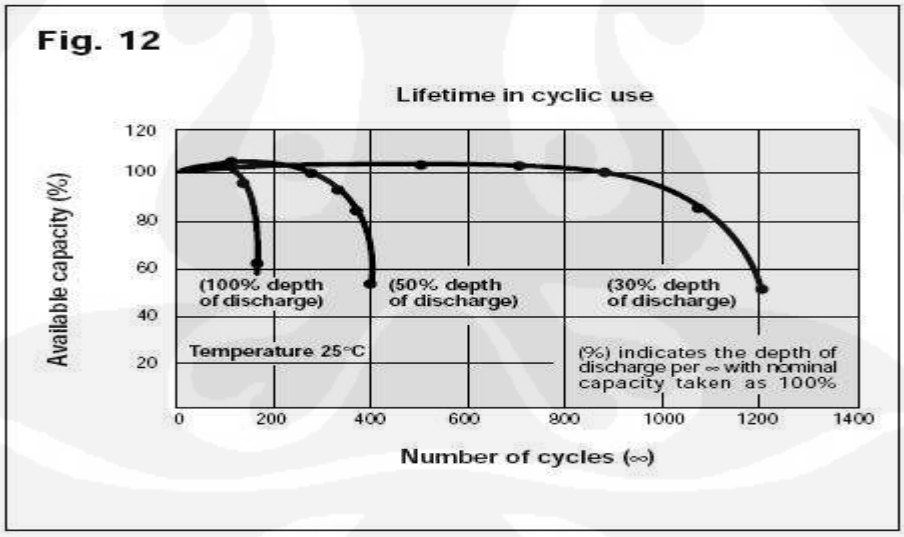
Contoh : Baterai 16UGEL80 (Amperes to 1.80 Vpc at 20^{0} C) :

- Discharging current = 26.9 A
- During 1 hours

Pelepasan energi Ah = 26.9 x 1 AH = 26.9 Ah

Kapasitas sebenarnya dari data = 26.9A x 2 H = 53.8 AH

DOD = $\frac{26.9}{53.8}$ x 100 % = 50 %

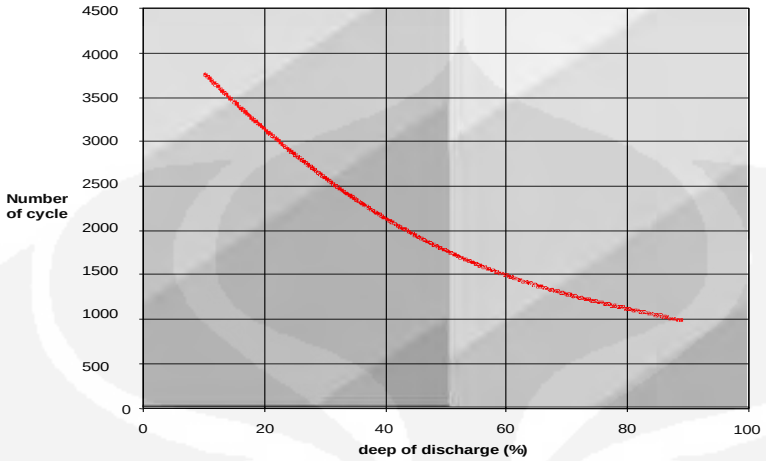


Gambar 2.23 Grafik Kapasitas terhadap kedalaman pelepasan

Sumber : Agus Sumardi. "Petunjuk Baterai." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 12

2.1.5.3.5 Siklus (Cycling)

Banyaknya pengisian dan pelepasan baterai

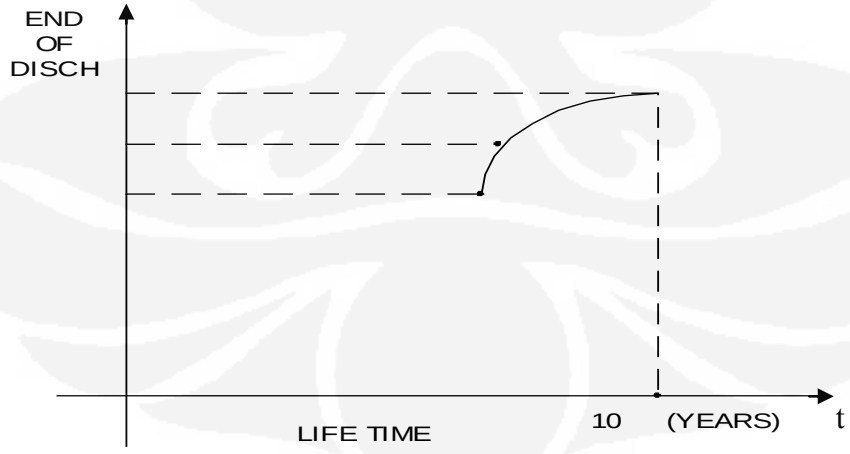


Gambar 2.24 Grafik siklus terhadap kedalaman pelepasan energi

Sumber : Agus Sumardi. "Petunjuk Baterai." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 14

2.1.5.3.6 Tegangan akhir (End Voltage)

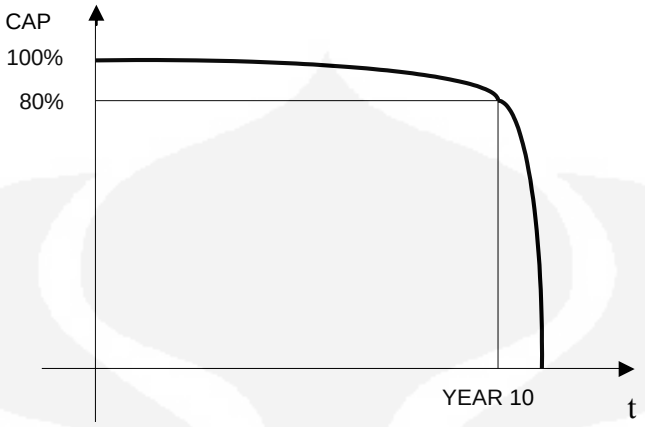
Sebelum pelepasan arus pada baterai, tegangan akhir harus dibatasi dengan nilai tertentu untuk mencegah baterai dari kerusakan. Baterai *Minolite* mempunyai batas pelepasan arus adalah 1,6 Vpc (dengan catatan bahwa kapasitas yang direkomendasikan adalah 1,8 Vpc)



Gambar 2.25 Grafik umur baterai terhadap tegangan akhir

Sumber : Agus Sumardi. "Petunjuk Baterai." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 16

2.1.5.3.7 Masa umur baterai



Gambar 2.26 Grafik umur baterai terhadap waktu pemakaian

Sumber : Agus Sumardi. "Petunjuk Baterai." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 17

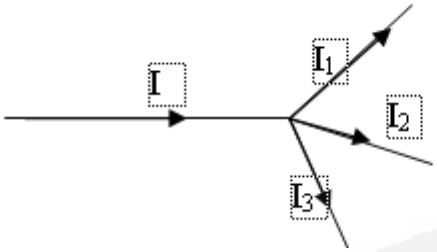
Dalam kondisi yang bagus, setelah pemakaian selama 10 tahun, kapasitas menjadi 80%.Dari titik ini, penurunan persentase baterai menjadi lebih cepat setelahnya.

2.2 Hukum Kirchoff

Di pertengahan abad 19 Gustav Robert Kirchoff (1824 – 1887) menemukan cara untuk menentukan arus listrik pada rangkaian bercabang yang kemudian di kenal dengan Hukum Kirchoff. Hukum ini berbunyi " Jumlah kuat arus yang masuk dalam titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus yang keluar dari titik percabangan". Yang kemudian di kenal sebagai hukum *Kirchoff* I. Secara matematis dinyatakan :

$$I_{masuk} = I_{keluar} \; atau \sum I_{masuk} = \sum I_{keluar} \qquad \text{.....(2.3)}$$

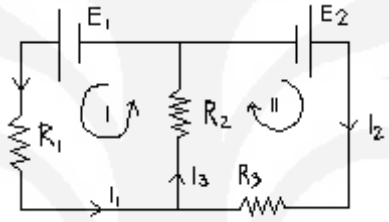
Bila digambarkan dalam bentuk rangkaian bercabang maka akan diperoleh sebagai berikut:



$$I_{masuk} = I_1 + I_2 + I_3$$

……..**(2.4)**

Hukum Kirchoff 2 dipakai untuk menentukan kuat arus yang mengalir pada rangkaian bercabang dalam keadaan tertutup (saklar dalam keadaan tertutup). Perhatikan gambar berikut



Gambar 2.27 Alur loop pada rangkaian

Sumber : web.mit.edu/widagdos/www/other/ohm.pdf

Hukum Kirchoff 2 berbunyi : " ***Dalam rangkaian tertutup, Jumlah aljabar Gaya Gerak Listik (E) dan jumlah penurunan potensial sama dengan nol"***.
Maksud dari jumlah penurunan potensial sama dengan nol adalah tidak ada energi listrik yang hilang dalam rangkaian tersebut, atau dalam arti semua energi listrik bisa digunakan atau diserap.

Dari gambar diatas kuat arus yang mengalir dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa aturan sebagai berikut :

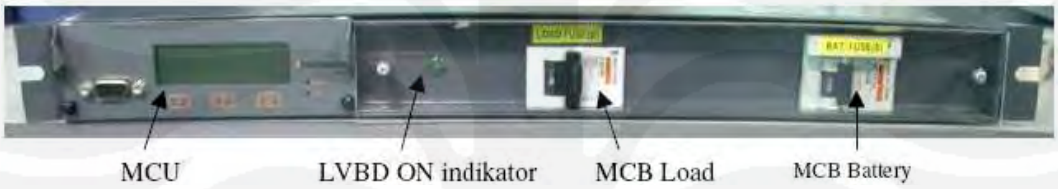
- Tentukan arah putaran arusnya untuk masing-masing loop.
- Arus yang searah dengan arah perumpamaan dianggap positif.
- Arus yang mengalir dari kutub negatif ke kutup positif di dalam elemen dianggap positif.
- Pada loop dari satu titik cabang ke titik cabang berikutnya kuat arusnya sama.
- Jika hasil perhitungan kuat arus positif maka arah perumpamaannya benar, bila negatif berarti arah arus berlawanan dengan arah pada perumpamaan.

BAB III

DESKRIPSI DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Sistem DVLBD

Sistem DLVBD dirancang hampir sama dengan sistem catu daya yang akan dimodifikasi. Pada DLVBD terdapat MCU dengan antarmuka (*interface*), hambatan shunt (*shunt resistor*), Low Voltage Disconnect (LVD), dioda, kontaktor, relai (*relay*) dan baterai. MCU sebagai pengontrol sistemnya dilengkapi dengan antarmuka sebagai penghubung dengan komponen – komponen lain untuk berkomunikasi.



Sumber : Ari Yohana. "Manual DLVBD." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 14

Gambar 3.1 Tampak depan DLVBD

Gambar 3.2 Tampak atas dan tampak belakang DLVBD

Sumber : Ari Yohana. "Manual DLVBD." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 15

Gambar 3.3 Bagian dalam DLVBD

Sumber : Ari Yohana. "Manual DLVBD." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 17

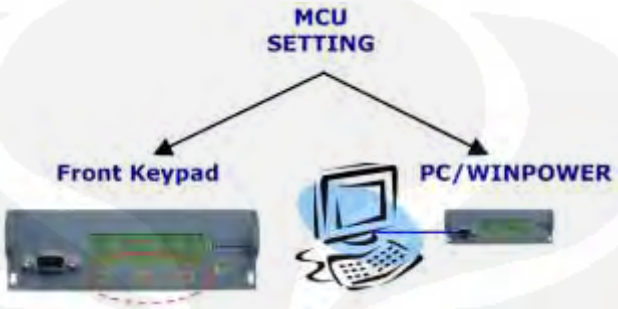
3.1.1 Monitor Control Unit (MCU)

Sebuah sistem untuk dapat memonitor kinerja atau menganalisis masalah diperlukan suatu pengontrol yang dapat membantu kita agar mudah untuk pengoperasiannya. Maka dari itu kita butuh MCU. MCU digunakan sebagai pengontrol sistem DLVBD dengan menggunakan perangkat lunak yang bernama *Winpower*.

Gambar 3.4 Monitor Control Unit

Sumber : Ari Yohana. "Flatpack 1500 & MCU.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 6

Dari perangkat lunak tersebut, kita dapat mengatur dan memonitor sistem sesuai dengan keinginan kita. Pada perancangan ini, pengaturan tegangan diatur oleh MCU. Konfigurasi sistem dapat diatur melalui MCU dengan keypad secara langsung atau bisa diakses memalui komputer dengan menggunakan perangkat lunak *Winpower* yang dihubungkan melalui kabel RS232.



Gambar 3.5 Konfigurasi MCU menggunakan *keypad* atau komputer

Sumber : Ari Yohana. "Flatpack 1500 & MCU.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 7

Dari perangkat lunak tersebut, kita dapat mengatur dan memonitor sistem sesuai dengan keinginan kita. Pada perancangan ini, pengaturan tegangan diatur oleh MCU. Nilai tegangan yang diatur pada sistem ini terdapat dalam tabel dibawah ini

Tabel 3.1 Pengaturan tegangan di MCU

Tegangan sistem	Mengikuti tegangan catu daya sistem
Tegangan rendah	46,00 V
Tegangan terputus	43,20 V
Tegangan tersambung	47,00 V
Batas arus pengisian baterai	15,00 A

Sumber : Ari Yohana. "Manual DLVBD." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 32

Tegangan sistem DLVBD harus disesuaikan dengan tegangan yang ada pada sistem utama. Untuk dapat bekerja dengan baik, sistem DLVBD diatur menurut sistem utama dimana pada sistem ini diatur pada tegangan 54,18 V

Tegangan rendah ditentukan pada tegangan 46 V. Karena disaat PLN padam, energi yang digunakan adalah baterai. Pada saat itu, tegangan akan terus menurun karena beban BTS dan radio. Pada saat tegangan 46 V,MCU akan mengindikasi adanya gangguan pada sistem. Pengguna dapat memprediksi gangguan tersebut terdapat modul catu daya utama yang rusak atau PLN padam. Keterangan terdapat pada gambar 3.4

Tegangan terputus pada nilai 43,20 V. Pada baterai, pengaturan tegangan yang direkomendasikan oleh pabrik pada suhu 25^{o}C adalah 10,80 V (dapat dilihat pada data sheet). Jadi, apabila kita menggunakan 4 buah baterai, maka pengaturan tegangan pada baterai sebesar 43,20 V.

Tegangan tersambung diatur pada nilai 47 V. Di saat PLN menyala, sampai tegangan mencapai 47 V, beban BTS dan radio akan tersambung kembali dan kontaktor pada DLVBD akan terbuka, sedangkan pada LVBD1 akan tertutup kembali seperti semula dimana saat keadaan PLN menyala. Jadi, pengaturan tegangan tersambung digunakan untuk pemicu pada kontaktor dan DLVB1.

Batas arus pengisian baterai sebesar 15 A. Nilai ini didapat dari teori dasar yang terdapat pada pembahasan Bab 2 tentang pelepasan arus. Dengan asumsi kondisi ruangan 20^{o}– 25^{o}C , dari rumus didapat

0,15 C_{10} = 0,15 x 100Ah = 15 A

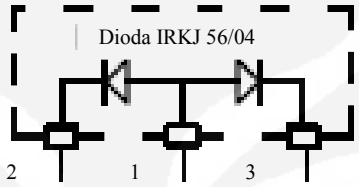
MCU juga terdapat antarmuka yang berfungsi sebagai komunikasi antar komponen – komponen DLVBD dengan MCU. Antarmuka mempunyai fungsi menyampaikan pesan yang ada pada MCU dan dilanjutkan ke perangkat radio untuk dapat memonitor sistem secara jarak jauh.

3.1.2 Dioda IRKJ 56/04

Gambar 3.6 Simbol dioda IRKJ 56/04

Sumber : www.ortodoxism.ro/datasheets/irf/irkd56.pdf

Sistem menggunakan dioda ini karena kita ingin merancang agar sistem DLVBD disaat baterai radio melepaskan energi untuk beban radio dan baterai tidak memberikan eneginya pada beban BTS karena fungsi dioda sebagai pembatas arus. Dioda ini juga berfungsi agar baterai BTS dapat membantu energi untuk beban radio karena radio merupakan beban prioritas dari sistem. Dioda dibuat menjadi bias mundur untuk menjadi pembatas arus. Oleh karena itu, kita menggunakan dioda dengan dua anoda.



Gambar 3.7 Rangkaian dioda IRKJ 56/04

Sumber : www.ortodoxism.ro/datasheets/irf/irkd56.pdf

Kaki 1, berfungsi sebagai katoda dihubungkan ke masing – masing hambatan. Dioda dirancang menjadi bias maju untuk membuat pembatasan arus pada baterai radio di saat DLVBD bekerja, mencegah terjadinya aliran arus listrik dari baterai radio ke beban BTS. Untuk kaki 2, sebagai anoda, dihubungkan ke kontaktor menuju ke distribusi negatif. Ini dibuat untuk mengantisipasi terjadinya aliran listrik yang mengalir dari baterai radio ke baterai BTS. Di kaki 3, berfungsi sebagai anoda juga, dihubungkan dengan beban BTS. Jadi, arus listrik tidak akan sampai menuju ke beban BTS karena baterai radio DLVBD khusus untuk melepaskan energi untuk beban radio.

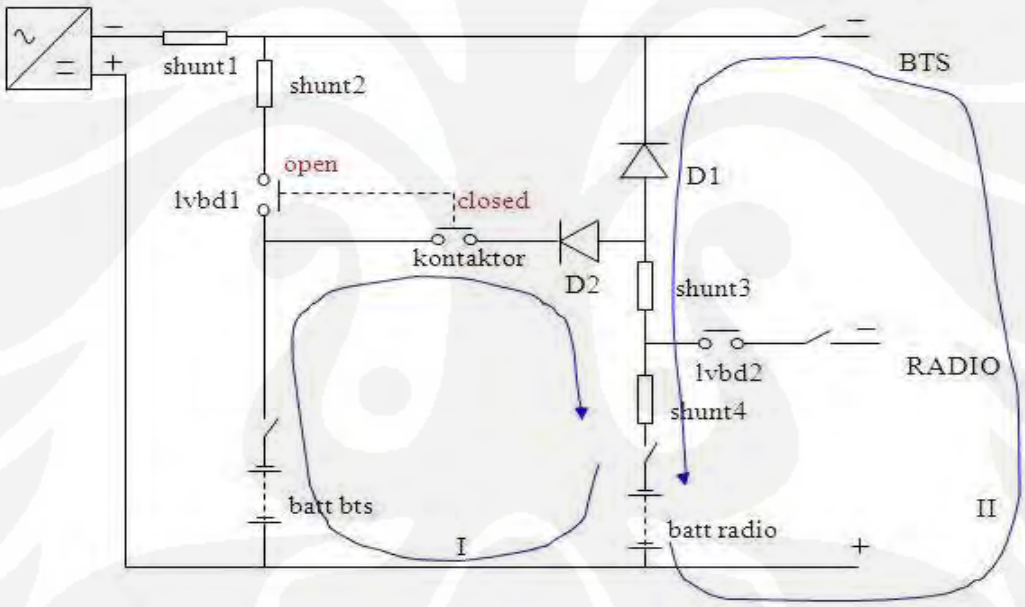
Tabel 3.2 Karakteristik dioda IRKJ 56/04

Parameters	IRK.56	IRK.71	Units
$I_{F(AV)}$ @100°C	60	80	A
$I_{F(RMS)}$	94	126	A
I_{FSM} @50Hz	1600	1790	A
@60Hz	1680	1870	A
I^2t @50Hz	12.89	15.90	KA^2s
@60Hz	11.76	14.53	KA^2s
$I^2\sqrt{t}$	128.9	159	$KA^2\sqrt{s}$
V_{RRM} range	400 to 1600		V
T_J	-40 to 150		°C
T_{STG}	-40 to150		°C

Sumber : www.ortodoxism.ro/datasheets/irf/irkd56.pdf

Gambar 3.8 Bentuk fisik dioda IRKJ 56/04

Sumber : www.ortodoxism.ro/datasheets/irf/irkd56.pdf



Gambar 3.9 Arus yang dihalang oleh diode

Sumber : Ari Yohana. "Manual DLVBD." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 35

Dari gambar 3.9 di atas:

1. Pada loop I gambar 3.9 di atas tidak akan terjadi pengisian baterai radio ke baterai BTS atau akan terjadi lompatan arus karena terhadang oleh D2.

2. Pada loop II tidak akan terjadi pelepasan energi ke beban BTS karena terhadang oleh D1.

3.1.3 Resistor Shunt

Shunt terbuat dari panjang pendeknya kawat tembaga. Semua kabel mempunyai resistansi, jadi kita bisa menggunakan karakteristiknya untuk menentukan resistor shunt. Pada perancangan kali ini, kita menggunakan resistor shunt dengan kapasitas 100A. Karena pada beban radio arus maksimum yang akan di ujicoba hanya 20A. Bentuk model resistor shunt bermacam – macam. Ada yang berwarna perak dan juga kuning emas. Kita menggunakan dua resistor shunt yang sama. Resistor pertama (shunt3) dihubungkan dengan shunt1 berfungsi untuk pembacaan arus input (semacam pembacaan arus catu daya pada shunt1). Resistor kedua (shunt4) dihubungkan antara baterai radio dengan beban radio yang berfungsi untuk pembacaan arus ke dan dari baterai radio.

Gambar 3.10 Bentuk fisik resistor shunt

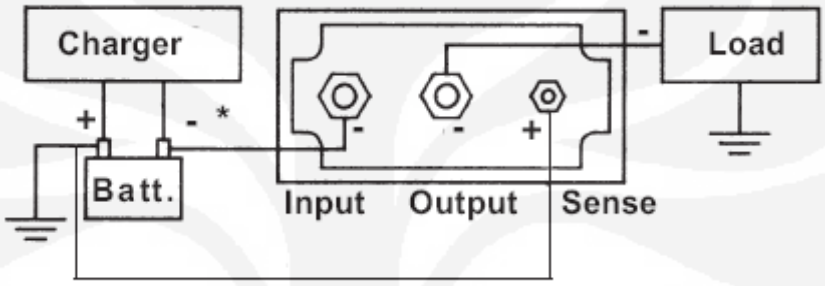
Sumber : http://www.rc-electronics-usa.com/current-shunt.html

Semua resistor shunt dikalibrasi pada keakuratan ± 0.25% saat suhu 20 °C. Catatan untuk operasi yang terus – menerus di dalam ruangan, resistor shunt seharusnya dioperasikan di 66% (2/3) dari arus rata – rata. Jadi, bila kita menggunakan resistor shunt 100A, maka arus yang bekerja adalah 66A. Shunt. Suhu untuk resistor shunt harus dibawah 145°C untuk menghindari adanya perubahan resistansi. Batas yang dianjurkan untuk pengoperasian suhunya adalah 90 °C.

Shunt mempunyai dua buah baut yang besar dan dua buah sekrup yang terbuat dari tembaga yang padat. Baut yang besar digunakan untuk aliran arus listrik yang dikoneksikan pada kabel. Dua buah sekrup digunakan untuk tegangan shunt yang mengukur koneksinya. Kabel ini sangat kecil arusnya dan digunakan untuk mengukur tegangan jatuh melalui shunt.

3.1.4 Low Voltage Disconnect (LVD)

Pelepasan energi yang berlebihan ketika listrik padam untuk jangka waktu yang lama dapat merusak baterai. Maka dari itu kita membutuhkan suatu perangkat yang dapat menjaga kondisi baterai pada tegangan rendah tidak memberikan energi lagi pada beban. Dengan menggunakan LVD, baterai akan terjaga dari kerusakan dan dapat bertahan lama. Dalam perancangan ini, LVD digunakan sebagai *Low Voltage Battery Disconnect* (LVBD). LVBD dihubungkan antara beban radio dengan baterai radio. Karena kita menggunakan model positif – bumi, konfigurasi dapat dilihat ada gambar 3.10 dibawah ini



Gambar 3.11 Rangkaian LVD

Sumber : *www.colehersee.com/pdf/hot_feed/D-614_LowVoltageDisconnect.pdf*

Terlihat diatas gambar 3.11, keluaran disambungkan dengan beban dalam hal ini aalah beban radio. Untuk masukan, LVD disambungkan dengan koneksi negatif pada baterai radio. Sedangkan sensor, dihubungkan dengan baterai radio untuk mendeteksi tegangan baterai tersebut. LVD yang digunakan pada perancangan ini adalah LVD 48 – 30. Spesifikasi dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.3 Karakteristik LVD 48 – 30

LVD MODEL:	12 VOLT	24 VOLT	48 VOLT
FACTORY SET ACTUATION VOLTAGES:			
DISCONNECT	10.4 VDC	21.0 VDC	42.0 VDC
CONNECT	12.2 VDC	24.5 VDC	49.0 VDC
MAXIMUM CONNECT VOLTAGE (APPROXIMATE):	15 VDC	30 VDC	60 VDC
MINIMUM DISCONNECT VOLTAGE (APPROXIMATE):	9 VDC	18 VDC	38 VDC
(HYSTERESIS RANGE DETERMINED BY CONNECT VOLTAGE; LOWER VOLTAGE = SMALLER RANGE)			
CURRENT DRAW CONNECTED	.30 A	.22 A	.10 A
CURRENT DRAW DISCONNECTED	50 mA max	50 mA max	50mA max

Sumber : *www.colehersee.com/pdf/hot_feed/D-614_LowVoltageDisconnect.pdf*

Pengaturan tegangan pada LVBD diatur pada MCU. Pada perancangan ini, LVD mengikuti pengaturan tegangan pada MCU. Disaat tegangan berada pada 43,20V, maka LVD akan terbuka dan akan tertutup kembali pada tegangan 47V. Untuk sistem LVBD, LVD dalam keadaan normal berada dalam posisi terbuka.

3.1.5 Kontaktor dan Relai

Gambar 3.12 Konfigurasi kontaktor pada sistem DLVBD

Sumber : Ari Yohana. "Manual DLVBD." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 26

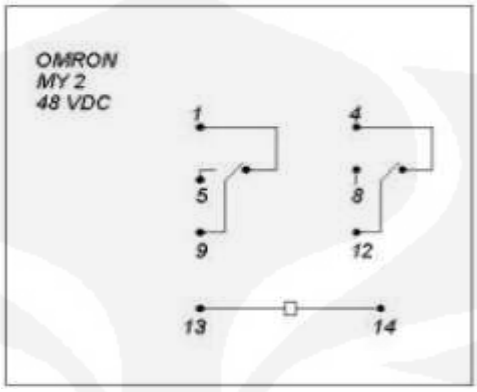
Pada koil positif dan negatif pada kontaktor dipasang dioda 1N4007 sebagai pengaman. Kontaktor tersebut akan dihubungkan dengan relai.

Secara umum ada 2 tipe koil pada relai arus searah, koil yang diberi suplai positif ke negatif bebas posisinya (boleh terbalik) dan koil yang tidak boleh terbalik pemasangan arus positif – negatifnya (biasanya tedapat indikator *Light Emiting Diode* (LED) dalam relai). Untuk tipe yang dipakai pada panel kontaktor relai adalah tipe relai dua kutub (*Double pole relay*), OMRON MY2 48 VDC tanpa indikator LED, sehingga suplai koil bebas menentukan posisi positif – negatif. Kita juga harus memerhatikan kaki terminal pada relai, apakah dalam keadaan normal terbuka atau tertutup. Penentuan kaki terminal *normally open* (NO) atau *normally closed* (NC) disesuaikan dengan penomoran pada kaki terminal seperti berikut :

a. Koil relai no. 13 – 14

b. NO : 9-5, 12-8

c. NC : 9-1, 12-4



Gambar 3.13 Konfigurasi relai OMRON MY2 48 VDC

Sumber : www.datasheetarchive.com/MY2-datasheet.html

Keseluruhan koneksi untuk panel relai dan kontaktor adalah :

1. Dari dioda sisi katoda (a) ke terminal kontaktor (b)
2. Dari kontaktor (a) ke bar MCB baterai negatif di catu daya utama (b)
3. Dari kontaktor koil negatif (a) ke relai koil NC (b)
4. Dari kontaktor koil positif (a) ke bar positif catu daya utama (b)
5. Dari terminal NC di relai (a) ke terminal no. 5 DLVBD (b)
6. Dari koil (+) relai (a) ke pemicu LVBD catu daya utama (+) (b)
7. Dari koil (-) relai (a) ke pemicu LVBD catu daya utama (-) (b)

Gambar 3.14 Bentuk fisik relai OMRON MY2 48 VDC

Sumber : www.datasheetarchive.com/MY2-datasheet.html

3.1.6 Baterai

Untuk perancangan sistem DLVBD, kita memilih baterai kering buatan FIAMM yaitu UMTB 12100. Satu baterai mempunyai tegangan 12 V. Karena tegangan yang dipakai pada catu daya sistem adalah 48V, maka kita menggunakan empat baterai.

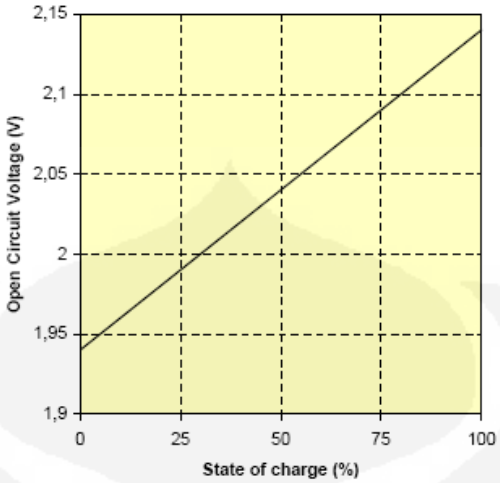
Tabel 3.4 Karakteristik baterai UMTB

CELL TYPE	Nominal Voltage (V)	NOMINAL CAPACITY in Ah at 20°C				DIMENSIONS (mm)			WEIGHT (kg)
		10 hrs to 1.80 VPC	5 hrs to 1.80 VPC	3 hrs to 1.80 VPC	1 hr to 1.65 VPC	Length L	Width W	Height H	
UMTB 1630	16	30	**26**	**23,4**	19,2	144	280	185	18
UMTB 1650	16	50	**43,5**	**39**	32	144	280	280	29
UMTB 1665	16	60	**52**	**46,8**	38,4	144	395	230	34
UMTB 1685	16	80	**69,5**	**62,4**	51,2	155	395	295	44
UMTB 12100	12	100	**87**	**78**	64	126	558	230	42
UMTB 12125	12	125	**109**	**97,5**	80,1	126	558	270	52
UMTB 12155	12	150	**130,5**	**117**	96,1	126	558	320	62

Sumber : www.fiamm.com/umtb100manual.pdf

Kapasitas baterai dikelompokkan sesuai dengan jam ampere (Ah) dan kuantitas elektrik saat dapat menyuplai sebelum melepaskan energi. Kapasitas tergantung dari kuantitas dari material aktif yang terkandung di dalam baterai (begitu dengan dimensi dan tinggi) dan juga rata – rata pelepasan energi dan suhu. Kapasitas nominal (C_{10}) baterai UMTB mengacu pada 10 jam rata – rata pelepasan energi dengan arus konstan pada suhu 20^0C.

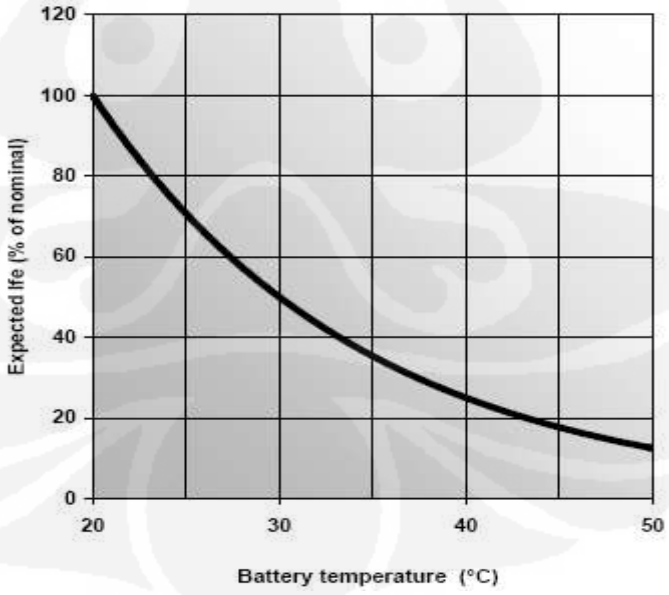
Tegangan sel dalam kaitannya dengan beda potensial elektrokimia antara material elektroda aktif (PbO_2 dan Pb) di dalam elektrolit. Nilai tergantung pada konsentrasi elektrolit kontak dengan elektroda, tetapi mendekati 2 Volt dalam keadaan rangkaian terbuka. Lebih tepatnya, adalah fungsi dari saat pelepasan energi baterai. Grafik representatif baterai saat rangkaian terbuka terdapat pada gambar 3.14. Dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan saat rangkaian terbuka, maka semakin besar pula pelepasan energi baterai sampai dengan 100%. Namun, pada umumnya tegangan sel diatur pada tegangan 1,8 V/sel.



Gambar 3.15 Grafik tegangan rangkaian terbuka terhadap persentase pelepasan energi

Sumber : www.fiamm.com/umtb100manual.pdf

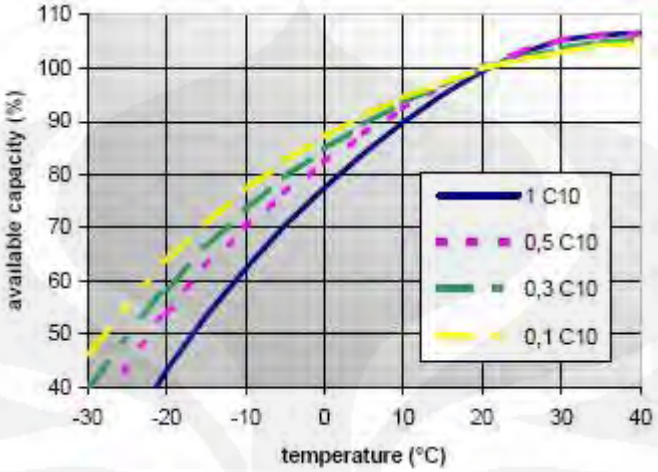
Akhir masa umur baterai didefinisikan dengan titik dimana kapasitas aktual baterai mencapai 80% dari kapasitas nominal. Prediksi umur baterai UMTB dipakai untuk aplikasi adalah 15 tahun saat suhu 20^0C dalam kondisi ambang dan waktu pelepasan energi selama 10 jam. Pengoperasian pada suhu diatas 20^0C akan mengurangi umur baterai.



Gambar 3.16 Grafik persentase umur baterai terhadap suhu

Sumber : www.fiamm.com/umtb100manual.pdf

Kapasitas baterai disaat pelepasan baterai tertentu, variasi dengan suhu. Dalam gambar 3.17 menunjukkan penurunan kapasitas terhadap perbedaan suhu dan rata – rata pelepasan baterai.



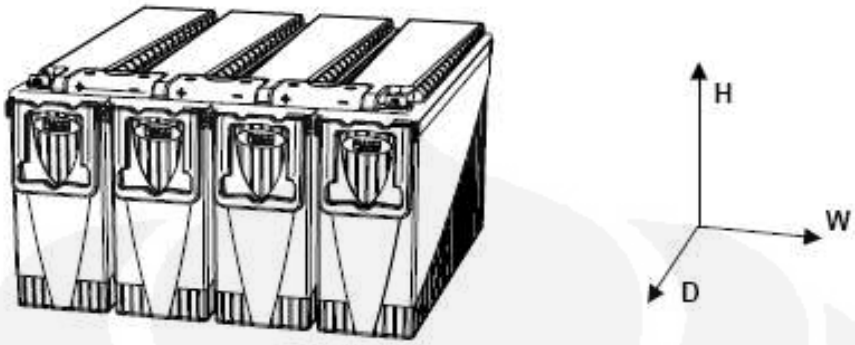
Gambar 3.17 Grafik kapasitas terhadap suhu dan rata- rata pelepasan Energi

Sumber : www.fiamm.com/umtb100manual.pdf

Ketika kapasitas yang dibutuhkan lebih besar dari yang tersedia di pasaran, maka kita dapat menghubungkan baterai secara seri untuk mendapatkan kapasitas yang diinginkan. Untuk menghubungkannya dengan seri, diharapkan menggunakan jenis baterai dan jumlah sel baterai yang sama. Batas maksimum baterai yang diserikan adalah 4 baterai.

Gambar 3.18 Bentuk fisik baterai UMTB

Sumber : www.fiamm.com/umtb100manual.pdf



	C_{10} (Ah)	Width (mm)	Depth (mm)	Height (mm)	Weight (kg)
4 x UMTB 12100	100	560	600	250	188
4 x UMTB 12125	125	560	600	290	208
4 x UMTB 12150	150	560	600	340	248

Gambar 3.19 Baterai disusun seri dengan tegangan sistem 48 V

Sumber : www.fiamm.com/umtb100manual.pdf

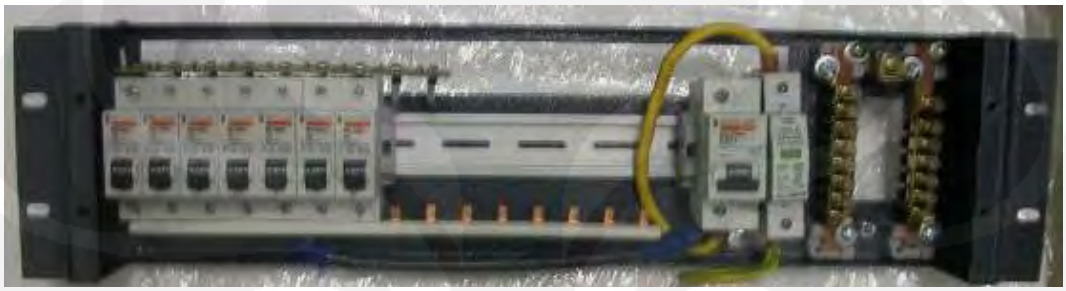
3.1.7 Terminal

Gambar 3.20 Terminal sistem DLVBD

Sumber : Ari Yohana. "Manual DLVBD." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 40

Terminal berfungsi sebagai jembatan antara bagian dalam dan luar sistem. Dengan alat ini, sistem DLVBD terbagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian dalam dan luar. Nomor – nomor terminal pada alat tersebut sesuai dengan diagram rangkaian yang ada pada gambar 3.26 dan gambar 3.27

3.1.8 Distribusi Direct Current (Distribusi DC)



Gambar 3.21 Distribusi DC sistem DLVBD

Sumber : Ari Yohana. "Manual DLVBD." Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 41

Digunakan pada sistem LVBD untuk beban radio agar mudah dalam pendistribusian beban antara prioritas dengan non prioritas.Panel tersebut berfungsi juga untuk lokasi simpul BTS karena pada umumnya di lokasi tersebut terdapat banyak transmisi radio dibandingkan dengan lokasi BTS lainnya.

3.2 Uji coba alat

Alat yang dipakai untuk menganalisis sistem DLVBD adalah beban tiruan (*dummy load*), tang ampere Kyuritsu, multimeter FLUKE dan perangkat lunak *Winpower*.

3.2.1 Beban tiruan (Dummy load)

Beban tiruan adalah suatu alat yang menghasilkan beban listrik, terapkan beban pada suatu sumber daya listrik dan diubah atau menghamburkan hasil daya keluaran dari sumber. Tujuan dari beban tiruan ini adalah untuk meniru beban dari beban sebenarnya yang ada pada sistem. Namun, tidak seperti beban sebenarnya, dimana ada dispersi, tidak terduga dan nilai yang tidak konstan, beban tiruan menghasilkan beban yang dapat diubah – ubah sesuai dengan kemauan kita. Sebagai konsekuesinya, beban tiruan dapat menghasilkan beban yang diinginkan, penyatuan,

perangkat sistematik yang mencangkup beban elemen dengan kontrol dan perangkat aksesoris yang dibutuhkan untuk pengoperasian. Mengingat bahwa beban sebenarnya dihasilkan oleh sumber daya dan menggunakan keluaran energi dari sumber untuk tujuan produktifitas tertentu, beban tiruan melayani sumber daya, menggunakan keluaran energi untuk uji coba

Gambar 3.22 Bentuk fisik beban tiruan

Sumber : www.indonetwork.co.id/216254/dummy-load-alat-simulasi-beban.htm

Pada gambar 3.22 adalah beban tiruan yang akan digunakan untuk uji coba alat. Beban tiruan ini mempunyai spesifikasi daya masukan 220 V , beban keluaran 302 A. Terlihat juga tembaga yang mempunyai kutub positif dan negatif yang nantinya digunakan untuk dihubungkan dengan baterai. Diatas kutub terdapat beberapa saklar yang mempunyai nilai yang berbeda- beda. Dengan begitu, kita dapat membuat beban tiruan mempunyai beban seperti beban sebenarnya sesuai dengan keinginan kita. Beban tiruan juga mempunyai kipas pendingin untuk sistem agar tidak terjadi panas yang berlebihan.

3.2.2 Tang ampere (Clamp meter)

Tang ampere adalah jenis ampere meter yang mengukur arus listrik tanpa memutuskan koneksi melewati koneksi dimana arus mengalir. Untuk menggunakan tang ampere, tang dibuka untuk dapat melingkari kabel atau koneksi, dan ditutup untuk melakukan pengukuran. Hanya satu konduktor yang biasanya dilewati melalui

lubang tang ampere, jika lebih dari satu konduktor yang melewatinya, maka pengukuran menjadi penambahan arus yang melewati konduktor. Dalam prakteknya, hampir semua tang ampere digunakan teknisi dan ada juga yang dapat mengukur tegangan dan hambatan. Ukuran juga dapat dikunci agar dapat mudah dibaca. Pada perancangan ini , kita menggunakan tang ampere buatan KYORITSU dengan model 2033.

Gambar 3.23 Tang ampere KYORITSU model 2033

Sumber : www.kew-ltd.co.jp/en/products/clampmeters/index.html

Tabel 3.5 Karakteristik Tang ampere KYORITSU model 2033

AC A	40/300A ±1%rdg±4dgt [50/60Hz] (0~40A) ±2.5%rdg±4dgt [20Hz~1kHz] (0~40A) ±1.5%rdg±4dgt [50/60Hz] (20~200A) ±2.5%rdg±4dgt [20Hz~1kHz] (20~200A) ±3.5%rdg [50/60Hz] (200~300A) ±4%rdg [20Hz~1kHz] (200~300A)
DC A	40/300A ±1%rdg±4dgt (0~±40A) ±1.5%rdg±4dgt (±20~±200A) ±3%rdg (±200~±300A)
Conductor Size	Ø24mm max.
Safety Standard	IEC61010-1CAT.III 300V IEC61010-2-032
Frequency Response	DC, 20Hz~1kHz
Withstand Voltage	3700V AC for 1 minute
Power Source	LR-44(1.5V) × 2
Dimensions	147(L) × 59(W) × 25(D)mm
Weight	100g approx.
Accessories	9090(Carrying Case) LR-44 × 2 Instruction Manual
Optional	8004/8008(Multi-Tran)(AC only) 8021(Energizer)

Sumber : www.kew-ltd.co.jp/en/products/clampmeters/index.html

3.2.3 Multimeter FLUKE

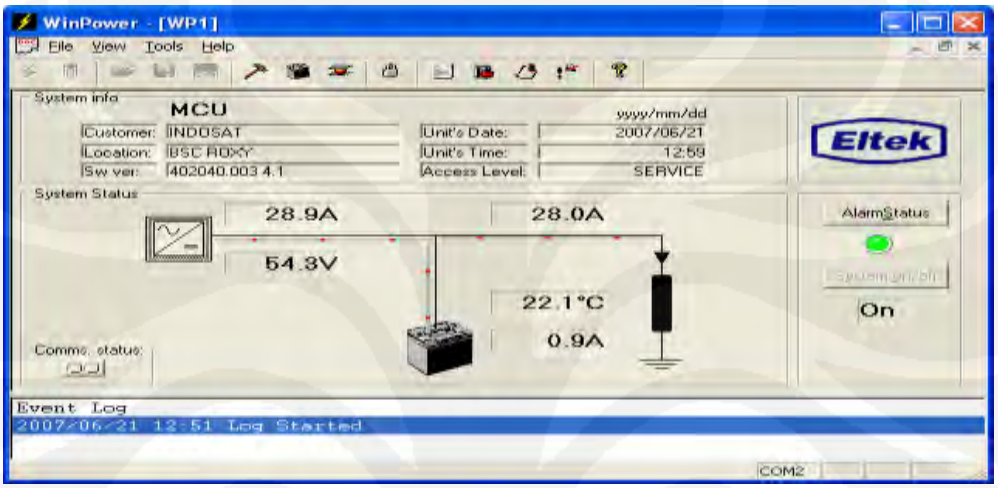
Untuk mengukur besaran listrik secara langsung digunakan multimeter yang didalamnya terdapat voltmeter, amperemeter dan ohmmeter sekaligus. Ada dua macam multimeter yang dipakai selama percobaan yaitu multimeter analog dan digital. Hasil pembacaan multimeter biasanya lebih teliti karena nilai besaran yang terukur langsung ditampilkan pada display, sehingga kita tidak perlu memperkirakan lagi, sedangkan pada multimeter analog kita akan menemui kesulitan dalam pembacaan hasil pengukuran terutama jika sensitivitasnya kurang. Selain itu pada multimeter analog, penyimpangan / pergerakan jarum penunjuknya sering tidak stabil dan jarum berosilasi sehingga pembacaan tidak akurat. Untuk mengunakan multimeter ini kita tinggal menyetel agar sesuai dengan kebutuhan, misalnya untuk mengukur arus maka tombol diarahkan ke amperemeter, untuk pengukuran tegangan tombol di voltmeter dan pengukuran resistansi tombol di ohmmeter. Perlu diperhatikan agar multimeter berada dalam keadaan mati saat pertama kali dihubungkan dengan sumber tegangan, setelah terhubung barulah multimeter dihidupkan. Pada multimeter terdapat beberapa skala dengan jarak yang berbeda yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan kita. Kita menggunakan multimeter buatan FLUKE model 179

Gambar 3.24 Multimeter FLUKE model 179

Sumber : www.alliedelec.com/Images/Products/Datasheets/730-1179.pdf

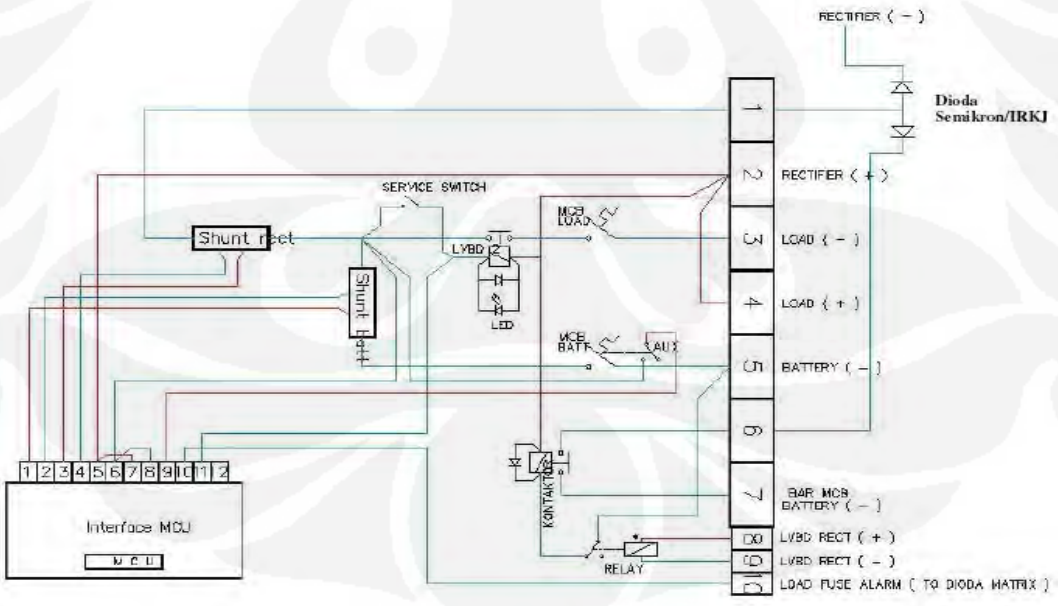
3.2.4 Perangkat lunak Winpower

Winpower adalah suatu perangkat lunak yang bebasis sistem operasi *Windows* yang berfungsi sebagai monitor sekaligus pengontrol sistem yang dapat diakses melalui komputer. Sebagai komunikasi data diperlukan kabel RS-232 yang dihubungkan antara komputer dengan MCU. Pada perancangan ini, kita menggunakan perangkat lunak ini untuk memonitor arus dan tegangan yang mengalir pada sistem.



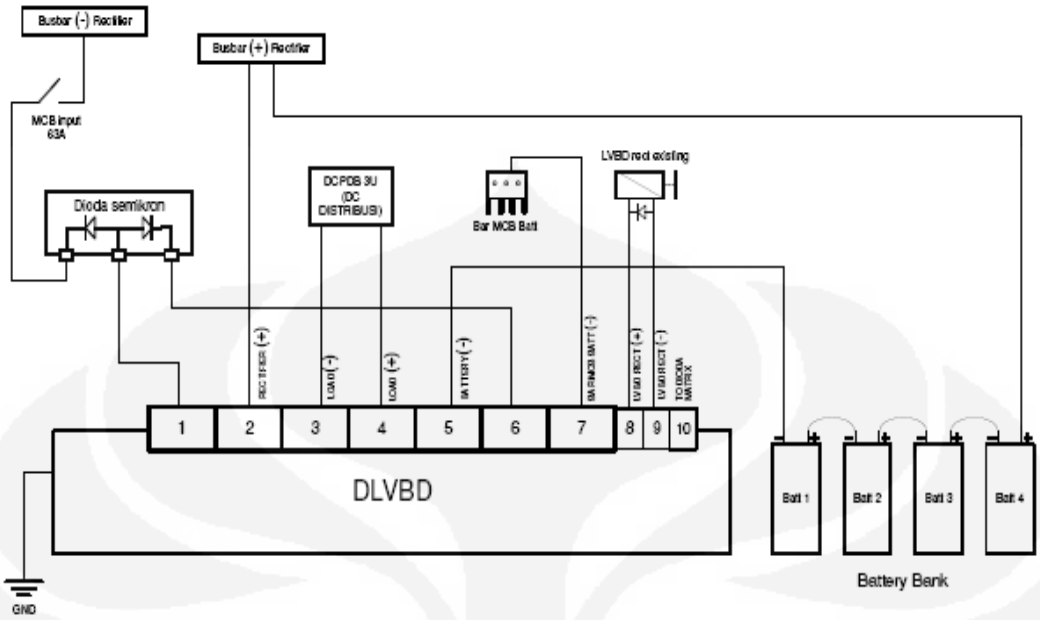
Gambar 3.25 Tampilan perangkat lunak *Winpower*

3.3 Deskripsi sistem



Gambar 3.26 Skematik diagram sistem DLVBD bagian dalam

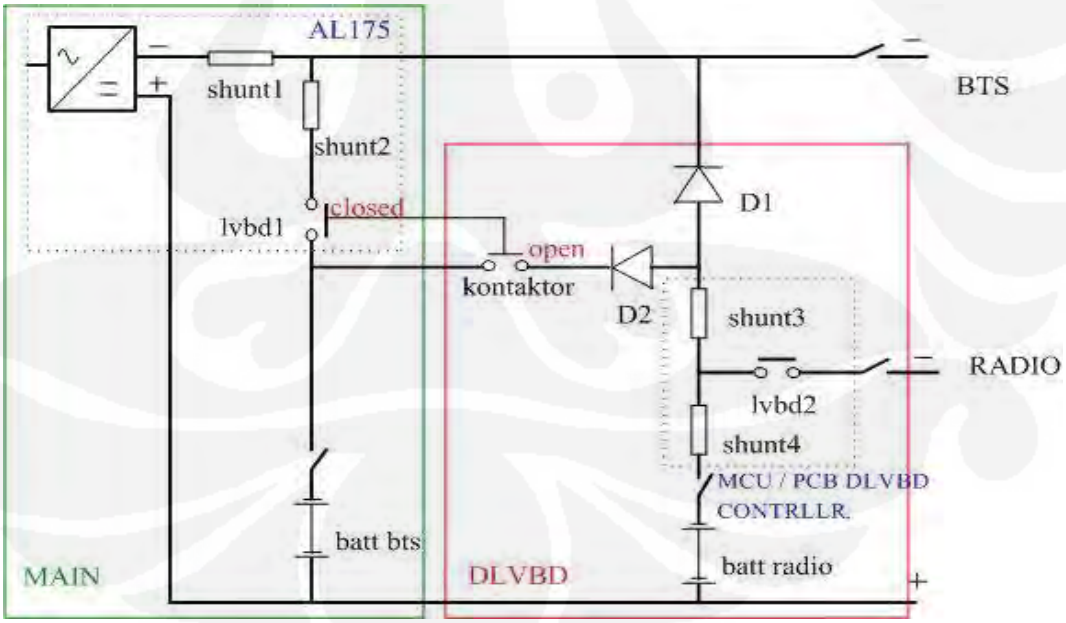
Sumber : Andi Supandi. "Double Low Voltage Battery Disconnect.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 27



Gambar 3.27 Skematik diagram sistem DLVBD bagian luar

Sumber : Andi Supandi. "Double Low Voltage Battery Disconnect.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 28

3.4 Cara kerja sistem



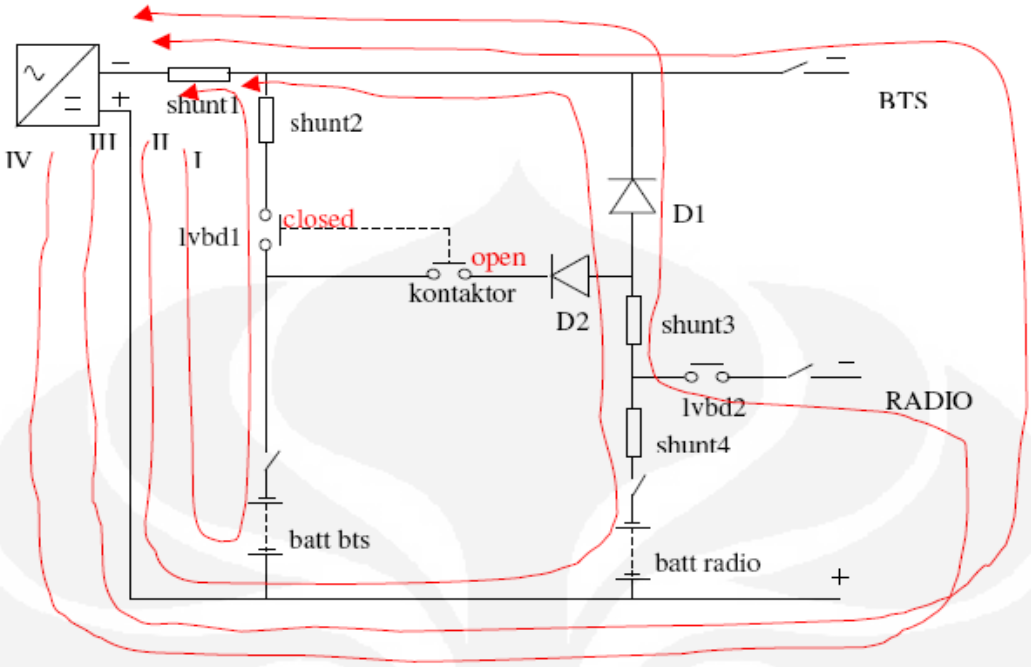
Gambar 3.28 Rangkaian sistem PRS 1000 menggunakan sistem DLVBD

Sumber : Andi Supandi. "Double Low Voltage Battery Disconnect.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 2.

Gambar 3.28 di atas, merupakan modifikasi sistem yang ada pada PRS 1000 sehingga diperoleh pelepasan energi baterai yang lebih lama, baik untuk BTS maupun radio, sistem ini dinamai Sistem Double LVBD (DLVBD). Pada sistem DLVBD yang sudah rancang sekarang, dengan spesifikasi kontaktor dan MCB yang digunakan sekitar 60A, maka beban yang bisa dipasang hanya untuk beban Radio. Perangkat DLVBD (yang ada di dalam garis merah) merupakan perangkat tersendiri yang terpisah dengan perangkat catu daya utama (yang ada di dalam garis hijau).

Dari gambar 3.28 di atas, prinsip kerjanya sebagai berikut :

1. AL175NT mengontrol modul catu daya, shunt 1,shunt2, dan lvbd1. Shunt1 berfungsi untuk pembacaan arus catu daya utama, shunt2 berfungsi untuk pembacaan arus ke dan dari baterai BTS, sedangkan lvbd1 akan terbuka pada tegangan 43,20 V.
2. MCU mengontrol shunt3, shunt4 dan lvbd2. Shunt3 berfungsi untuk pembacaan arus input (semacam pembacaan arus catu daya pada shunt1), shunt4 berfungsi untuk pembacaan arus ke dan dari baterai radio, sedangkan lvbd2 akan terputus pada tegangan 43,20 V
3. Kerja lvbd1 dan kontaktor akan bergantian. Jika lvbd1 tertutup maka kontaktor terbuka, sebaliknya jika lvbd1 terbuka maka kontaktor akan tertutup. Sistem kerja seperti ini akan dikendalikan oleh relai.
4. Dioda 1 (D1) adalah dioda catu daya internasional IRKJ56/04A, berfungsi sebagai pembatas arus, supaya baterai radio tidak bisa melepaskan energi ke beban BTS.
5. Dioda 2 (D2) adalah dioda catu daya internasional IRKJ56/04A, berfungsi sebagai pembatas arus, supaya baterai radio tidak bisa melepaskan energi ke baterai BTS.

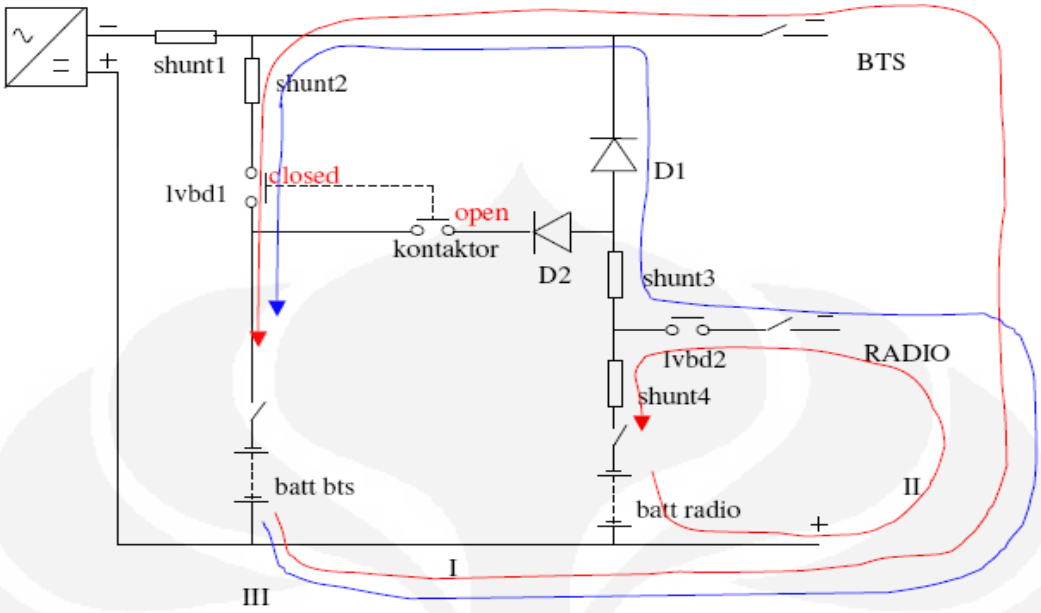


Gambar 3.29 Arah arus (positif) ketika kondisi normal (PLN hidup)

Sumber : Andi Supandi. "Double Low Voltage Battery Disconnect.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 4.

Dari gambar 3.29, dapat dijelaskan bahwa :

1. Loop I adalah arus pengisian baterai BTS. Loop II adalah arus pengisian baterai radio. Dengan demikian pengisian energi kembali baterai BTS dan baterai radio keduanya dari catu daya yang sama
2. Loop III adalah arus yang mengalir ke BTS.
3. Loop IV adalah arus yang mengalir ke radio.

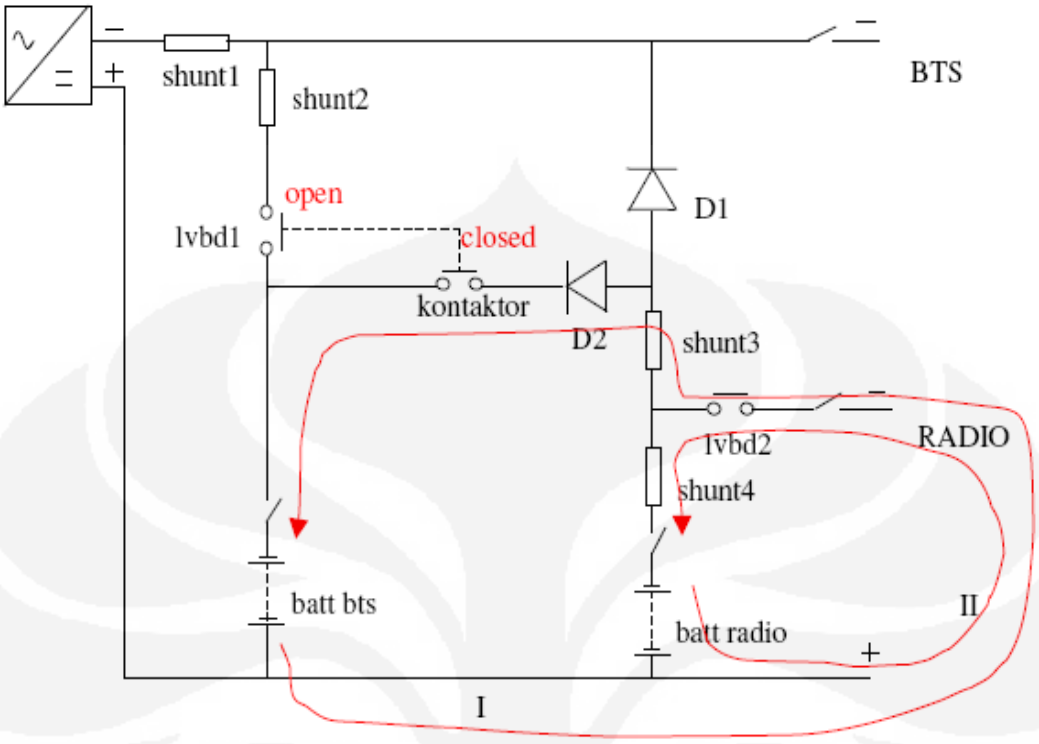


Gambar 3.30 Arah arus pelepasan energi baterai saat LVBD catu daya utama (LVBD1) masih tertutup

Sumber : Andi Supandi. "Double Low Voltage Battery Disconnect.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 5.

Dari gambar 3.30, dapat dijelaskan bahwa :

1. Loop I adalah arus pelepasan energi pada baterai BTS pada beban BTS.
2. Loop II adalah arus pelepasan energi pada baterai radio pada beban radio.
3. Loop III (warna biru) adalah arus yang dapat terjadi yaitu arus pelepasan energi pada baterai BTS pada beban radio ketika kondisi lvbd1 masih tertutup. Jika jumlah tegangan baterai BTS dikurangi tegangan jatuh dioda adalah masih lebih tinggi dari tegangan baterai radio, maka baterai BTS membantu baterai radio.



Gambar 3.31 Arah Arus (Positif) pelepasan baterai saat LVBD1 terbuka

Sumber : Andi Supandi. "Double Low Voltage Battery Disconnect.", Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 7.

Dari gambar 3.31, dapat dijelaskan bahwa :

1. Loop I terjadi jika tegangan baterai BTS dikurangi tegangan jatuh dioda D2 masih lebih tinggi

2. Loop II terjadi jika tegangan baterai radio lebih tinggi daripada tegangan baterai BTS.

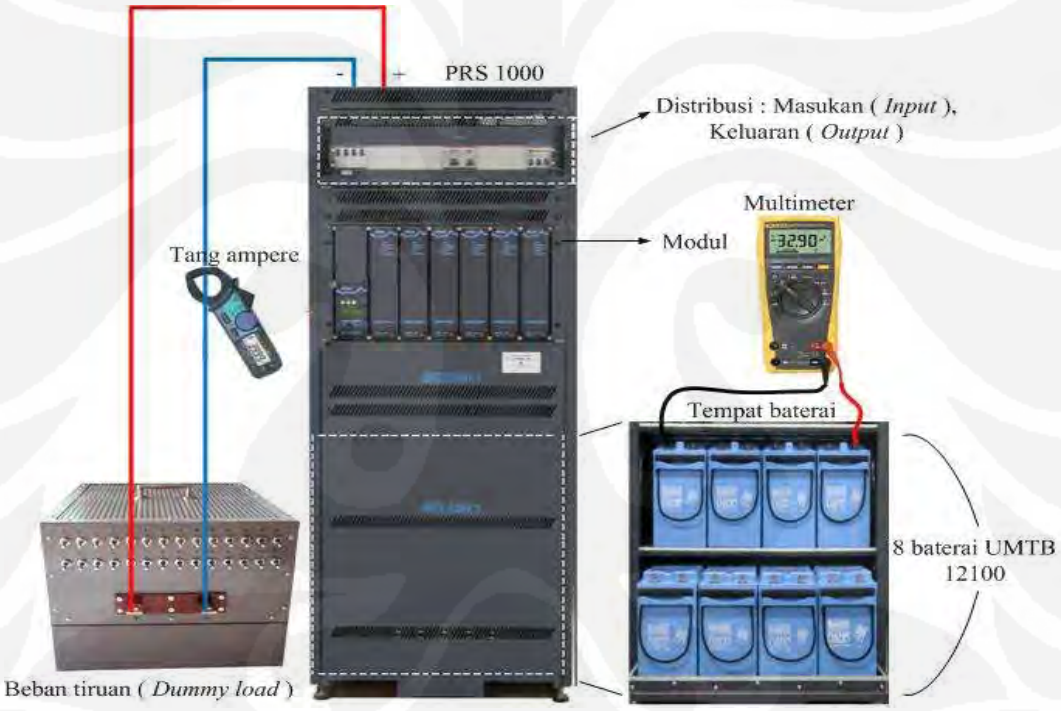
3.5 Terminologi prioritas dan non prioritas

Dalam perancangan ini, prioritas dan non prioritas yang dimaksud adalah tingkat beban yang diutamakan disaat PLN dalam keadaan mati atau saat baterai mulai melepaskan energinya ke beban. Maka dari itu, sesuai dengan kesepakatan antara kedua belah pihak antara perusahaan dengan konsumen, maka untuk prioritas diberikan pada beban radio dan untuk non prioritas diberikan pada beban BTS. Untuk beban radio dihubungkan langsung dengan sistem DLVBD dan untuk beban BTS dihubungkan dengan sistem PRS 1000. Terlihat pada gambar 4.2

BAB IV
ANALISIS SISTEM

4.1 Metode pengumpulan data

Data pengamatan yang diperoleh berupa tegangan dan arus yang mengalir pada sistem. Untuk menguji sistem DLVBD, kita ingin membandingkan dengan sistem tersebut dengan sistem yang belum dimodifikasi dengan sistem DLVBD, agar kita dapat mengetahui dan menganalisis pengaruhnya terhadap sistem.



Gambar 4.1 Pengujian sistem PRS 1000

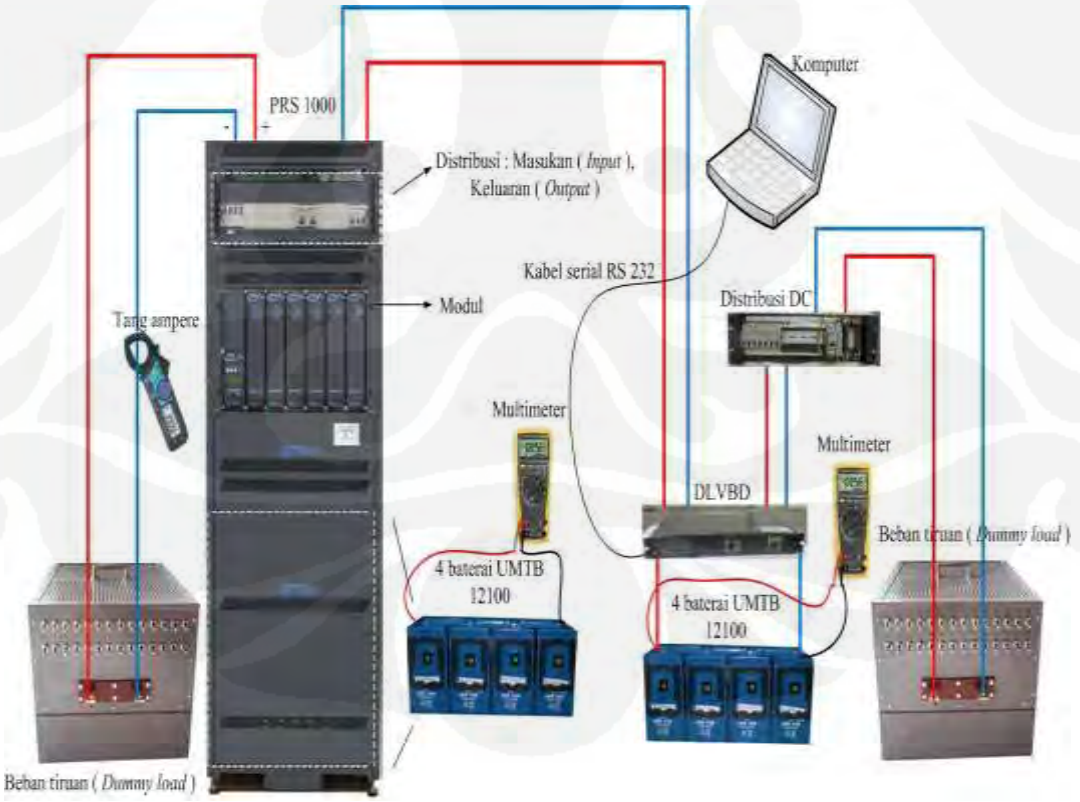
Dalam tugas akhir ini, kita ingin menguji sistem PRS 1000 menggunakan tang ampere untuk mendeteksi arus yang mengalir pada sistem, multimeter untuk mengukur tegangan pada baterai catu daya. Tahap – tahap pengujiannya adalah :

1. Cek tegangan arus dan sistem pada PRS 1000, apakah dalam kondisi normal
2. Cek baterai apakah dalam kondisi terisi penuh dan pastikan kondisi beban tiruan dalam keadaan normal tidak memberikan beban ke PRS 1000

3. Berikan beban 60 A pada sistem, matikan sumber daya utama (PLN), baterai akan bekerja
4. Catat dan amati setiap perubahan tegangan dan arus baterai pada sistem hingga baterai tidak melepaskan energi pada beban lagi.

Selanjutnya, kita akan menguji sistem PRS 1000 menggunakan sistem DLVBD, dimana kita dapat mengetahui pengaruh tidaknya sistem tersebut pada PRS 1000. Tahap – tahap pengujiannya adalah :

1. Cek tegangan arus dan sistem pada PRS 1000, apakah dalam kondisi normal. Sambungkan komputer ke MCU pada sistem DLVBD.
2. Cek baterai BTS dan baterai radio apakah dalam kondisi terisi penuh dan pastikan kondisi beban tiruan dalam keadaan normal tidak memberikan beban ke PRS 1000 dan DLVBD
3. Berikan beban 40 A pada sistem PRS 1000 dan 20 A pada sistem DLVBD, matikan sumber daya utama (PLN), baterai akan bekerja
4. Catat dan amati setiap perubahan tegangan dan arus baterai BTS dan radio pada sistem hingga baterai tidak melepaskan energi pada beban lagi.



Gambar 4.2 Pengujian sistem PRS 1000 menggunakan sistem DLVBD

4.2 Hasil uji coba sistem

Tabel 4.1 Pelepasan energi baterai pada sistem PRS 1000

Waktu (menit)	$V_{baterai}$ (V)	I_{beban} (I)
0	50,6	62
10	50,2	62
20	49,6	62
30	49,2	61,8
40	48,7	61,8
50	48,2	61,9
60	47,5	62
70	47,1	62
80	46,6	62
90	45,9	61,9
100	45,3	61,8
110	44,5	61,8
120	44,0	61,7
130	43,6	61,8
133	**43,2**	**61,8**
140	43,2	0

Untuk pencatatan pada pengamatan, kita menggunakan durasi 10 menit tiap kalinya. Untuk tegangan, kita mengamati melalui layar yang ada pada sistem PRS 1000, tegangan untuk 8 baterai UMTB 12100 diserikan tiap 4 baterai dan diparalelkan tiap 4 baterai tersebut dilambangkan dengan $V_{baterai}$ dan untuk I_{beban} mewakilkan beban pada BTS dan radio, karena pada sistem PRS 1000 hanya ada satu keluaran saja. Dari hasil tabel diatas, didapat bahwa waktu yang dicapai baterai untuk melepaskan energi ke beban adalah 133 menit atau 2 jam 13 menit.

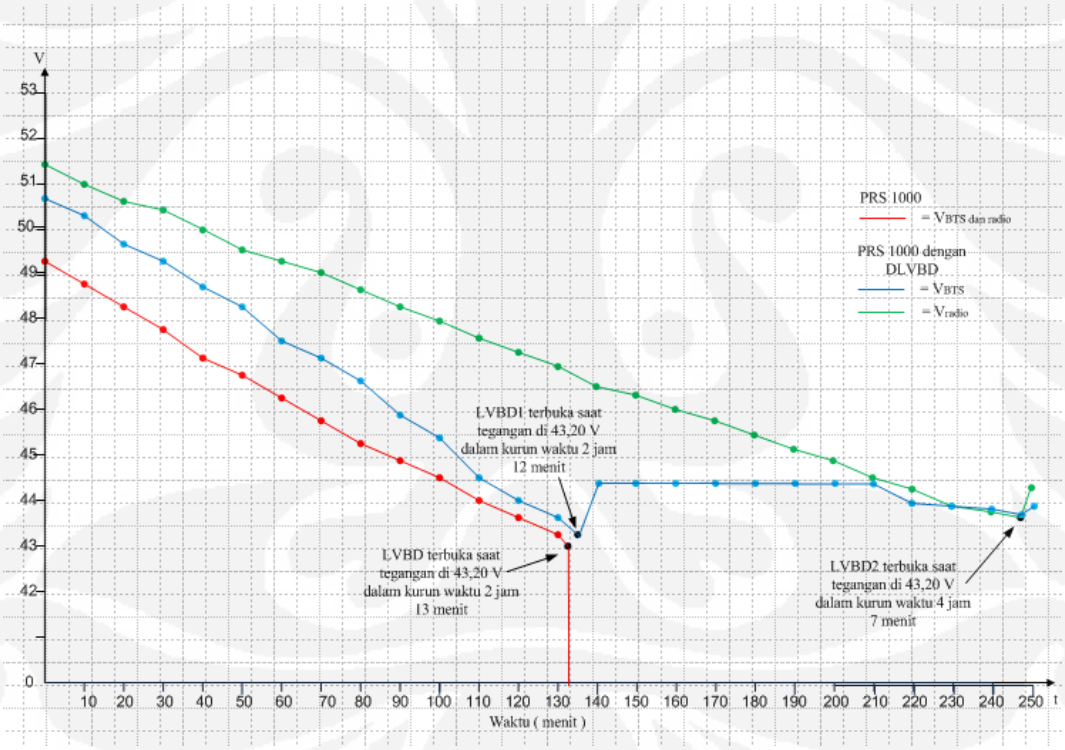
Tabel 4.2 Pelepasan energi baterai sistem PRS 1000 dengan sistem DLVBD

Waktu (menit)	$V_{baterai}$ BTS (V)	I_{BTS} (I)	$V_{baterai}$ radio (V)	Iradio (I)
0	49,22	40	51,31	22
10	48,74	40	50,96	22
20	48,21	39.9	50,61	22
30	47,76	39,9	50,34	22
40	47,15	39,8	49,91	21,9
50	46,70	39,9	49,56	21,9
60	46,23	39,8	49,25	21,9
70	45,71	39,9	48,96	21,8
80	45,22	40	48,66	21,9
90	44,86	39,8	48,21	21,8
100	44,45	39,8	47,89	21,9
110	44,01	39,8	47,59	20
120	43,67	39,9	47,22	21,9
130	43,32	39,9	46,89	21,8
132	**43,20**	**0**	**46,75**	**21,7**
140	44,42	0	46,52	21,8
150	44,41	0	46,35	22
160	44,42	0	46,03	22
170	44,42	0	45,73	21,8
180	44,42	0	45,42	27
190	44,41	0	45,12	21,7
200	44,40	0	44,82	21,7
210	44,41	0	44,51	21,8
220	44,00	0	44,28	21,7
230	43,90	0	43,81	21,9
240	43,72	0	43,42	21,8
247	**43,54**	**0**	**43,20**	**0**
250	43,90	0	43,64	0

Untuk pencatatan data pada pengamatan, kita samakan durasi waktu yang diuji pada sistem PRS 1000 selama 10 menit tiap kalinya. Untuk tegangan baterai BTS, kita menggunakan multimeter untuk mengukurnya, begitu juga dengan baterai radio. Untuk arus kita menggunakan tang ampere. Disamping itu juga, kita memonitor sistem LVBD dengan perangkat lunak *Winpower* untuk melihat tegangan dan arus atau gangguan yang terjadi pada sistem. Baterai untuk beban BTS, kita menggunakan 4 baterai secara seri dan 4 baterai secara seri untuk beban radio karena pada sistem PRS 1000 kita menggunakan 8 buah baterai.

Dari hasil tabel diatas, dapat dilihat bahwa waktu yang dicapai baterai BTS untuk melepaskan energi ke beban BTS adalah 132 menit atau 2 jam 12 menit. Untuk baterai radio, waktu yang dicapai untuk melepaskan energi ke beban radio adalah 247 menit atau 4 jam 7 menit.

4.3 Analisis data



Gambar 4.3 Grafik hasil pengukuran

Beban yang dipakai untuk pengujian adalah 62 A dan baterai yang dipakai pada kedua sistem sebanyak 8 baterai UMTB 12100. Pada gambar 4.3, Sistem PRS 1000 saat PLN dipadamkan, waktu yang dicapai untuk melepaskan energi baterai pada beban selama 2 jam 13 menit. Artinya sistem tersebut tidak lagi mendapat energi dari PLN maupun baterai yang mengakibatkan sistem tidak bekerja. Pada

sistem PRS 1000 menggunakan sistem DLVBD, waktu yang dicapai untuk melepaskan energi baterai pada beban BTS adalah 2 jam 12 menit dengan beban 40 A. Artinya, beban tidak lagi diberikan energi oleh baterai karena sudah mencapai batas pelepasan energi. Namun, sistem masih tetap bekerja, karena masih ada baterai radio yang melepepaskan energi pada beban 22 A. Waktu yang dicapai baterai radio untuk melepaskan energi radio pada beban adalah 4 jam 7 menit. Perbedaan waktu yang dibutuhkan baterai untuk melepaskan energi pada kedua sistem berbeda. Bila kita membandingkannya saat sistem sudah tidak bekerja, maka selisih waktunya adalah

$$T_{DLVBD} - T_{PRS} = 247 \text{ menit} - 133 \text{ menit} = 114 \text{ menit}$$

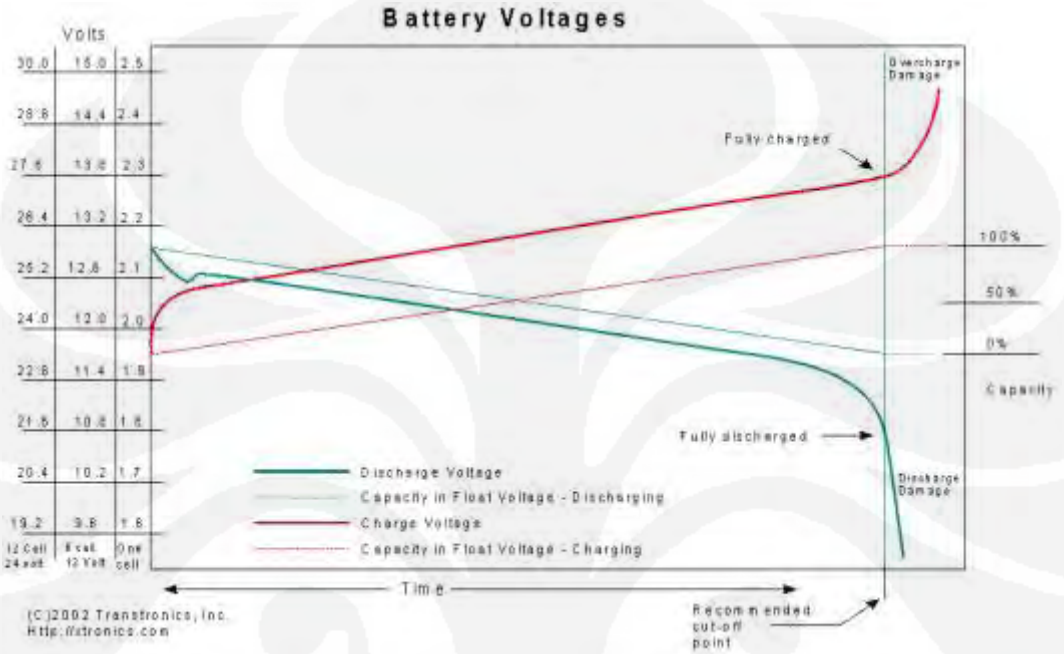
Dimana T_{DLVBD} = Total waktu yang ditempuh sistem PRS 1000 menggunakan sistem DLVBD untuk melepaskan energi pada beban

T_{PRS} = Total waktu yang ditempuh sistem PRS 1000 menggunakan sistem DLVBD untuk melepaskan energi pada beban

Dari hasil gambar 4.3 terlihat bahwa sistem PRS 1000 menggunakan sistem DLVBD mempunyai pelepasan energi baterai paling lama dibandingkan dengan sistem PRS 1000. Ini diakibatkan karena beban pada sistem PRS 1000 tidak dipisah berdasarkan prioritasnya. Sehingga disaat LVBD terbuka, maka beban radio dan BTS tidak berfungsi disaat yang bersamaan. Hal ini tidak menguntungkan karena pada saat radio mati, jaringan transmisi akan terganggu, berbeda halnya pada BTS, bila tidak bekerja, maka akan ada BTS lain yang akan menggantikannya sesuai dengan lokasi yang terdekat dengan BTS yang diganti. Maka dari itu diperlukan sistem prioritas dan non prioritas pada sistem catu daya. Untuk sistem yang menggunakan DLVBD, baterai masih dapat melepaskan energinya pada beban radio walaupun beban BTS sudah tidak mendapat energi dari baterai.

Pada gambar 4.3 dapat terlihat bahwa semakin besar beban pada sistem, semakin cepat baterai mengalami penurunan tegangan seiring dengan waktu yang berjalan. Untuk membutuhkan waktu pelepasan energi yang lama tergantung dari jumlah baterai dan beban yang ditanggung. Namun dalam pengujian ini, kita menggunakan 8 baterai pada kedua sistem namun berbeda penyusunannya. Penurunan kapasitas baterai pada grafik terlihat stabil, tidak ada tegangan baterai yang jatuh (*Drop voltage*), ini menandakan bahwa kondisi baterai pada sistem

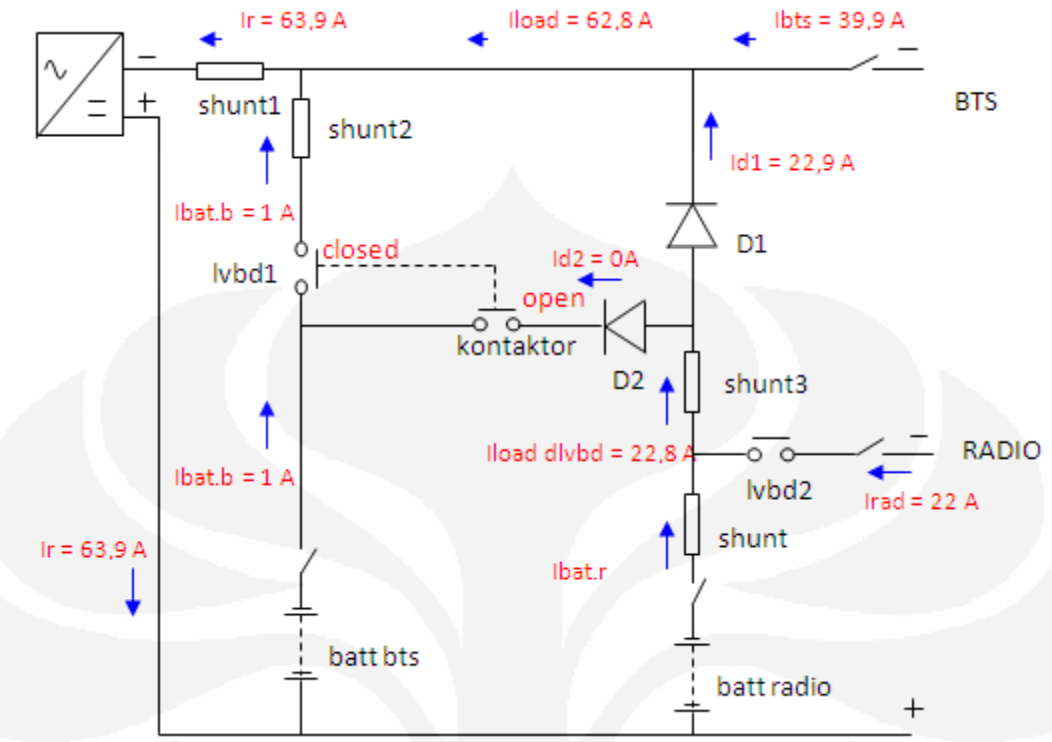
dalam keadaan baik. Namun pada saat tegangan baterai mencapai nilai 43,20 V, maka LVBD otomatis akan terbuka, memutuskan hubungan arus listrik antara baterai dengan beban. Hal ini untuk menghindari kerusakan pada baterai. Batas tegangan baterai yang direkomendasikan saat pelepasan energi adalah 10,8 V. Karena sistem menggunakan tegangan nominal 48 V, maka dibutuhkan empat baterai yang diseri.



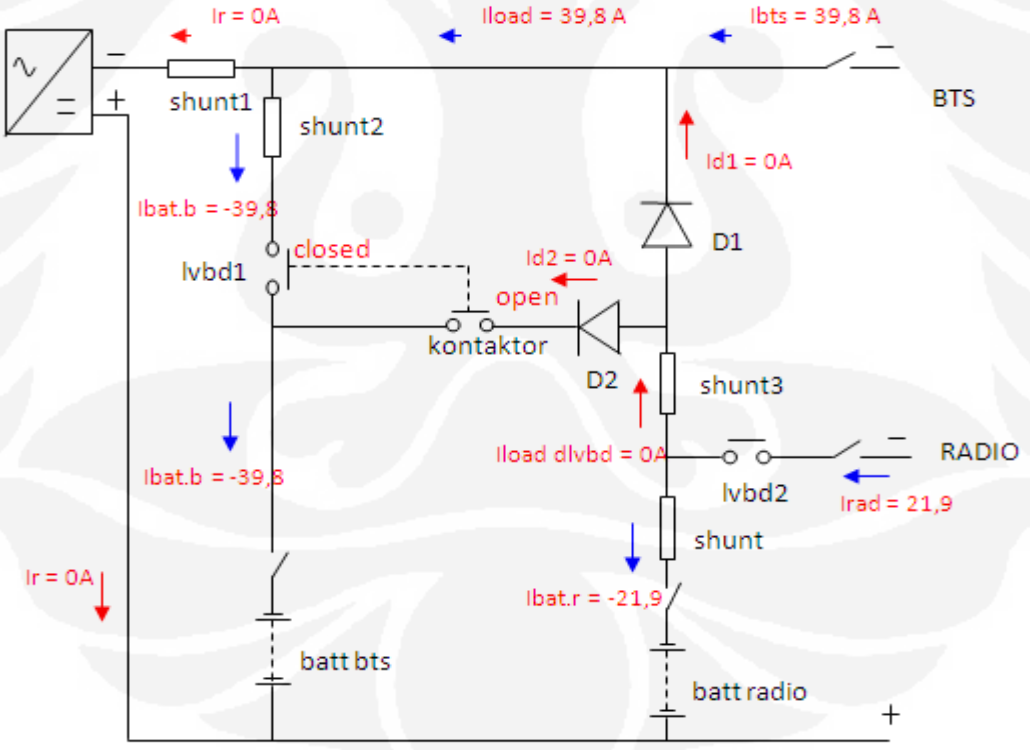
Gambar 4.4 Grafik tegangan baterai

Pada gambar 4.4 terdapat garis berwarna hijau yang menunjukkan tegangan baterai yang semakin menurun hingga seiring dengan waktu yang terus berjalan. Disaat tegangan mencapai 10,8 V, garis menurun tajam. Ini disebabkan adanya LVD yang berfungsi sebagai sensor tegangan rendah.

Pada gambar 4.5 sistem dalam keadaan normal dimana sistem DLVBD mendapat catu daya dari sistem. Tegangan ambang (*Floating voltage*) sistem adalah 54,18 V. Ibat radio dan Ibat BTS terdapat arus yang mengalir dari baterai yang menandakan baterai membutuhkan energi dari catu daya untuk mengisi energi agar tetap penuh. Pengisian tersebut bukan nilai yang konstan melainkan variabel. Pada Dioda 2 (D2),arus yang mengalir bernilai 0 A karena kontaktor masih dalam keadaan terbuka. Beban pada sistem disuplai oleh PLN, sedangkan baterai dalam keadaan normal dan sesekali membutuhkan energi dari sistem. Panah biru menandakan arus yang mengalir pada sistem sesuai dengan hukum Kirchhoff dimana $I_{masuk} = I_{keluar}$.



Gambar 4.5 Saat kondisi normal



Gambar 4.6 Pelepasan energi baterai saat kondisi PLN padam

Gambar 4.6 adalah data arus saat kondisi pelepasan energi baterai, dimana ketika LVBD1 masih tertutup, baterai melepaskan energi ke beban BTS sebesar 39,8

A dan pelepasan baterai radio pada beban radio sebesar 21,9 A. Tidak ada arus yang mengalir pada dioda saat baterai mulai melepaskan energi. Untuk baterai radio, arusnya menjadi

$I_{bat\ radio} = I_{load\ dlvbd} - I_{radio}$

$= 0\ A - 21,9\ A$

$= -21,9\ A$

Dimana $I_{bat\ radio}$ = Arus baterai radio saat melepaskan energi

$I_{load\ dlvbd}$ = Arus DLVBD

I_{radio} = Beban radio

Untuk baterai BTS, arusnya menjadi

$I_{bat\ BTS} = I_r - I_{BTS}$

$= 0\ A - 39,8\ A$

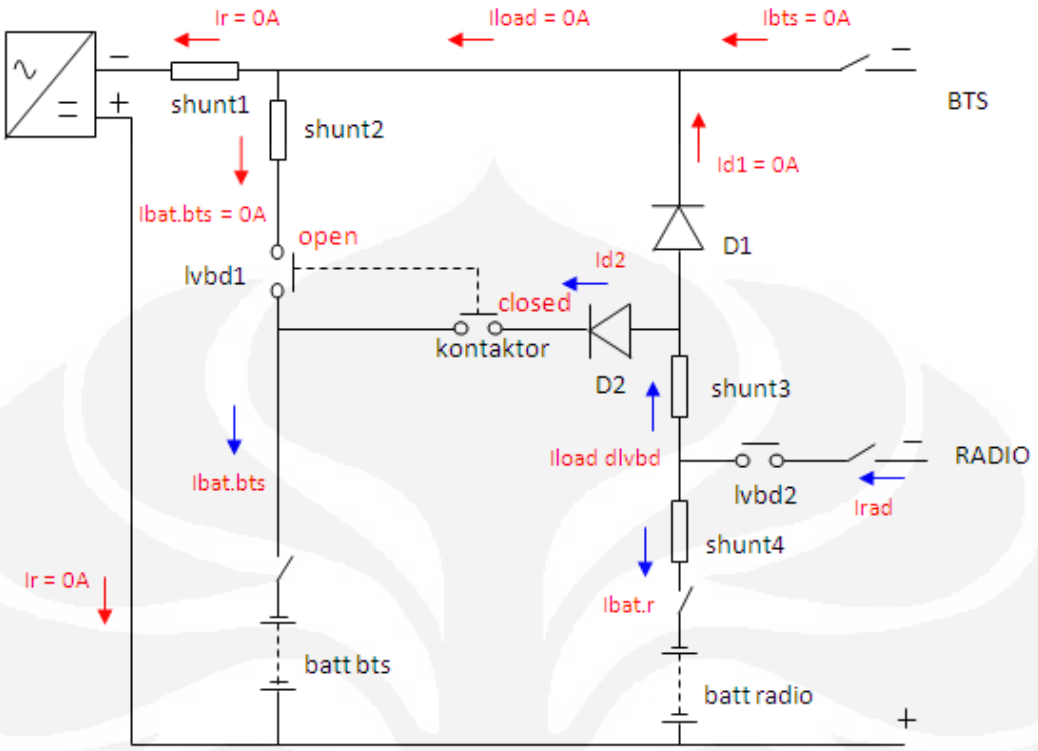
$= -39,8\ A$

Dimana $I_{bat\ BTS}$ = Arus baterai BTS saat melepaskan energi

I_r = Arus catu daya sistem utama

I_{BTS} = Beban BTS

Ketika LVBD1 terbuka karena tegangan baterai BTS mencapai tegangan terputus (*disconnect*) pada nilai 43,20 V. Saat baterai BTS tidak terbebani lagi maka tegangannya akan naik, pada ujicoba yang dilakukan terukur tegangan baterai BTS sebesar 44,42 V. Pada saat lvbd1 terbuka maka kontaktor akan tertutup. Pada gambar 4.7 kondisi saat baterai BTS sudah tidak melepaskan baterai pada beban BTS.



Gambar 4.7 Pelepasan energi baterai saat kontaktor tertutup

Tabel 4.3 Pelepasan energi baterai pada sistem PRS 1000

Waktu (menit)	$V_{baterai\ radio}$ (V)	I_{radio} (A)	$I_{baterai\ radio}$ (A)	I_{d2} (A)	$I_{baterai\ BTS}$ (A)
190	45,12	21,7	-21,7	0	0
200	44,82	21,7	-21,7	0	0
210	44,51	21,8	-21,8	0	0
220	44,28	21,7	-20,7	1,0	-1,0
230	43,81	21,9	-21,0	0,9	-0,9
240	43,42	21,8	-21,8	0,9	-0,9
247	**43,20**	**0**	0	0	0

Pada tabel 4.3, pengamatan dimulai saat pelepasan energi baterai mencapai 190 menit saat tegangan baterai radio 45,12 V hingga akhirnya LVBD2 terbuka. Saat itu arus dari baterai BTS ($I_{d2} = I_{baterai\ BTS}$) masih 0 A. Ketika tegangan $V_{baterai\ radio}$ turun di 44,28 V maka muncul arus $I_{baterai\ BTS}$ = 1,0 A. $I_{baterai\ BTS}$ akan terus mensuplai beban radio sampai LVBD2 terbuka. Karena bebannya berupa beban tiruan (*dummy load*) sehingga I_{radio} tidak konstan di 22 A tetapi sedikit turun sampai di 21,7 A. Dari tabel 4.2 dapat diformulasikan bahwa

$$I_{radio} = I_{baterai\ radio} + I_{baterai\ BTS}$$

Dapat disimpulkan bahwa baterai BTS ikut mensuplai beban radio dan baterai radio tidak mensuplai baterai BTS. Dikarenakan karena tegangan baterai BTS lebih besar dibandingkan dengan tegangan baterai radio. Hal ini sesuai dengan perancangan disaat baterai BTS tidak melepaskan energi untuk beban BTS, baterai BTS ikut mensuplai beban radio.

Tabel 4.4 Perbandingan kemampuan sistem

Kemampuan sistem	PRS 1000	PRS 1000 menggunakan DLVBD
Durasi waktu pelepasan energi baterai pada beban radio dan BTS	Tidak mampu membuat beban radio bertahan lama karena beban tergabung	Mampu membuat baterai bertahan lama sesuai dengan prioritasnya
Pelepasan baterai	Sesuai dengan beban yang diberikan	Baterai BTS dapat mensuplai beban radio disaat beban BTS = 0
Keluaran untuk beban	Sesuai dengan lebar kabinetnya	Distribusi DC berguna untuk beban radio dalam jumlah yang banyak
Penggunaan	Tidak cocok utk BSC dan lokasi simpul BTS	Cocok untuk lokasi BSC dan lokasi simpul BTS

BAB V
KESIMPULAN

1. Pelepasan baterai untuk beban radio menjadi lebih lama dibandingkan dengan tanpa sistem DLVBD dengan selisih waktu 144 menit atau 1 jam 24 menit dengan beban yang sama jumlahnya.
2. Sistem PRS 1000 dengan DLVBD, baterai BTS dapat membantu baterai radio saat pelepasan energi setiap 1 A saat beban BTS bernilai 0 A dan tegangan baterai BTS lebih besar dari baterai radio, namun tidak sebaliknya.
3. Pada tegangan baterai bernilai 43,20 V merupakan batas minimum yang direkomendasikan agar baterai tidak mengalami kerusakan. Oleh karena itu, pada tegangan tersebut LVBD terbuka.
4. Penggunaan sistem PRS 1000 menjadi luas, tidak hanya untuk BTS, namun dapat digunakan pada *Base Station* Controller (BSC) atau lokasi simpul BTS

DAFTAR ACUAN

[1] Ari Yohana. “Training PRS 1000”, Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 1-19.

[2] Andi Supandi. “Double Low Voltage Battery Disconnect.”, Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 1-8.

[3] Agus Sumardi. “Petunjuk Baterai.” Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 1-14.

[4] Nofianto. “Pengenalan sistem catu daya.” Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2004, hal. 1-11.

[5] Yuwono. “Sistem jaringan rectifier.” Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2005, hal. 1-11.

[6] Ari Yohana. “Manual DLVBD.” Materi Training, PT Westindo Esa Perkasa, Jakarta, 2006, hal. 24-45.

DAFTAR PUSTAKA

Krakowski, H. , *Telecommunication Power Supply,* Telecommunication Engineering Textbook, Verlag Schiele & Schon GmbH, Berlin, 1978

Gumhalter, Hanz, *Power Supply System in Communication Engineering : Priciples Pt.1*, Springer; 3rd/Rev edition, 1986

Gumhalter, Hanz, *Power Supply System in Communication Engineering : Equipment, Engineering and Planning Instructions Pt.2*, John Wiley and Sons Ltd,2Rev Ed edition, 1985

LAMPIRAN