

**STRATEGI DAN TEKNIS PEMBANGUNAN *BASE
TRANSCIVER SYSTEM (BTS)* PEDESAAN BERDASARKAN
KOMBINASI SUMBER ENERGI TERBARUKAN**

TESIS

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik dari
Universitas Darma Persada**

Oleh

AGUNG

NIM : 2021910005

(Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan)



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA
2023**

ABSTRAK

AGUNG (2021910005). Strategi dan Teknis Pembangunan *Base Transceiver System (BTS)* Pedesaan Berdasarkan Kombinasi Sumber Energi Terbarukan

Dibawah bimbingan Dr. Muhammad Syukri Nur, M.Si, Dr. Ir. Asyari Daryus, M.Sc., M.M., M.Ag., Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.nat.

BTS pedesaan di Indonesia masih banyak yang menggunakan genset diesel yang biaya operasional dan pemeliharanya tinggi serta menghasilkan emisi yang besar. Penggunaan hibrid energi terbarukan pada BTS pedesaan menjadi solusi untuk mendapatkan sumber energi listrik BTS pedesaan yang murah, bebas emisi, ramah lingkungan dan handal.

Kabupaten Sabu Raijua di provinsi Nusa Tenggara Timur adalah kabupaten yang termasuk dalam daerah 3T dan BTS disana masih banyak menggunakan genset diesel. Kabupaten Sabu Raijua memiliki potensi radiasi matahari 6,46 kWh/m²/hari dan kecepatan angin 5,61 m/s. Dengan potensi ini maka *power system* BTS di Sabu Raijua bisa menggunakan hibrid fotovoltai dan turbin angin serta baterai sebagai sumber energi listrik cadangan. Luas kabupaten Sabu Raijua adalah 460,47 km², sehingga jumlah *site* BTS di sana diperkirakan sebanyak 37 *site* BTS.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kombinasi persentase hibrid sumber energi listrik. Kombinasi hibrid ini menganalisa tekno-ekonomi per persentase kombinasi hibrid sumber energi listrik. Penelitian ini menganalisa investasi serta biaya operasional dan pemeliharaan *site* BTS di seluruh kabupaten Sabu Raijua dalam 20 tahun. Baterai dirancang untuk mampu *back up* selama 24 jam jika dibutuhkan.

Dari penelitian ini didapatkan investasi hibrid sumber energi terbarukan sebanyak 37 *site* adalah sebesar Rp 29.717.290.000. Biaya operasional dan pemeliharaan selama 20 tahun sebesar Rp 83.832.739.744. Sehingga total biaya yang dibutuhkan adalah sebesar Rp 113.550.029.744. Biaya yang dibutuhkan 37 *site* BTS jika menggunakan genset adalah sebesar Rp 350.386.864.196. sehingga penggunaan hibrid Energi Terbarukan mampu mengurangi biaya sebesar 68%.

Kata kunci: BTS Pedesaan, Fotovoltai, Turbin Angin, Baterai, Energi Terbarukan Hibrid.

ABSTRACT

AGUNG (2021910005). Strategy and Technical Development of Rural Base Transceiver System (BTS) Based on a Combination of Renewable Energy Sources.

Under the guidance of Dr. Muhammad Syukri Nur, M.Si, Dr. Ir. Asyari Daryus, M.Sc., M.M., M.Ag., Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.nat.

There are still many rural BTS in Indonesia that use diesel generators, which have high operational and maintenance costs and produce large emissions. The use of hybrid renewable energy in rural BTS is a solution to obtain a source of electricity in rural BTS that is cheap, emission-free, environmentally friendly and reliable.

Sabu Raijua Regency in the province of East Nusa Tenggara is a district that is included in the 3T area and BTS there still use a lot of diesel generators. Sabu Raijua Regency has a solar radiation potential of 6,46 kWh/m²/day and a wind speed of 5,61 m/s. With this potential, the BTS power system in Sabu Raijua can use a hybrid photovoltaic and wind turbine and battery as a source of backup electrical energy. The area of Sabu Raijua district is 460,47 km², so the number of BTS sites there is estimated at 37 BTS sites.

The method used in this study is a combination of percentages of hybrid sources of electrical energy. This hybrid combination analyzes the techno-economic per percentage of hybrid combinations of electricity sources. This study analyzes the investment as well as operational and maintenance costs for BTS sites in all Sabu Raijua districts over the past 20 years. The battery is designed to be able to back up for 24 hours if needed.

From this research, it was found that the hybrid investment for renewable energy sources in 37 sites was IDR 29.717.290.000. Operational and maintenance costs for 20 years amount to IDR 83.832.739.744. So that the total cost required is IDR 113.550.029.744. The cost required for the 37 BTS sites using a generator is IDR 350.386.864.196. so that the use of Renewable Energy hybrids can reduce costs by 68%.

Keywords: Rural BTS, Photovoltaic, Wind Turbine, Batteries, Hybrid Renewable Energy.

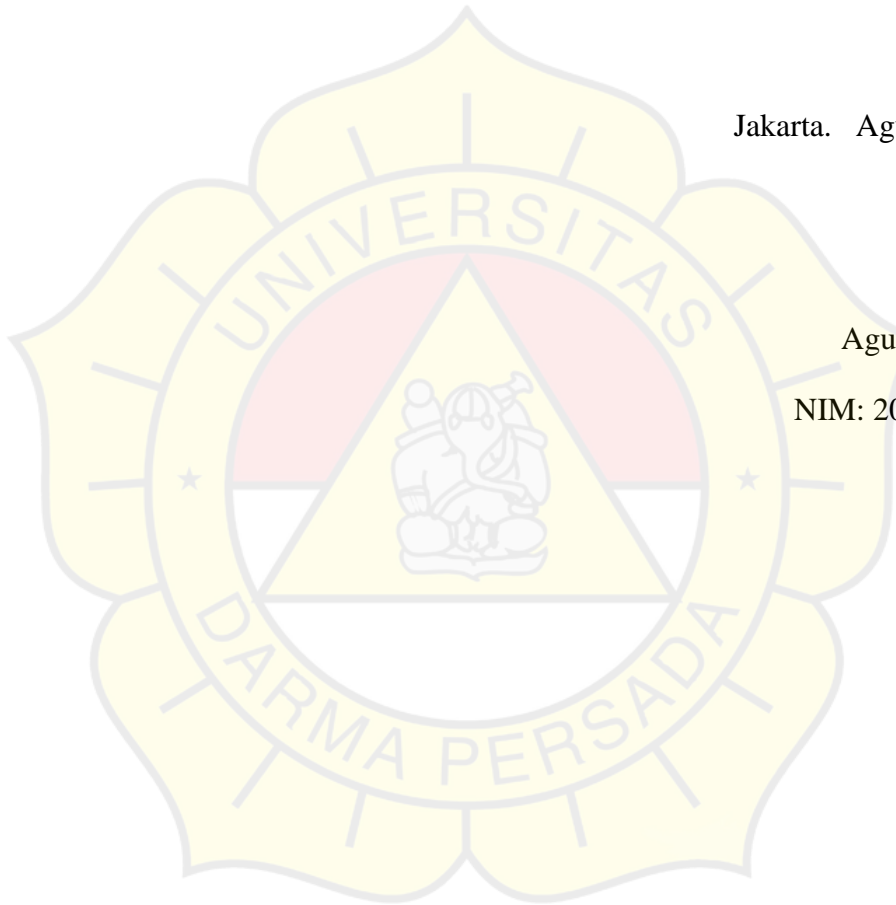
PERNYATAAN KEASLIAN

“Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan dan keyakinan saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain. atau sebagian bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Darma Persada atau Perguruan tinggi lainnya“.

Jakarta. Agustus 2023

Agung

NIM: 2021910005



LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Judul Tesis : Strategi dan Teknis Pembangunan *Base Transceiver System* (BTS) Pedesaan Berdasarkan Kombinasi Sumber Energi Terbarukan

Nama : Agung

NIM : 2021910005

Telah disetujui oleh komisi pembimbing dan penguji

Dr. Muhammad Syukri Nur. M.Si

(Pembimbing Utama)

Dr. Ir. Asyari Daryus, M.Sc., M.M., M.Ag.

(Pembimbing)

Dr. Eng. Aep Saepul Uyun. S.Tp., M.Eng

(Penguji)

Dr. Muswar Muslim, S.T., M.Sc.

(Penguji)

Mengetahui

Ketua Program Studi

Direktur Pascasarjana

(Dr. Eng. Aep Saepul Uyun. S.Tp., M.Eng)

(Dr. Ir. As Natio Lasman)

Tanggal Ujian : 9 Agustus 2023

Tanggal Yudisium : 16 Agustus 2023

KATA PENGANTAR

Puji Tuhan tesis dengan judul “Strategi dan Teknis Pembangunan *Base Transceiver System* (BTS) Pedesaan Berdasarkan Kombinasi Sumber Energi Terbarukan” bisa diselesaikan. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik dalam bidang Teknik Energi Terbarukan di Sekolah Pasca Sarjana Universitas Darma Persada (UNSADA).

Daerah pedesaan masih banyak yang kurang terjangkau jaringan telekomunikasi padahal banyak daerah tersebut yang mempunyai potensi yang bisa dikembangkan jika ada jaringan telekomunikasi. Oleh karena itu dibutuhkan pengembangan jaringan telekomunikasi disana. Tetapi ketersediaan listrik masih jadi kendala di daerah pedesaan. BTS dengan menggunakan hibrid sumber energi terbarukan menjadi solusi untuk menjangkau daerah pedesaan yang belum ada sumber listrik.

Penelitian ini membuat strategi dan teknis Pembangunan BTS pedesaan dengan menggunakan hibrid energi terbarukan. Dengan perhitungan dan strategi tersebut maka dapat di hitung investasi serta biaya operasional dan pemeliharaan yang paling optimal dalam kurun waktu 20 tahun.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan ini. Penulis mengharapkan saran dan masukan untuk penulisan ini. Penulis berharap agar penulisan ini bermanfaat dan menginspirasi untuk penelitian lainnya dibidang Energi Terbarukan.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 16 Agustus 1982 dari orang tua Mulia Sianipar dan Pedina Sihombing. Penulis anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis sudah menikah dan dikaruniai seorang putri.

Seluruh pendidikan dasar dan menengah di tempuh di Jakarta. Penulis sekolah di SMK Telkom Shandy Putra Jakarta, jurusan *Switching* Telekomunikasi.

Penulis menempuh pendidikan sarjana di Universitas Darma Persada di fakultas Teknik, jurusan Elektro, peminatan Telekomunikasi, tahun 2000 - 2005. Selama kuliah, penulis aktif di organisasi kemahasiswaan, antara lain Persekutuan Oikoumene (PO) Unsada, Himpunan Mahasiswa Elektro UNSADA (HIMELDA), dan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Teknik Unsada.

Saat ini penulis bekerja di PT Intisel Prodaktifakom. Sebuah perusahaan kontraktor telekomunikasi. Bekerja mulai dari tahun 2005 sampai sekarang. Penulis bekerja sebagai Project Manager di PT Intisel Prodaktifakom.

Dipersembahkan untuk keluarga kecil kami:

Saur Naomita Gultom (istri) dan Agmita Samantha Tesalonika (anak)

Inspirasi dan penyemangat hidup

Keluarga Sianipar dan Gultom

Keluarga Besar SPS Universitas Darma Persada dan Teman-teman Angkatan

2021



UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

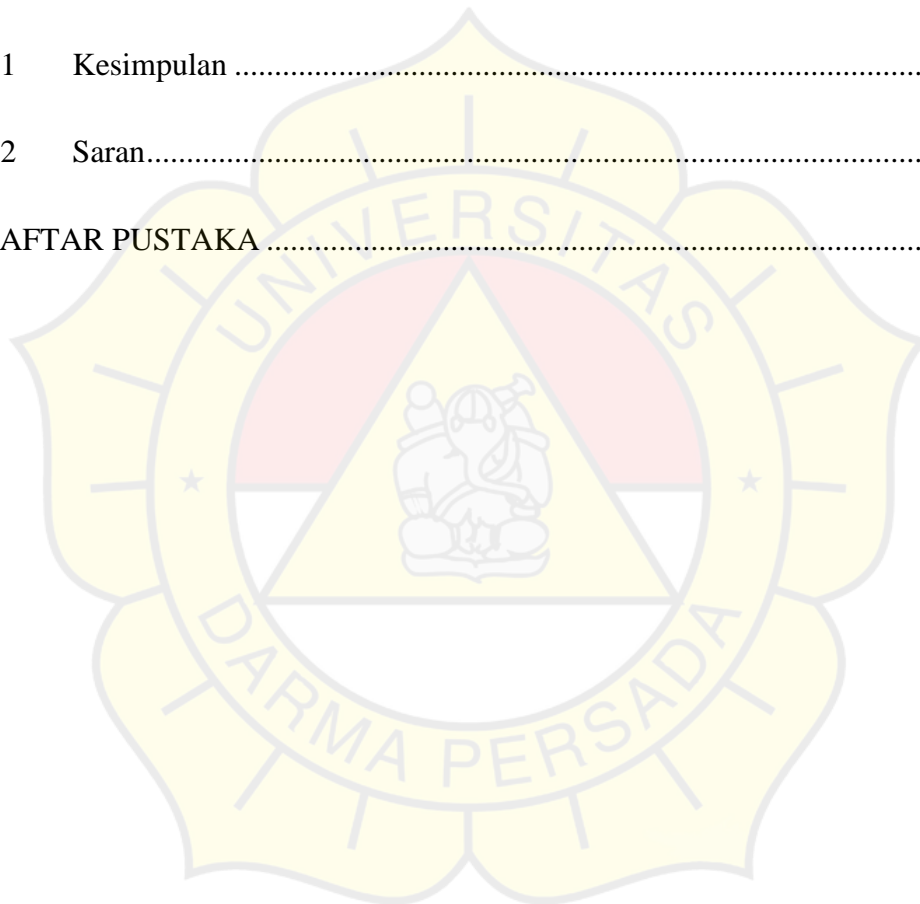
1. Bapak Dr. Muhammad Syukri Nur. M.Si. Ir. Erkata Yandri. M.Sc.rer.nat. dan Dr. Ir. Asyari Daryus, M.Sc., M.M., M.Ag., sebagai pembimbing dalam pembuatan tesis ini. Terimakasih atas bimbingan, masukan, kesabaran dan semangatnya selama proses kuliah dan pembuatan tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. As Natio Lasman. Direktur Sekolah Pasca Sarjana Universitas Darma Persada.
3. Bapak Dr. Eng. Aep Saepul Uyun. S.Tp., M.Eng. Ketua Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan.
4. Bapak dan Ibu Dosen Sekolah Pasca Sarjana Universitas Darma Persada: Bapak Prof. Kamarudin Abdulah, Bapak Dr. Ir. Jatmiko Priyo Atmojo M.Eng, Ibu Ir. Ratna Ariyati M.Eng, Bapak Dr. Erwin Susanto Sadirsan M.M, Bapak Ir. Riki Firmandha M.Sc dan bapak-ibu dosen lainnya. Terimakasih untuk pengajaran dan didikan selama proses kuliah.
5. Staff Sekolah Pasca Sarjana Universitas Darma Persada: Ibu Rita dan Bapak Bangun M.T.
6. Rekan-rekan mahasiswa program studi teknik energi terbarukan angkatan 2021. Pak Priyadi (Ketua Kelas), pak Herman Pasinrangi, pak Dewanto Fajrie, pak Nurhidayat, pak Ryando Perdana, mas Fajar Suryana, mas Gilang Ramadhani, pak Oky Tanjung, pak Arief Satryo, pak Chandra Hendrianto, mbak Kartika Ajeng dan pak Ali Ahmudi. Terimakasih untuk kebersamaan. kerjasama dan saling menyemangati.
7. Manajemen PT Intisel atas ijin berkuliah dan masukkannya. Khususnya untuk Bapak Bambang Pudjianto atas bimbingan dan masukkannya. Serta seluruh staff PT Intisel Prodaktifakom.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	II
PERNYATAAN KEASLIAN.....	IV
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS	V
KATA PENGANTAR	VI
RIWAYAT HIDUP.....	VII
UCAPAN TERIMAKASIH.....	IX
DAFTAR ISI.....	X
DAFTAR GAMBAR	XIII
DAFTAR TABEL.....	XV
DAFTAR LAMPIRAN.....	XVI
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Kerangka Penelitian	3
1.6 Hipotesis.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sumber Energi Terbarukan Sebagai Sumber Listrik BTS	7
2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	7
2.1.2 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu.....	8
2.2 <i>Base Transceiver System (BTS)</i>	11

2.3	Baterai	12
2.4	<i>Rectifier</i> , MPPT dan <i>Inverter</i>	13
2.5	<i>Power System</i> pada BTS	15
2.5.1	Genset diesel	17
2.5.2	Energi terbarukan	17
2.5.3	Hibrid genset diesel – Energi terbarukan	18
2.5.4	Hibrid energi terbarukan	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1	Studi Literatur	22
3.2	Penentuan Lokasi <i>Site</i> BTS	22
3.3	Kebutuhan Daya BTS	22
3.4	Mengumpulkan Data Radiasi Matahari dan Kecepatan Angin.....	23
3.5	Mengumpulkan Data Harga Perangkat dan Biaya Pemeliharaan <i>Power System Site</i> BTS	25
3.6	Metode Analisa Investasi serta Biaya Operasional dan Pemeliharaan BTS 27	
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		28
4.1	Lokasi <i>Site</i> BTS	28
4.2	Kebutuhan Daya BTS	30
4.3	Radiasi Matahari dan kecepatan Angin.....	31
4.4	Konfigurasi Sistem Energi Hibrid.....	32
4.5	Analisa Investasi serta Biaya Operasional dan Pemeliharaan BTS	33

4.6	Desain Tata Letak Fotovoltaik dan Turbin Angin di <i>Site</i>	36
4.7	Investasi serta Biaya Operasional dan Pemeliharaan jika Baterai <i>Back Up</i> Selama 18 Jam dan 12 Jam	38
4.8	Perbandingan Investasi serta Operasional dan Pemeliharaan antara Menggunakan Hibrid Energi Terbarukan dengan Genset.....	40
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....		42
5.1	Kesimpulan	42
5.2	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA		44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses mengubah sinar matahari menjadi listrik pada fotovoltaik.....	7
Gambar 2.2 PLTS atap.....	8
Gambar 2.3 PLTS Area terbuka.....	8
Gambar 2.4 <i>Horizontal Axis Wind Turbine</i> (HAWT).....	10
Gambar 2.5 <i>Vertical Axis Wind Turbine</i> (VAWT).....	11
Gambar 2.6 Blog diagram BTS.....	12
Gambar 2.7 Contoh modul <i>rectifier</i>	14
Gambar 2.8 Kabinet <i>rectifier</i>	14
Gambar 2.9 Contoh MPPT.....	15
Gambar 2.10 Konfigurasi sumber energi listrik BTS menggunakan genset diesel	18
Gambar 2.11 Konfigurasi sumber energi listrik BTS menggunakan fotovoltaik .	19
Gambar 2.12 Konfigurasi sumber energi listrik BTS menggunakan hibrid genset diesel - fotovoltaik	19
Gambar 2.13 Konfigurasi sumber energi listrik BTS menggunakan hibrid fotovoltaik – turbin angin.....	20
Gambar 3.1 Diagram alir Metodologi Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Tampilan aplikasi HOMER.....	23
Gambar 3.3 Peta potensi energi surya Indonesia yang dikeluarkan oleh Badan Litbang Kementerian ESDM	24
Gambar 3.4 Peta potensi kecepatan angin Indonesia yang dikeluarkan oleh Badan Litbang Kementerian ESDM	25
Gambar 4.1 Kabupaten Sabu Raijua. Nusa Tenggara Timur.....	28
Gambar 4.2 Zoom dari kabupaten Sabu Raijua. provinsi Nusa Tenggara Timur .	29
Gambar 4.3 Data radiasi matahari kabupaten Sabu Raijua. NTT	31
Gambar 4.4 Data kecepatan angin kabupaten Sabu Raijua. NTT.....	31
Gambar 4.5 Grafik nilai investasi dari kemungkinan skenario PV-WT	34
Gambar 4.6 Grafik biaya operasional dari kemungkinan skenario PV-WT	34
Gambar 4.7 Grafik total biaya investasi serta biaya operasional dan pemeliharaan	35

Gambar 4.8 Desain instalasi fotovoltaik dan turbin angin di kabupaten Sabu
Raijua 36

Gambar 4.9 Peletakan turbin angin pada *site* BTS 37

Gambar 4.10 Instalasi turbin angin menggunakan *pole* 15m..... 38

Gambar 4.11 Total Biaya dengan Skenario Baterai *Back Up* 18 Jam 39

Gambar 4.12 Total biaya dengan skenario baterai *back up* 12 Jam..... 39



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian sumber energi listrik BTS pedesaan.....	16
Tabel 3.1 Konsumsi Power BTS	22
Tabel 3.2 Konsumsi power BTS per tipe BTS.....	23
Tabel 3.3 Tabel harga PV.....	25
Tabel 3.4 Tabel data Turbin Angin	26
Tabel 3.5 Tabel data baterai	26
Tabel 3.6 Tabel data <i>rectifier</i> modul.....	26
Tabel 3.7 Tabel Contoh Rancangan Metode Kombinasi Persentase Hibrid Sumber Energi Listrik	27
Tabel 4.1 Spesifikasi fotovoltaik yang akan digunakan	32
Tabel 4.2 Spesifikasi Turbin Angin yang akan Digunakan	32
Tabel 4.3 Spesifikasi Baterai yang akan Digunakan.....	32
Tabel 4.4 Spesifikasi modul MPPT yang akan Digunakan.....	33
Tabel 4.5 Perangkat yang akan digunakan pada <i>site</i> BTS di Sabu Raijua.....	33
Tabel 4.6 Jumlah investasi, biaya operasional dan pemeliharaan, serta total biaya untuk sistem <i>back up</i> baterai 24 jam.....	36
Tabel 4.7 Perbandingan total biaya dalam 3 skenario baterai <i>back up</i> untuk 1 <i>site</i>	40
Tabel 4.8 Perbandingan total biaya dalam 3 skenario baterai <i>back up</i> untuk 37 <i>site</i>	40
Tabel 4.9 Investasi serta biaya operasional dan pemeliharaan BTS menggunakan genset	41
Tabel 4.10 Perbandingan total biaya antara menggunakan hibrid energi terbarukan dan genset.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kombinasi Persentase Hibrid Sumber Energi Listrik BTS dengan baterai <i>back up</i> selama 24 jam	48
Lampiran 2 Kombinasi Persentase Hibrid Sumber Energi Listrik BTS dengan baterai <i>back up</i> selama 18 jam	49
Lampiran 3 Kombinasi Persentase Hibrid Sumber Energi Listrik BTS dengan baterai <i>back up</i> selama 12 jam	50

