



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP  
MASA GUNA DAN PEMBEBANAN DARURAT  
TRANSFORMATOR DAYA**

**TESIS**

**DEWANTO INDRA KRISNADI**

**09 06 57 77 66**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JUNI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP  
MASA GUNA DAN PEMBEBANAN DARURAT  
TRANSFORMATOR DAYA**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister  
Bidang Ilmu Teknik Program Studi Teknik Elektro**

**DEWANTO INDRA KRISNADI**

**09 06 57 77 66**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
KEKHUSUSAN TENAGA LISTRIK DAN ENERGI  
DEPOK  
JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Dewanto Indra Krisnadi**

**NPM : 0906577766**

**Tanda tangan : **

**Tanggal : 23 Juni 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Dewanto Indra Krisnadi

NPM : 0906577766

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Tesis : Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Masa Guna dan  
Pembebanan Darurat Transformator Daya

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Rudy Setiabudy, DEA (.....)

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa MK, MT (.....)

Penguji : Dr. Ir. Ridwan Gunawan, MT (.....)

Penguji : Ir. Amien Rahardjo, MT (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Juni 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena hanya dengan kehendakNya saya dapat menyelesaikan Tesis ini. Penulisan Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk dapat memperoleh gelar Magister Bidang Ilmu Teknik Program Studi Teknik Elektro .

Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Rudy Setiabudy, DEA, selaku pembimbing pertama dan Bapak Prof. Dr.Ir. Iwa Garniwa MK, MT, selaku pembimbing kedua yang telah memberikan kesempatan, arahan, waktu, dan pikirannya untuk membantu saya dalam menyelesaikan makalah Tesis ini.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada semua senior, teman-teman dan adik-adik saya di Departemen Teknik Elektro, yang telah mendukung saya untuk menyelesaikan makalah Tesis ini.

Terima kasih juga untuk Mamaku, Istriku Mennie, Kakak-kakak serta semua keponakanku Aryo (UI-Fisika-03), Cahyo (UI-Kedokteran-09), Aji (UI-Elektro-09), Dimas (UI-Fisika-11) & Riri, yang membuat semua menjadi lebih mudah untuk dijalani.

Depok, medio Juni 2011

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dewanto Indra Krisnadi  
NPM : 0906577766  
Program Studi : Teknik Tenaga Listrik  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik.  
Jenis karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

### **Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Masa Guna dan Pembebanan Darurat Transformator Daya**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 27 Juni 2011  
Yang menyatakan



( Dewanto Indra Krisnadi )

## ABSTRAK

Nama : Dewanto Indra Krisnadi  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Tesis : Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Masa Guna Dan Pembebanan Darurat Transformator Daya

Transformator daya merupakan peralatan dengan investasi terbesar pada sebuah Gardu Induk, oleh karenanya diusahakan sebuah transformator daya dapat berfungsi sesuai dengan perkiraan masa gunanya. Penurunan masa guna dari transformator daya dipengaruhi oleh nilai akhir temperatur hot-spot dan operasi pembebanan.

Terdapat 2 jenis pembebanan darurat yaitu pembebanan darurat dalam waktu lama dan pembebanan darurat dalam waktu singkat. Kedua pembebanan tersebut dibatasi oleh nilai temperatur akhir hor-spot  $140^{\circ}\text{C}$  dan  $180^{\circ}\text{C}$ , dan dibutuhkan suatu estimasi beban agar didapatkan beban yang optimal pada saat terjadi pembebanan darurat.

Kata kunci:  
Transformator, Temperatur hot-spot, Pembebanan.

## ABSTRACT

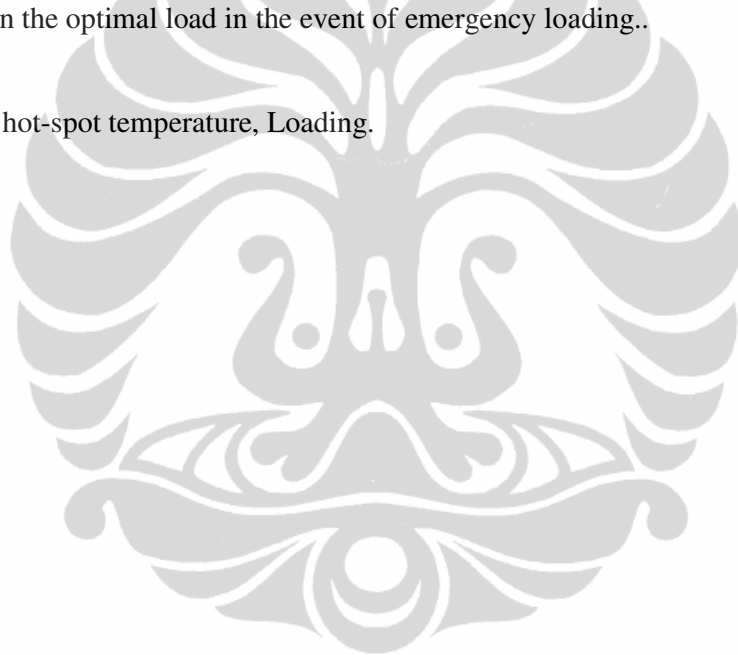
Name : Dewanto Indra Krisnadi  
Study Program : Electrical Engineering  
Title : Analysis of the Effect of Temperature on the Useful Life and the  
Emergency Loading of Power Transformer

Power transformers are devices with the largest investment in a substation, thus cultivated a power transformer to function in accordance with the point estimates. Decrease in the useful life of power transformers is affected by the end of the hot-spot temperature and loading operations.

There are two types of emergency loading i.e. long time emergency loading and short time emergency loading. Both are limited by the value of the final temperature of the hotspot 140°C and 180°C, and required an estimate of load in order to obtain the optimal load in the event of emergency loading..

Keywords:

Transformer, hot-spot temperature, Loading.

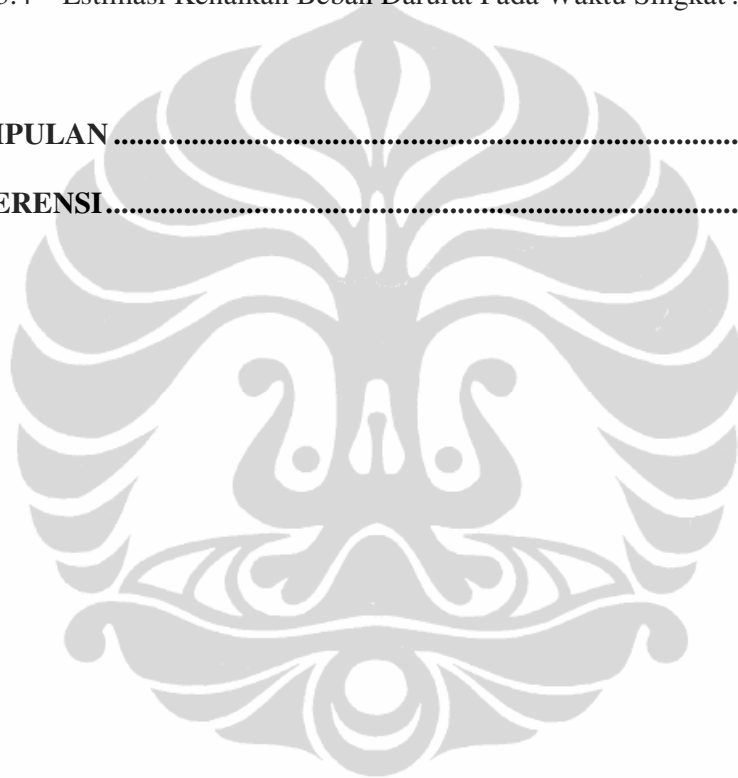




# DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metode Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	2
<b>2. TRANSFORMATOR DAYA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Pendahuluan.....	4
2.2 Pendinginan Transformator .....	5
2.2.1 Minyak Transformator.....	7
2.2.2 Sistem Pendinginan .....	8
2.3 Pembebanan Transformator .....	9
2.3.1 Pembebanan Pada Keadaan Normal .....	9
2.3.2 Pembebanan Melewati Rating Pengenal .....	10
2.3.3 Pembebanan Darurat Pada Waktu Lama.....	11
2.3.4 Pembebanan Darurat Pada Waktu Singkat.....	12
2.3.5 Standar Temperatur.....	13
<b>3. PENGARUH TEMPERATUR PADA TRANSFORMATOR. ....</b>	<b>14</b>
3.1 Pengaruh Temperatur .....	14
3.2 Temperatur Ambient .....	14
3.3 Batas Kenaikan Temperatur .....	14
3.4 Temperatur Hot-Spot.....	17
3.5 Temperatur Minyak Pada Belitan .....	18
3.5.1 Temperatur Minyak Bagian Atas .....	19
3.6 Penurunan Masa Guna Isolasi Pada Transformator .....	20
3.7 Persentasi Penurunan Masa Guna.....	22
3.8 Fenomena Perubahan Beban.....	22
3.8.1 Pembebanan Pada Keadaan Normal.....	23
3.8.1 Pembebanan Melewati Rating Beban.....	24
3.8.1 Pembebanan Darurat Pada Waktu Lama .....	24
3.8.1 Pembebanan Darurat Pada Waktu Singkat .....	25

<b>4.</b>	<b>ANALISA UNJUK KERJA TRANSFORMATOR DAYA.....</b>	<b>27</b>
4.1	Pendahuluan .....	27
4.2	Data Transformator IBT .....	27
4.3	Menentukan Nilai Hot-Spot .....	28
4.4	Korelasi Antara Beban, Temperatur Ambient dan Hot-Spot .....	30
4.5	Menentukan Sisa Masa Guna.....	31
4.6	Estimasi Kenaikan Beban Pada keadaan Beban Darurat .....	29
4.6.1	Pembebanan Pada Keadaan Normal .....	30
4.3.2	Pembebanan Melewati Rating Pengenal.....	31
4.3.3	Estimasi Kenaikan Beban Darurat Pada Waktu Lama .....	33
4.3.4	Estimasi Kenaikan Beban Darurat Pada Waktu Singkat .....	35
<b>5.</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>40</b>
	<b>DAFTAR REFERENSI.....</b>	<b>41</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pendingin sirip dan kipas .....	6
Gambar 2.2	Tangki & Konservator.....	7
Gambar 2.3	Kurva pembebanan pada keadaan normal.....	9
Gambar 2.4	Kurva pembebanan pada keadaan melewati rating <i>nameplate</i> .....	10
Gambar 2.5	Kurva pembebanan pada keadaan darurat untuk waktu lama.....	11
Gambar 2.6	Kurva pembebanan pada keadaan darurat untuk waktu singkat.....	12
Gambar 3.1	Diagram Termal Transformator.....	15
Gambar 3.2	Posisi Titik Pengukuran Temperatur. ....	17
Gambar 3.3	Kurva Masa Guna Isolasi Transformator.....	21
Gambar 3.4	Kurva Faktor percepatan penurunan masa guna.....	22
Gambar 3.5	Kurva Pembebanan Pada Keadaan Normal.....	23
Gambar 3.6	Kurva Pembebanan Yang Melewati Batas Rating Bebannya.....	24
Gambar 3.7	Kurva Pembebanan Darurat Pada Waktu Lama.....	25
Gambar 3.8	Kurva Pembebanan Darurat Pada Waktu Singkat.....	26
Gambar 4.1	Diagram Termal Transformator.....	29
Gambar 4.2	Kurva Korelasi Antara Beban, Temperatur Ambient dan Hot-Spot.....	31
Gambar 4.3	Kurva Hasil Estimasi Pada Pembebanan Darurat Pada Waktu Lama.....	35
Gambar 4.4	Kurva Hasil Estimasi Pada Pembebanan Darurat Pada Waktu Singkat.....	37

## DAFTAR TABEL

- Tabel 2-1 : Batas temperatur & beban untuk pembebanan diatas daya pengenal Transformator dengan kenaikan 65°C
- Tabel 2-2 : Batas temperatur yang disarankan untuk 4 jenis pembebanan
- Tabel 3-1 : Penentuan Nilai m dan n Pada Perhitungan
- Tabel 4-1 : Hasil Pengukuran Fasa S
- Tabel 4-2 : Hasil Perhitungan Akhir Hot-Spot
- Tabel 4-3 : Korelasi Antara Beban, Temperatur Ambient dan Hot-Spot
- Tabel 4-4 : Estimasi Kenaikan Temperatur Akhir Hot-Spot (PDWL)
- Tabel 4-5 : Estimasi Kenaikan Temperatur Akhir Hot-Spot (PDWS)
- Tabel 4-6 : Hasil Perhitungan pada Transformator IBT I, GITET CBN
- Tabel 4-7 : Hasil Perhitungan pada Transformator IBT II, GITET CBN

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transformator Daya merupakan peralatan dengan modal investasi terbesar yang ada di gardu induk transmisi dan distribusi. Pada saat investasi, transformator diharapkan dapat mempunyai masa guna yang sesuai dengan perkiraan masa guna dari transformator tersebut. Banyak faktor yang mempengaruhi panjang masa guna dari transformator, salah satunya adalah memperkirakan kapasitas pembebanan maksimal yang harus dilayani oleh transformator tersebut dengan mempertimbangkan faktor peningkatan temperatur yang mempengaruhi unjuk kerja dari transformator.

Banyak Transformator yang di rancang untuk dioperasikan pada lingkungan bertemperatur 20 s/d 22 °C, sementara apabila transformator tersebut dioperasikan di daerah Jakarta dan sekitarnya maka temperatur lingkungannya adalah sekitar 30 s/d 35°C. Saat beroperasi temperatur dari Transformator akan meningkat, hal itu dipengaruhi oleh temperatur dari dalam Transformator itu sendiri dan temperatur dari lingkungan sekitar dimana Transformator tersebut berada. Temperatur lingkungan biasa disebut dengan temperatur ambient.

Temperatur yang meningkat didalam transformator disebabkan timbulnya panas dari belitan yang berakibat temperatur minyak juga menjadi naik. Panas pada belitan sangat dipengaruhi oleh besarnya pembebanan yang ditanggung oleh transformator tersebut.

Temperatur yang sangat tinggi pada belitan akan mengakibatkan kerusakan pada isolasi dan kenaikan temperatur tersebut dapat mengubah sifat isolator minyak trafo yang mengakibatkan nilai isolasi dari minyak menurun. Penurunan kemampuan tingkat isolasi berpengaruh kepada masa guna dari transformator tersebut.

Untuk mengupayakan agar masa guna dari transformator tidak menyusut drastis, maka sebaiknya pengguna harus mengetahui efek pembebanan pada Transformator yang berakibat pada penyusutan masa guna dari transformator tersebut. Upayanya adalah dengan mengatur pembebanan transformator, pengaturan beban tersebut membuat pengguna dapat memperkirakan lamanya masa guna dari transformator yang dioperasikan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Pemasangan transformator yang dirancang untuk temperatur 20 derajat Celcius pada daerah yang mempunyai temperatur lingkungan sekitar 32 derajat Celcius, menimbulkan fenomena dimana temperatur hot-spot transformator akan naik melebihi batas maksimum pada saat pengoperasiaannya. Pada penelitian ini masalah yang akan dirumuskan adalah apakah temperatur temperatur lingkungan atau temperatur ambient berpengaruh terhadap unjuk kerja dari transformator pada saat melayani beban.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini akan mengetahui tentang pengaruh nilai temperatur akhir hot-spot terhadap lama masa guna dari transformator IBT dan pengaruhnya terhadap perubahan beban disaat terjadi pembebanan darurat sehingga didapatkan pembebanan yang optimal.

## 1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, masalah dibatasi pada :

1. Kasus hanya akan dilihat pada transformator gardu induk tegangan ekstra tinggi, yaitu transformator IBT CBN.
2. Kapasitas dan jenis Transformator disesuaikan dengan kapasitas Transformator di daerah tersebut diatas.
3. Perhitungan hot-spot menggunakan metode perhitungan model IEEE Std C57.91-1995 metode annex G.

## 1.5 Metode Penelitian

- 1 Studi lapangan pada GITET dengan mengambil data Transformator IBT dan melakukan pengukuran data beban aktual per jam, data temperatur (*top-oil*, *bottom-oil*, belitan dan ambient).
- 2 Menerapkan model metode perhitungan Annex G IEEE, kemudian menjadi acuan untuk memprediksi maksimum pembebanan yang ditanggung oleh transformator IBT tersebut.

## 1.6 Sistematika Pembahasan

Bab satu membahas tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika

pembahasan; bab dua membahas tentang konsep dasar dari transformator daya dan teori pembebanannya; bab tiga membahas tentang hot-spot dan metode perhitungan hot-spot yang digunakan oleh model IEEE Std C57.91-1995 metode annex G; bab empat membahas konsep menghitung masa guna transformator; bab lima merupakan kesimpulan dari Tesis ini.



## BAB 2

### TRANSFORMATOR DAYA

#### 2.1 Pendahuluan

Transformator atau transformator adalah suatu peralatan listrik yang dapat mengubah energi listrik bolak balik (AC) dari satu tingkat tegangan yang satu ke tingkat tegangan lainnya, berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik dari medan magnet.

Medan magnet dibangkitkan oleh gulungan pada belitan kumparan yang menyelubungi sekeliling ruang inti ferromagnetik. Gulungan ini biasanya tidak langsung terhubung, akan tetapi yang terhubung hanya antara gulungan fluks magnetik dengan inti.

Transformator terdiri atas sebuah inti yang terbuat dari besi berlapis yg berlaminasi diantara dua buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder yang tidak terhubung secara langsung. Kumparan primer transformator dihubungkan ke sumber daya listrik bolak-balik dan kumparan kedua (serta ketiga jika ada) akan dihubungkan ke beban.

Dalam operasi penyaluran tenaga listrik transformator dapat dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal (kalau bisa terus menerus tanpa berhenti). Mengingat kerja keras dari suatu transformator seperti itu maka cara pemeliharaan juga dituntut sebaik mungkin. Oleh karena itu transformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem dan peralatan yang benar, baik dan tepat. Untuk itu regu pemeliharaan harus mengetahui bagian-bagian transformator dan bagian-bagian mana yang perlu diawasi melebihi bagian yang lainnya.

Berdasarkan tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator 500/150 kV dan 150/70 kV disebut interbus transformator (IBT), sedangkan transformator 150/20 kV dan 70/20 kV disebut transformator distribusi. Titik netral transformator ditanahkan sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan/proteksi. Sebagai contoh transformator 150/70 kV ditanahkan secara langsung di sisi netral 150 kV dan transformator 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan rendah atau tahanan tinggi atau langsung di sisi netral 20 kV nya.



## 2.2. Pendinginan Transformator

Pada inti besi dan kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi besi dan rugi tembaga. Apabila panas tersebut mengakibatkan kenaikan temperatur yang berlebihan maka akan merusak isolasi (dalam transformator), dan untuk mengurangi kenaikan temperatur yang berlebihan tersebut transformator perlu dilengkapi dengan alat/sistem pendingin untuk menyalurkan panas untuk keluar dari transformator.

Media yang dipakai pada sistem pendingin adalah dengan udara, minyak dan air. Sedangkan metode untuk pengalirannya (sirkulasi) digunakan cara : alamiah (*natural*) dan paksaan (*forced*). Pada cara alamiah pengaliran media sebagai akibat adanya perbedaan temperatur media dan untuk mempercepat perpindahan panas dari media tersebut keudara luar diperlukan bidang perpindahan panas yang lebih luas antara media (minyak/udara) dengan cara melengkapi transformator dengan sirip-sirip radiator. Jika dikehendaki penyaluran panas yang lebih cepat lagi, cara alamiah dapat dilengkapi dengan peralatan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin dengan pompa-pompa sirkulasi minyak, udara dan air, cara ini disebut pendingin paksa (*Forced*).

Transformator umumnya diisi minyak sebagai bahan isolasi antara kumparan dengan kumparan dan kumparan dengan kaki. Transformator tenaga umumnya dilengkapi dengan sistem pendingin, yang dimaksudkan agar transformator dapat bekerja sesuai rating yang tertera pada spesifikasinya. Transformator yang dilengkapi pendingin adalah yang berkapasitas di atas 10 MVA. Tipe pendingin transformator adalah secara alami dan paksaan, yaitu menggunakan riben (sirip), radiator dan bantuan motor untuk mengembus udara. Banyaknya riben atau motor-motor yang terpasang sesuai dengan kapasitas transformator dan permukaan yang didinginkan.

Transformator dalam keadaan bertegangan dan belum dibebani akan timbul rugi-rugi yang dapat menimbulkan kondisi transformator tersebut panas, namun panas yang timbul kecil. Apabila transformator tersebut dibebani maka kumparan dan minyak di dalam transformator akan bertambah panas sesuai dengan kenaikan bebannya. Panas yang timbul pada kumparan akan diteruskan secara konduksi pada minyak transformator yang berfungsi sebagai pendingin. Baik kumparan maupun minyak transformator mempunyai batas-batas operasi panas yang diijinkan. Isolasi kumparan yang terdiri dari kertas kraft mempunyai batas panas yang diijinkan sesuai dengan klas isolasi spesifikasi transformator. Demikian juga minyak isolasi transformator mempunyai batas panas yang diijinkan. Apabila panas-panas tersebut dilampaui maka

isolasi akan rusak dan secara keseluruhan transformator tersebut akan rusak. Panas tersebut harus direduksi dengan memasang sistem pendingin yaitu: riben, radiator kipas-kipas dan pompa minyak.

(a) Pendingin Dengan Riben

Transformator dengan kapasitas 10 sampai dengan 30 MVA menggunakan riben atau sirip-sirip sebagai pendingin. Minyak panas yang ditimbulkan oleh panas kumparan akan terjadi pada bagian atas transformator sementara minyak yang dingin berada di bawah bagian transformator. Kondisi ini secara alami akan mengalir dari bawah transformator dan diteruskan melalui riben atau sirip pendingin, yang dirancang sedemikian sehingga minyak panas yang melalui riben akan didinginkan oleh aliran udara luar.

(b) Pendingin Menggunakan Kipas

Transformator dengan kapasitas lebih dari 30 MVA biasanya dilengkapi dengan riben kipas pendingin, radiator dan pompa minyak.

· Menggunakan Riben dan Kipas

Minyak transformator panas yang dialirkan melalui riben seperti yang dijelaskan di atas akan dihembus dengan udara dari kipas pendingin, baik secara vertikal ataupun horizontal sehingga minyak panas sebelum masuk kedalam transformator telah didinginkan dengan udara luar dengan bantuan kipas angin.

· Menggunakan Radiator dan Kipas Pendingin

Minyak panas dari dalam transformator dipompa dengan motor pompa minyak dialirkan melalui radiator dan pada bagian depan radiator terpasang kipas-kipas pendingin yang akan menarik udara panas yang ditimbulkan oleh minyak panas ke udara luar dan dari sela-sela sirip radiator akan mengalir udara segar yang akan mendinginkan minyak transformator.



Gambar 2.1 : Pendingin sirip dan kipas.

### 2.2.1 Minyak Transformator.

Kumparan dan intinya transformator tenaga direndam dalam minyak transformator, terutama transformator tenaga yang berkapasitas besar. Karena minyak transformator mempunyai sifat sebagai media pemindah panas dan bersifat isolasi sehingga minyak transformator tersebut berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Minyak transformator harus memenuhi persyaratan, yaitu:

- Kekuatan isolasi tinggi.
- Penyalur panas yang baik, berat jenis yang kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat.
- Viskositas yang rendah, agar lebih mudah bersirkulasi dan memiliki kemampuan pendinginan menjadi lebih baik
- Titik nyala yang tinggi (minimum 140°C), penentuan batas titik nyala adalah untuk mencegah terlalu banyak hilangnya minyak menjadi gas dan dapat menimbulkan bahaya kebakaran.
- Tidak bereaksi terhadap material yang lain sehingga tidak merusak bahan isolasi padat.

Pada umumnya bagian-bagian utama dari transformator yang terendam minyak transformator berada dalam tangki. Untuk menampung pemuatan minyak transformator, tangki dilengkapi dengan konservator.



Gambar 2.2 : Tangki dan Konservator

Akibat dari pengaruh naik turunnya beban transformator maupun temperatur udara luar, maka temperatur minyakpun akan berubah-ubah mengikuti keadaan

tersebut. Bila temperatur minyak transformator tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara diatas permukaan keluar dari tangki, kebalikanya apabila temperatur minyak turun menyusut, maka udara luar akan masuk kedalam tangki dan kedua proses ini disebut pernafasan transformator. Akibat dari pernafasan tersebut, permukaan minyak transformator akan selalu bersinggungan dengan udara luar dan udara luar yang lembab akan menurunkan nilai tegangan tembus minyak transformator, maka untuk mencegah hal tersebut, pada ujung pipa penghubung udara dilengkapi dengan alat pernafasan yang berupa tabung berisi zat hygroskopis.

### 2.2.2 Sistem Pendinginan.

Untuk sistem pendinginan pada transformator dapat diklarifikasikan sebagai :

#### 1. Pendinginan Alam.

- *Air Natural Cooling (AN).*

Pendinginan dengan tidak menggunakan bantuan apapun kecuali udara biasa.

- *Oil Immersed Natural Cooling (ON).*

Menggunakan minyak transformator sebagai pendingin (direndam).

- *Oil Immersed Forced Oil Circulation with Natural Cooling (OFN).*

Menggunakan minyak transformator yang dialirkan.

#### 2. Pendinginan Buatan (Udara).

- *Oil Immersed Forced Oil Circulation with Air Blast Cooling (OFB).*

Menggunakan minyak transformator yang dialirkan dan udara yang dihembuskan.

- *Oil Immersed Air Blast Cooling (OB).*

Menggunakan minyak transformator (direndam) dan udara yang dihembuskan.

- *Air Blast Cooling (AB).*

Menggunakan udara yang dihembuskan.

#### 3. Pendinginan Buatan (Air).

- *Oil Immersed Water Cooling.*

Menggunakan minyak transformator (direndam), dibantu dengan air.

- *Oil Immersed Forced Oil Circulation with Water Cooling.*

Menggunakan minyak transformator yang dialirkan, dibantu dengan air.

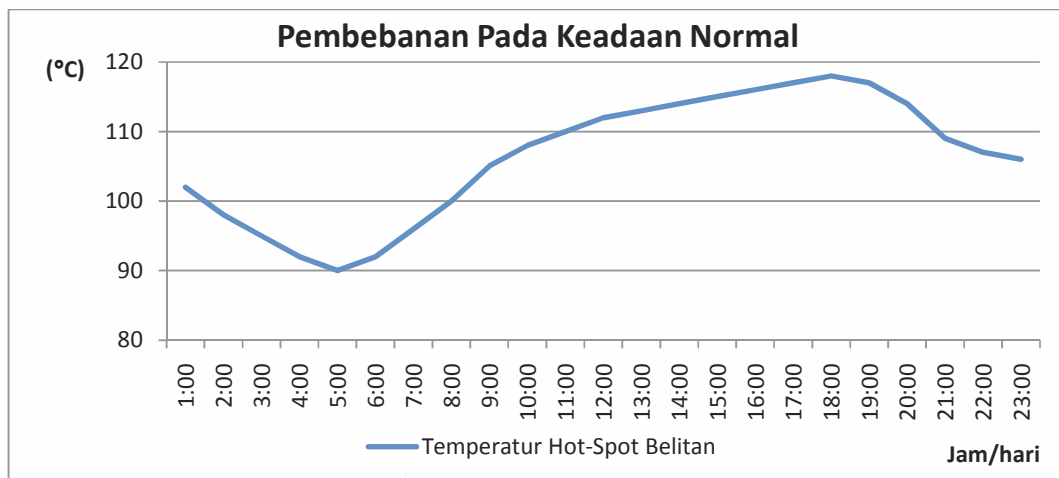
## 2.3 Pembebanan Transformator

Perkiraan umur Transformator daya pada variasi temperatur operasi tidak dapat diketahui secara akurat, tetapi informasi susut dari umur isolasi pada temperatur tinggi dapat diperkirakan. Beban yang melebihi rating dari *nameplate* membuat isolasi dikenai temperatur yang lebih tinggi dari pengenal dasarnya. Untuk memberikan panduan mengenai risiko yang terkait dengan temperatur operasi yang lebih tinggi, empat pembebanan yang berbeda kondisi di luar *nameplate* telah ditetapkan, empat jenis pembebanan tersebut adalah :

- a) Pembebanan pada keadaan normal
- b) Pembebanan melewati rating beban
- c) Pembebanan darurat pada waktu lama
- d) Pembebanan darurat pada waktu Pendek

### 2.3.1 Pembebanan Pada Keadaan Normal

Pembebanan dasar dari sebuah transformator daya untuk pembebanan pada keadaan normal adalah pembebanan kontinu pada keluaran pengenal ketika dioperasikan di bawah kondisi yang biasa seperti yang ditunjukkan dalam IEEE Std 4.1 C57.12.00-1993. Diasumsikan bahwa operasi di bawah kondisi ini sama dengan operasi dalam temperatur ruang rata-rata 30°C untuk pendingin udara atau 25°C air pendingin. Perkiraan masa guna yang normal akan hasil dari operasi dengan temperatur hot-spot konduktor berkesinambungan 110°C (atau setara dengan variabel temperatur maksimum 120°C dalam jangka waktu 24 jam). Temperatur 110°C hot-spot didasarkan kenaikan hot-spot dari 80°C ditambah temperatur lingkungan standar rata-rata 30°C.

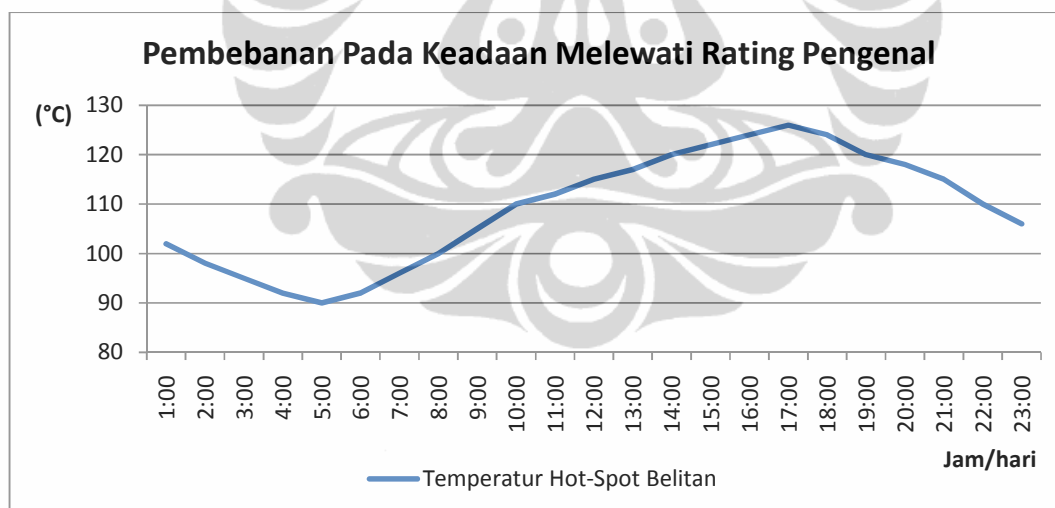


Gambar 2.3 : Kurva pembebanan pada keadaan normal

Transformator dapat dioperasikan pada maksimum 110°C temperatur akhir hot-spot untuk jangka pendek asalkan mereka dioperasikan lebih lama pada periode temperatur di bawah 110°C. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa penurunan masa guna termal merupakan proses kumulatif dan dengan demikian izin beban di atas rating yang akan dilakukan dalam kondisi yang aman banyak tanpa melanggar atas perkiraan susut masa guna normal dari transformator. Persamaan yang diberikan dalam *IEEE Guide for Loading Mineral Oil Immersed Transformers* ayat 7 atau *Annex G* dapat digunakan untuk menghitung hot-spot dan temperatur minyak bagian atas sebagai fungsi dari beban untuk perkiraan masa guna normal dari transformator.

### 2.3.2 Pembebanan Melewati Rating Pengenal (*Nameplate*)

Perkiraan pembebanan yang melewati rating terpasang transformator baik itu temperatur hot-spot konduktor atau temperatur minyak bagian atas, dapat dilihat dalam tabel 2-2 untuk memperkirakan pembebanan normal dan diterima oleh pengguna sebagai sesuatu normal. Biasanya pembebanan direncanakan melampaui rating terpasang dibatasi untuk transformator yang tidak membawa beban tetap atau kontinyu.



Gambar 2.4 : Kurva pembebanan pada keadaan melewati rating pengenal (*nameplate*)

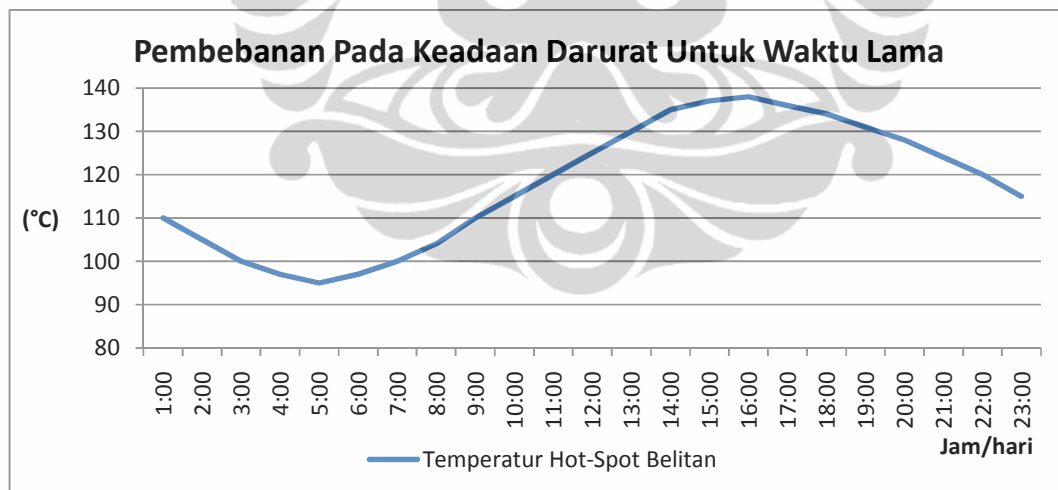
Rencana pembebanan diluar nilai perancangan didefinisikan sebagai suatu kondisi dimana sebuah transformator yang dibebani temperatur hot-spot adalah dalam kisaran temperatur 120°C-130°C. Lamanya waktu untuk transformator untuk beroperasi pada 120°C-130°C harus ditentukan oleh perhitungan penurunan masa guna dari isolasi, dengan mempertimbangkan siklus pembebanan tertentu. Karakteristik dari

jenis pembebanan pada keadaan melewati rating *nameplate* merupakan kejadian yang relatif sering terjadi dalam pengoperasian transformator.

### 2.3.3 Pembebanan Darurat Pada Waktu Lama

Pembebanan darurat untuk waktu lama merupakan penyusutan yang berkepanjangan dari beberapa elemen sistem dan menyebabkan temperatur konduktor hot-spot atau temperatur minyak bagian atas melampaui batas yang disarankan untuk pembebanan dan melebihi rating pengenalan dari transformator. Ini bukan kondisi operasi yang normal, tetapi mungkin bisa terjadi dan bertahan untuk selama beberapa waktu dan diharapkan bahwa kejadian tersebut jarang terjadi.

Pembebanan darurat untuk waktu lama dapat diterapkan untuk transformator yang membawa beban stabil terus menerus, namun dengan konsekuensi kehilangan masa guna isolasi. Temperatur hot-spot belitan yang disarankan pada keadaan ini dapat dilihat dalam tabel 2-2. Temperatur minyak bagian atas setiap saat tidak boleh melebihi 110°C. Pembebanan darurat untuk waktu lama mendefinisikan suatu kondisi dimana sebuah transformator daya saat dibebani mempunyai temperatur hot-spot pada kisaran temperatur 120°C-140°C.



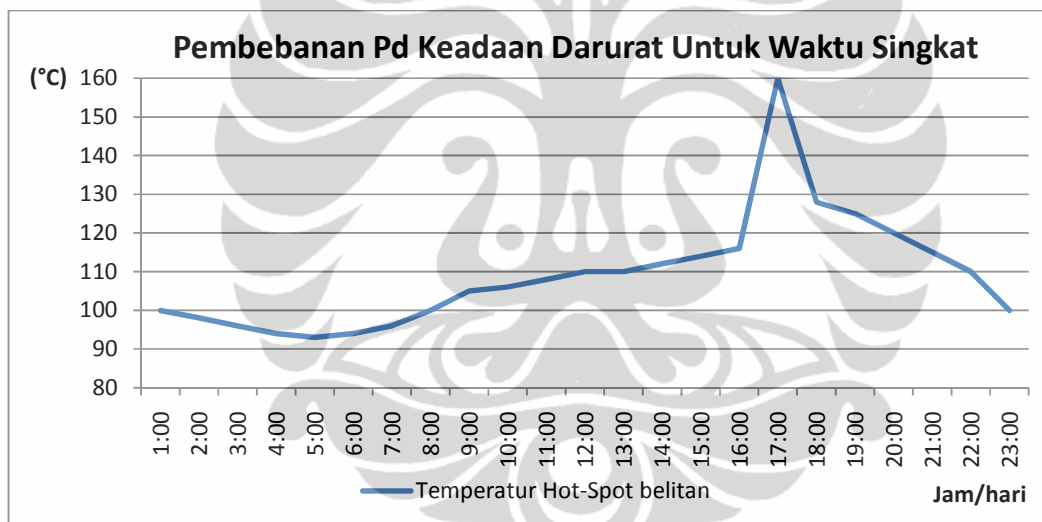
Gambar 2.5 : Kurva pembebanan pada keadaan darurat untuk waktu lama

Karakteristik jenis pembebanan ini adalah salah satu waktu panjang penyusutan dari elemen sistem transmisi, bisa terjadi dua atau tiga kejadian selama selang waktu masa guna normal transformator dan kejadian dapat berlangsung beberapa kali dengan risiko lebih besar dari beban yang direncanakan di luar rating pengenalan. Gambar 2-5

menggambarkan sebuah contoh profil darurat jangka waktu lama dimana temperatur hot-spot untuk contoh ini naik melebihi 120°C.

### 2.3.4 Pembebanan Darurat Pada Waktu Singkat

Pembebanan darurat pada waktu singkat adalah beban yang luar biasa berat disebabkan oleh terjadinya satu atau lebih peristiwa yang sangat serius mengganggu sistem pembebanan normal dan menyebabkan temperatur hot-spot konduktor atau temperatur minyak bagian atas melebihi batas temperatur yang disarankan untuk pembebanan yang direncanakan melebihi nilai rating pengenalan. Keadaan ini merupakan kondisi untuk waktu yang singkat, dan keadaan temperatur hot-spot konduktor sebaiknya seperti yang disajikan dalam tabel 2-2 dan temperatur minyak bagian atas tidak boleh melebihi 110°C.



Gambar 2.6 : Kurva pembebanan pada keadaan darurat untuk waktu singkat

Jenis pembebanan ini merupakan pembebanan dengan resiko terbesar, diharapkan tidak pernah terjadi. Pembebanan darurat pada waktu singkat didefinisikan merupakan suatu kondisi pembebanan dimana sebuah transformator dibebani pada temperatur hot-spot yang setinggi 180°C untuk waktu yang singkat dan risikonya lebih besar daripada pembebanan darurat untuk waktu lama.

Gambar 2-6 menggambarkan sebuah contoh profil beban darurat pada jangka waktu yang singkat, dimana kurva memperlihatkan keadaan normal sampai sekitar jam 4, kemudian terjadi suatu kondisi sistem beban transformator yang naik dalam waktu



singkat sehingga temperatur hot-spot tertinggi naik dengan cepat ke 163°C dalam 1 jam.

### 2.3.4 Standar Temperatur Saat Pembebanan

Batas temperatur & beban yang disarankan untuk pembebanan diatas daya pengenal transformator diperlihatkan pada tabel 2-1 dan Batas temperatur yang disarankan untuk 4 jenis pembebanan diberikan pada tabel 2-2.

Tabel 2-1 : Batas temperatur & beban untuk pembebanan diatas daya pengenal Transformator dengan kenaikan 65°C

Temperatur minyak bagian atas	110 °C
Temperatur hot-spot konduktor	180 °C
Pembebanan maksimum	200%

Sumber : IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Transformers

Tabel 2-2 : Batas temperatur yang disarankan untuk 4 jenis pembebanan

	Pembebanan pada keadaan normal	Pembebanan pada keadaan melewati rating pengenal	Pembebanan pada keadaan darurat untuk waktu panjang	Pembebanan pada keadaan darurat untuk waktu pendek
Temperatur Hot-Spot isolasi konduktor °C	120	130	140	180
Temperatur Hot-Spot metal yg lain°C	140	150	160	200
Temperatur Minyak bagian atas °C	105	110	110	110

Sumber : IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Transformers

Biasanya batas temperatur hot-spot untuk bagian lain yang tidak bersentuhan dengan isolasi adalah merupakan batas desain dan dihitung oleh produsen ketika sebuah spesifikasi beban lebih disampaikan sebagai bagian dari spesifikasi pembelian.

## BAB 3

### PENGARUH TEMPERATUR PADA TRANSFORMATOR

#### 3.1 Pengaruh Temperatur

Transformator merupakan peralatan listrik yang mempunyai bagian statis atau tidak bergerak, kecuali kipas pendingin, pompa minyak dan pengubah tegangan. Masa guna dari sebuah Transformator banyak dipengaruhi oleh kekuatan dari isolasinya, dimana perubahan sifat dari isolator akan membuat penurunan masa guna dari Transformator.

Transformator biasanya didesain untuk dipergunakan pada temperatur lingkungan 20<sup>o</sup> C dimana Transformator tersebut beroperasi. Di Indonesia beberapa lokasi penempatan Transformator mempunyai temperatur lingkungan diatas 30<sup>o</sup> C, sehingga Transformator tidak bisa bekerja secara optimal karena temperatur tertinggi pada Transformator akan lebih tinggi dari maksimum yang ditentukan. Pengoperasian diatas temperatur yang di persyaratkan akan mengakibatkan menurunnya kekuatan isolasi, oleh karenanya dalam mengoperasikan Transformator pelayanan optimal harus dilakukan untuk menghindari penurunan masa guna yang diakibatkan menurunnya kualitas dari bahan-bahan isolatornya.

#### 3.2 Temperatur Ambient

Temperatur Ambient merupakan temperatur yang ada disekitar atau di sekeliling dari Transformator, dimana Transformator tersebut ditempatkan untuk beroperasi. Pada Transformator yang menggunakan pendingin udara luar, maka temperatur udara untuk pendinginan diambil dari temperatur di sekitarnya.

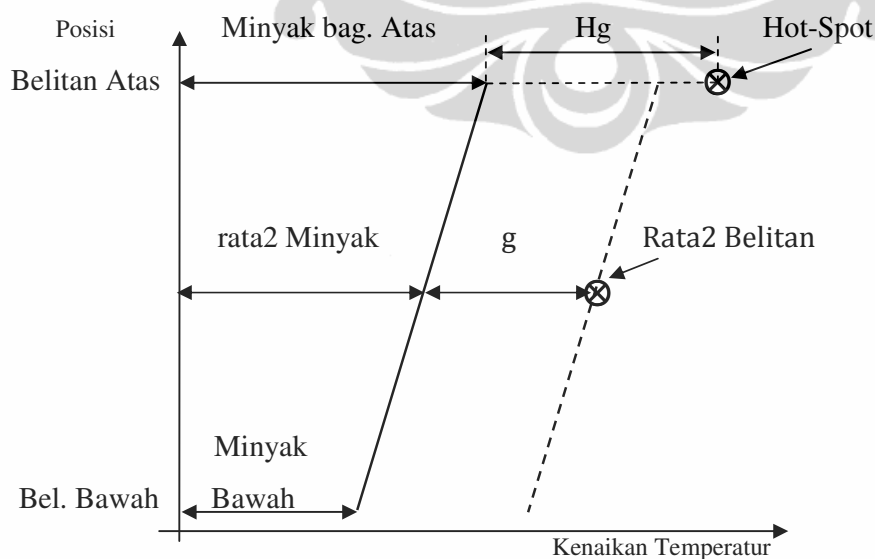
Temperatur Ambient merupakan faktor penting dalam menentukan kemampuan Transformator saat melayani beban, pada saat temperatur meningkat diwaktu pembebanan, temperatur Ambient harus ditambahkan untuk menentukan temperatur operasi. Temperatur Ambient biasanya dituliskan dengan simbol  $\theta_A$ .

#### 3.3 Batas Kenaikan Temperatur

Isolasi yang biasa dipakai dalam transformator bisa cepat sekali menjadi buruk apabila dikenai panas dengan temperatur diatas 100<sup>o</sup>C secara terus menerus.

Temperatur diatas  $100^{\circ}\text{C}$  ini hanya dapat ditahan dalam selang waktu yang relatif singkat, namun efek kumulatif dan hubungan antara temperatur dengan waktu tidak dapat ditentukan. Kenaikan temperatur pada belitan, inti dan minyak trafo dirancang untuk pemakaian dengan ketinggian tidak lebih dari 1000 meter diatas permukaan laut. Untuk transformator yang menggunakan media pendingin air, maka temperatur air tidak boleh lebih dari  $25^{\circ}\text{C}$ , sedangkan untuk transformator yang menggunakan media pendingin udara, maka temperatur udaranya tidak boleh lebih dari  $40^{\circ}\text{C}$  dan tidak boleh dibawah  $-25^{\circ}\text{C}$  untuk pemasangan luar dan tidak boleh dibawah  $-5^{\circ}\text{C}$  untuk pemasangan dalam. Sebagai tambahan untuk pendinginan dengan udara, temperaturnya tidak melebihi rata-rata  $30^{\circ}\text{C}$  untuk satu hari.

Kenaikan temperatur dapat diasumsikan dengan diagram temperatur sederhana seperti ditunjukkan gambar 3-1 Gambar ini dapat dipahami karena merupakan diagram penyederhanaan dari distribusi yang lebih rumit. Kenaikkan temperatur minyak bagian atas yang diukur selama pengujian kenaikan temperature, berbeda dengan minyak yang meninggalkan kumparan. Minyak pada bagian atas adalah campuran sebagian dari minyak yang bersirkulasi sepanjang kumparan. Tetapi perbedaan ini tidak dipertimbangkan dengan cukup signifikan untuk mevalidasi metode.



Gambar 3-1 : Diagram Termal Transformator

Metode ini disederhanakan sebagai asumsi yang telah dibuat sebagai berikut:

- a) Temperatur minyak bertambah secara linear dari bawah keatas sepanjang belitan kumparan transformator.
- b) Temperatur belitan bertambah secara linear dari bawah keatas, dengan sebuah kontanta perbedaan temperatur  $g$ .
- c) Kenaikan temperatur hot spot di bagian atas belitan lebih tinggi daripada rata-rata kenaikan temperature belitan. Untuk mempertimbangkan non-linearitas seperti meningkatnya rugi-rugi pada bagian atas belitan, perbedaan temperatur hot-spot dan temperature minyak bagian atas belitan didefinisikan sebagai Hg. Faktor H dari hot-spot menurut IEC 60076-7, untuk transformator distribusi digunakan H=1,1 dan transformator daya digunakan nilai H=1,3. Sedangkan untuk kenaikan temperatur hot spot dapat dihitung dengan rumus :

$$\Delta\theta_H = H \cdot g \cdot K^{2m} \quad (3-1)$$

H = Faktor hot-spot yang disebabkan akibat rugi eddy pada belitan akhir

$g$  = Selisih antara temperatur rata2 belitan dengan temperatur rata2 minyak pada rating beban.

K = Faktor beban ( suplai beban/ rating beban)

$m$  = Konstanta yang tergantung dari metode pendinginan

Penentuan nilai  $m$  (konstanta) tergantung dari metode pendinginan dan terdapat empat metode pendinginan yang digunakan seperti yang diperlihatkan pada tabel 3-1.

Tabel 3-1 : Penentuan nilai  $m$  dan  $n$  (konstanta) pada perhitungan

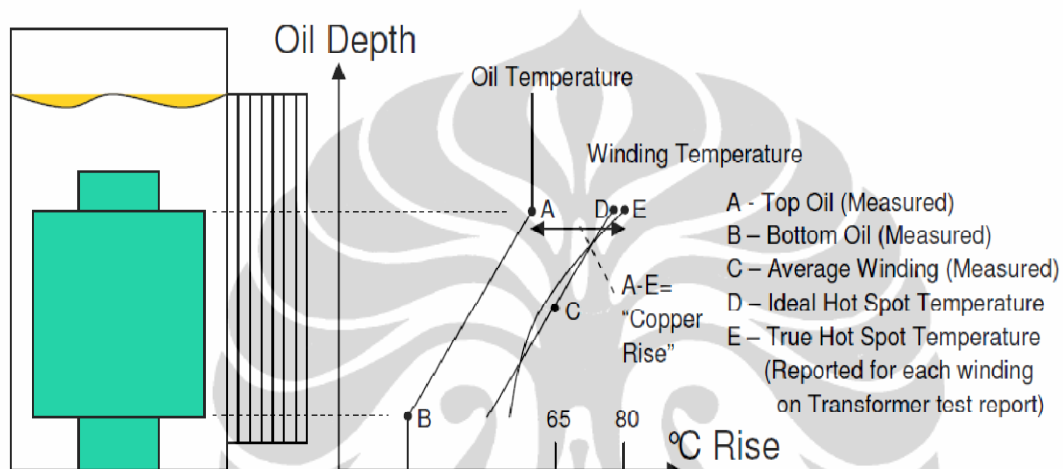
Jenis Pendinginan	$m$	$n$
OA	0.8	0.8
FA	0.8	0.9
NDFOA	0.8	0.9
DFOA	1.0	1.0

Sumber : IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Transformers

Pada gambar 3-2 diperlihatkan bahwa titik A merupakan posisi minyak bagian atas, titik B merupakan posisi minyak bagian bawah dan titik C merupakan rata-rata

temperatur dari belitan. Temperatur rata-rata pada belitan adalah maksimal 65°C dan kenaikan temperatur minyak bagian atas adalah 80 °C.

Sedangkan antara titik A-D merupakan kenaikan temperatur antara minyak bagian atas dan temperatur hot-spot dalam kondisi keadaan ideal, sedangkan antara titik A-E merupakan kenaikan temperatur antara minyak bagian atas dan temperatur hot-spot pada keadaan sebenarnya.



Gambar 3-2 : Posisi titik pengukuran temperatur pada Transformator

### 3.4. Temperatur Hot-Spot

Perilaku temperatur hot-spot suatu transformator dipengaruhi secara langsung tiga komponen utama yaitu oleh nilai beban pada suatu saat, karakteristik transformator, dan keadaan temperatur ambient pada saat itu. Nilai beban akan menentukan besarnya arus yang mengalir pada konduktor dan belitan transformator yang merupakan sumber panas utama yang dapat menyebabkan temperatur hot-spot meningkat. Besarnya peningkatan kenaikan temperatur hot-spot terhadap suatu nilai beban tertentu ditentukan oleh karakteristik internal transformator itu sendiri. Karena tidak ada dua transformator yang benar-benar identik, maka nilai beban yang sama akan berdampak berbeda pada karakteristik termal masing-masing transformator. Temperatur ambient sebagai faktor ketiga, merupakan variabel bebas yang mempengaruhi temperatur hot-spot secara linear.

Berdasarkan model IEEE Annex G, nilai akhir temperatur hot-spot dihitung sebagai penjumlahan empat komponen temperatur yaitu temperatur ambient ( $\theta_A$ ),

temperatur minyak bagian bawah ( $\theta_{BO}$ ), perbedaan temperatur antara temperatur minyak terdekat dengan hot-spot belitan dengan temperatur minyak bagian bawah ( $\Delta\theta_{WO/BO}$ ) dan perbedaan temperatur antara kenaikan temperature hot-spot dengan temperatur minyak terdekat dengan hot-spot belitan ( $\Delta\theta_{H/WO}$ ). Ketiga temperatur yang terakhir dipengaruhi oleh beban aktual dan karakteristik internal transformator.

Sesuai penjelasan di atas, nilai akhir temperatur hot-spot dihitung berdasarkan persamaan :

$$\theta_H = \theta_A + \Delta\theta_{BO} + \Delta\theta_{WO/BO} + \Delta\theta_{H/WO} \quad (3-2)$$

$\theta_A$  = Temperatur ambient (°C)

$\theta_{BO}$  = Temperatur minyak bagian bawah (°C)

$\Delta\theta_{WO/BO}$  = Perbedaan temperatur antara temperatur minyak terdekat dengan hot-spot belitan dengan temperatur minyak bagian bawah (°C)

$\Delta\theta_{H/WO}$  = Perbedaan temperatur antara kenaikan temperature hot-spot dengan temperatur minyak terdekat dengan hot-spot belitan (°C)

### 3.5. Temperatur Minyak Pada Belitan

Beberapa transformator daya dirancang untuk memiliki perbedaan antara hot-spot dan rata-rata konduktor lebih besar dari temperatur 15°C. Hal ini akan mengakibatkan kenaikan temperatur belitan rata-rata kurang dari 65°C, karena kenaikan temperatur hot-spot tertinggi pada belitan mempunyai batasan nilai 80°C. Transformator seharusnya tidak dibebani di atas nilai rating *nameplate* mereka dan pabrik seharusnya dikonsultasikan untuk informasi tentang keadaan hot-spot tertinggi yang akan digunakan untuk desain dari transformator.

Kondisi ini mungkin ada pada transformator dengan perbedaan besar (lebih besar dari 30°C) antara temperatur minyak bagian atas dan temperatur minyak bagian bawah dan dapat diperiksa pada daerah sekitarnya dengan mengukur temperatur radiator atas dan bawah. Bila mungkin, data hot-spot dan temperatur minyak yang diperoleh dari tes temperatur pabrik harus digunakan dalam menghitung kemampuan beban transformator atau ketika menghitung temperatur untuk beban di atas rating pengenal (*nameplate*).

Temperatur minyak pada ketinggian temperatur ho-spot di belitan diberikan dengan persamaan :

$$\theta_{WO} = \theta_{BO} + \Delta\theta_{WO/BO} \quad (3-3)$$

$\theta_{WO}$  = temperatur minyak terdekat dengan hot-spot belitan (°C)

$\theta_{BO}$  = Temperatur minyak bagian bawah (°C)

$\Delta\theta_{WO/BO}$  = Selisih antara  $\theta_{WO}$  dan  $\theta_{BO}$  (°C)

### 3.5.1 Temperatur Minyak Bagian Atas

Temperatur minyak bagian atas (*Top Oil Temperature*) adalah temperatur yang ada pada bagian belitan kumparan teratas. Titik terpanas gradient temperatur minyak bagian atas pada keadaan beban penuh harus ditentukan dari tes pabrik atau jika terdapat kekurangan data nilai harus diasumsikan. Pada keadaan beban penuh, temperatur hot-spot tertinggi untuk gradient temperatur minyak bagian atas adalah 110°C, dimana ini adalah temperatur minyak maksimum yang diijinkan untuk perkiraan masa guna normal. Persamaan untuk temperatur minyak bagian atas :

$$\theta_{TO} = \theta_A + \Delta\theta_{TO} \quad (3-4)$$

$\theta_{TO}$  = Temperatur minyak bagian atas (°C)

$\Delta\theta_{TO}$  = Kenaikan temperatur minyak bagian atas (°C)

$\theta_A$  = Temperatur Ambient (°C)

Kenaikan temperatur minyak bagian atas pada saat waktu perubahan beban dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$\Delta\theta_{TO} = (\Delta\theta_{TO,U} - \Delta\theta_{TO,i})[1 - e^{-\frac{t}{\tau_{TO}}}] + \Delta\theta_{TO,i} \quad (3-5)$$

$\Delta\theta_{TO,U}$  = Kenaikan temperatur minyak bagian atas tujuan (°C)

$\Delta\theta_{TO,i}$  = Kenaikan temperatur minyak bagian atas awal (°C)

$t$  = Durasi dari beban (menit atau jam)

$\tau_{TO}$  = Waktu konstan minyak, 210 menit (ONAN); 150 menit (ONAF);  
Standar: IEC 60076-7

Sedangkan untuk kenaikan temperatur minyak bagian atas (tujuan) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta\theta_{TO,U} = \Delta\theta_{TO,R} \left[ \frac{(K_U^2 \cdot R + 1)}{(R + 1)} \right]^n \quad (3-6)$$

$\Delta\theta_{TO,R}$  = Kenaikan temperatur minyak bagian atas rating

$R$  = Rasio dari rugi beban total dibandingkan rugi tanpa beban

$K$  = Faktor beban ( suplai beban/ rating beban)

$n$  = Konstanta yang tergantung dari metode pendinginan

### 3.6 Penurunan Masa Guna Isolasi Pada Transformator

Bukti eksperimental menunjukkan bahwa hubungan kerusakan isolasi terhadap waktu dan temperatur adalah sebuah adaptasi dari teori laju reaksi Arrhenius yang memiliki bentuk sebagai berikut:

$$\text{Per unit masa guna} = A e^{\left[ \frac{B}{\theta_H + 273} \right]} \quad (3-7)$$

$A$  = Konstanta

$B$  = Konstanta

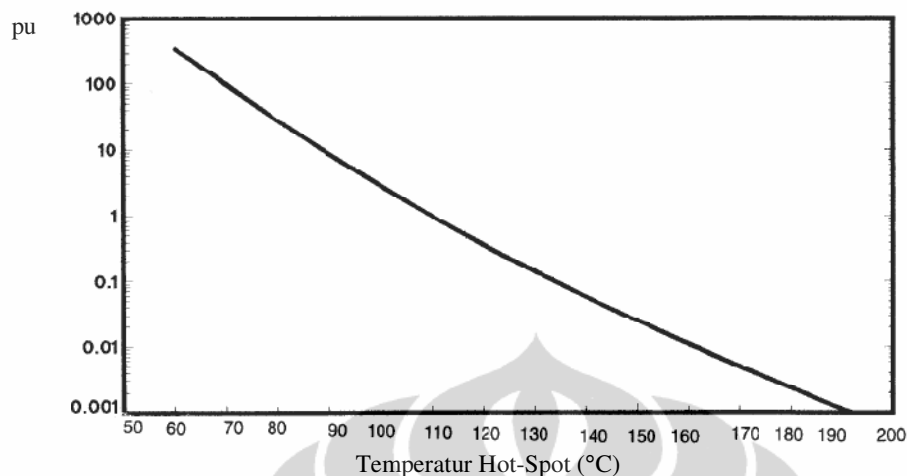
$\theta_H$  = Temperatur hot-spot tertinggi belitan (°C)

Kurva masa guna transformator per unit isolasi pada gambar 3.3 terkait dengan masa guna per unit isolasi transformator terhadap temperatur hot-spot tertinggi belitan. Kurva ini harus digunakan baik untuk distribusi dan transformator daya karena keduanya diproduksi menggunakan isolasi konduktor yang sama. Penggunaan kurva ini temperatur isolasi sebagai pokok variabel yang mempengaruhi masa guna termal.

Hal ini juga menunjukkan sejauh mana tingkat penurunan masa guna dipercepat di luar keadaan normal untuk temperatur di atas temperatur referensi 110 ° C dan berkurang di bawah normal untuk temperatur di bawah 110 ° C. Persamaan untuk kurva adalah sebagai berikut:

$$\text{Per unit masa guna} = 9.80 \times 10^{-18} e^{\left[ \frac{15000}{\theta_H + 273} \right]} \quad (3-8)$$





Gambar 3-3 : Kurva masa guna isolasi transformator

Kurva masa guna isolasi transformator per unit (gambar 3-3) dapat digunakan sebagai dasar bagi perhitungan percepatan faktor penurunan masa guna atau *factor aging acceleration* (FAA) untuk beban yang diberikan dan temperatur atau untuk beban yang bervariasi dan profil temperatur selama periode 24 jam. Kurva dari FAA vs temperatur hot-spot tertinggi untuk kenaikan temperatur sistem isolasi 65°C seperti yang ditunjukkan pada gambar 3-4. FAA memiliki nilai yang lebih besar dari 1 untuk temperatur hot-spot tertinggi belitan yang lebih besar dari temperatur referensi 110 ° C dan kurang dari 1 untuk temperatur di bawah temperatur 110 ° C. Persamaan untuk FAA adalah sebagai berikut:

$$F_{AA} = e^{\left[ \frac{15000}{383} - \frac{15000}{\theta_H + 273} \right]} \quad (3-9)$$

Persamaan (3-6) dapat digunakan untuk menghitung masa guna transformator.

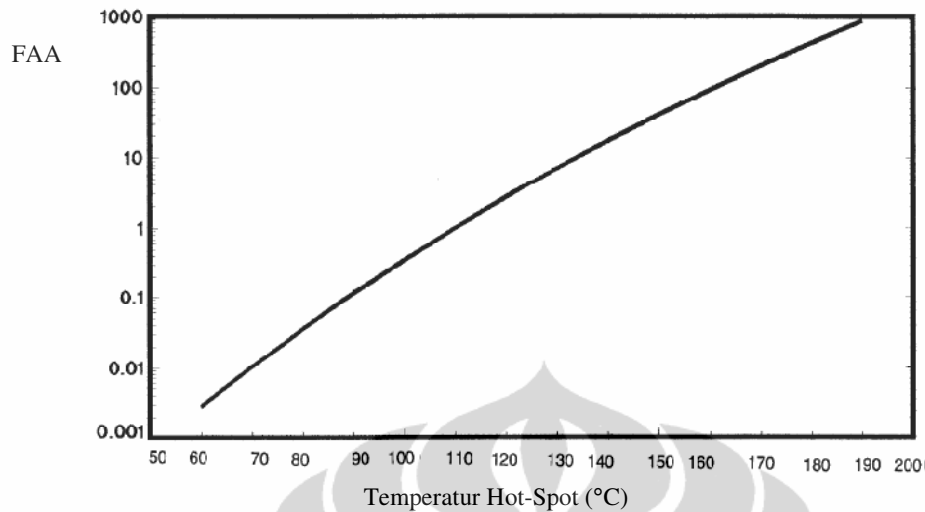
Ekivalen masa guna (dalam jam atau hari) dengan referensi temperatur yang akan digunakan dalam jangka waktu tertentu untuk siklus temperatur yang diberikan adalah sebagai berikut:

$$F_{EQA} = \frac{\sum_{n=1}^N F_{AA_n} \Delta t_n}{\sum_{n=1}^N \Delta t_n} \quad (3-10)$$

$n$  = Indeks dari interval waktu,  $t$ .

$N$  = Jumlah total interval waktu.

$\Delta t_n$  = Interval waktu (jam)



Gambar 3-4 : Kurva faktor percepatan penuaan masa guna (110°C)

### 3.7 Persentasi Penurunan Masa Guna

Kurva masa guna isolasi transformator (lihat gambar 3-3) juga dapat digunakan untuk menghitung persen penurunan masa guna, sebelumnya perlu didefinisikan masa guna isolasi dalam keadaan normal pada temperatur dan dalam acuan jam atau tahun. Penurunan masa guna dalam jangka waktu total (jam) ditentukan dengan mengalikan setara penurunan masa guna yang ditentukan dengan periode waktu (t) dalam jam, ini memberikan setara masa guna (jam) pada temperatur referensi yang dipakai dalam periode waktu. Persentasi berkurangnya lama masa guna isolasi dalam periode waktu yang sama dalam jam pemakaian dibagi dengan total masa guna normal isolasi (jam) dan dikalikan dengan 100. Biasanya periode total waktu yang digunakan adalah 24 jam. Persamaan diberikan sebagai berikut:

$$\% \text{ pengurangan masa guna} = \frac{F_{EQA} \times t \times 100}{\text{masa guna normal isolasi}} \quad (3-11)$$

### 3.8 Fenomena perubahan Beban.

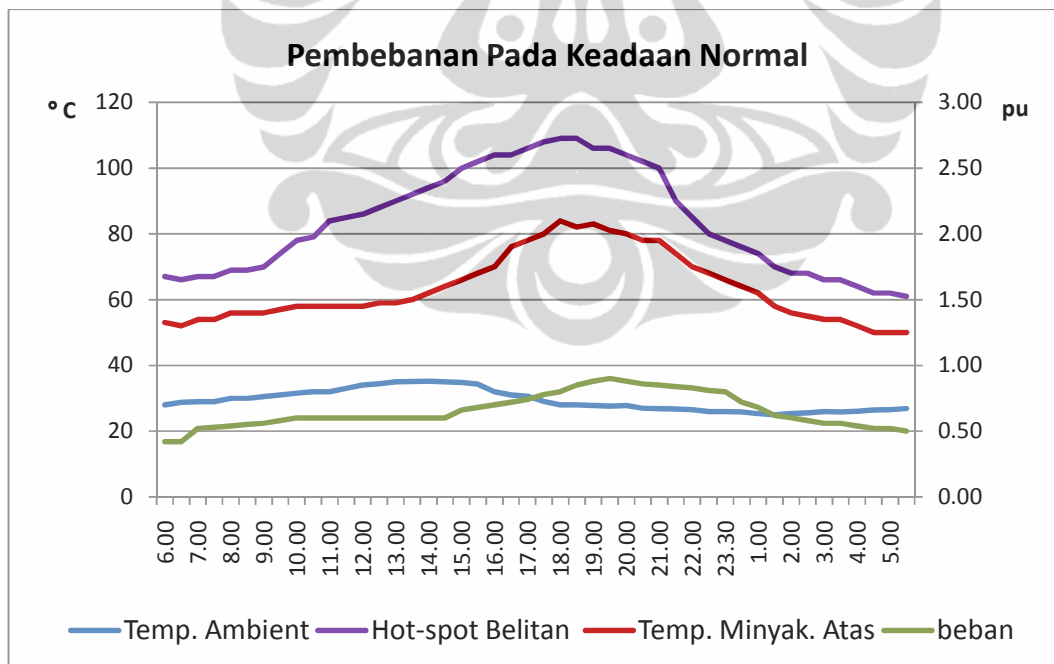
Perubahan beban sangat mempengaruhi temperatur yang terjadi pada belitan transformator. Beban yang melebihi rating dari *nameplate* membuat isolasi dikenai temperatur yang lebih tinggi dari pengenal dasarnya dan untuk memberikan panduan mengenai risiko yang terkait dengan temperatur operasi yang lebih tinggi, maka sesuai dengan IEEE terdapat empat jenis keadaan pembebanan yang ditetapkan untuk menjadi acuan, keempat jenis pembebanan tersebut adalah :

- a) Pembebanan pada keadaan normal

- b) Pembebanan melewati rating beban
- c) Pembebanan darurat pada waktu lama
- d) Pembebanan darurat pada waktu singkat

### 3.8.1 Pembebanan pada keadaan normal

Jenis pembebanan pada keadaan ini adalah dalam keadaan normal, yang menyatakan masa guna dari isolasi pada tingkat normal selama masa beroperasinya transformator. Sebagaimana diketahui, masa guna normal dari isolasi diasumsikan pada 180.000 jam, atau sama dengan 22,55 tahun. Diasumsikan bahwa pada masa beroperasinya sebuah transformator dioperasikan pada temperatur ambient rata-rata 30°C dan hot-spot belitan pada temperatur 110°C. Walaupun pada kenyataannya transformator jarang akan mencapai temperatur ini kecuali mereka pada kapasitas penuh atau selama kondisi pengujian. Pada gambar 3-5, diperlihatkan sebuah siklus pembebanan normal 24 jam dimana temperatur ambient, temperatur minyak bagian atas dan temperatur hot-spot belitan diperbandingkan dalam kurva tampilan pembebanan.



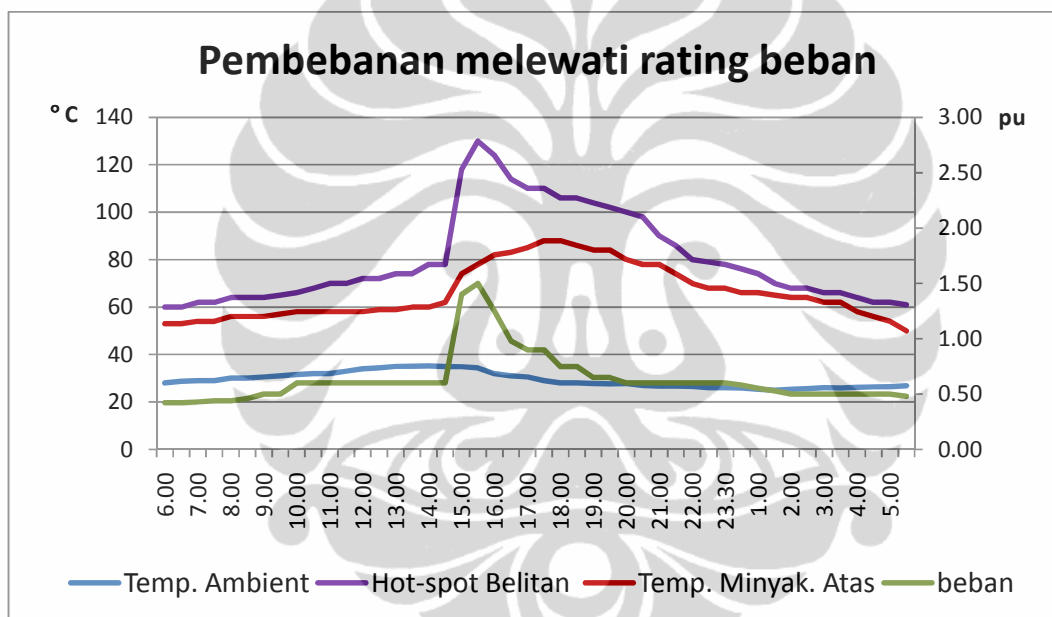
Gambar 3-5 : Kurva pembebanan pada keadaan normal.

Pada gambar 3-5, tersebut diatas dapat dilihat bahwa perubahan dari temperatur hot-spot belitan, temperatur minyak bagian atas dan beban, kurvanya bergerak selaras dalam pergerakan naik turunnya. Sedangkan pergerakan temperatur ambient dan beban

saling berpotongan yang menandakan saat temperatur ambient turun, beban naik dan begitu pada keadaan sebaliknya.

### 3.8.2 Pembebanan melewati rating beban

Pada gambar 3-6. Memperlihatkan sebuah pembebanan pada suatu transformator yang melebihi kapasitas normalnya atau melampaui batas dari rating beban transformator tersebut dan dengan batasan standar temperatur hot-spot belitan ( $110^{\circ}\text{C}$ ) yang terlampaui hingga mencapai  $130^{\circ}\text{C}$ . Perhitungan pengurangan masa guna seharusnya digunakan untuk menentukan lama waktu dari transformator saat mengalami masa pembebanan seperti keadaan ini.



Gambar 3-6 : Kurva pembebanan yang melewati batas rating bebannya.

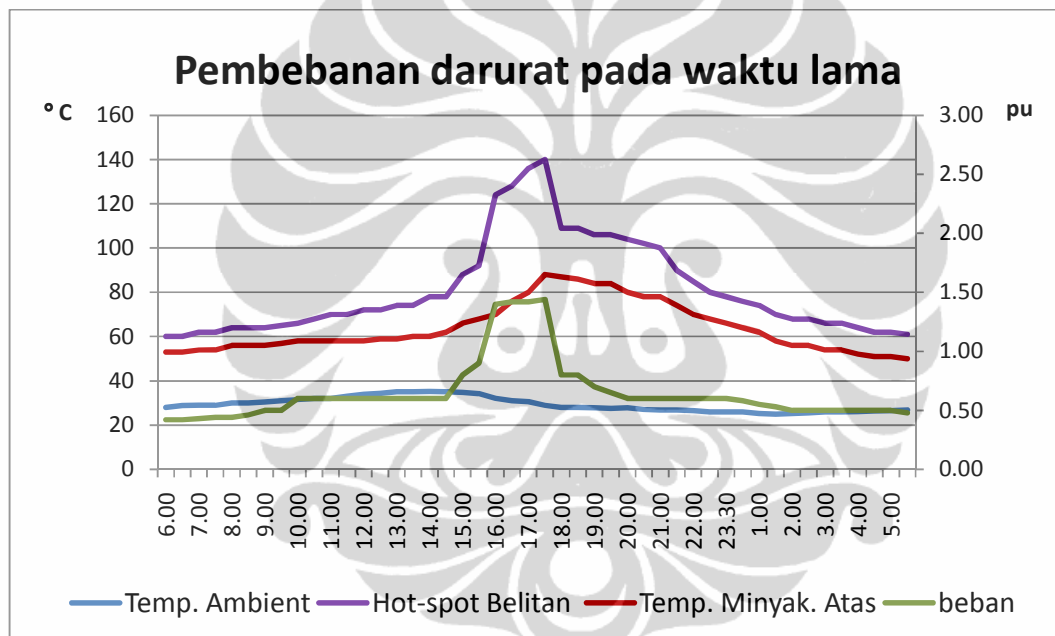
Kurva diatas memperlihatkan saat beban naik melewati rating bebannya, temperatur hot-spot belitan juga ikut naik selaras dengan kenaikan beban. Sementara temperatur minyak bagian atas ikut naik dengan perlahan dan terus naik walaupun beban sudah menurun, sampai dititik tertentu kembali menjadi selaras pergerakannya dengan pergerakan beban maupun temperatur hot-spot.

### 3.8.3 Pembebanan darurat pada waktu lama

Pada keadaan ini, pembebanan diasumsikan naik sekitar 1.4 pu dan bertahan untuk waktu yang cukup lama. Temperatur hot-spot belitan dianggap mencapai  $140^{\circ}\text{C}$ .

Pada gambar 3-7, transformator dapat mengalami dua atau tiga kali pada masa normal operasinya, dan perhitungan masa guna seharusnya dibuat untuk menentukan apakah pembebanan dapat ditoleransi untuk sebuah siklus pembebanan yang seperti ini.

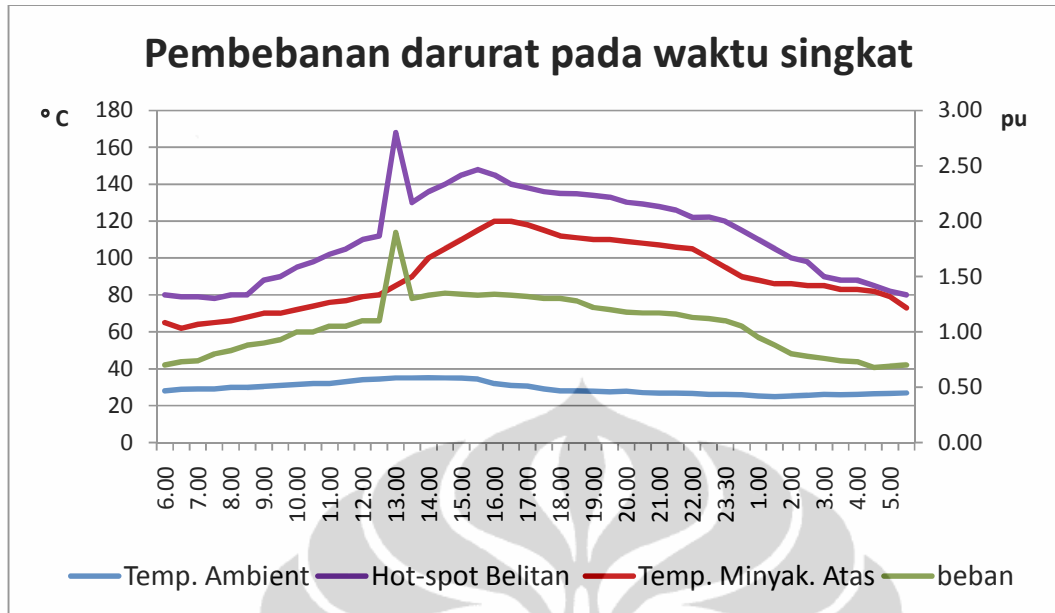
Pada kurva pada gambar 3-7 juga dapat dilihat bahwa pergerakan beban naik dengan cepat kemudian bertahan dititik tertentu selama 2 jam, temperatur hot-spot belitan juga ikut melonjak cepat, dan pada saat beban stabil disatu titik, temperatur hot-spot belitan masih terus naik sampai pada titik dimana beban turun drastis ke titik tertentu. Sedangkan temperatur minyak bagian atas ikut naik, saat beban naik akan tetapi dengan perlahan dan terus naik sampai beban kembali turun, dan turunnya juga dengan perlahan sampai di titik tertentu kembali selaras dengan pergerakan beban.



Gambar 3-7: Kurva pembebanan darurat pada waktu lama

### 3.8.4 Pembebanan darurat pada waktu singkat

Pada gambar 3-8, temperatur hot-spot belitan dianggap hampir mencapai 180°C dan keadaan ini seharusnya dibatasi hanya sekali atau dua kali terjadi pada transformator selama masa pengoperasian transformator.



Gambar 3-8: Kurva pembebanan darurat pada waktu singkat

Kecepatan naiknya beban dalam waktu singkat membuat temperatur hot-spot belitan juga ikut naik dengan cepat, akan tetapi hal tersebut tidak membuat temperatur minyak bagian atas juga ikut naik dengan cepat tetapi hanya naik dengan perlahan. Pada saat beban turun kembali dengan cepat, temperatur hot-spot belitan juga ikut turun dengan cepat, akan tetapi hal tersebut tidak membuat temperatur minyak bagian atas ikut turun, melainkan masih tetap naik dengan perlahan.

Seperti diperlihatkan pada kurva gambar 3-8, setelah beban turun dengan cepat kemudian beban naik lagi sedikit lalu kemudian stabil pada titik tertentu, temperatur hot-spot belitan juga ikut naik terus secara perlahan dan temperatur minyak bagian atas juga terus naik tanpa pernah turun setelah efek kenaikan mendadak sebelumnya dari beban.

## BAB 4

### ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP MASA GUNA DAN PEMBEBANAN DARURAT TRANSFORMATOR DAYA

#### 4.1 Pendahuluan

Penurunan masa guna transformator tidak lepas pengaruhnya dari temperatur akhir dari hot-spot, karena nilai akhir dari temperatur hot-spot mempengaruhi daya tahan isolasi dari transformator. Kenaikan temperatur akhir hot-spot juga dipengaruhi dari keadaan saat transformator melayani beban. Terdapat dua keadaan yang sebisa mungkin dihindari, yaitu keadaan darurat dimana transformator melayani beban melewati batas dari kemampuannya, hal tersebut dapat membuat temperatur akhir dari hot-spot juga melewati batas normal yang telah ditetapkan dan ini sangat mempengaruhi keadaan dari isolasi transformator.

Perhitungan dilakukan pada gardu induk tegangan ekstra tinggi yang bernama GITET CBN, dimana pada terdapat 2 (dua) transformator berkapasitas 500 MVA yang terdiri dari 3 buah transformator 1 (satu) fasa 167 MVA, produksi dari ABB dan ELIN.

#### 4.2 Data Transformator IBT

Data transformator diambil dari sebuah Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET), yaitu transformator IBT 1 di gardu induk CBN. Kapasitas terpasang pada transformator IBT1 di gardu induk CBN tersebut adalah 500 MVA dengan menggunakan 3 (tiga) buah transformator 1 (satu) fasa 167 MVA.

Pada perhitungan dibawah ini akan mengambil perhitungan pada transformator 1 fasa yang mensuplai fasa S. Transformator tersebut merupakan produksi keluaran ABB tahun pembuatan 1995 dengan data sebagai berikut :

- Transformator, 167 MVA, 500/71,5 V, 50 Hz, 1 fasa, produksi ABB tahun 1995.
- Sistem pendinginan ONAN/ONAF1/ONAF2
- Rugi-rugi total / Rugi-rugi tanpa beban : 505,94 kW/104,43 kW
- Kenaikan temperatur belitan dan minyak bagian atas (garansi) : 58°C/53°C
- Kenaikan rata-rata temperatur rata-rata minyak : 27,3°C
- Kenaikan rata-rata temperatur belitan : 44,7°C
- Kenaikan temperatur minyak bagian atas : 43°C

Adapun hasil data pengukuran pada 1 September 2010 adalah sebagai berikut :

Tabel 4-1 : Hasil pengukuran fasa S

	1:00	2:00	3:18	4:00	5:00	6:05	7:08	8:05	9:06	10:03	11:06	12:00
Ambient (°C)	25	25.3	26.2	26.4	26.6	26.9	28.0	30.2	31.3	33.2	33.6	34.2
Top Oil (°C)	66	65	64	64	63	63	64	64	65	67	70	71
Av Wind (°C)	46	45	45	45	44	44	43	43	45	46	47	50
Bottom Oil (°C)	36.9	36.9	37.2	35.7	35.6	35.6	35.5	35.5	37.0	37.9	38.9	40.5
Beban (MW)	315	310	330	340	325	290	270	260	295	300	315	300

	13:08	14:05	15:00	16:00	17:00	18:00	19:05	20:00	21:07	22:00	23:04	0:00
Ambient (°C)	34.4	33.3	32.4	32	29	26	24.9	25	25.6	25.5	25.5	25.5
Top Oil (°C)	71	72	72	71	69	69	67	67	67	67	67	67
Av Wind (°C)	51	51	51	49	47	46	45	45	44	47	47	47
Bottom Oil (°C)	40.7	41	41.6	39.4	38.7	36.2	34.9	35.1	35.4	37	37	37
Beban (MW)	320	325	330	325	335	335	335	330	335	335	320	335

Sumber : Hasil Pengukuran

#### 4.3 Menentukan Nilai *Hot-Spot*

Perhitungan nilai akhir dari hot-spot transformator dihitung per-jam sesuai dengan pengukuran yang dilakukan dalam periode 1 hari. Menentukan nilai akhir dari Hot-spot sebuah transformator menggunakan rumus (3-2) :

$$\theta_H = \theta_A + \Delta\theta_{BO} + \Delta\theta_{WO/BO} + \Delta\theta_{H/WO}$$

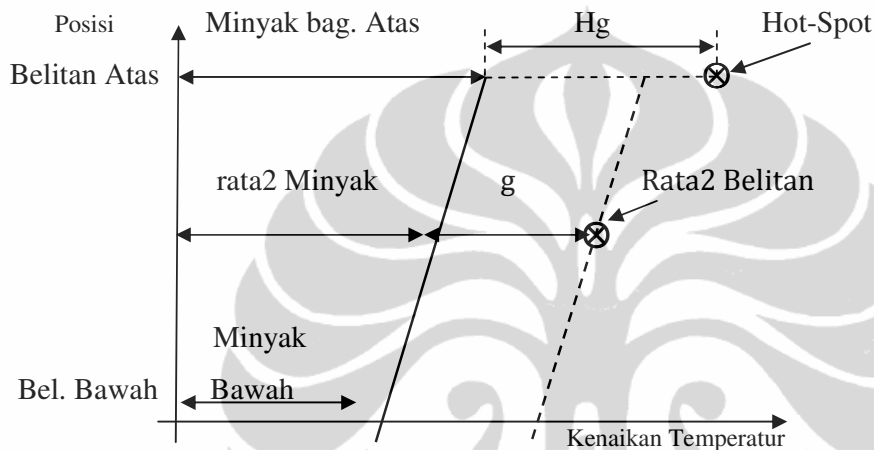
Apabila akan dihitung nilai akhir hot-spot pada keadaan jam 01.00, maka dapat dilihat data pada tabel 4-1 keadaan jam 01.00. Hanya ada satu data yang langsung dapat dimasukkan kedalam persamaan (3-2) yaitu nilai temperatur Ambient ( $\theta_A$ ) : 25°C

Nilai kenaikan temperatur minyak bagian bawah ( $\theta_{BO}$ ) adalah nilai temperatur minyak bagian bawah dikurangi nilai temperatur ambient, maka nilai kenaikan temperatur :  $\Delta\theta_{BO} = 36,9 - 25 = 11,9$  °C

Sedangkan untuk menentukan nilai perbedaan temperatur antara temperatur minyak terdekat dengan hot-spot belitan dengan temperatur minyak bagian bawah ( $\Delta\theta_{WO/BO}$ ) adalah dengan mengasumsikan jika temperatur minyak bagian atas merupakan temperatur yang tertinggi sehingga nilai  $\theta_{WO}$  sama dengan temperatur minyak bagian atas, maka nilai  $\Delta\theta_{WO/BO}$  merupakan perbedaan antara temperatur minyak bagian atas dan temperatur minyak bagian bawah. Maka didapat nilai dari  $\Delta\theta_{WO/BO} = 66 - 36,9 = 29,1$ °C.



Menentukan nilai dari perbedaan temperatur antara kenaikan temperature hot-spot dengan temperatur minyak terdekat dengan hot-spot belitan ( $\Delta\theta_{H/WO}$ ) adalah dengan melihat diagram termal transformator (gambar 4-1), saat kita mengasumsikan  $\theta_{WO}$  sama dengan temperatur minyak bagian atas maka perbedaan temperatur antara temperatur akhir hot-spot dan temperatur minyak bagian atas adalah sama dengan  $\Delta\theta_H$  dan nilainya dapat dicari dengan menggunakan persamaan 3-1 yaitu :  $\Delta\theta_H = H . g . K^{2m}$



Gambar 4-1 : Diagram Termal Transformator

Nilai H merupakan nilai ketentuan untuk transformator tenaga nilai yang disarankan berdasarkan IEC 60076 dan IEC 354 adalah 1,3. Nilai g didapatkan dari selisih antara temperatur rata2 belitan dengan temperatur rata2 minyak pada rating beban, maka nilai  $g = 44,7 - 27,3 = 17,4^{\circ}\text{C}$ .

Nilai K adalah faktor beban yang merupakan perbandingan antara suplai beban dan rating beban, nilai suplai beban dianggap beban seimbang sehingga nilai beban terukur dibagi tiga untuk setiap fasanya. Maka nilai  $K = (315/3) / (167 \times 0,89) = 0,706$ .

Nilai m tergantung dari metode pendinginan dan terdapat empat metode pendinginan yang digunakan seperti yang diperlihatkan pada tabel 3-1, untuk model ONAN/ONAF berdasarkan standar IEEE pada tabel 3.1, maka nilai  $m = 0,8$ .

Kemudian ketiga nilai yang telah didapat dimasukan kedalam persamaan 3-1,

$$\begin{aligned}\Delta\theta_H &= H . g . K^{2m} \\ &= 1,3 . 17,4 . 0,706^{(2 \cdot 0,8)} \\ &= 12,97^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

Kemudian dengan nilai-nilai yang telah didapatkan diatas, maka dapat dihitung nilai akhir dari tempertur hot-spot,

$$\begin{aligned}\theta_H &= \theta_A + \Delta\theta_{BO} + \Delta\theta_{WO/BO} + \Delta\theta_{H/WO} \\ &= 25 + 11,9 + 29,1 + 12,97 \\ &= 78,97 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti diatas dihitung nilai akhir dari temperatur hot-spot untuk setiap jamnya dalam 1 hari dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4-2.

Tabel 4-2 : Hasil perhitungan temperatur akhir Hot-spot

	1:00	2:00	3:18	4:00	5:00	6:05	7:08	8:05	9:06	10:03	11:06	12:00
K	0.71	0.70	0.74	0.76	0.73	0.65	0.61	0.58	0.66	0.67	0.71	0.67
$\Delta \Theta_{BO}$	11.90	11.60	11.00	9.30	9.00	8.70	7.50	5.30	5.70	4.70	5.30	6.30
$\Delta \Theta_{WO/BO}$	29.10	28.10	26.80	28.30	27.40	27.40	28.50	28.50	28.00	29.10	31.10	30.50
g	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40
$\Delta \Theta_{HS/WO}$	12.97	12.64	13.97	14.66	13.64	11.36	10.14	9.54	11.68	12.00	12.97	12.00
$\Theta_{HS}$	78.97	77.64	77.97	78.66	76.64	74.36	74.14	73.54	76.68	79.00	82.97	83.00
	13:08	14:05	15:00	16:00	17:00	18:00	19:05	20:00	21:07	22:00	23:04	0:00
K	0.72	0.73	0.74	0.73	0.75	0.75	0.75	0.74	0.75	0.75	0.72	0.75
$\Delta \Theta_{BO}$	6.30	7.70	9.20	7.40	9.70	10.20	10.00	10.10	9.80	11.50	11.50	11.50
$\Delta \Theta_{WO/BO}$	30.30	31.00	30.40	31.60	30.30	32.80	32.10	31.90	31.60	30.00	30.00	30.00
g	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40
$\Delta \Theta_{HS/WO}$	13.30	13.64	13.97	13.64	14.32	14.32	14.32	13.97	14.32	14.32	13.30	14.32
$\Theta_{HS}$	84.30	86.00	86.7	85.5	83.32	83.32	81.32	80.97	81.32	81.32	80.30	81.32

Sumber : Hasil perhitungan

#### 4.4 Korelasi antara Beban, Temperatur Ambient dan Hot-Spot.

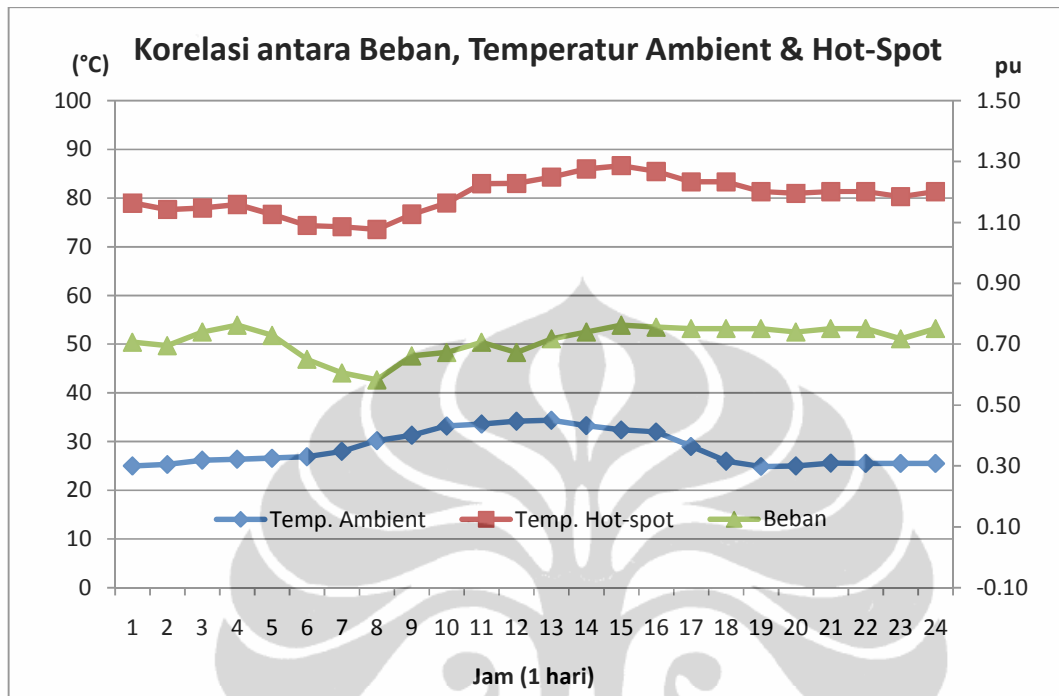
Dari hasil perhitungan nilai akhir dari temperatur hot-spot, dapat dilihat hubungan antara perubahan temperatur hot-spot dan perubahan temperatur ambient serta perubahan beban.

Tabel 4-3 : Korelasi antara Beban, Temperatur Ambient dan Hot-Spot

	1:00	2:00	3:18	4:00	5:00	6:05	7:08	8:05	9:06	10:03	11:06	12:00
Ambient ( $^\circ\text{C}$ )	25.00	25.30	26.20	26.40	26.60	26.90	28.00	30.20	31.30	33.20	33.60	34.20
Beban (pu)	0.71	0.70	0.74	0.76	0.73	0.65	0.61	0.58	0.66	0.67	0.71	0.67
$\Theta_{HS}$ ( $^\circ\text{C}$ )	78.97	77.64	77.97	78.66	76.64	74.36	74.14	73.54	76.68	79.00	82.97	83.00
	13:08	14:05	15:00	16:00	17:00	18:00	19:05	20:00	21:07	22:00	23:04	0:00
Ambient ( $^\circ\text{C}$ )	34.40	33.30	32.40	32.00	29.00	26.00	24.90	25.00	25.60	25.50	25.50	25.50
Beban (pu)	0.72	0.74	0.76	0.755	0.751	0.751	0.725	0.74	0.75	0.75	0.72	0.75
$\Theta_{HS}$ ( $^\circ\text{C}$ )	84.30	86.00	86.7	85.5	83.32	83.32	81.32	80.97	81.32	81.32	80.30	81.32

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik seperti diperlihatkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4-2: Kurva korelasi antara Beban, Temperatur Ambient dan Hot-Spot

Dari kurva diatas terlihat bahwa arah perubahan dari pergerakan temperatur ambient dan beban tidak selalu kearah yang bersamaan, saat beban turun temperatur ambient naik, begitu juga sebaliknya. Hal ini membuat pergerakan nilai akhir temperatur hot-spot relatif stabil.

#### 4.5 Menentukan Masa Guna

Dasar bagi perhitungan faktor percepatan masa guna / *Factor Aging Acceleration* (FAA) untuk beban yang diberikan dan temperatur atau untuk beban yang bervariasi dan profil temperatur selama periode 24 jam. Persamaan untuk FAA adalah sebagai berikut:

$$F_{AA} = e^{\left[ \frac{15000}{383} - \frac{15000}{\theta_H + 273} \right]}$$

Dengan mengambil contoh pada keadaan jam 01.00, maka didapat nilai faktor percepatan masa guna :

$$\begin{aligned} F_{AA} &= e^{\left[ \frac{15000}{383} - \frac{15000}{78,97+273} \right]} \\ &= 0,03167 \end{aligned}$$

Kemudian dihitung nilai  $F_{AA}$  untuk keadaan setiap jam perubahan dari hot-spot, lalu dihitung ekivalen masa guna (dalam jam atau hari) dengan referensi temperatur yang akan digunakan dalam jangka waktu tertentu untuk siklus temperatur yang diberikan adalah sebagai berikut:

$$F_{EQA} = \frac{\sum_{n=1}^N F_{AA_n} \Delta t_n}{\sum_{n=1}^N \Delta t_n}$$

$$F_{EQA} = 0,01462$$

Selanjutnya dihitung pengurangan masa guna dalam persentasi, dimana dihitung pengurangan masa guna dalam keadaan normal.

$$\begin{aligned} \% \text{ pengurangan masa guna} &= \frac{F_{EQA} \times t \times 100}{\text{masa guna normal isolasi}} \\ &= \frac{0,01462 \times 24 \times 100}{180.000} \\ &= 0,000915 \% \end{aligned}$$

Jika mengacu pada transformator IBT 1 pada gardu induk CBN, yang telah dipergunakan selama 15 tahun, maka perhitungan masa gunanya dihitung tinggal separuhnya atau 5,5 tahun dari 20,5 tahun perkiraan masa gunanya.

$$\begin{aligned} \% \text{ pengurangan masa guna} &= \frac{F_{EQA} \times t \times 100}{\text{masa guna normal isolasi}} \\ &= \frac{0,01462 \times 24 \times 100}{48180} \\ &= 0,000728 \% \end{aligned}$$

Pengurangan masa guna relatif sangat kecil hal ini dikarenakan beban rata-rata yang suplai oleh transformator hanya sebesar 0,7111pu atau 71,11% dari kapasitas maksimumnya, dan hal ini secara selaras juga membuat kenaikan akhir temperatur hot-spot tidak tinggi dan masih dibawah batas maksimum yang diperkenankan (110°C).

#### 4.6 Estimasi Kenaikan Beban Pada Keadaan Beban Darurat

Pembebanan pada keadaan darurat terdapat 2 jenis, yaitu pembebanan darurat pada waktu lama (PDWL) dan pembebanan darurat pada waktu singkat (PDWS). Perhitungan pembebanan ini berdasarkan karakteristik antara beban dan temperatur

akhir hot-spot dari transformator, dimana pada saat beban puncak diasumsikan beban terus naik sehingga didapat kondisi pada keadaan beban darurat.

#### 4.6.1 Estimasi Kenaikan Beban Darurat Pada Waktu Lama

Pada pembebanan darurat pada waktu lama, diasumsikan beban akan naik secara perlahan, dimulai dari 0.8 pu, 0.9 pu kemudian menjadi 1.45 pu dan pada tingkat beban ini beban stabil selama 1,5 jam, kemudian turun kembali ke nilai beban 0.93 pu dan seterusnya.

Data kenaikan temperatur akhir hot-spot pada keadaan di transformator IBT fasa S, diasumsikan dimulai pada saat beban 0,9 pu dan waktu jam 15.00. Perhitungan total menggunakan perangkat lunak Matlab dan dibawah ini diberikan contoh perhitungan pada saat kenaikan nilai beban 1,45 pu, saat nilai temperatur akhir hot-spot mencapai titik tertinggi. Data masukan yang dibutuhkan untuk menghitung adalah :

Rugi-rugi tanpa beban,  $P_{nl} = 104,43 \text{ kW}$

Rugi-rugi total,  $P_t = 505,94 \text{ kW}$

Nilai n pada ONAF,  $n = 0,9$

Nilai m pada ONAF,  $m = 0,8$

Nilai temperatur Ambien,  $\theta_A = 29^\circ\text{C}$

Nilai kenaikan temperatur minyak bagian atas (rated),  $\theta_{TO,R} = 53^\circ\text{C}$

Nilai kenaikan temperatur minyak bagian atas (awal),  $\theta_{TO,i} = 65,1148^\circ\text{C}$

Nilai faktor beban pada nilai K = 1,45

Nilai durasi dari beban,  $t = 0.5 \text{ jam}$

Nilai konstanta waktu minyak (ONAF),  $t_o = 2,5 \text{ jam}$

Nilai Rasio antara rugi-rugi total dan rugi-rugi tanpa beban,  $R = 4,8448$

Menghitung kenaikan temperatur minyak bagian atas (tujuan) dengan persamaan :

$$\Delta\theta_{TO,U} = \Delta\theta_{TO,R} \left[ \frac{(K_U^2 \cdot R + 1)}{(R + 1)} \right]^n$$

$$\Delta\theta_{TO,U} = 53 \left[ \frac{(1,45^2 \cdot 4,8448 + 1)}{(4,8448 + 1)} \right]^{0,9}$$

$$\Delta\theta_{TO,U} = 95,0598^\circ\text{C}$$

Kemudian dihitung nilai kenaikan temperatur minyak bagian atas dengan persamaan :

$$\Delta\theta_{TO} = (\Delta\theta_{TO,U} - \Delta\theta_{TO,i})[1 - e^{-\frac{t}{\tau_{TO}}}] + \Delta\theta_{TO,i}$$

$$\Delta\theta_{TO} = (95.0598 - 65.1148)[1 - e^{-\frac{1}{2.5}}] + 65.1148$$

$$\Delta\theta_{TO} = 70.5429^{\circ}\text{C}$$

Kemudian dihitung nilai kenaikan temperatur hot-spot dengan persamaan :

$$\Delta\theta_H = H \cdot g \cdot K^{2m}$$

$$\Delta\theta_H = 1.3 \cdot 17,4 \cdot 1.45^{2 \cdot 0,8} = 40.9903^{\circ}\text{C}$$

Nilai temperatur akhir hot-spot merupakan penjumlahan dari temperatur ambient, kenaikan temperatur minyak bagian atas dan kenaikan temperatur hot-spot :

$$\theta_H = \theta_A + \Delta\theta_{BO} + \Delta\theta_{WO/BO} + \Delta\theta_{H/WO}$$

$$\theta_H = \theta_A + \theta_{BO} - \theta_A + \theta_{TO} - \theta_{BO} + \Delta\theta_H$$

$$\theta_H = \theta_{TO} + \Delta\theta_H$$

$$\theta_H = \theta_A + \Delta\theta_{TO} + \Delta\theta_H$$

$$\theta_H = 29 + 70.5429 + 40.9903 = 140.5333^{\circ}\text{C}$$

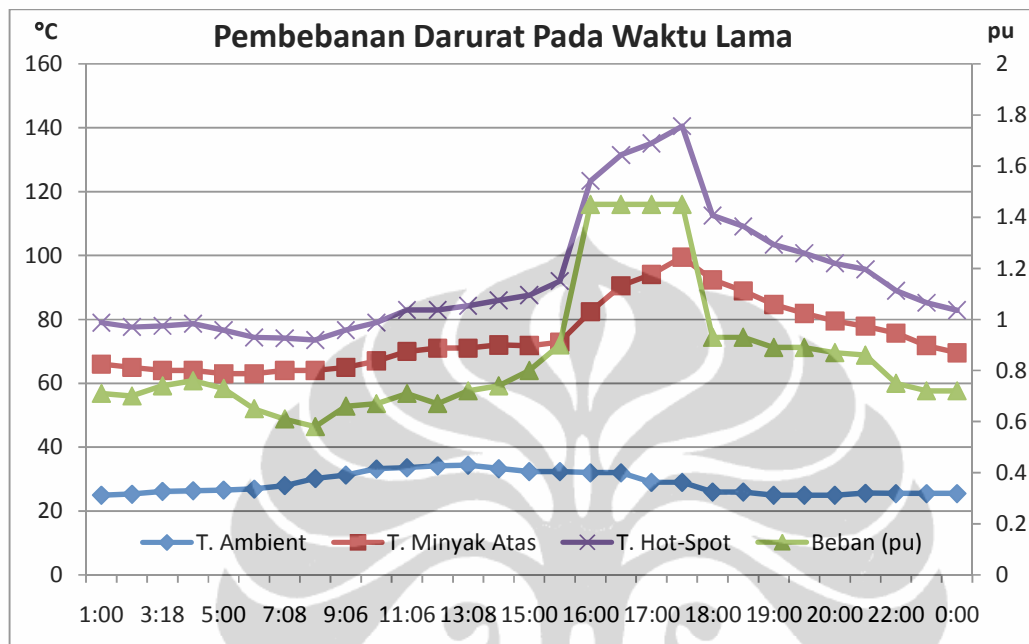
Tabel 4-4 : Estimasi kenaikan temperatur akhir Hot-Spot (PDWL)

	14:05	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00
Ambient (°C)	33.3	32.4	32.4	32	32	29.0	29	26	26	25	25	25
Top Oil (°C)	72	71.8	72.9	82.4	90.5	94.1	99.5	92.4	88.9	84.7	81.9	79.5
Beban (pu)	0.74	0.8	0.9	1.45	1.45	1.45	1.45	0.93	0.93	0.89	0.89	0.87
Q HS (°C)	86	87.6	92	123.3	131.4	135.1	140.5	112.5	109.1	103.4	100.7	97.5

Sumber : hasil perhitungan

Pada tabel 4-4 diperlihatkan hasil perhitungan estimasi kenaikan temperatur akhir hot-spot pada saat beban naik mencapai nilai 1.45 pu kemudian beban stabil pada nilai tersebut selama 1,5 jam, temperatur akhir dari hot-spot terus naik melewati 140°C dan ini merupakan temperatur batas maksimal untuk isolasi konduktor. Meskipun temperatur akhir hot-spot maksimum tersebut terjadi pada saat temperatur ambient sedikit menurun, tetapi nilai temperatur bagian atas (*Top Oil Temperature*) masih terus naik. Grafik hubungan korelasi antara temperatur ambient, temperatur bagian atas (*Top*

*Oil Temperature*), temperatur akhir hot-spot dan pembebanan pada saat keadaan pembebanan darurat dalam waktu lama (PDWL) dapat dilihat pada gambar 4-3.



Gambar 4-3: Kurva hasil estimasi pada pembebanan darurat pada waktu lama

#### 4.6.2 Estimasi Kenaikan Beban Darurat Pada Waktu Singkat

Keadaan pembebanan darurat pada waktu singkat, diasumsikan bahwa temperatur akhir hot-spot naik secara cepat mendekati nilai 180°C, hal ini diakibatkan karena beban naik cepat dalam waktu singkat sekitar 1 jam dan kemudian turun kembali.

Kenaikan dihitung setiap setengah jam, agar dapat terlihat dengan jelas tingkat perubahannya. Kenaikan beban dimulai dari 0,9 pu, 1 pu, 1,1 pu kemudian beban naik dengan curam menjadi 1,95 pu dan kemudian turun ke nilai 1,3 pu, 1,1 pu dan seterusnya.

Data kenaikan temperatur akhir hot-spot pada keadaan di transformator IBT fasa S, diasumsikan dimulai pada saat beban 0,9 pu dan waktu jam 15.00. Perhitungan total menggunakan perangkat lunak Matlab dan dibawah ini diberikan contoh perhitungan pada saat kenaikan nilai beban mencapai 1,98 pu. Data masukan yang dibutuhkan untuk menghitung adalah :

Rugi-rugi tanpa beban,  $P_{nl} = 104,43 \text{ kW}$

Rugi-rugi total,  $P_t = 505,94 \text{ kW}$

Nilai n pada ONAF,  $n = 0,9$

Nilai m pada ONAF,  $m = 0,8$

Nilai temperatur Ambien,  $\theta_A = 32,4^\circ\text{C}$

Nilai kenaikan temperatur minyak bagian atas (rated),  $\theta_{TO,R} = 53^\circ\text{C}$

Nilai kenaikan temperatur minyak bagian atas (awal),  $\theta_{TO,i} = 50.5568^\circ\text{C}$

Nilai faktor beban pada nilai K = 1,76

Nilai durasi dari beban,  $t = 1$  jam

Nilai konstanta waktu minyak (ONAF),  $t_o = 2,5$  jam

Nilai Rasio antara rugi-rugi total dan rugi-rugi tanpa beban,  $R = 4,8448$

Langkah awal dalam perhitungan adalah mencari nilai kenaikan temperatur minyak bagian atas (tujuan) dengan persamaan :

$$\Delta\theta_{TO,U} = \Delta\theta_{TO,R} \left[ \frac{(K_U^2 \cdot R + 1)}{(R + 1)} \right]^n$$

$$\Delta\theta_{TO,U} = 53 \left[ \frac{(1.98^2 \cdot 4.8448 + 1)}{(4.8448 + 1)} \right]^{0.9}$$

$$\Delta\theta_{TO,U} = 160,3186^\circ\text{C}$$

Kemudian dihitung nilai kenaikan temperatur minyak bagian atas dengan persamaan :

$$\Delta\theta_{TO} = (\Delta\theta_{TO,U} - \Delta\theta_{TO,i}) \left[ 1 - e^{-\frac{t}{\tau_{TO}}} \right] + \Delta\theta_{TO,i}$$

$$\Delta\theta_{TO} = (160,3186 - 50.5568) \left[ 1 - e^{-\frac{1}{2.5}} \right] + 50.5568$$

$$\Delta\theta_{TO} = 86.74^\circ\text{C}$$

Kemudian dihitung nilai kenaikan temperatur hot-spot dengan persamaan :

$$\Delta\theta_H = H \cdot g \cdot K^{2m}$$

$$\Delta\theta_H = 1.3 \cdot 17,4 \cdot 1.98^{2 \cdot 0,8} = 67,4772^\circ\text{C}$$

Nilai temperatur akhir hot-spot merupakan penjumlahan dari temperatur ambient, kenaikan temperatur minyak bagian atas dan kenaikan temperatur hot-spot :

$$\theta_H = \theta_A + \Delta\theta_{TO} + \Delta\theta_H$$

$$\theta_H = 32,4 + 86.74 + 67,4772$$

$$= 180,2202^\circ\text{C}$$

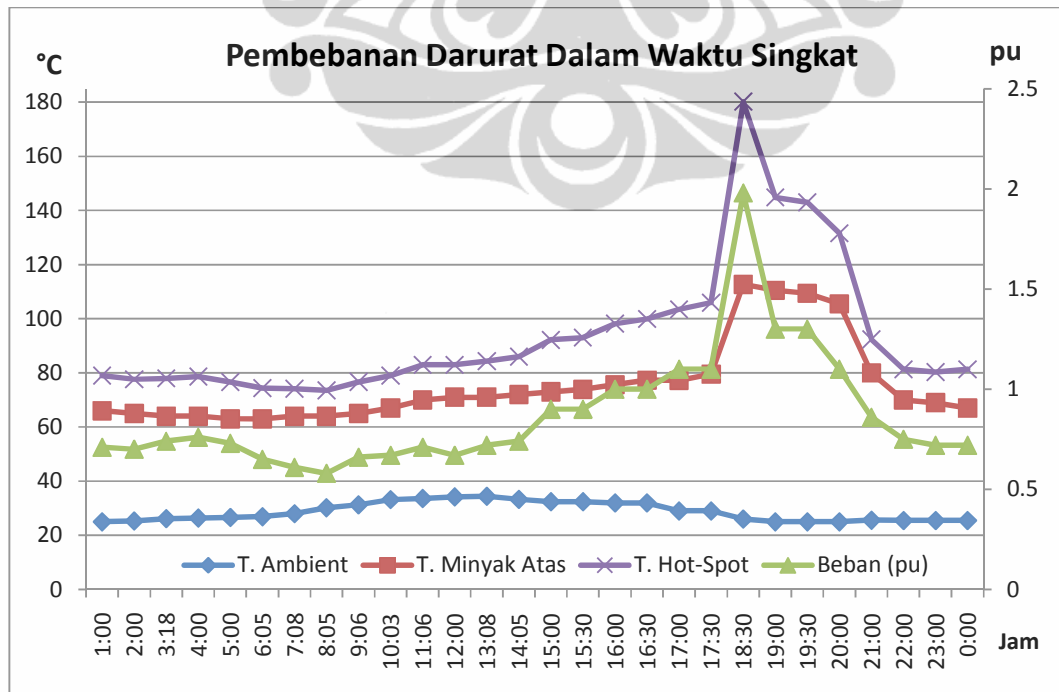


Tabel 4-5 : Estimasi kenaikan temperatur akhir Hot-Spot (PDWS)

	13:08	14:05	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:30	19:00	19:30	20:00
Ambient (°C)	34.4	33.3	32.4	32.4	32	32	29.0	29	26	25	25	25
Top Oil (°C)	71	72	73	73.9	75.6	77.3	77.2	79.5	112.7	110.5	109.4	105.5
Beban (pu)	0.72	0.74	0.9	0.9	1	1	1.1	1.1	1.98	1.3	1.3	1.1
Q HS (°C)	84.3	86	92.2	93	98.2	99.9	103.5	105.9	180.2	144.8	143	131.6

Sumber : hasil perhitungan

Pada tabel 4-5 diperlihatkan hasil perhitungan estimasi kenaikan temperatur akhir hot-spot pada saat pembebanan darurat pada singkat, dimana beban mulai naik dari 0,74 pu ke 0,9 pu, kemudian naik lagi menjadi 1 pu, 1,1 pu lalu melonjak tajam menjadi 1,98 pu dan turun ke nilai 1.3 pu. Pada saat itu temperatur akhir dari hot-spot ikut melonjak drastis dari 105,9°C menjadi 180.2 °C dalam waktu 1 jam dan kemudian turun menjadi 144.8 °C. Pada saat yang bersamaan nilai temperatur bagian atas naik (*Top Oil Temperature*) hingga 122,7°C, nilai ini melewati batasan maksimumnya yaitu 110°C. Grafik hubungan korelasi antara temperatur ambient, temperatur bagian atas (*Top Oil Temperature*), temperatur akhir hot-spot dan pembebanan pada saat keadaan pembebanan darurat dalam waktu singkat (PDWS) dapat dilihat pada gambar 4-3.



Gambar 4-3: Kurva hasil estimasi pada pembebanan darurat pada waktu lama

Seluruh hasil perhitungan dan grafik dari setiap fasa pada transformator IBT I dan IBT II, lengkapnya terdapat pada lampiran II. Pada tabel 4-6 dan tabel 4-7 dibawah ini adalah hasil akhir perhitungan dari transformator pada setiap fasanya.

Tabel 4-6 : Hasil Perhitungan pada Transformator IBT I, GITET CBN.

Transformator ABB 167 MVA	Rata-rata Temperatur Akhir Hot-Spot (°C)	Feqa (%)	Penurunan Masa Guna (%)	Estimasi beban tertinggi pada beban darurat lama (pu)	Estimasi beban tertinggi pada beban darurat singkat (pu)
Fasa R	72.9	0,007	0,000348	1.36	1,83
Fasa S	80.4	0,015	0,000728	1.45	1,98
Fasa T	79.5	0,014	0,000680	1.46	1,99

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4-7 : Hasil Perhitungan pada Transformator IBT II, GITET CBN.

Transformator ELIN 167 MVA	Rata-rata Temperatur Akhir Hot-Spot (°C)	Feqa (%)	Penurunan Masa Guna (%)	Estimasi beban pada beban darurat lama (pu)	Estimasi beban pada beban darurat singkat (pu)
Fasa R	88,2	0,038	0,00190	1.46	1.98
Fasa S	81,6	0,016	0,00080	1.49	1.99
Fasa T	85,7	0,028	0,00138	1.48	1.98

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan dapat dianalisa :

- Pengurangan masa guna relatif sangat kecil hal ini dikarenakan beban rata-rata yang suplai oleh transformator hanya sebesar 0,65 pu sampai dengan 0,77 pu dari kapasitas maksimumnya, dan hal ini secara selaras juga membuat kenaikan akhir temperatur hot-spot tidak tinggi dan masih dibawah batas maksimum yang diperkenankan (110°C).
- Pada estimasi beban saat beban darurat dalam waktu lama, didapatkan 5 buah transformator pembebanannya diatas 1,4 pu atau transformator melayani beban pada 140% dari kapasitasnya (hanya pada IBT I fasa S yang nilainya dibawah 1,4 pu) dan apabila beban stabil pada nilai tersebut untuk kurun waktu 150 menit atau 2,5 jam, maka nilai temperatur akhir hot-spot dapat mencapai 140°C. Pada keadaan ini temperatur sangat mempengaruhi keadaan dari ketahanan isolasi konduktor yang mempunyai nilai maksimum 140°C, apabila terlampaui akan terjadi kerusakan pada isolator. Kemudian mempengaruhi juga keadaan minyak transformator yang

mempunyai titik nyala pada maksimum  $140^{\circ}\text{C}$ , apabila nilai titik nyala dilampaui maka minyak akan berubah menjadi gas.

- Pada estimasi pembebanan saat beban darurat dalam waktu singkat, didapatkan data bahwa pada transformator IBT I dan IBT II, nilai bebannya hampir mencapai 2 pu atau 200% untuk mencapai temperatur akhir hot-spot  $180^{\circ}\text{C}$ , hanya pada IBT I fasa R yang nilainya dibawah 1,9 pu.
- Pada estimasi keadaan pembebanan darurat, dari grafik yang ada memperlihatkan bahwa pola pergerakan dari temperatur hot-spot dan temperatur minyak bagian atas menunjukkan kemiripan pada setiap fasanya. Khusus pada pembebanan darurat dalam waktu singkat, pada saat beban turun drastis ke nilai 1.3 pu, nilai temperatur minyak bagian atas masih diatas nilai maksimum yang diperkenankan yaitu  $110^{\circ}\text{C}$ .
- Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa nilai temperatur akhir hot-spot sangat mempengaruhi keadaan hasil dari nilai yang lain. Semakin tinggi nilai temperatur akhir hot-spot dari sebuah transformator daya, maka penurunan masa guna semakin cepat dan kemampuan mensuplai beban juga berkurang karena kenaikan nilai beban akan menaikkan nilai temperatur akhir hot-spot mendekati nilai maksimum yang diperkenankan.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Nilai temperatur akhir hot-spot pada transformator merupakan parameter yang penting untuk mendapatkan perkiraan penurunan masa guna dari transformator. Nilai temperatur akhir hot-spot sendiri dipengaruhi oleh perubahan temperatur ambient dan perubahan temperatur minyak bagian atas, sementara perubahan temperatur belitan dipengaruhi oleh karakteristik pembebanan yang ditanggung oleh transformator.

Keenam transformator yang terdapat pada GITET CBN, nilai dari penurunan masa guna setiap harinya adalah diantara 0,00034% s/d 0,00190%, dengan percepatan penurunan masa gunanya diantara 0,007 s/d 0,038 yang menunjukkan nilai temperatur akhir hot-spot dari transformator adalah diantara 65°C s/d 75°C, dimana kondisi ini cukup aman untuk beroperasi karena masih jauh dari nilai batas maksimumnya yaitu 110°C, apabila keadaan ini dapat terus dipertahankan masa guna transformator akan lebih optimal.

Pada estimasi keadaan pembebanan darurat di GITET CBN , untuk keadaan pembebanan darurat dalam waktu lama dengan temperatur akhir hot-spot 140°C, transformator optimal pada beban 1,36 pu sampai dengan 1,48 pu. Sedangkan untuk keadaan pembebanan darurat dalam waktu singkat dengan temperatur akhir hot-spot 180°C, transformator optimal pada 1,83 pu sampai dengan 1,98 pu.

## DAFTAR REFERENSI

- [1] Asaad A. Elmouidi. (2006). *Evaluation Of Power System Harmonic Effect On Transformers*, Helsinki, Helsinki University of Technology.
- [2] Declercq Jan and Wim Van der Veken. (1999). *Accurate Hot Spot Modeling in A Power Transformer Leading to Improved Design and Performance*. Pauwels Trafo. Antwerp.
- [3] Glenn Swift, Tim Raymond (2004). *Comparison of Calculated Hot Spot Temperatures Using Clause 7 Equations versus ANNEX G Equations*.
- [4] Institute of Electrical and Electronics Engineers (1996). *IEEE Guide for Loading Mineral- Oil – Immersed Transformers*, New York, Author.
- [5] International Electrotechnical Commission (IEC). (2005). *International Standard : Power transformers-Part7: Loading guide for oil-immersed power transformer* , Geneva, Author.
- [6] Ishak M. Taufiq, Zhongdong Wang. (2007). *Transformer Hotspot Temperature Calculation using IEEE Loading Guide*. IEEE.
- [7] Jian Li, Taosha, Stanislaw Grzybowski (2005). *Hot Spot Temperature Models Based on Top Oil Temperature for Oil Immersed Transformers*, Government.
- [8] Perez Joe (2010), *Fundamental Principles of Transformers Thermal Loading and Protection*, IEEE.
- [9] Perera K.B.M.I and J.R. Lucas (1999), *Loading of Transformers Beyond Nameplate Rating*, Engineer, vol 30, No 3
- [10] Perera K.B.M.I and J.R. Lucas (2000), *Software Guided Safe Loading of Transformers*.
- [11] Pradhan M. K. and T. S. Ramu. (2003). Prediction of Hottest Spot Temperature (HST) in Power and Station Transformers. *IEEE Transactions On Power Delivery*, Vol.18, No.4,1275-1283.
- [13] SPLN (1991), *Transformator Tenaga bagian 2 : Kenaikan Suhu*, PLN.
- [14] Susa Dejan and Hasse Nordman. (2009). *A Simple Model for Calculating Transformer Hot-Spot Temperature*. *IEEE Transactions On Power Delivery*, Vol.24, No.3,1257-1265.
- [15] Susa Dejan and Hasse Nordman. (2005). *Dynamic Thermal Modelling of Power Transformers*. *IEEE Transactions On Power Delivery*, Vol.20, No.1,197-204.



**Lampiran I**  
**Data Transformator IBT I dan IBT II**  
**GITET CBN**

## Data Transformator IBT I GITET CBN

**Fasa R** : Transformator produksi keluaran ABB tahun pembuatan 1995 dengan data :

- Transformator, 167 MVA, 500/71,5 V, 50 Hz, 1 fasa, produksi ABB tahun 1995.
- Sistem pendinginan ONAN/ONAF1/ONAF2
- Rugi-rugi total / Rugi-rugi tanpa beban : 519,09 kW/107,98 kW
- Kenaikan temperatur belitan dan minyak bagian atas (garansi) : 58°C/53°C
- Kenaikan rata-rata temperatur rata-rata minyak : 27,3°C
- Kenaikan rata-rata temperatur belitan : 49,4°C
- Kenaikan temperatur minyak bagian atas : 43°C

**Fasa S** : Transformator produksi keluaran ABB tahun pembuatan 1995 dengan data :

- Transformator, 167 MVA, 500/71,5 V, 50 Hz, 1 fasa, produksi ABB tahun 1995.
- Sistem pendinginan ONAN/ONAF1/ONAF2
- Rugi-rugi total / Rugi-rugi tanpa beban : 505,94 kW/104,43 kW
- Kenaikan temperatur belitan dan minyak bagian atas (garansi) : 58°C/53°C
- Kenaikan rata-rata temperatur rata-rata minyak : 27,3°C
- Kenaikan rata-rata temperatur belitan : 44,7°C
- Kenaikan temperatur minyak bagian atas : 43°C

**Fasa T** : Transformator produksi keluaran ABB tahun pembuatan 1995 dengan data :

- Transformator, 167 MVA, 500/71,5 V, 50 Hz, 1 fasa, produksi ABB tahun 1995.
- Sistem pendinginan ONAN/ONAF1/ONAF2
- Rugi-rugi total / Rugi-rugi tanpa beban : 508,77 kW/110,48 kW
- Kenaikan temperatur belitan dan minyak bagian atas (garansi) : 58°C/53°C
- Kenaikan rata-rata temperatur rata-rata minyak : 27,3°C
- Kenaikan rata-rata temperatur belitan : 44,7°C
- Kenaikan temperatur minyak bagian atas : 43°C

## Data Transformator IBT II GITET CBN

**Fasa R** : Transformator produksi keluaran ELIN tahun pembuatan 1995 dengan data :

- Transformator, 167 MVA, 500/71,5 V, 50 Hz, 1 fasa, produksi ABB tahun 1995.
- Sistem pendinginan ONAN/ONAF1/ONAF2
- Rugi-rugi total / Rugi-rugi tanpa beban : 407,92 kW/82.93 kW
- Kenaikan temperatur belitan dan minyak bagian atas (garansi) : 58°C/53°C
- Kenaikan rata-rata temperatur rata-rata minyak : 27,3°C
- Kenaikan rata-rata temperatur belitan : 44,7°C
- Kenaikan temperatur minyak bagian atas : 43°C

**Fasa S** : Transformator produksi keluaran ELIN tahun pembuatan 1995 dengan data :

- Transformator, 167 MVA, 500/71,5 V, 50 Hz, 1 fasa, produksi ABB tahun 1995.
- Sistem pendinginan ONAN/ONAF1/ONAF2
- Rugi-rugi total / Rugi-rugi tanpa beban : 409,94 kW/84,41 kW
- Kenaikan temperatur belitan dan minyak bagian atas (garansi) : 58°C/53°C
- Kenaikan rata-rata temperatur rata-rata minyak : 27,3°C
- Kenaikan rata-rata temperatur belitan : 44,7°C
- Kenaikan temperatur minyak bagian atas : 43°C

**Fasa T** : Transformator produksi keluaran ELIN tahun pembuatan 1995 dengan data :

- Transformator, 167 MVA, 500/71,5 V, 50 Hz, 1 fasa, produksi ABB tahun 1995.
- Sistem pendinginan ONAN/ONAF1/ONAF2
- Rugi-rugi total / Rugi-rugi tanpa beban : 408,94 kW/83,13 kW
- Kenaikan temperatur belitan dan minyak bagian atas (garansi) : 58°C/53°C
- Kenaikan rata-rata temperatur rata-rata minyak : 27,3°C
- Kenaikan rata-rata temperatur belitan : 44,7°C
- Kenaikan temperatur minyak bagian atas : 43°C



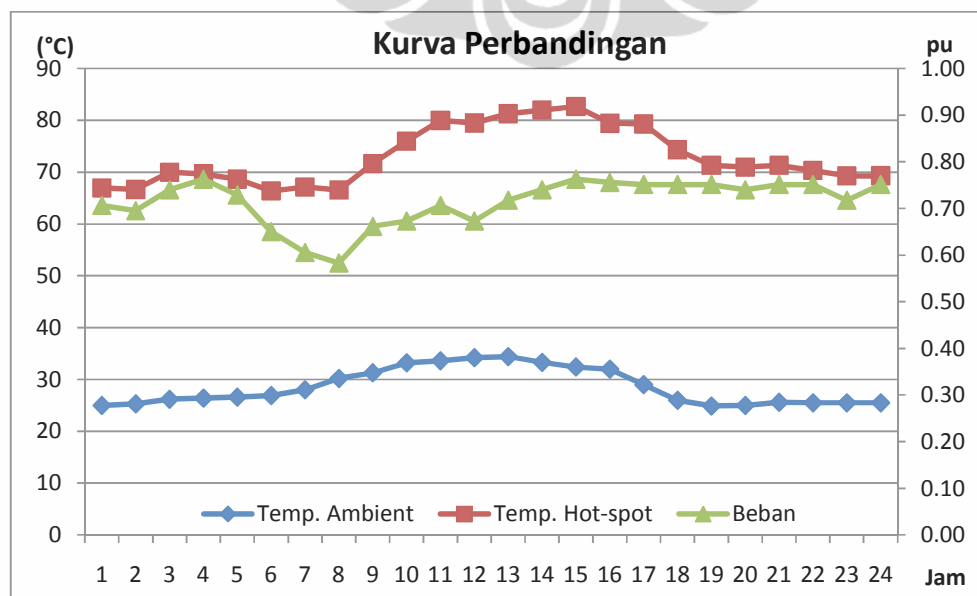


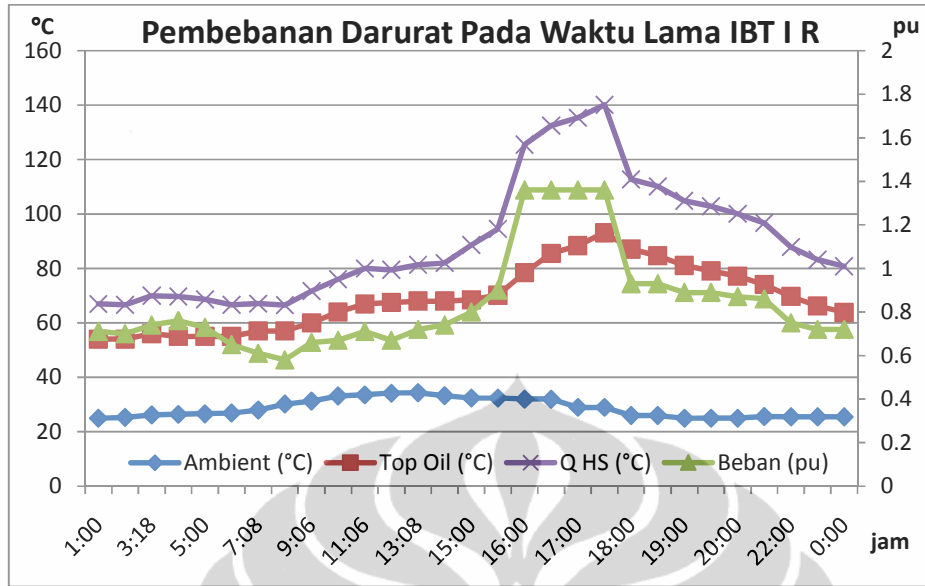
**Lampiran II**  
**Hasil Total Perhitungan Dan Grafik**  
**Tiap Fasa Pada Transformator**  
**IBT I & IBT II**

## Hasil Pengukuran Transformator IBT I GITET CBN

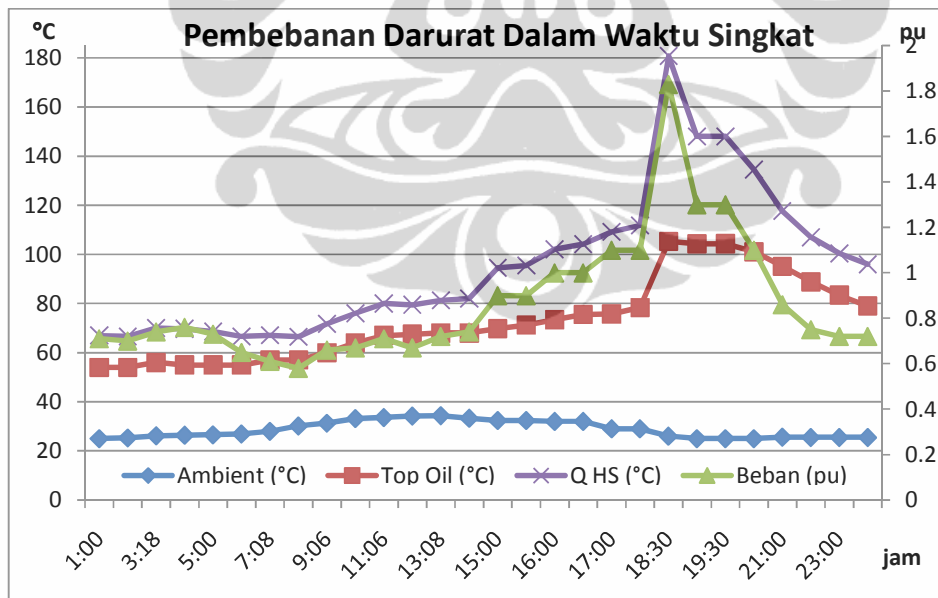
### Fasa R :

	1:00	2:00	3:18	4:00	5:00	6:05	7:08	8:05	9:06	10:03	11:06	12:00
Ambient (°C)	25	25.3	26.2	26.4	26.6	26.9	28.0	30.2	31.3	33.2	33.6	34.2
Top Oil (°C)	54	54	56	55	55	55	57	57	60	64	67	67.5
Av Wind (°C)	46	45	37	45	44	35	37	38	42	47	46	50
Bottom Oil (°C)	36.9	36.9	32.3	35.7	35.6	32.4	32.4	33.3	35.2	36.6	38.3	40.5
Beban (MW)	315	310	330	340	325	290	270	260	295	300	315	300
K	0.71	0.70	0.74	0.76	0.73	0.65	0.61	0.58	0.66	0.67	0.71	0.67
$\Delta Q$ BO	11.9	11.6	6.1	9.3	9.0	5.5	4.4	3.1	3.9	3.4	4.7	6.3
$\Delta Q$ WO/BO	17.1	17.1	23.7	19.3	19.4	22.6	24.6	23.7	24.8	27.4	28.7	27
g	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
$\Delta Q$ HS/WO	12.97	12.64	13.97	14.66	13.64	11.36	10.14	9.54	11.68	12.00	12.97	12.00
Q HS	67.0	66.6	70.0	69.7	68.6	66.4	67.1	66.5	71.7	76.0	80.0	79.5
	13:08	14:05	15:00	16:00	17:00	18:00	19:05	20:00	21:07	22:00	23:04	0:00
Ambient (°C)	34.4	33.3	32.4	32	29	26	24.9	25	25.6	25.5	25.5	25.5
Top Oil (°C)	68	68	68	65	65	60	57	57	57	56	56	55
Av Wind (°C)	52	51	52	49	47	46	36	45	36	47	38	47
Bottom Oil (°C)	40.7	41	42.3	39.4	38.7	36.2	33.4	35.1	32.3	37	32.7	37
Beban (MW)	320	330	340	337	335	335	335	330	335	335	320	335
K	0.72	0.74	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.74	0.75	0.75	0.72	0.75
$\Delta \Theta$ BO	6.3	7.7	9.9	7.4	9.7	10.2	8.5	10.1	6.7	11.5	7.2	11.5
$\Delta \Theta$ WO/BO	27.3	27	25.7	25.6	26.3	23.8	23.6	21.9	24.7	19	23.3	18
g	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
$\Delta \Theta$ HS/WO	13.30	13.97	14.66	14.45	14.32	14.32	14.32	13.97	14.32	14.32	13.30	14.32
$\Theta$ HS	81.3	82.0	82.7	79.5	79.3	74.3	71.3	71.0	71.3	70.3	69.3	69.3





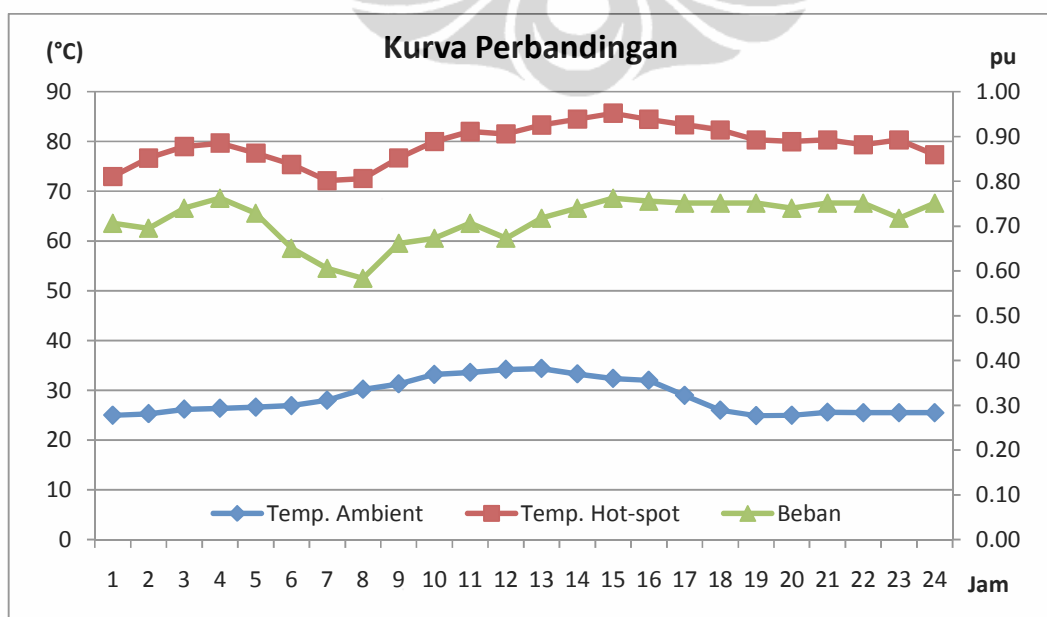
	14:05	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	21:00
33.3	33.3	32.4	32.4	32	32	29.0	29	26	26	25	25	25	25.6
68	68	68.50	70.20	78.47	85.56	88.37	93.12	87.13	84.68	81.15	79.08	77.12	74.18
0.74	0.74	0.8	0.9	1.36	1.36	1.36	1.36	0.93	0.93	0.89	0.89	0.87	0.86
82	82	88.6	94.5	125.5	132.5	135.4	140.1	112.7	110.2	104.9	102.9	100.1	96.75

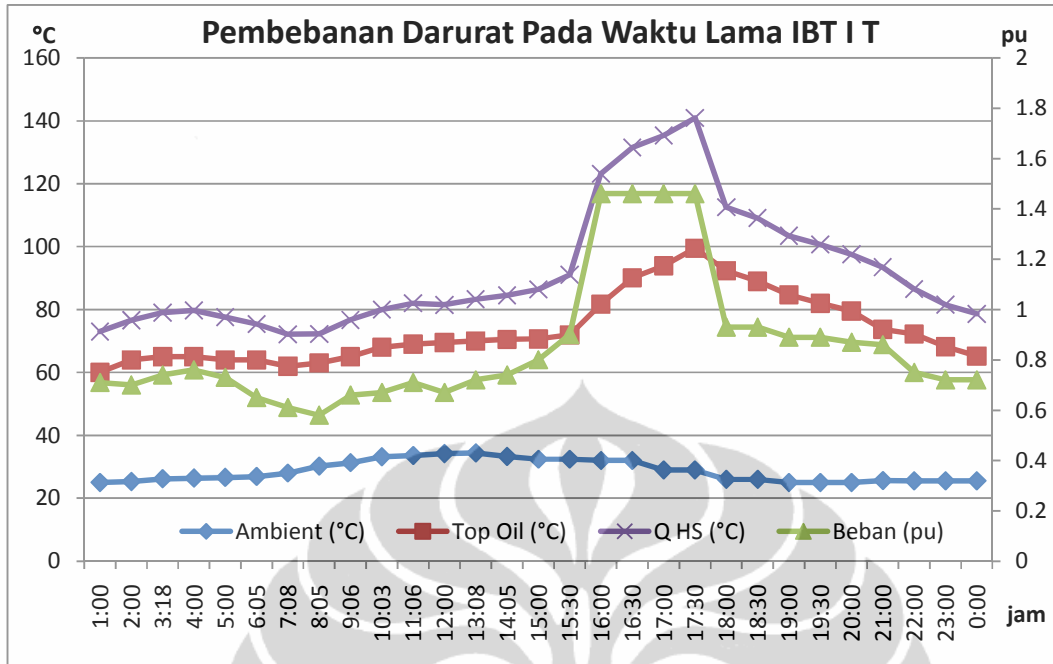


	14:05	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:30	19:00	19:30	20:00	21:00
33.3	33.3	32.4	32.4	32	32	29.0	29	26	25	25	25	25.6
68	68	69.78	71.24	73.40	75.50	75.72	78.34	105.26	104.32	104.37	101.08	95.11
0.74	0.74	0.9	0.9	1	1	1.1	1.1	1.83	1.3	1.3	1.1	0.86
82	82	94.5	95.51	102.13	104.23	109.18	111.81	180.81	148.03	148.08	134.54	117.69

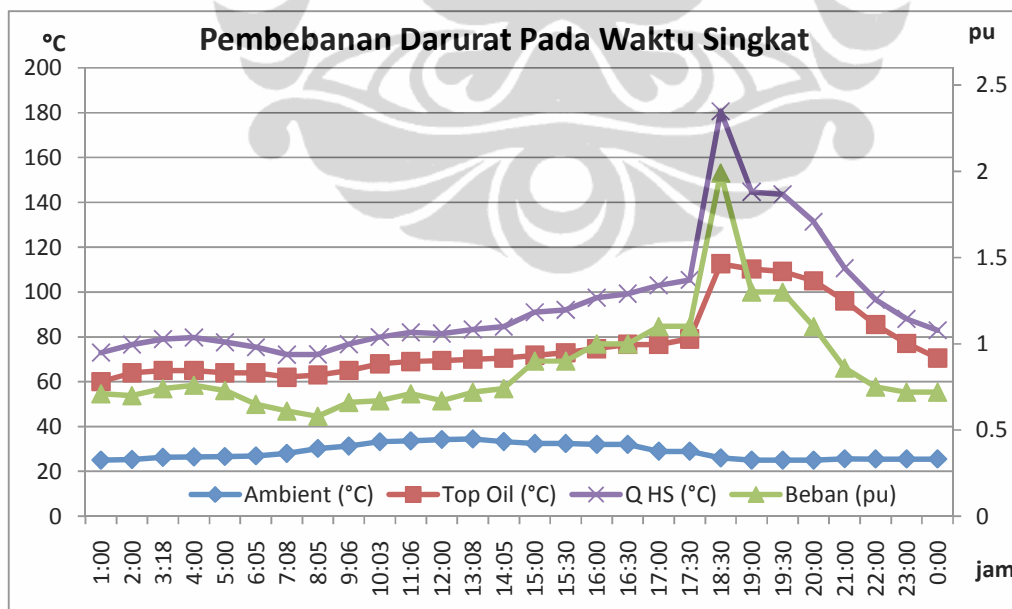
## Fasa T :

	1:00	2:00	3:18	4:00	5:00	6:05	7:08	8:05	9:06	10:03	11:06	12:00
Ambient (°C)	25	25.3	26.2	26.4	26.6	26.9	28.0	30.2	31.3	33.2	33.6	34.2
Top Oil (°C)	60	64	65	65	64	64	62	63	65	68	69	69.5
Av Wind (°C)	46	45	47	45	44	41	42	43	44	47	47	50
Bottom Oil (°C)	36.9	36.9	35.5	35.7	35.6	35.5	36.0	36.2	36.5	37.7	37.9	38.5
Beban (MW)	315	310	330	340	325	290	270	260	295	300	315	300
K	0.71	0.70	0.74	0.76	0.73	0.65	0.61	0.58	0.66	0.67	0.71	0.67
$\Delta Q$ BO	11.9	11.6	9.3	9.3	9.0	8.6	8.0	6.0	5.2	4.5	4.3	4.3
$\Delta Q$ WO/BO	23.1	27.1	29.5	29.3	28.4	28.5	26	26.8	28.5	30.3	31.1	31
g	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
$\Delta Q$ HS/WO	12.97	12.64	13.97	14.66	13.64	11.36	10.14	9.54	11.68	12.00	12.97	12.00
Q HS	73.0	76.6	79.0	79.7	77.6	75.4	72.1	72.5	76.7	80.0	82.0	81.5
	13:08	14:05	15:00	16:00	17:00	18:00	19:05	20:00	21:07	22:00	23:04	0:00
Ambient (°C)	34.4	33.3	32.4	32	29	26	24.9	25	25.6	25.5	25.5	25.5
Top Oil (°C)	70	70.5	71	70	69	68	66	66	66	65	67	63
Av Wind (°C)	50	51	51	49	47	46	46	45	44	45	46	45
Bottom Oil (°C)	39.9	40	40.7	39.4	38.7	36.2	33.4	35.1	32.3	37	32.7	37
Beban (MW)	320	330	340	337	335	335	335	330	335	335	320	335
K	0.72	0.74	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.74	0.75	0.75	0.72	0.75
$\Delta Q$ BO	5.5	6.7	8.3	7.4	9.7	10.2	8.5	10.1	6.7	11.5	7.2	11.5
$\Delta Q$ WO/BO	30.1	30.5	30.3	30.6	30.3	31.8	32.6	30.9	33.7	28	34.3	26
g	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
$\Delta Q$ HS/WO	13.30	13.97	14.66	14.45	14.32	14.32	14.32	13.97	14.32	14.32	13.30	14.32
Q HS	83.3	84.5	85.7	84.5	83.3	82.3	80.3	80.0	80.3	79.3	80.3	77.3





	14:05	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	21:00
33.3	32.4	32.4	32	32	29.0	29	26	26	25	25	25	25	25.6
70.5	70.65	71.92	81.71	90.06	93.89	99.49	92.35	88.97	84.67	81.97	79.50	73.70	
0.74	0.8	0.9	1.46	1.46	1.46	1.46	0.93	0.93	0.89	0.89	0.87	0.86	
84.5	86.42	91.03	123.16	131.5	135.34	140.93	112.49	109.11	103.44	100.74	97.6	93.47	

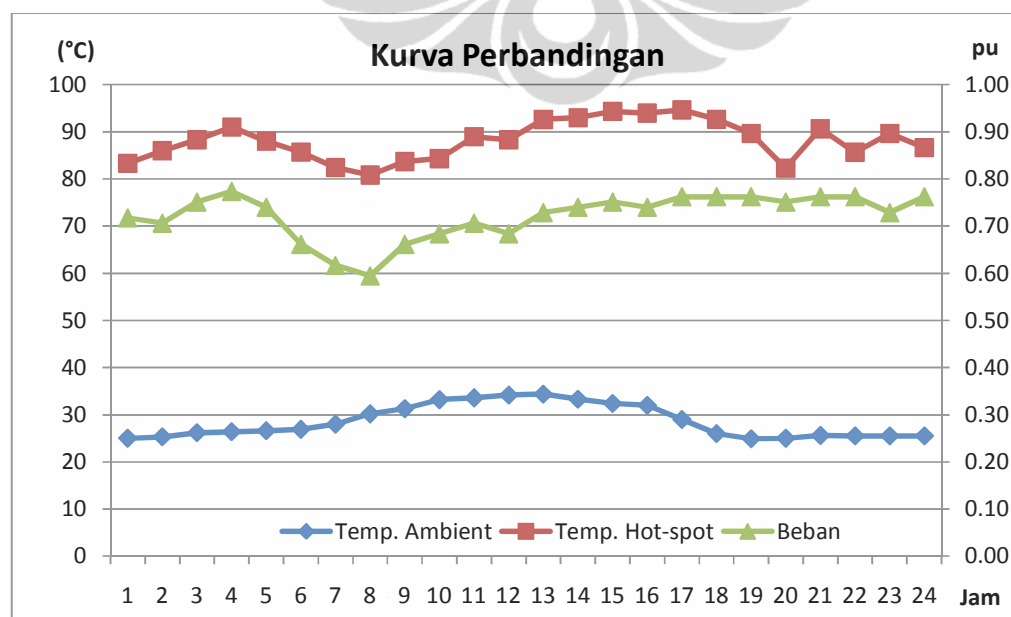


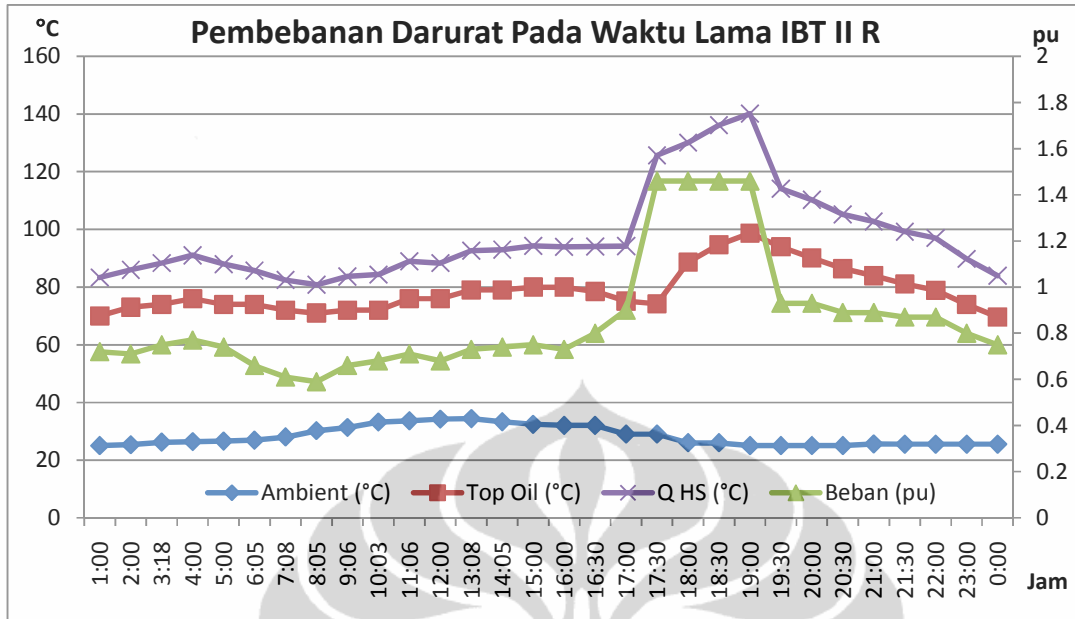
	14:05	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:30	19:00	19:30	20:00	21:00
33.3	32.4	32.4	32	32	29.0	29	26	25	25	25	25	25.6
70.5	71.80	72.93	74.79	76.64	76.63	79.09	112.58	110.28	109.21	105.03	96.06	
0.74	0.9	0.9	1	1	1.1	1.1	1.99	1.3	1.3	1.1	0.86	
84.5	90.95	92.04	97.41	99.26	102.98	105.43	180.61	144.63	143.63	131.38	110.69	

## Hasil Pengukuran Transformator IBT II GITET CBN

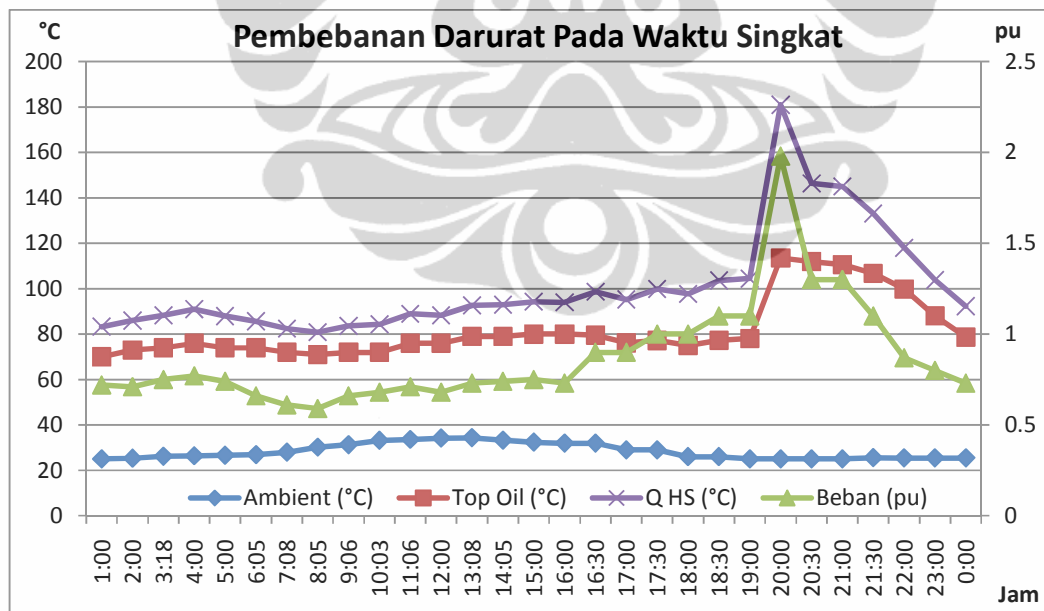
### Fasa R :

	1:00	2:00	3:18	4:00	5:00	6:05	7:08	8:05	9:06	10:03	11:06	12:00
Ambient (°C)	25	25.3	26.2	26.4	26.6	26.9	28.0	30.2	31.3	33.2	33.6	34.2
Top Oil (°C)	70	73	74	76	74	74	72	71	72	72	76	76
Av Wind (°C)	46	45	42.4	45	44	40	40	39	40	45	45	44
Bottom Oil (°C)	31	31	32.9	35.7	35.6	33.2	33.8	33.8	34.7	35.3	36.5	34
Beban (MW)	320	315	335	345	330	295	275	265	295	305	315	305
K	0.72	0.71	0.75	0.77	0.74	0.66	0.62	0.59	0.66	0.68	0.71	0.68
$\Delta Q$ BO	6.0	5.7	6.7	9.3	9.0	6.3	5.8	3.6	3.4	2.1	2.9	-0.2
$\Delta Q$ WO/BO	39	42	41.1	40.3	38.4	40.8	38.2	37.2	37.3	36.7	39.5	42
g	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
$\Delta Q$ HS/WO	13.30	12.97	14.32	15.01	13.97	11.68	10.44	9.84	11.68	12.32	12.97	12.32
Q HS	83.3	86.0	88.3	91.0	88.0	85.7	82.4	80.8	83.7	84.3	89.0	88.3
	13:08	14:05	15:00	16:00	17:00	18:00	19:05	20:00	21:07	22:00	23:04	0:00
Ambient (°C)	34.4	33.3	32.4	32	29	26	24.9	25	25.6	25.5	25.5	25.5
Top Oil (°C)	79	79	80	80	80	78	75	68	76	71	76	72
Av Wind (°C)	46	44	49	49	47	46	43	45	40	45	41	45
Bottom Oil (°C)	38.7	36	38.1	39.4	38.7	36.2	35.7	35.1	36.7	32	36.4	32
Beban (MW)	325	330	335	330	340	340	340	335	340	340	325	340
K	0.73	0.74	0.75	0.74	0.76	0.76	0.76	0.75	0.76	0.76	0.73	0.76
$\Delta \Theta$ BO	4.3	2.7	5.7	7.4	9.7	10.2	10.8	10.1	11.1	6.5	10.9	6.5
$\Delta \Theta$ WO/BO	40.3	43	41.9	40.6	41.3	41.8	39.3	32.9	39.3	39	39.6	40
g	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
$\Delta \Theta$ HS/WO	13.64	13.97	14.32	13.97	14.66	14.66	14.66	14.32	14.66	14.66	13.64	14.66
$\Theta$ HS	92.6	93.0	94.3	94.0	94.7	92.7	89.7	82.3	90.7	85.7	89.6	86.7





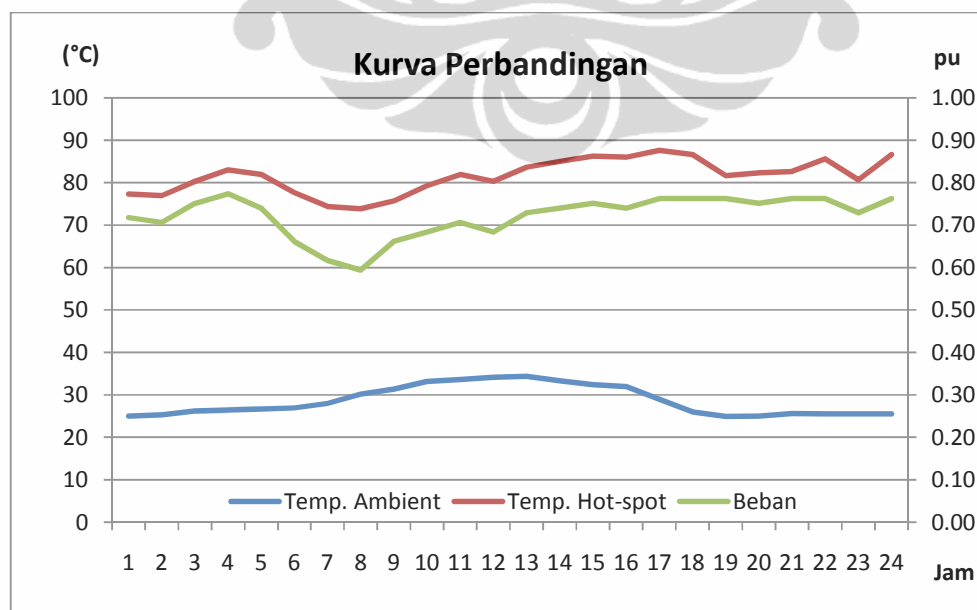
	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00
32	32.0	29	29.0	26	26.0	25	25.0	25	25.0	25.0	25.6	25.5	25.5
80	78.49	75.11	74.20	88.64	94.72	98.71	93.98	90.11	86.40	83.97	81.14	78.89	
0.73	0.80	0.90	1.46	1.46	1.46	1.46	0.93	0.93	0.89	0.89	0.87	0.87	0.87
0.00	94.10	94.23	125.65	130.08	136.17	140.16	114.12	110.25	105.18	102.75	99.24	97.00	



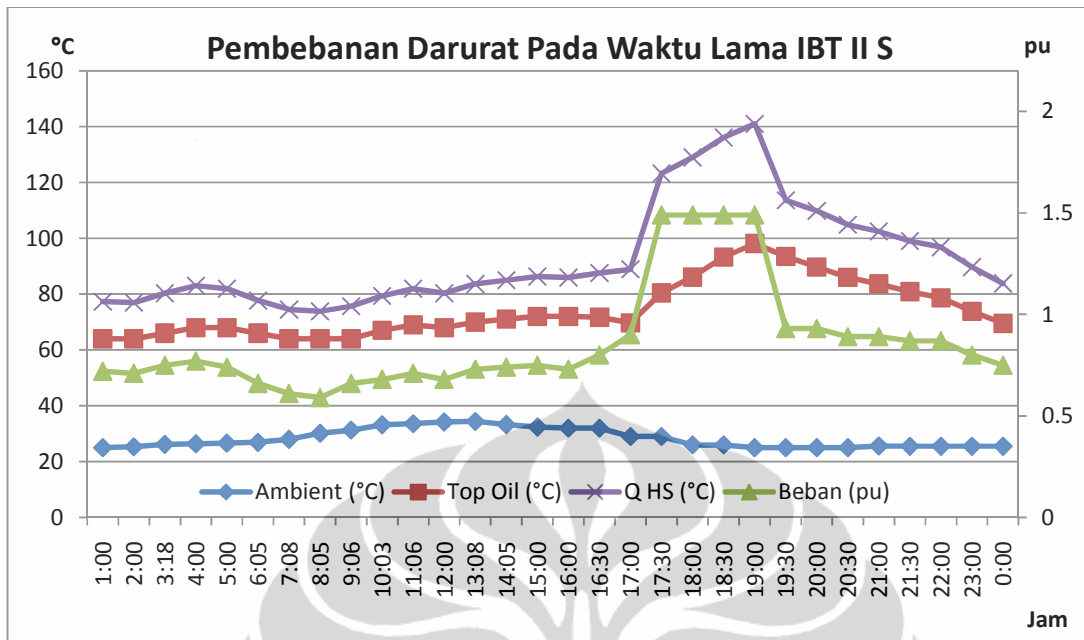
	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00
32	32.0	29	29.0	26	26.0	25	25.0	25	25.0	25.0	25.6	25.5
80	79.53	76.14	77.20	75.07	77.28	78.09	113.52	111.91	110.60	106.79	99.89	
0.73	0.9	0.9	1	1	1.1	1.1	1.98	1.3	1.3	1.1	0.87	
0.00	98.64	95.26	99.83	97.70	103.63	104.44	180.99	146.33	145.02	133.13	118.00	

## Fasa S :

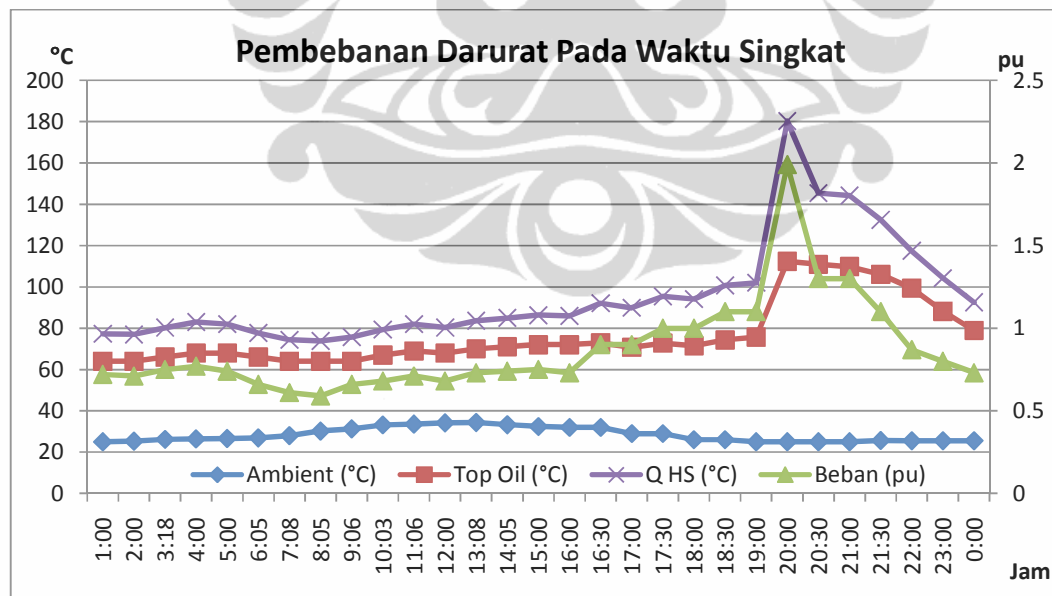
	1:00	2:00	3:18	4:00	5:00	6:05	7:08	8:05	9:06	10:03	11:06	12:00
Ambient (°C)	25	25.3	26.2	26.4	26.6	26.9	28.0	30.2	31.3	33.2	33.6	34.2
Top Oil (°C)	64	64	66	68	68	66	64	64	64	67	69	68
Av Wind (°C)	46	45	39	45	44	38	37	41	40	41	42	44
Bottom Oil (°C)	31	31	31.8	35.7	35.6	33.2	31.3	31.4	32.1	32.9	34	34
Beban (MW)	320	315	335	345	330	295	275	265	295	305	315	305
K	0.72	0.71	0.75	0.77	0.74	0.66	0.62	0.59	0.66	0.68	0.71	0.68
$\Delta$ Q BO	6.0	5.7	5.6	9.3	9.0	6.3	3.3	1.2	0.8	-0.3	0.4	-0.2
$\Delta$ Q WO/BO	33	33	34.2	32.3	32.4	32.8	32.7	32.6	31.9	34.1	35	34
g	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
$\Delta$ Q HS/WO	13.30	12.97	14.32	15.01	13.97	11.68	10.44	9.84	11.68	12.32	12.97	12.32
Q HS	77.3	77.0	80.3	83.0	82.0	77.7	74.4	73.8	75.7	79.3	82.0	80.3
	13:08	14:05	15:00	16:00	17:00	18:00	19:05	20:00	21:07	22:00	23:04	0:00
Ambient (°C)	34.4	33.3	32.4	32	29	26	24.9	25	25.6	25.5	25.5	25.5
Top Oil (°C)	70	71	72	72	73	72	67	68	68	71	67	72
Av Wind (°C)	44	44	48	49	47	46	40	45	40	45	40	45
Bottom Oil (°C)	35.5	36	36.1	39.4	38.7	36.2	32.7	35.1	32.1	32	32	32
Beban (MW)	325	330	335	330	340	340	340	335	340	340	325	340
K	0.73	0.74	0.75	0.74	0.76	0.76	0.76	0.75	0.76	0.76	0.73	0.76
$\Delta$ Q BO	1.1	2.7	3.7	7.4	9.7	10.2	7.8	10.1	6.5	6.5	6.5	6.5
$\Delta$ Q WO/BO	34.5	35	35.9	32.6	34.3	35.8	34.3	32.9	35.9	39	35	40
g	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
$\Delta$ Q HS/WO	13.64	13.97	14.32	13.97	14.66	14.66	14.66	14.32	14.66	14.66	13.64	14.66
Q HS	83.6	85.0	86.3	86.0	87.7	86.7	81.7	82.3	82.7	85.7	80.6	86.7







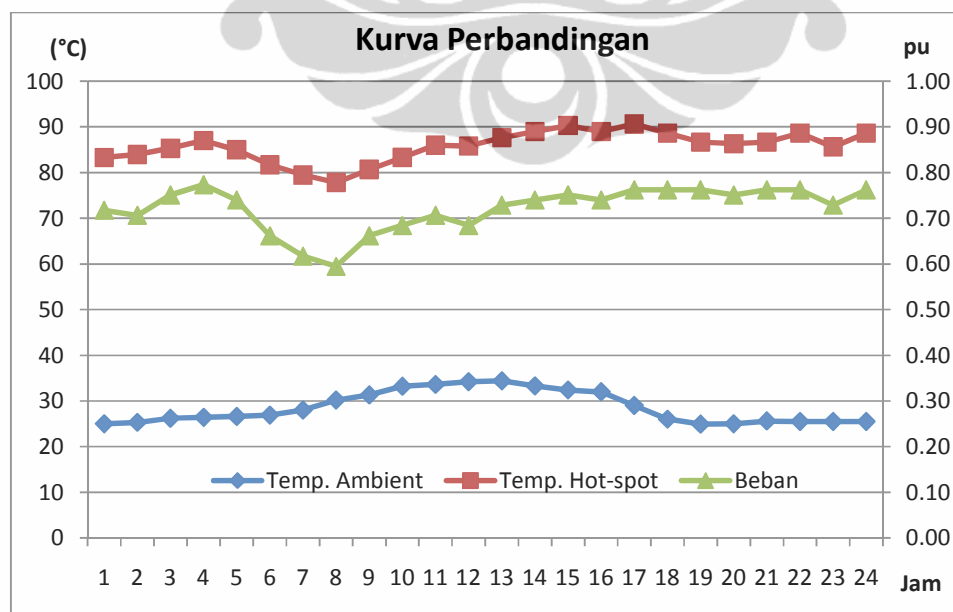
	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00
32	32.0	29	29.0	26	26.0	25	25.0	25	25.0	25.6	25.5	25.5	
72	71.72	69.75	80.40	86.12	93.26	98.10	93.48	89.70	86.07	83.70	80.91	78.71	
0.73	0.80	0.90	1.49	1.49	1.49	1.49	0.93	0.93	0.89	0.89	0.87	0.87	
0.0	87.56	88.87	123.22	128.94	136.08	140.92	113.63	109.84	104.85	102.48	99.02	96.81	

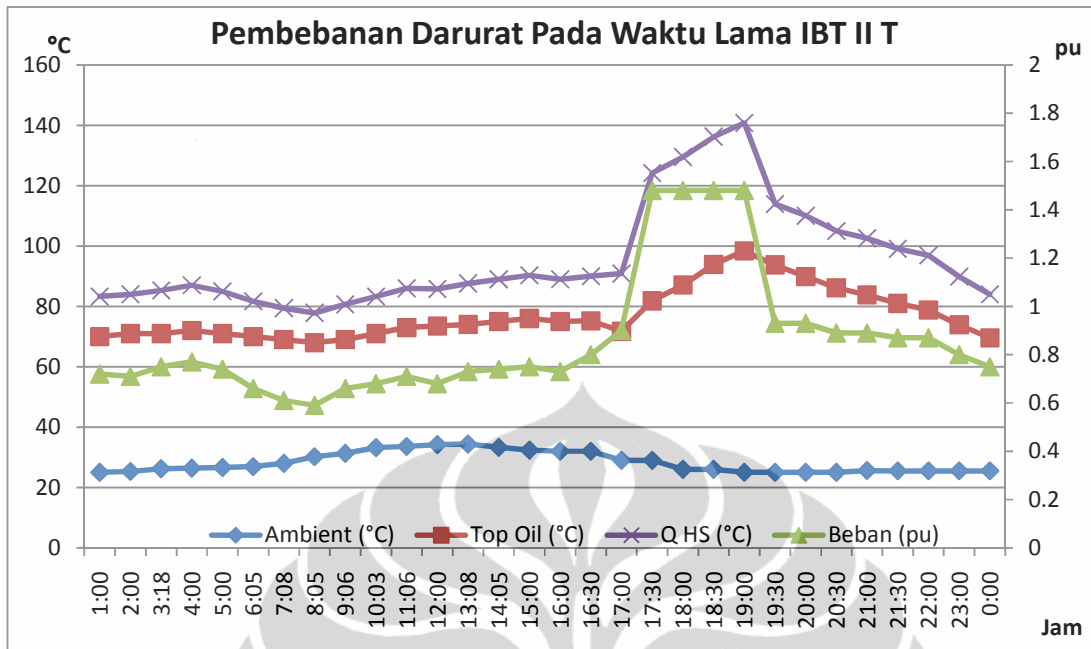


	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00
32	32.0	29	29.0	26	26.0	25	25.0	25	25.0	25.6	25.5	
72	72.98	70.78	72.81	71.48	74.34	75.68	112.36	110.97	109.83	106.15	99.37	
0.73	0.9	0.9	1	1	1.1	1.1	1.99	1.3	1.3	1.1	0.87	
77.0	92.09	89.89	95.44	94.10	100.69	102.03	180.38	145.39	144.25	132.50	117.48	

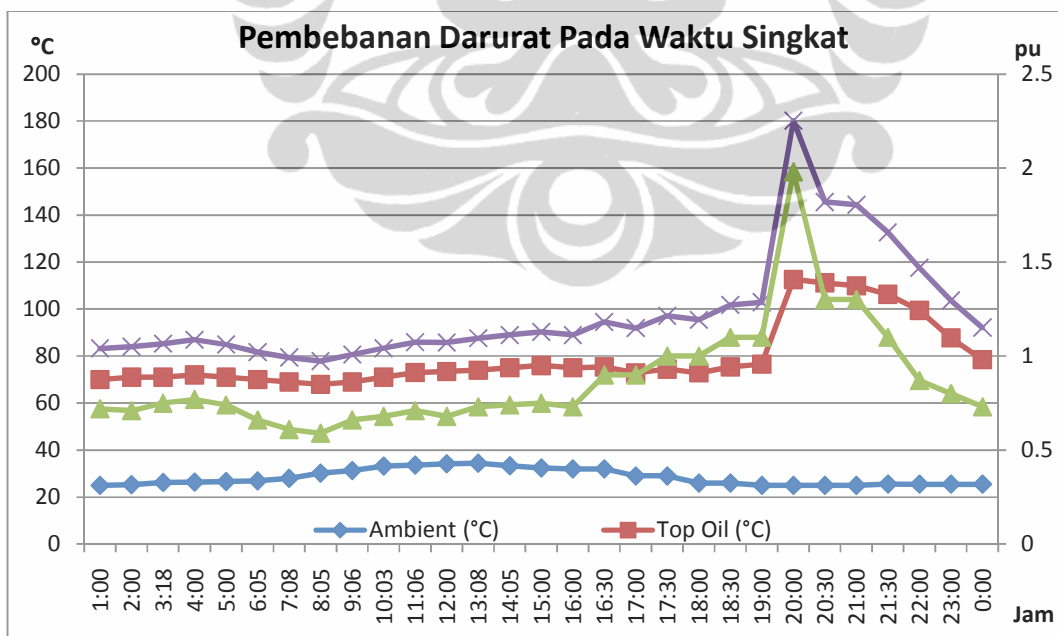
## Fasa T :

	1:00	2:00	3:18	4:00	5:00	6:05	7:08	8:05	9:06	10:03	11:06	12:00
Ambient (°C)	25	25.3	26.2	26.4	26.6	26.9	28.0	30.2	31.3	33.2	33.6	34.2
Top Oil (°C)	70	71	71	72	71	70	69	68	69	71	73	73.5
Av Wind (°C)	46	45	38	45	44	36	37	35	40	42	42	44
Bottom Oil (°C)	31	31	30.8	35.7	35.6	30.7	31.1	30.9	31.7	32.5	33.8	34
Beban (MW)	320	315	335	345	330	295	275	265	295	305	315	305
K	0.72	0.71	0.75	0.77	0.74	0.66	0.62	0.59	0.66	0.68	0.71	0.68
$\Delta Q$ BO	6.0	5.7	4.6	9.3	9.0	3.8	3.1	0.7	0.4	-0.7	0.2	-0.2
$\Delta Q$ WO/BO	39	40	40.2	36.3	35.4	39.3	37.9	37.1	37.3	38.5	39.2	39.5
g	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
$\Delta Q$ HS/WO	13.30	12.97	14.32	15.01	13.97	11.68	10.44	9.84	11.68	12.32	12.97	12.32
Q HS	83.3	84.0	85.3	87.0	85.0	81.7	79.4	77.8	80.7	83.3	86.0	85.8
	13:08	14:05	15:00	16:00	17:00	18:00	19:05	20:00	21:07	22:00	23:04	0:00
Ambient (°C)	34.4	33.3	32.4	32	29	26	24.9	25	25.6	25.5	25.5	25.5
Top Oil (°C)	74	75	76	75	76	74	72	72	72	74	72	74
Av Wind (°C)	44	44	43	49	47	46	39	45	40	45	38	45
Bottom Oil (°C)	35.7	36	36.2	39.4	38.7	36.2	37	35.1	32.8	32	31.5	32
Beban (MW)	325	330	335	330	340	340	340	335	340	340	325	340
K	0.73	0.74	0.75	0.74	0.76	0.76	0.76	0.75	0.76	0.76	0.73	0.76
$\Delta \Theta$ BO	1.3	2.7	3.8	7.4	9.7	10.2	12.1	10.1	7.2	6.5	6.0	6.5
$\Delta \Theta$ WO/BO	38.3	39	39.8	35.6	37.3	37.8	35	36.9	39.2	42	40.5	42
g	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
$\Delta \Theta$ HS/WO	13.64	13.97	14.32	13.97	14.66	14.66	14.66	14.32	14.66	14.66	13.64	14.66
$\Theta$ HS	87.6	89.0	90.3	89.0	90.7	88.7	86.7	86.3	86.7	88.7	85.6	88.7





	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00
32	32.0	29	29.0	26	26.0	25	25.0	25	25.0	25.6	25.5	25.5	
75	75.18	71.76	81.85	87.11	93.87	98.40	93.73	89.91	86.23	83.83	81.02	78.80	
0.73	0.80	0.90	1.48	1.48	1.48	1.48	0.93	0.93	0.89	0.89	0.87	0.87	
0.0	90.01	90.88	124.21	129.47	136.23	140.76	113.87	110.05	105.01	102.61	99.13	96.90	



	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00
32	32.0	29	29.0	26	26.0	25	25.0	25	25.0	25.6	25.5	
75	75.43	72.79	74.46	72.82	75.44	76.58	112.60	111.16	109.99	106.29	99.48	
0.73	0.9	0.9	1	1	1.1	1.1	1.98	1.3	1.3	1.1	0.87	
0.0	94.55	91.90	97.08	95.45	101.79	102.93	180.19	145.59	144.41	132.64	117.59	



**Lampiran III**  
**Hasil Perhitungan Matlab**  
**Untuk Estimasi Beban**

-----  
 Hitung Temperatur Akhir Hot-Spot (BDS)  
 pd perubahan beban IBT-1-S  
 -----

Nilai temp Ambien, TA(°C) = 32.4  
 Nilai temp Top Oil acuan, TOa(°C) = 72  
 Nilai faktor beban, K = 0.9  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 39.6  
 Nilai Rasio, R = 4.8448  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 45.4247  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO(°C) = 40.6558  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 19.1109  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 92.1667

Nilai faktor beban, K1 = 0.9  
 Nilai temp Ambien, TA1(°C) = 32.4  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 40.6558  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 45.4247  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO1(°C) = 41.5203  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 19.1109  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 93.0312

Nilai faktor beban, K2 = 1  
 Nilai temp Ambien, TA2(°C) = 32  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 41.5203  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 53  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO2(°C) = 43.6012  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 22.62  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 98.2212

Nilai faktor beban, K3 = 1  
 Nilai temp Ambien, TA3(°C) = 32  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 43.6012  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 53  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO3(°C) = 45.3049  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 22.62  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 99.9249

Nilai faktor beban, K4 = 1.1  
 Nilai temp Ambien, TA4(°C) = 29  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 45.3049  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 61.2351  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO4(°C) = 48.1926  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 26.3464  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 103.539

Nilai faktor beban, K5 = 1.1  
 Nilai temp Ambien, TA5(°C) = 29  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 48.1926  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 61.2351  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO5(°C) = 50.5568  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 26.3464  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 105.9032

Nilai faktor beban, K6 = 1.98  
 Nilai temp Ambien, TA6(°C) = 26  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 50.5568  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 160.3186  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO6(°C) = 70.4532  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 67.4772  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 163.9304

Nilai faktor beban, K7 = 1.98  
 Nilai temp Ambien, TA7(°C) = 26  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 70.4532  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 160.3186  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO7(°C) = 86.7431  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 67.4772  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 180.2202

Nilai faktor beban, K8 = 1.3  
 Nilai temp Ambien, TA8(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 86.7431  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 79.6287  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO8(°C) = 85.4535  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 34.4193  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 144.8727

Nilai faktor beban, K9 = 1.3  
 Nilai temp Ambien, TA9(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 85.4535  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 79.6287  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO9(°C) = 84.3976  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 34.4193  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 143.8169

Nilai faktor beban, K10 = 1.1  
 Nilai temp Ambien, TA10(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 84.3976  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 61.2351  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO10(°C) = 80.199  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 26.3464  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 131.5453

-----  
 Hitung Temperatur Akhir Hot-Spot (BDL)  
 pd perubahan beban IBT-1-S  
 -----

Nilai temp Ambien, TA(°C) = 32.4  
 Nilai temp Top Oil acuan, TOa(°C) = 72  
 Nilai faktor beban, K = 0.8  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 39.6  
 Nilai Rasio, R = 4.8448  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 38.5259  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO(°C) = 39.4053  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 15.8284  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 87.6337

Nilai faktor beban, K1 = 0.9  
 Nilai temp Ambien, TA1(°C) = 32.4  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 39.4053  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 45.4247  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO1(°C) = 40.4964

Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 19.1109  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 92.0073

Nilai faktor beban, K2 = 1.45  
 Nilai temp Ambien, TA2(°C) = 32  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 40.4964  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 95.0598  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO2(°C) = 50.3871  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 40.9903  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 123.3774

Nilai faktor beban, K3 = 1.45  
 Nilai temp Ambien, TA3(°C) = 32  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 50.3871  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 95.0598  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO3(°C) = 58.4849  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 40.9903  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 131.4752

Nilai faktor beban,  $K4 = 1.45$   
 Nilai temp Ambien,  $TA4(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 58.4849$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 95.0598$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO4(^{\circ}C) = 65.1148$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 40.9903$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 135.1051$

Nilai faktor beban,  $K5 = 1.45$   
 Nilai temp Ambien,  $TA5(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 65.1148$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 95.0598$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO5(^{\circ}C) = 70.5429$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 40.9903$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 140.5333$

Nilai faktor beban,  $K6 = 0.93$   
 Nilai temp Ambien,  $TA6(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 70.5429$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 47.6271$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO6(^{\circ}C) = 66.389$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 20.1403$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 112.5293$

Nilai faktor beban,  $K7 = 0.93$   
 Nilai temp Ambien,  $TA7(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 66.389$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 47.6271$

-----  
 Hitung Temperatur Akhir Hot-Spot (BDS)  
 pd perubahan beban IBT-1-R  
 -----

Nilai temp Ambien,  $TA(^{\circ}C) = 32.4$   
 Nilai temp Top Oil acuan,  $TOa(^{\circ}C) = 68$   
 Nilai faktor beban,  $K = 0.9$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 35.6$   
 Nilai Rasio,  $R = 4.8073$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 45.4349$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO(^{\circ}C) = 37.3828$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 24.273$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 94.0558$

Nilai faktor beban,  $K1 = 0.9$   
 Nilai temp Ambien,  $TA1(^{\circ}C) = 32.4$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 37.3828$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 45.4349$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO1(^{\circ}C) = 38.8424$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 24.273$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 95.5154$

Nilai faktor beban,  $K2 = 1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA2(^{\circ}C) = 32$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 38.8424$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 53$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO2(^{\circ}C) = 41.4087$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 28.73$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 102.1387$

Nilai faktor beban,  $K3 = 1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA3(^{\circ}C) = 32$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 41.4087$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 53$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO3(^{\circ}C) = 43.5099$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 28.73$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 104.2399$

Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO7(^{\circ}C) = 62.988$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 20.1403$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 109.1283$

Nilai faktor beban,  $K8 = 0.89$   
 Nilai temp Ambien,  $TA8(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 62.988$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 44.7041$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO8(^{\circ}C) = 59.6737$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.7723$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 103.446$

Nilai faktor beban,  $K9 = 0.89$   
 Nilai temp Ambien,  $TA9(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 59.6737$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 44.7041$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO9(^{\circ}C) = 56.9602$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.7723$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 100.7325$

Nilai faktor beban,  $K10 = 0.87$   
 Nilai temp Ambien,  $TA10(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 56.9602$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 43.2832$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO10(^{\circ}C) = 54.481$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.1019$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 97.5828$

-----  
 Nilai faktor beban,  $K4 = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA4(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 43.5099$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 61.2242$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO4(^{\circ}C) = 46.7209$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 33.4629$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 109.1839$

Nilai faktor beban,  $K5 = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA5(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 46.7209$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 61.2242$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO5(^{\circ}C) = 49.3499$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 33.4629$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 111.8129$

Nilai faktor beban,  $K6 = 1.83$   
 Nilai temp Ambien,  $TA6(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 49.3499$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 140.0801$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO6(^{\circ}C) = 65.7965$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 75.554$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 167.3505$

Nilai faktor beban,  $K7 = 1.83$   
 Nilai temp Ambien,  $TA7(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 65.7965$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 140.0801$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO7(^{\circ}C) = 79.2618$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 75.554$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 180.8158$

Nilai faktor beban,  $K8 = 1.3$   
 Nilai temp Ambien,  $TA8(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 79.2618$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 79.594$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO8(^{\circ}C) = 79.322$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 43.7165$

Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 148.0385

Nilai faktor beban, K9 = 1.3  
 Nilai temp Ambien, TA9(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 79.322  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 79.594  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO9(°C) = 79.3713  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 43.7165  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 148.0878

Nilai faktor beban, K10 = 1.1  
 Nilai temp Ambien, TA10(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 79.3713  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 61.2242  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO10(°C) = 76.0818  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 33.4629  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 134.5447  
 Nilai temp Ambien, TA(°C) = 25.6  
 Nilai temp Top Oil acuan, TOa(°C) = 101.08  
 Nilai faktor beban, K = 0.86  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 75.48  
 Nilai Rasio, R = 4.8073  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 42.5971  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO(°C) = 69.5193  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 22.5701  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 117.6894

-----  
 Hitung Temperatur Akhir Hot-Spot (BDL)  
 pd perubahan beban IBT-1-R  
 -----

Nilai temp Ambien, TA(°C) = 32.4  
 Nilai temp Top Oil acuan, TOa(°C) = 68  
 Nilai faktor beban, K = 0.8  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 35.6  
 Nilai Rasio, R = 4.8073  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 38.5456  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO(°C) = 36.1339  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 20.1039  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 88.6378

Nilai faktor beban, K1 = 0.9  
 Nilai temp Ambien, TA1(°C) = 32.4  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 36.1339  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 45.4349  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO1(°C) = 37.8199  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 24.273  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 94.4929

Nilai faktor beban, K2 = 1.36  
 Nilai temp Ambien, TA2(°C) = 32  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 37.8199  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 85.593  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO2(°C) = 46.4797  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 46.9892  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 125.4689

Nilai faktor beban, K3 = 1.36  
 Nilai temp Ambien, TA3(°C) = 32  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 46.4797  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 85.593  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO3(°C) = 53.5697  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 46.9892  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 132.5589

Nilai faktor beban, K4 = 1.36  
 Nilai temp Ambien, TA4(°C) = 29

Nilai faktor beban, K1 = 0.75  
 Nilai temp Ambien, TA1(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 69.5193  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 35.3602  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO1(°C) = 63.3273  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 18.1315  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 106.9588

Nilai faktor beban, K2 = 0.72  
 Nilai temp Ambien, TA2(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 63.3273  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 33.5334  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO2(°C) = 57.9266  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 16.9851  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 100.4117

Nilai faktor beban, K3 = 0.72  
 Nilai temp Ambien, TA3(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 57.9266  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 33.5334  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO3(°C) = 53.5049  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 16.9851  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 95.99

-----  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 53.5697  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 85.593  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO4(°C) = 59.3746  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 46.9892  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 135.3637

Nilai faktor beban, K5 = 1.36  
 Nilai temp Ambien, TA5(°C) = 29  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 59.3746  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 85.593  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO5(°C) = 64.1272  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 46.9892  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 140.1163

Nilai faktor beban, K6 = 0.93  
 Nilai temp Ambien, TA6(°C) = 26  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 64.1272  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 47.6343  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO6(°C) = 61.1375  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 25.5805  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 112.718

Nilai faktor beban, K7 = 0.93  
 Nilai temp Ambien, TA7(°C) = 26  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 61.1375  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 47.6343  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO7(°C) = 58.6898  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 25.5805  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 110.2702

Nilai faktor beban, K8 = 0.89  
 Nilai temp Ambien, TA8(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 58.6898  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 44.7153  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO8(°C) = 56.1566  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 23.8429  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 104.9996

Nilai faktor beban, K9 = 0.89  
 Nilai temp Ambien, TA9(°C) = 25

Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 56.1566$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 44.7153$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_9(^{\circ}C) = 54.0827$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 23.8429$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 102.9256$

Nilai faktor beban,  $K_{10} = 0.87$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_{10}(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 54.0827$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 43.2963$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_{10}(^{\circ}C) = 52.1274$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 22.9915$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 100.1189$

Nilai temp Ambien,  $TA(^{\circ}C) = 25.6$   
 Nilai temp Top Oil acuan,  $TO_a(^{\circ}C) = 77.1274$   
 Nilai faktor beban,  $K = 0.86$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 51.5274$   
 Nilai Rasio,  $R = 4.8073$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 42.5971$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO(^{\circ}C) = 49.9086$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 22.5701$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 98.0787$

Nilai faktor beban,  $K_1 = 0.86$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_1(^{\circ}C) = 25.6$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 49.9086$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 42.5971$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_1(^{\circ}C) = 48.5833$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 22.5701$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 96.7533$

Nilai faktor beban,  $K_2 = 0.75$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_2(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 48.5833$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 35.3602$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_2(^{\circ}C) = 46.1863$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.1315$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 89.8178$

-----  
 Hitung Temperatur Akhir Hot-Spot (BDL)  
 pd perubahan beban IBT-1-T  
 -----

Nilai temp Ambien,  $TA(^{\circ}C) = 32.4$   
 Nilai temp Top Oil acuan,  $TO_a(^{\circ}C) = 70.5$   
 Nilai faktor beban,  $K = 0.8$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 38.1$   
 Nilai Rasio,  $R = 4.6051$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 38.6561$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO(^{\circ}C) = 38.2008$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 15.8284$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 86.4292$

Nilai faktor beban,  $K_1 = 0.9$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_1(^{\circ}C) = 32.4$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 38.2008$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 45.4922$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_1(^{\circ}C) = 39.5225$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 19.1109$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 91.0334$

Nilai faktor beban,  $K_3 = 0.75$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_3(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 46.1863$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 35.3602$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_3(^{\circ}C) = 44.2239$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.1315$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 87.8554$

Nilai faktor beban,  $K_4 = 0.72$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_4(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 44.2239$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 33.5334$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_4(^{\circ}C) = 42.286$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 16.9851$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 84.7711$

Nilai faktor beban,  $K_5 = 0.72$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_5(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 42.286$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 33.5334$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_5(^{\circ}C) = 40.6994$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 16.9851$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 83.1845$

Nilai faktor beban,  $K_6 = 0.72$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_6(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 40.6994$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 33.5334$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_6(^{\circ}C) = 39.4005$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 16.9851$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 81.8855$

Nilai faktor beban,  $K_7 = 0.72$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_7(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 39.4005$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 33.5334$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_7(^{\circ}C) = 38.3369$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 16.9851$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 80.822$

-----  
 Nilai faktor beban,  $K_2 = 1.46$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_2(^{\circ}C) = 32$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 39.5225$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 95.7677$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_2(^{\circ}C) = 49.718$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 41.4436$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 123.1616$

Nilai faktor beban,  $K_3 = 1.46$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_3(^{\circ}C) = 32$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 49.718$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 95.7677$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_3(^{\circ}C) = 58.0654$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 41.4436$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 131.509$

Nilai faktor beban,  $K_4 = 1.46$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_4(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 58.0654$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 95.7677$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_4(^{\circ}C) = 64.8997$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 41.4436$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 135.3433$

Nilai faktor beban,  $K_5 = 1.46$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_5(^{\circ}C) = 29$



Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 64.8997$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 95.7677$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_5(^{\circ}C) = 70.4951$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 41.4436$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 140.9387$

Nilai faktor beban,  $K_6 = 0.93$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_6(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 70.4951$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 47.6748$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_6(^{\circ}C) = 66.3585$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 20.1403$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 112.4988$

Nilai faktor beban,  $K_7 = 0.93$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_7(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 66.3585$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 47.6748$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_7(^{\circ}C) = 62.9717$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 20.1403$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 109.112$

Nilai faktor beban,  $K_8 = 0.89$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_8(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 62.9717$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 44.778$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_8(^{\circ}C) = 59.6738$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.7723$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 103.446$

Nilai faktor beban,  $K_9 = 0.89$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_9(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 59.6738$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 44.778$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_9(^{\circ}C) = 56.9736$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.7723$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 100.7459$

Nilai faktor beban,  $K_{10} = 0.87$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_{10}(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 56.9736$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 43.37$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_{10}(^{\circ}C) = 54.5077$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.1019$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 97.6096$

Nilai temp Ambien,  $TA(^{\circ}C) = 25$   
 Nilai temp Top Oil acuan,  $TO_a(^{\circ}C) = 79.5$   
 Nilai faktor beban,  $K = 0.87$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 54.5$   
 Nilai Rasio,  $R = 4.6051$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 43.37$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO(^{\circ}C) = 52.4825$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.1019$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 95.5843$

Nilai faktor beban,  $K_1 = 0.86$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_1(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 52.4825$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 42.6761$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_1(^{\circ}C) = 50.7049$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 17.7701$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 93.475$

Nilai faktor beban,  $K_2 = 0.86$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_2(^{\circ}C) = 25.6$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 50.7049$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 42.6761$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_2(^{\circ}C) = 49.2495$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 17.7701$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 92.6196$

Nilai faktor beban,  $K_3 = 0.75$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_3(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 49.2495$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 35.4957$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_3(^{\circ}C) = 46.7564$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 14.2755$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 86.5319$

Nilai faktor beban,  $K_4 = 0.75$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_4(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 46.7564$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 35.4957$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_4(^{\circ}C) = 44.7152$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 14.2755$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 84.4906$

Nilai faktor beban,  $K_5 = 0.72$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_5(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 44.7152$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 33.6835$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_5(^{\circ}C) = 42.7155$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 13.3729$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 81.5883$

Nilai faktor beban,  $K_6 = 0.72$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_6(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 42.7155$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 33.6835$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_6(^{\circ}C) = 41.0783$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 13.3729$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 79.9511$

Nilai faktor beban,  $K_7 = 0.72$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_7(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 41.0783$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 33.6835$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_7(^{\circ}C) = 39.7378$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 13.3729$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 78.6107$

-----  
 Hitung Temperatur Akhir Hot-Spot (BDS)  
 pd perubahan beban IBT-1-T  
 -----

Nilai temp Ambien,  $TA(^{\circ}C) = 32.4$   
 Nilai temp Top Oil acuan,  $TO_a(^{\circ}C) = 70.5$   
 Nilai faktor beban,  $K = 0.9$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 38.1$

Nilai Rasio,  $R = 4.6051$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 45.4922$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO(^{\circ}C) = 39.44$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 19.1109$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 90.9509$

Nilai faktor beban,  $K_1 = 0.9$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_1(^{\circ}C) = 32.4$

Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 39.44$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 45.4922$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO1(^{\circ}C) = 40.5371$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 19.1109$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 92.0479$

Nilai faktor beban,  $K_2 = 1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_2(^{\circ}C) = 32$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 40.5371$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 53$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_2(^{\circ}C) = 42.7962$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 22.62$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 97.4162$

Nilai faktor beban,  $K_3 = 1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_3(^{\circ}C) = 32$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 42.7962$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 53$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_3(^{\circ}C) = 44.6458$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 22.62$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 99.2658$

Nilai faktor beban,  $K_4 = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_4(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 44.6458$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 61.163$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_4(^{\circ}C) = 47.6399$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 26.3464$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 102.9863$

Nilai faktor beban,  $K_5 = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_5(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 47.6399$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 61.163$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_5(^{\circ}C) = 50.0912$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 26.3464$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 105.4376$

Nilai faktor beban,  $K_6 = 1.99$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_6(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 50.0912$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 160.7931$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_6(^{\circ}C) = 70.1581$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 68.0233$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 164.1813$

Nilai faktor beban,  $K_7 = 1.99$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_7(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 70.1581$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 160.7931$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_7(^{\circ}C) = 86.5874$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 68.0233$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 180.6107$

Nilai faktor beban,  $K_8 = 1.3$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_8(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 86.5874$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 79.3985$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_8(^{\circ}C) = 85.2843$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 34.4193$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 144.7036$

Nilai faktor beban,  $K_9 = 1.3$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_9(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 85.2843$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 79.3985$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_9(^{\circ}C) = 84.2174$

Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 34.4193$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 143.6367$

Nilai faktor beban,  $K_{10} = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_{10}(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 84.2174$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 61.163$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_{10}(^{\circ}C) = 80.0383$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 26.3464$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 131.3847$

pilihan anda (1-4) -> 6

Lanjutan :  
 Nilai temp Ambien,  $TA(^{\circ}C) = 25.6$   
 Nilai temp Top Oil acuan,  $TO_a(^{\circ}C) = 105.0383$   
 Nilai faktor beban,  $K = 0.86$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 79.4383$   
 Nilai Rasio,  $R = 4.6051$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 42.6761$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO(^{\circ}C) = 72.7744$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 17.7701$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 116.1446$

Nilai faktor beban,  $K_1 = 0.86$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_1(^{\circ}C) = 25.6$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 72.7744$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 42.6761$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_1(^{\circ}C) = 67.3185$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 17.7701$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 110.6887$

Nilai faktor beban,  $K_2 = 0.75$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_2(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 67.3185$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 35.4957$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_2(^{\circ}C) = 61.55$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 14.2755$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 101.3255$

Nilai faktor beban,  $K_3 = 0.75$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_3(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 61.55$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 35.4957$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_3(^{\circ}C) = 56.8272$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 14.2755$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 96.6027$

Nilai faktor beban,  $K_4 = 0.72$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_4(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 56.8272$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 33.6835$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_4(^{\circ}C) = 52.632$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 13.3729$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 91.5048$

Nilai faktor beban,  $K_5 = 0.72$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_5(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 52.632$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 33.6835$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_5(^{\circ}C) = 49.1972$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 13.3729$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 88.0701$

Nilai faktor beban,  $K_6 = 0.72$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_6(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 49.1972$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 33.6835$

Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_6(^{\circ}C) = 46.385$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 13.3729$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 85.2579$

Nilai faktor beban,  $K_7 = 0.72$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_7(^{\circ}C) = 25.5$

Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 46.385$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 33.6835$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_7(^{\circ}C) = 44.0826$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 13.3729$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 82.9555$

-----  
 Hitung Temperatur Akhir Hot-Spot (BDS)  
 pd perubahan beban IBT-2-T  
 -----

Nilai temp Ambien,  $TA_1(^{\circ}C) = 32$   
 Nilai temp Top Oil acuan,  $TO_a(^{\circ}C) = 75$   
 Nilai faktor beban,  $K = 0.9$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 43$   
 Nilai Rasio,  $R = 4.9102$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 45.4073$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO(^{\circ}C) = 43.4364$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 19.1109$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 94.5472$

Nilai faktor beban,  $K_1 = 0.9$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_1(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 43.4364$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 45.4073$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_1(^{\circ}C) = 43.7936$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 19.1109$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 91.9045$

Nilai faktor beban,  $K_2 = 1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_2(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 43.7936$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 53$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_2(^{\circ}C) = 45.4625$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 22.62$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 97.0825$

Nilai faktor beban,  $K_3 = 1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_3(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 45.4625$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 53$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_3(^{\circ}C) = 46.8288$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 22.62$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 95.4488$

Nilai faktor beban,  $K_4 = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_4(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 46.8288$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 61.2538$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_4(^{\circ}C) = 49.4436$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 26.3464$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 101.79$

Nilai faktor beban,  $K_5 = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_5(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 49.4436$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 61.2538$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_5(^{\circ}C) = 51.5844$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 26.3464$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 102.9308$

Nilai faktor beban,  $K_6 = 1.982$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_6(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 51.5844$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 160.8294$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_6(^{\circ}C) = 71.3872$

Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 67.5863$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 163.9734$

Nilai faktor beban,  $K_7 = 1.982$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_7(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 71.3872$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 160.8294$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_7(^{\circ}C) = 87.6003$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 67.5863$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 180.1866$

Nilai faktor beban,  $K_8 = 1.3$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_8(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 87.6003$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 79.6883$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_8(^{\circ}C) = 86.1661$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 34.4193$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 145.5854$

Nilai faktor beban,  $K_9 = 1.3$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_9(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 86.1661$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 79.6883$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_9(^{\circ}C) = 84.9919$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 34.4193$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 144.4111$

Nilai faktor beban,  $K_{10} = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_{10}(^{\circ}C) = 25.6$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 84.9919$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 61.2538$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_{10}(^{\circ}C) = 80.6889$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 26.3464$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 132.6352$

Lanjutan

Nilai temp Ambien,  $TA(^{\circ}C) = 25.5$   
 Nilai temp Top Oil acuan,  $TO_a(^{\circ}C) = 106.2889$   
 Nilai faktor beban,  $K = 0.87$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 80.7889$   
 Nilai Rasio,  $R = 4.9102$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 43.2608$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO(^{\circ}C) = 73.9862$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.1019$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 117.5881$

Nilai faktor beban,  $K_1 = 0.8$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_1(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 73.9862$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 38.4922$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_1(^{\circ}C) = 67.5522$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 15.8284$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 108.8806$

Nilai faktor beban,  $K_2 = 0.8$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_2(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 67.5522$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 38.4922$

Kenaikan Temperatur Top Oil, TO2(°C) = 62.2846  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 15.8284  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 103.6129

Nilai faktor beban, K3 = 0.73  
 Nilai temp Ambien, TA3(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 62.2846  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 34.0651  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO3(°C) = 57.1692  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 13.6713

Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 96.3405

Nilai faktor beban, K4 = 0.73  
 Nilai temp Ambien, TA4(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 57.1692  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 34.0651  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO4(°C) = 52.9812  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 13.6713  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 92.1524

-----  
 Hitung Temperatur Akhir Hot-Spot (BDL)  
 pd perubahan beban IBT-2-T  
 -----

Nilai temp Ambien, TA(°C) = 32  
 Nilai temp Top Oil acuan, TOa(°C) = 75  
 Nilai faktor beban, K = 0.8  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 43  
 Nilai Rasio, R = 4.9102  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 38.4922  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO(°C) = 42.1829  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 15.8284  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 90.0113

Nilai faktor beban, K1 = 0.9  
 Nilai temp Ambien, TA1(°C) = 29  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 42.1829  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 45.4073  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO1(°C) = 42.7674  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 19.1109  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 90.8782

Nilai faktor beban, K2 = 1.48  
 Nilai temp Ambien, TA2(°C) = 29  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 42.7674  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 98.4111  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO2(°C) = 52.8539  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 42.3556  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 124.2095

Nilai faktor beban, K3 = 1.48  
 Nilai temp Ambien, TA3(°C) = 26  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 52.8539  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 98.4111  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO3(°C) = 61.112  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 42.3556  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 129.4676

Nilai faktor beban, K4 = 1.48  
 Nilai temp Ambien, TA4(°C) = 26  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 61.112  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 98.4111  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO4(°C) = 67.8732  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 42.3556  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 136.2288

Nilai faktor beban, K5 = 1.48  
 Nilai temp Ambien, TA5(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 67.8732  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 98.4111  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO5(°C) = 73.4088  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 42.3556  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 140.7644

Nilai faktor beban, K6 = 0.93

Nilai temp Ambien, TA6(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 73.4088  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 47.6147  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO6(°C) = 68.7331  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 20.1403  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 113.8734

Nilai faktor beban, K7 = 0.93  
 Nilai temp Ambien, TA7(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 68.7331  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 47.6147  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO7(°C) = 64.905  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 20.1403  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 110.0453

Nilai faktor beban, K8 = 0.89  
 Nilai temp Ambien, TA8(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 64.905  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 44.685  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO8(°C) = 61.2397  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 18.7723  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 105.012

Nilai faktor beban, K9 = 0.89  
 Nilai temp Ambien, TA9(°C) = 25.6  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 61.2397  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 44.685  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO9(°C) = 58.2389  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 18.7723  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 102.6111

Nilai faktor beban, K10 = 0.87  
 Nilai temp Ambien, TA10(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 58.2389  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 43.2608  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO10(°C) = 55.5238  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 18.1019  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 99.1257

Nilai temp Ambien, TA(°C) = 25.2  
 Nilai temp Top Oil acuan, TOa(°C) = 81.0238  
 Nilai faktor beban, K = 0.87  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 55.8238  
 Nilai Rasio, R = 4.9102  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 43.2608  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO(°C) = 53.5465  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 18.1019  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C) = 96.8484

Nilai faktor beban, K1 = 0.8  
 Nilai temp Ambien, TA1(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 53.5465  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 38.4922  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO1(°C) = 50.8176  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C) = 15.8284

Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 92.146

Nilai faktor beban, K2 = 0.8  
 Nilai temp Ambien, TA2(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 50.8176  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 38.4922  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO2(°C) = 48.5834  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 15.8284  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 89.9118

Nilai faktor beban, K3 = 0.75  
 Nilai temp Ambien, TA3(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 48.5834

Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 35.2947  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO3(°C) = 46.1746  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 14.2755  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 85.9501

Nilai faktor beban, K4 = 0.75  
 Nilai temp Ambien, TA4(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 46.1746  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 35.2947  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO4(°C) = 44.2024  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 14.2755  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 83.9779

Hitung Temperatur Akhir Hot-Spot (BDL)  
 pd perubahan beban IBT-2-S

Nilai temp Ambien, TA(°C) = 32  
 Nilai temp Top Oil acuan, TOa(°C) = 72  
 Nilai faktor beban, K = 0.8  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 40  
 Nilai Rasio, R = 4.9102  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 38.4922  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO(°C) = 39.7267  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 15.8284  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 87.5551

Nilai faktor beban, K1 = 0.9  
 Nilai temp Ambien, TA1(°C) = 29  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 39.7267  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 45.4073  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO1(°C) = 40.7564  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 19.1109  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 88.8673

Nilai faktor beban, K2 = 1.49  
 Nilai temp Ambien, TA2(°C) = 29  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 40.7564  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 99.5092  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO2(°C) = 51.4065  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 42.8145  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 123.221

Nilai faktor beban, K3 = 1.49  
 Nilai temp Ambien, TA3(°C) = 26  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 51.4065  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 99.5092  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO3(°C) = 60.126  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 42.8145  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 128.9405

Nilai faktor beban, K4 = 1.49  
 Nilai temp Ambien, TA4(°C) = 26  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 60.126  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 99.5092  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO4(°C) = 67.265  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 42.8145  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 136.0795

Nilai faktor beban, K5 = 1.49  
 Nilai temp Ambien, TA5(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 67.265  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 99.5092  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO5(°C) = 73.1099  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 42.8145

Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 140.9243

Nilai faktor beban, K6 = 0.93  
 Nilai temp Ambien, TA6(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 73.1099  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 47.6147  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO6(°C) = 68.4884  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 20.1403  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 113.6287

Nilai faktor beban, K7 = 0.93  
 Nilai temp Ambien, TA7(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 68.4884  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 47.6147  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO7(°C) = 64.7046  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 20.1403  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 109.8449

Nilai faktor beban, K8 = 0.89  
 Nilai temp Ambien, TA8(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 64.7046  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 44.685  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO8(°C) = 61.0757  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 18.7723  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 104.8479

Nilai faktor beban, K9 = 0.89  
 Nilai temp Ambien, TA9(°C) = 25.6  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 61.0757  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 44.685  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO9(°C) = 58.1046  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 18.7723  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 102.4768

Nilai faktor beban, K10 = 0.87  
 Nilai temp Ambien, TA10(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 58.1046  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 43.2608  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO10(°C) = 55.4138  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 18.1019  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 99.0157

Lanjutan

Nilai temp Ambien, TA(°C) = 25.5  
 Nilai temp Top Oil acuan, TOa(°C) = 80.9138  
 Nilai faktor beban, K = 0.87  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 55.4138  
 Nilai Rasio, R = 4.9102  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 43.2608  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO(°C) = 53.2108  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 18.1019  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 96.8127

Nilai faktor beban,  $K1 = 0.8$   
 Nilai temp Ambien,  $TA1(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 53.2108$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 38.4922$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO1(^{\circ}C) = 50.5428$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 15.8284$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 91.8712$

Nilai faktor beban,  $K2 = 0.8$   
 Nilai temp Ambien,  $TA2(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 50.5428$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 38.4922$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO2(^{\circ}C) = 48.3584$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 15.8284$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 89.6868$

-----  
 Hitung Temperatur Akhir Hot-Spot (BDS)  
 pd perubahan beban IBT-2-S  
 -----

Nilai temp Ambien,  $TA(^{\circ}C) = 32$   
 Nilai temp Top Oil acuan,  $TOa(^{\circ}C) = 72$   
 Nilai faktor beban,  $K = 0.9$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 40$   
 Nilai Rasio,  $R = 4.9102$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 45.4073$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO(^{\circ}C) = 40.9802$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 19.1109$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 92.091$

Nilai faktor beban,  $K1 = 0.9$   
 Nilai temp Ambien,  $TA1(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 40.9802$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 45.4073$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO1(^{\circ}C) = 41.7827$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 19.1109$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 89.8935$

Nilai faktor beban,  $K2 = 1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA2(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 41.7827$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 53$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO2(^{\circ}C) = 43.816$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 22.62$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 95.436$

Nilai faktor beban,  $K3 = 1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA3(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 43.816$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 53$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO3(^{\circ}C) = 45.4808$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 22.62$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 94.1008$

Nilai faktor beban,  $K4 = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA4(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 45.4808$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 61.2538$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO4(^{\circ}C) = 48.34$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 26.3464$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 100.6863$

Nilai faktor beban,  $K5 = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA5(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 48.34$

Nilai faktor beban,  $K3 = 0.75$   
 Nilai temp Ambien,  $TA3(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 48.3584$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 35.2947$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO3(^{\circ}C) = 45.9904$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 14.2755$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 85.7658$

Nilai faktor beban,  $K4 = 0.75$   
 Nilai temp Ambien,  $TA4(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 45.9904$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 35.2947$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO4(^{\circ}C) = 44.0516$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 14.2755$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 83.827$

-----  
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 61.2538$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO5(^{\circ}C) = 50.6808$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 26.3464$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 102.0272$

Nilai faktor beban,  $K6 = 1.99$   
 Nilai temp Ambien,  $TA6(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 50.6808$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 161.9421$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO6(^{\circ}C) = 70.8491$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 68.0233$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 163.8724$

Nilai faktor beban,  $K7 = 1.99$   
 Nilai temp Ambien,  $TA7(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 70.8491$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 161.9421$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO7(^{\circ}C) = 87.3614$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 68.0233$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 180.3847$

Nilai faktor beban,  $K8 = 1.3$   
 Nilai temp Ambien,  $TA8(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 87.3614$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 79.6883$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO8(^{\circ}C) = 85.9705$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 34.4193$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 145.3898$

Nilai faktor beban,  $K9 = 1.3$   
 Nilai temp Ambien,  $TA9(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 85.9705$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 79.6883$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO9(^{\circ}C) = 84.8317$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 34.4193$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 144.251$

Nilai faktor beban,  $K10 = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA10(^{\circ}C) = 25.6$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 84.8317$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 61.2538$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO10(^{\circ}C) = 80.5578$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 26.3464$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 132.5042$

Nilai temp Ambien,  $TA(^{\circ}C) = 25.5$   
 Nilai temp Top Oil acuan,  $TOa(^{\circ}C) = 106.1578$   
 Nilai faktor beban,  $K = 0.87$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 80.6578$

Nilai Rasio,  $R = 4.9102$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 43.2608$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO(^{\circ}C) = 73.8789$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.1019$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 117.4807$

Nilai faktor beban,  $K1 = 0.87$   
 Nilai temp Ambien,  $TA1(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 73.8789$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 43.2608$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO1(^{\circ}C) = 68.3288$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.1019$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 111.9306$

Nilai faktor beban,  $K2 = 0.8$   
 Nilai temp Ambien,  $TA2(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 68.3288$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 38.4922$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO2(^{\circ}C) = 62.9203$

-----  
 Hitung Temperatur Akhir Hot-Spot (BDS)  
 pd perubahan beban IBT-2-R  
 -----

Nilai temp Ambien,  $TA(^{\circ}C) = 32$   
 Nilai temp Top Oil acuan,  $TOa(^{\circ}C) = 80$   
 Nilai faktor beban,  $K = 0.9$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 48$   
 Nilai Rasio,  $R = 4.9102$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 45.4073$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO(^{\circ}C) = 47.53$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 19.1109$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 98.6409$

Nilai faktor beban,  $K1 = 0.9$   
 Nilai temp Ambien,  $TA1(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 47.53$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 45.4073$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO1(^{\circ}C) = 47.1452$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 19.1109$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 95.2561$

Nilai faktor beban,  $K2 = 1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA2(^{\circ}C) = 29$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 47.1452$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 53$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO2(^{\circ}C) = 48.2065$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 22.62$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 99.8265$

Nilai faktor beban,  $K3 = 1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA3(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 48.2065$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 53$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO3(^{\circ}C) = 49.0754$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 22.62$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 97.6954$

Nilai faktor beban,  $K4 = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA4(^{\circ}C) = 26$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 49.0754$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 61.2538$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO4(^{\circ}C) = 51.283$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 26.3464$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 103.6294$

Nilai faktor beban,  $K5 = 1.1$

Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 15.8284$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 104.2487$

Nilai faktor beban,  $K3 = 0.73$   
 Nilai temp Ambien,  $TA3(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 62.9203$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 34.0651$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO3(^{\circ}C) = 57.6897$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 13.6713$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 96.861$

Nilai faktor beban,  $K4 = 0.73$   
 Nilai temp Ambien,  $TA4(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 57.6897$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 34.0651$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO4(^{\circ}C) = 53.4073$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 13.6713$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 92.5786$

-----  
 Nilai temp Ambien,  $TA5(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 51.283$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 61.2538$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO5(^{\circ}C) = 53.0904$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 26.3464$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 104.4368$

Nilai faktor beban,  $K6 = 1.98$   
 Nilai temp Ambien,  $TA6(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 53.0904$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 160.5518$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO6(^{\circ}C) = 72.5698$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 67.4772$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 165.047$

Nilai faktor beban,  $K7 = 1.98$   
 Nilai temp Ambien,  $TA7(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 72.5698$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 160.5518$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO7(^{\circ}C) = 88.5183$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 67.4772$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 180.9954$

Nilai faktor beban,  $K8 = 1.3$   
 Nilai temp Ambien,  $TA8(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 88.5183$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 79.6883$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO8(^{\circ}C) = 86.9176$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 34.4193$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 146.3369$

Nilai faktor beban,  $K9 = 1.3$   
 Nilai temp Ambien,  $TA9(^{\circ}C) = 25$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 86.9176$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 79.6883$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO9(^{\circ}C) = 85.6072$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 34.4193$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 145.0265$

Nilai faktor beban,  $K10 = 1.1$   
 Nilai temp Ambien,  $TA10(^{\circ}C) = 25.6$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TOi(^{\circ}C) = 85.6072$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TOu(^{\circ}C) = 61.2538$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO10(^{\circ}C) = 81.1927$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 26.3464$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 133.139$

lanjutan

Nilai temp Ambien, TA(°C) = 25.5  
 Nilai temp Top Oil acuan, TOa(°C) = 106.7927  
 Nilai faktor beban, K = 0.87  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 81.2927  
 Nilai Rasio, R = 4.9102  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 43.2608  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO(°C) = 74.3987  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 18.1019  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 118.0006

Nilai faktor beban, K1 = 0.8  
 Nilai temp Ambien, TA1(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 74.3987  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 38.4922  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO1(°C) = 67.8899  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 15.8284  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 109.2183

Nilai faktor beban, K2 = 0.8  
 Nilai temp Ambien, TA2(°C) = 25.5

-----  
 Hitung Temperatur Akhir Hot-Spot (BDL)  
 pd perubahan beban IBT-2-R  
 -----

Nilai temp Ambien, TA(°C) = 32  
 Nilai temp Top Oil acuan, TOa(°C) = 80  
 Nilai faktor beban, K = 0.8  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 48  
 Nilai Rasio, R = 4.9102  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 38.4922  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO(°C) = 46.2765  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 15.8284  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 94.1049

Nilai faktor beban, K1 = 0.9  
 Nilai temp Ambien, TA1(°C) = 29  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 46.2765  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 45.4073  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO1(°C) = 46.119  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 19.1109  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 94.2298

Nilai faktor beban, K2 = 1.46  
 Nilai temp Ambien, TA2(°C) = 29  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 46.119  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 96.2331  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO2(°C) = 55.2031  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 41.4436  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 125.6467

Nilai faktor beban, K3 = 1.46  
 Nilai temp Ambien, TA3(°C) = 26  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 55.2031  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 96.2331  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO3(°C) = 62.6406  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 41.4436  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 130.0841

Nilai faktor beban, K4 = 1.46  
 Nilai temp Ambien, TA4(°C) = 26  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 62.6406  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 96.2331  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO4(°C) = 68.7299  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 41.4436

Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 67.8899  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 38.4922  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO2(°C) = 62.561  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 15.8284  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 103.8894

Nilai faktor beban, K3 = 0.73  
 Nilai temp Ambien, TA3(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 62.561  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 34.0651  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO3(°C) = 57.3956  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 13.6713  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 96.5669

Nilai faktor beban, K4 = 0.73  
 Nilai temp Ambien, TA4(°C) = 25.5  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 57.3956  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 34.0651  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO4(°C) = 53.1665  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 13.6713  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 92.3378

-----  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 136.1734

Nilai faktor beban, K5 = 1.46  
 Nilai temp Ambien, TA5(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 68.7299  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 96.2331  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO5(°C) = 73.7153  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 41.4436  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 140.1589

Nilai faktor beban, K6 = 0.93  
 Nilai temp Ambien, TA6(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 73.7153  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 47.6147  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO6(°C) = 68.9841  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 20.1403  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 114.1244

Nilai faktor beban, K7 = 0.93  
 Nilai temp Ambien, TA7(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 68.9841  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 47.6147  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO7(°C) = 65.1105  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 20.1403  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 110.2508

Nilai faktor beban, K8 = 0.89  
 Nilai temp Ambien, TA8(°C) = 25  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 65.1105  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 44.685  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO8(°C) = 61.408  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 18.7723  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 105.1802

Nilai faktor beban, K9 = 0.89  
 Nilai temp Ambien, TA9(°C) = 25.6  
 Kenaikan temp Top Oil awal, TOi(°C) = 61.408  
 Kenaikan Top Oil tujuan, TOu(°C) = 44.685  
 Kenaikan Temperatur Top Oil, TO9(°C) = 58.3766  
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot, delta H(°C)= 18.7723  
 Temperatur Akhir Hot-Spot, HS(°C)= 102.7489

Nilai faktor beban, K10 = 0.87  
 Nilai temp Ambien, TA10(°C) = 25.5



Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 58.3766$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 43.2608$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_{10}(^{\circ}C) = 55.6366$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.1019$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 99.2384$

lanjutan

Nilai temp Ambien,  $TA(^{\circ}C) = 25.5$   
 Nilai temp Top Oil acuan,  $TO_a(^{\circ}C) = 81.1366$   
 Nilai faktor beban,  $K = 0.87$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 55.6366$   
 Nilai Rasio,  $R = 4.9102$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 43.2608$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO(^{\circ}C) = 53.3932$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 18.1019$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 96.9951$

Nilai faktor beban,  $K_1 = 0.8$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_1(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 53.3932$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 38.4922$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_1(^{\circ}C) = 50.6921$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 15.8284$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 92.0205$

Nilai faktor beban,  $K_2 = 0.8$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_2(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 50.6921$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 38.4922$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_2(^{\circ}C) = 48.4807$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 15.8284$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 89.8091$

Nilai faktor beban,  $K_3 = 0.75$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_3(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 48.4807$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 35.2947$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_3(^{\circ}C) = 46.0905$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 14.2755$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 85.8659$

Nilai faktor beban,  $K_4 = 0.75$   
 Nilai temp Ambien,  $TA_4(^{\circ}C) = 25.5$   
 Kenaikan temp Top Oil awal,  $TO_i(^{\circ}C) = 46.0905$   
 Kenaikan Top Oil tujuan,  $TO_u(^{\circ}C) = 35.2947$   
 Kenaikan Temperatur Top Oil,  $TO_4(^{\circ}C) = 44.1335$   
 Kenaikan Temperatur Hot-Spot,  $\Delta H(^{\circ}C) = 14.2755$   
 Temperatur Akhir Hot-Spot,  $HS(^{\circ}C) = 83.90$

