

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Trafo Arus^[1]

CT – merupakan trafo arus yang berfungsi untuk mengkonversi arus yang melewatinya dari level tinggi ke level rendah yang dapat dimanfaatkan untuk input alat metering maupun alat proteksi pada suatu jaringan sistim tenaga listrik.

Current Transformer merupakan komponen utama dalam sistim tenaga listrik, baik pada distribusi maupun pada pembangkitan. Dengan adanya current transformer, suatu peralatan ataupun jaringan dapat dimonitoring kondisinya melalui hasil pengukuan (metering) serta dapat dilindungi melalui proteksi apabila adanya gangguan yang menimbulkan arus yang sangat besar sebagai akibat short circuit (hubungan singkat) ataupun overload (kelebihan beban) dan lain sebagainya.

Dari hal diatas, pemanfaatan output dari current transformer dapat dibagi atas 2 hal, yaitu :

- Metering, output dari Current Transformer digunakan sebagai input pada alat ukur.
- Proteksi, output dari Current Transformer digunakan sebagai input untuk alat proteksi yang nantinya akan mentrigger alat proteksi untuk bekerja apabila ada gangguan.

2.2 Prinsip kerja CT (Current Tranformer)^[2]

Arus yang mengalir pada sistem distribusi tegangan menengah ataupun tegangan rendah berkisar ratusan hingga ribuan ampere. Oleh karena itu, belitan primer dari trafo arus terbuat dari batangan tembaga dengan dimensi yang relative besar agar mampu menahan arus yang mengalir secara terus-menerus disisi primer ataupun arus sesaat ketika terjadi kegagalan sistem. Karena terbuat dari batang

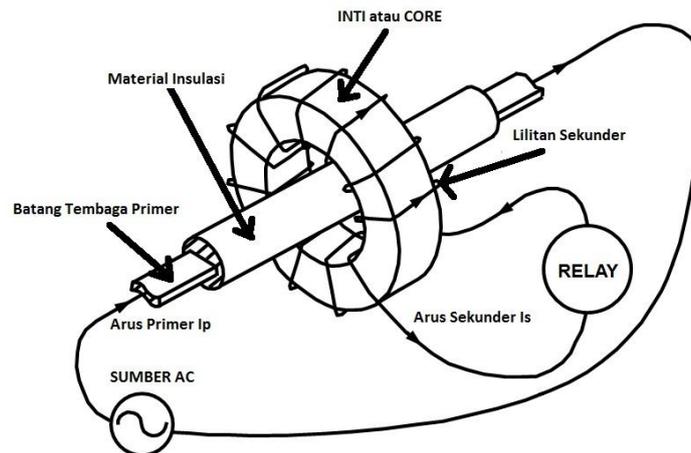
¹ PT. PLN (Persero).2014.*Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Arus*.

² MS.Bambang.2014. *Prinsip Kerja Trafo Arus*.<https://trafoinstrumen.wordpress.com/2014/06/21/prinsip-kerja-trafo-arus/>.30 Juni 2019



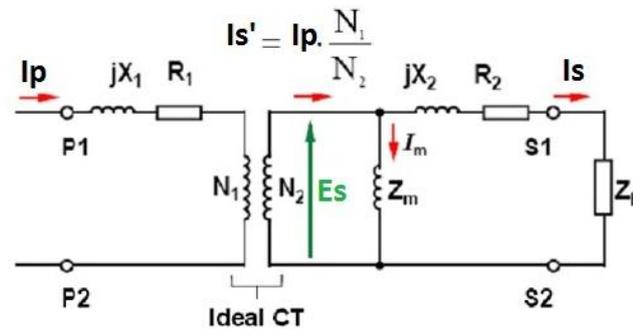
tembaga yang cukup besar dan maksimal 2 lilitan untuk rasio ganda, maka impedansi disisi primer bisa diabaikan karena terlalu kecil dibandingkan impedansi sistem.

Gambar dibawah ini adalah contoh sederhana dari trafo arus yang menggunakan batang tembaga lilitan tunggal sebagai belitan primer.



Gambar 2.1 Trafo arus dengan batang tembaga tunggal disisi primer

- Pada saat arus primer I_p mengalir pada lilitan primer, maka akan muncul medan magnet disekeliling lilitan primer tersebut.
- Medan magnet tersebut akan terkumpul lebih banyak pada inti atau core. Medan magnet yang berputar di dalam inti atau core menghasilkan perubahan flux primer dan memotong lilitan sekunder sehingga menginduksikan tegangan pada lilitan sekunder sesuai hukum faraday.
- Karena lilitan sekunder membentuk loop tertutup, maka akan mengalir arus sekunder I_s yang akan membangkitkan medan magnet untuk^[6] melawan flux magnet yang dihasilkan oleh belitan primer sesuai hukum lenz.



Gambar 2.2 Model diagram listrik Trafo Arus

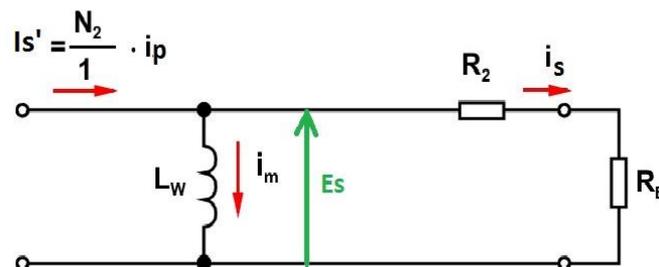
Dimana:

N_1 dan N_2 adalah jumlah lilitan primer.

Z_m adalah impedansi untuk magnetisasi.

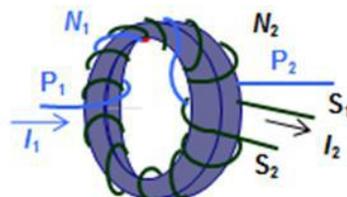
E_s adalah tegangan induksi pada sisi sekunder.

jX_1 dan jX_2 adalah reaktansi bocor di kedua sisi dari trafo. Karena nilainya kecil, maka bisa kita hilangkan dalam perhitungan.



Gambar 2.3 Model diagram listrik sederhana dari trafo arus^[6]

Dari gambar diatas terlihat bahwa arus sekunder I_s yang mengalir pada beban atau beban mengalami perubahan karena adanya arus eksitasi yang diperlukan untuk menjamin terlaksananya proses transformasi.



Gambar 2.4 Rangkaian pada CT^[3]

³ PT. PLN (Persero).2014.*Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Arus*.Hal 2



Untuk trafo yang dihubung singkat :

$$I_1 \cdot N_1 = I_2 \cdot N_2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Untuk trafo pada kondisi tidak berbeban:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

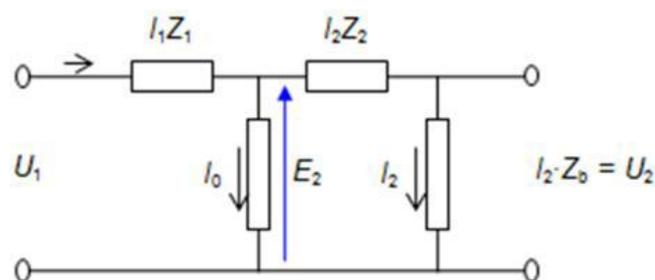
$$a = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots(2.3)$$

$I_1 > I_2$ sehingga $N_1 < N_2$

N_1 = Jumlah lilitan primer

N_2 = Jumlah lilitan sekunder

Rangkaian Ekivalen



Gambar 2.5 Ekivalen^[2]

Tegangan induksi pada sisi sekunder adalah :

$$V_2 = 4,44 \cdot B \cdot A \cdot f \cdot N_2 \text{ volt} \dots\dots\dots(2.4)$$

Tegangan jepit rangkaian sekunder adalah :

$$V_2 = I_2 \cdot (Z_2 + Z_b) \text{ volt} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Z_b = Z_{kawat} + Z_{inst} \text{ volt} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dalam aplikasinya harus dipenuhi $U_1 > U_2$

Dimana :

B = Kerapatan fluksi (tesla)

A = Luas penampang (m^2)

f = Frekuensi (Hz)

N_2 = Jumlah lilitan sekunder

U_1 = Tegangan sisi primer



U_1 = Tegangan sisi sekunder

Z_b = Impendansi/tahanan beban trafo arus

Z_{kawat} = Impendansi/tahanan kawat dari terminal CT ke instrument

Z_{inst} = Impendansi/tahanan internal instrumen, misalnya relay proteksi atau peralatan meter

2.3 Fungsi Trafo Arus^[4]

Fungsi dari trafo arus adalah:

- Mengkonversi besaran arus pada sistem tenaga listrik dari besaran primer menjadi besaran sekunder untuk keperluan pengukuran sistem metering dan proteksi^[2]
- Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer, sebagai pengamanan terhadap manusia atau operator yang melakukan pengukuran.
- Standarisasi besaran sekunder, untuk arus nominal 1 Amp dan 5 Amp

Secara fungsi trafo arus dibedakan menjadi dua yaitu:

a). Trafo arus pengukuran

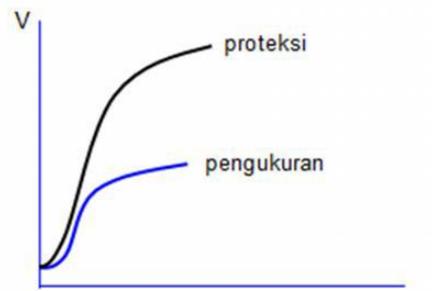
- Trafo arus pengukuran untuk metering memiliki ketelitian tinggi pada daerah kerja (daerah pengenalnya) 5% - 120% arus nominalnya tergantung dari kelasnya dan tingkat kejenuhan yang relatif rendah dibandingkan trafo arus untuk proteksi.
- Penggunaan trafo arus pengukuran untuk Amperemeter, Watt-meter, VARh-meter, dan $\cos \varphi$ meter.

b). Trafo arus proteksi

- Trafo arus untuk proteksi, memiliki ketelitian tinggi pada saat terjadi gangguan dimana arus yang mengalir beberapa kali dari arus pengenalnya dan tingkat kejenuhan cukup tinggi.
- Penggunaan trafo arus proteksi untuk relai arus lebih (OCR dan GFR), relai beban lebih, relai diferensial, relai daya dan relai jarak.

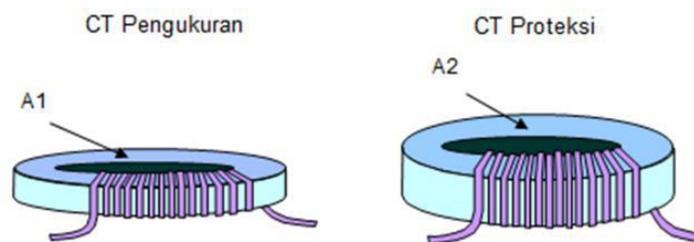
⁴ PT. PLN (Persero).2014.*Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Arus*.Hal 3

- Perbedaan mendasar trafo arus pengukuran dan proteksi adalah pada titik saturasinya seperti pada kurva saturasi dibawah (Gambar)



Gambar 2.6 Kurva Kejenuhan CT untuk Pengukuran dan Proteksi^[2]

- Trafo arus untuk pengukuran dirancang supaya lebih cepat jenuh dibandingkan trafo arus proteksi sehingga konstruksinya mempunyai luas penampang inti yang lebih kecil.



Gambar 2.7 Luas Penampang Inti Trafo Arus

2.4 Jenis Trafo Arus^[5]

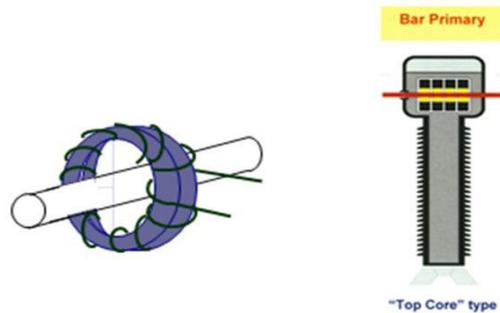
- Jenis trafo arus menurut tipe konstruksi dan pasangannya
- Tipe Konstruksi
- Tipe cincin (ring/window type)
- Tipe cor-coran cast resin (mounded cast resin type)
- Tipe tangki minyak (oil tank type)
- Tipe trafo arus bushing
- Tipe Pasangan.
- Pasangan dalam (indoor)
- Pasangan luar (outdoor)

⁵ PT. PLN (Persero).2014.*Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Arus*.Hal 5



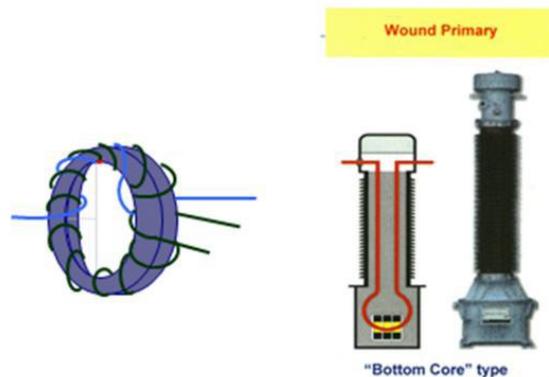
2.4.1 Jenis trafo arus berdasarkan konstruksi belitan primer

- Sisi primer batang (*bar primary*)



Gambar 2.8 Bar Primary

- Sisi tipe lilitan (*wound primary*)



Gambar 2.9 Wound Primary

2.4.2 Jenis trafo arus berdasarkan konstruksi jenis inti

- Trafo arus dengan inti besi

Trafo arus dengan inti besi adalah trafo arus yang umum digunakan pada arus yang kecil (jauh dibawah nilai nominal) terdapat kecenderungan kesalahan dan pada arus yang besar (beberapa kali nilai nominal) trafo arus akan mengalami saturasi.

- Trafo arus tanpa inti besi

Trafo arus tanpa inti besi tidak memiliki saturasi dan rugi histerisis transformasi dari besaran primer ke besaran sekunder adalah linier di seluruh jangkauan pengukuran, contohnya adalah koil rogowski (*coil rogowski*).



2.4.3 Jenis trafo arus berdasarkan jenis isolasi

Berdasarkan jenis isolasinya, trafo arus terdiri dari:

- Trafo arus kering

Trafo arus kering biasanya digunakan pada tegangan rendah, umumnya digunakan pada pasangan dalam ruangan (*indoor*).

- Trafo arus *cast resin*

Trafo arus ini biasanya digunakan pada tegangan menengah, umumnya digunakan pada pasangan dalam ruangan (*indoor*), misalnya trafo arus tipe cincin yang digunakan pada kubikel penyulang 20 kV.

- Trafo arus isolasi minyak

Trafo arus isolasi minyak banyak digunakan pada pengukuran arus tegangan tinggi, umumnya digunakan pada pasangan di luar ruangan (*outdoor*) misalkan trafo arus tipe bushing yang digunakan pada pengukuran arus penghantar tegangan 70 kV dan 150 kV.

- Trafo arus isolasi SF₆/*compound*

Trafo arus ini banyak digunakan pada pengukuran arus tegangan tinggi, umumnya digunakan pada pasangan di luar ruangan (*outdoor*) misalkan trafo arus tipe *top-core*.

2.4.4 Jenis trafo arus berdasarkan pemasangan

Berdasarkan lokasi pemasangannya, trafo arus dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

- Trafo arus pemasangan luar ruangan (*outdoor*)

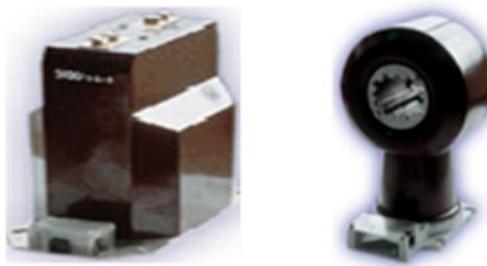
Trafo arus pemasangan luar ruangan memiliki konstruksi fisik yang kokoh, isolasi yang baik, biasanya menggunakan isolasi minyak untuk rangkaian elektrik internal dan bahan keramik/porcelain untuk isolator eksternal.



Gambar 2.10 Trafo Arus Pemasangan Luar Ruangan

- Trafo arus pemasangan dalam ruangan (*indoor*)

Trafo arus pemasangan dalam ruangan biasanya memiliki ukuran yang lebih kecil dari pada trafo arus pemasangan luar ruangan, menggunakan isolator dari bahan resin.



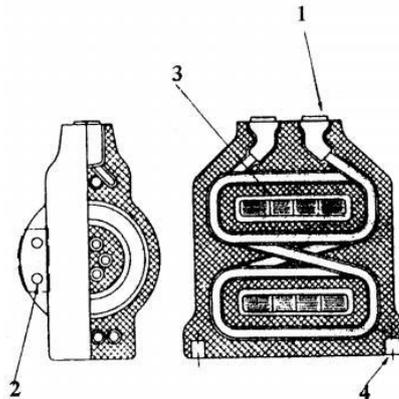
Gambar 2.11 Trafo Arus Pemasangan dalam Ruangan

2.4.5 Komponen Trafo Arus

- Tipe cincin (*ring/window type*) dan Tipe cor-coran *cast resin* (*mounded cast resin type*)



Gambar 2.12 CT Tipe Cincin



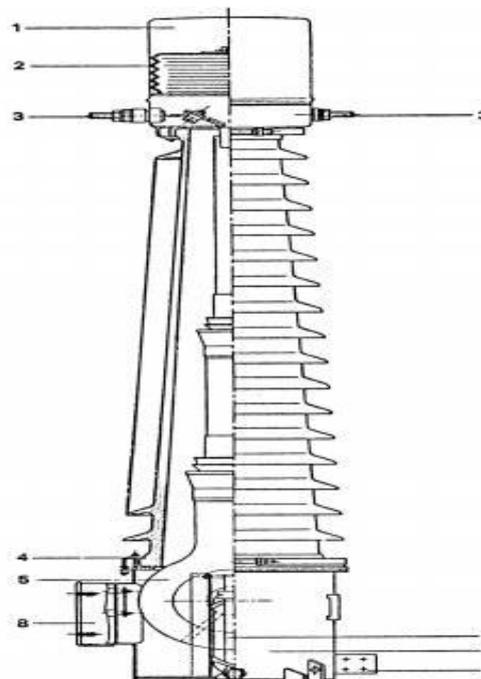
Gambar 2.13 Komponen CT Tipe Cincin

Keterangan Gambar:

1. Terminal utama (*primary terminal*)
2. Terminal sekunder (*secondary terminal*)
3. Kumbaran sekunder (*secondary winding*)

CT tipe cincin dan cor-coran cast resin biasanya digunakan pada kubikel penyulang (tegangan 20 kV dan pemasangan *indoor*). Jenis isolasi pada CT cincin adalah *Cast Resin*.

- Tipe Tangki



Gambar 2.14 Komponen CT Tipe Tangki



Komponen Trafo arus tipe tangki

1. Bagian atas Trafo arus (*transformator head*)
2. Peredam perlawanan pemuaian minyak (*oil resistant expansion bellows*)
3. Terminal utama (*primary terminal*)
4. Penjepit (*clamps*)
5. Inti kumparan dengan belitan berisolasi utama (*core and coil assembly with primary winding and main insulation*)
6. Inti dengan kumparan sekunder (*core with secondary windings*)
7. Tangki (*tank*)
8. Tempat terminal (*terminal box*)
9. Plat untuk pentanahan (*earthing plate*)

Jenis isolasi pada trafo arus tipe tangki adalah minyak. Trafo arus isolasi minyak banyak digunakan pada pengukuran arus tegangan tinggi, umumnya digunakan pada pasangan di luar ruangan (*outdoor*) misalkan trafo arus tipe bushing yang digunakan pada pengukuran arus penghantar tegangan 70 kV, 150 kV dan 500 kV^[2].

2.5 Kesalahan Trafo Arus^[6]

Pada trafo arus dikenal 2 jenis kesalahan, yaitu:

2.5.1 Kesalahan Perbandingan/Rasio

Kesalahan perbandingan/rasio trafo arus berdasarkan IEC–60044-1 Edisi 1.2 tahun 2003 adalah kesalahan besaran arus karena perbedaan rasio pengenal trafo arus dengan rasio sebenarnya dinyatakan dalam :

$$\varepsilon = \frac{K_n \cdot I_s - I_p}{I_p} \cdot 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana

ε = kesalahan rasio trafo arus (%)

⁶ ADP,Fajrie.2014.Pengujian CT dan PT



K_n = pengenalan rasio trafo arus

I_p = arus primer aktual trafo arus (A)

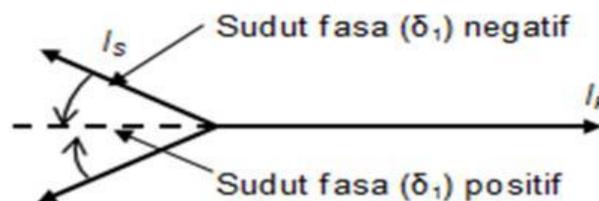
I_s = arus sekunder aktual trafo arus (A)

2.5.2 Kesalahan Sudut Fasa

Kesalahan sudut fasa adalah kesalahan akibat pergeseran fasa antara arus sisi primer dengan arus sisi sekunder. Kesalahan sudut fasa akan memberikan pengaruh pada pengukuran berhubungan dengan besaran arus dan tegangan, misalnya pada pengukuran daya aktif maupun daya reaktif, pengukuran energi dan relai arah. Pemeriksaan ini umumnya dilakukan pada saat komisioning atau saat^[9] investigasi. Batasan maksimum nilai kesalahan sudut fasa berdasarkan persentase pembebanan dan kelas CT metering.

Kesalahan sudut fasa dibagi menjadi dua nilai, yaitu:

- Bernilai positif (+) jika sudut fasa I_S mendahului I_P
- Bernilai negatif (-) jika sudut fasa I_S tertinggal I_P



Gambar 2.15 Kesalahan Sudut Trafo Arus

Tabel 2.1 Batas Kesalahan Trafo Arus Metering^[7]

Kelas Ketelitian	+/- % Kesalahan Rasio Arus pada % dari Arus Pengenal				+/- Pergeseran Fase pada % dari Arus Pengenal Menit (1/60 derajat)			
	5	20	100	120	5	20	100	120
0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	15	8	5	5
0,2	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10
0,5	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30
1,0	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60

⁷ IEC 60044-1:1996. Instrument Transformers Current Transformers. Hal 54



Tabel 2.2 Batas Kesalahan Trafo Arus Metering

Kelas Ketelitian	+/- % Kesalahan Rasio Arus pada % dari Arus Pengenal					+/- Pergeseran Fase pada % dari Arus Pengenal Menit (1/60 derajat)				
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0,2S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2	30	15	10	10	10
0,5S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5	90	45	30	30	30

2.6 Spesifikasi Transformator Arus^[8]

Trafo Arus (*Current Transformer*) umumnya selain digunakan sebagai media proteksi juga digunakan dalam sistem metering (pembacaan). Trafo arus dalam penggunaannya sangatlah kompleks sehingga CT itu sendiri dibuat dengan spesifikasi dan kelas yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan sistem yang ada.

Spesifikasi pada CT antara lain:

1. *Ratio* CT, rasio CT merupakan spesifikasi dasar yang harus ada pada CT, di mana representasi nilai arus yang ada di lapangan dihitung dari besarnya rasio CT. Misal CT dengan rasio 2000/5A, nilai yang terukur di sekunder CT adalah 2.5A, maka nilai aktual arus yang mengalir di penghantar adalah 1000A. Kesalahan *ratio* ataupun besarnya presentasi *Error* (%err.) dapat berdampak pada besarnya kesalahan pembacaan di alat ukur, kesalahan penghitungan tarif, dan kesalahan operasi sistem proteksi.
2. *Burden* atau nilai maksimum daya (dalam satuan VA) yang mampu dipikul oleh CT. Nilai daya ini harus lebih besar dari nilai yang terukur dari terminal sekunder CT sampai dengan koil relay proteksi yang dikerjakan.
3. *Class*, kelas CT menentukan untuk sistem proteksi jenis apakah *core* CT tersebut. Misal untuk proteksi arus lebih digunakan kelas 5P20, untuk kelas tarif metering digunakan kelas 0.2 atau 0.5, untuk sistem proteksi busbar digunakan *Class* X atau PX.

⁸ IEC 60044-1 Edisi 1.2 – 2003, “*Instrument Transformer part 1: Current Transformer*”.



4. *Kneepoint*, adalah titik saturasi/jenuh saat CT melakukan excitasi tegangan. Umumnya proteksi busbar menggunakan tegangan sebagai penggerak koilnya. Tegangan dapat dihasilkan oleh CT ketika sekunder CT diberikan *impedansi* seperti yang tertera pada Hukum Ohm. *Kneepoint* hanya terdapat pada CT dengan *Class X* atau *PX*. Besarnya tegangan *kneepoint* bisa mencapai 2000Volt, dan tentu saja besarnya *kneepoint* tergantung dari nilai atau desain yang *dunginkan*.
5. *Secondary Winding Resistance (RCT)*, atau *impedansi* dalam CT. *Impedansi* dalam CT pada umumnya sangat kecil, namun pada *Class X* nilai ini ditentukan dan tidak boleh melebihi nilai yang tertera disana. Misal: $<2.5\text{Ohm}$, maka *impedansi* CT pada *Class X* tidak boleh lebih dari 2.5Ohm atau CT tersebut dikembalikan ke pabrik untuk dilakukan penggantian.

2.6.1 Memilih CT (Current Transformer)^[9]

- Ratio arus (dihitung dari arus beban dalam (Ampere), missal : 20/5-5 (untuk pelanggan TM sekunder 2 belitan) dan 100/5 (untuk pelanggan TR sekunder 1 belitan).
- Class proteksi : 5P5, 5P10, 5P15, 5P20, 5P25, 5P30
P = Protection
- Class pengukuran : 0,2S (S=Saturation)
- Class isolasi : Class E
- Burden = batas kemampuan CT menampung beban (VA) : 2,5 VA, 3 VA, 5 VA, 7,5 VA, 10 VA, 20 VA, 25 VA, dan 30 VA. Untuk pemilihan burden CT perlu dilihat beban yang disambungkan pada CT (beban : CT + kabel + alat ukur yang akan disambung VA).
- I_{th} = Arus thermis adalah kemampuan CT menerima arus besar selama 1 detik, untuk pelanggan TM dapat dipilih (5 kA – 25 kV) dalam pemilihan arus thermis sebaiknya dihitung arus gangguan disisi

⁹ Sarimun, Wahyudi. 2014. *Buku Saku Pelayanan Teknik*. Depok: Garamond. Hal 200



tegangan 20 kV, untuk pelanggan TR dapat dipilih besarnya pembatas arus yang terpasang dan lamanya waktu trip.

- I_{dy} = Arus dynamic = $2,5 \times I_{th}$ adalah nilai puncak arus primer CT tanpa ada kerusakan secara electric dan mechanic yang dihasilkan dari tenaga elektromagnetik.^[1]
- F_s = Instrument security factor adalah rasion antara nilai arus lebih primer (I_{ps}) dan nilai primer (I_p), nilainya 5 atau 10 dipilih 5.
- Tegangan = 0,6/12/24/50/125 kV.
- Frekuensi = 50 Hz.

Hal-hal tersebut diatas harus tercantum pada nameplate CT atau spek teknik CT.

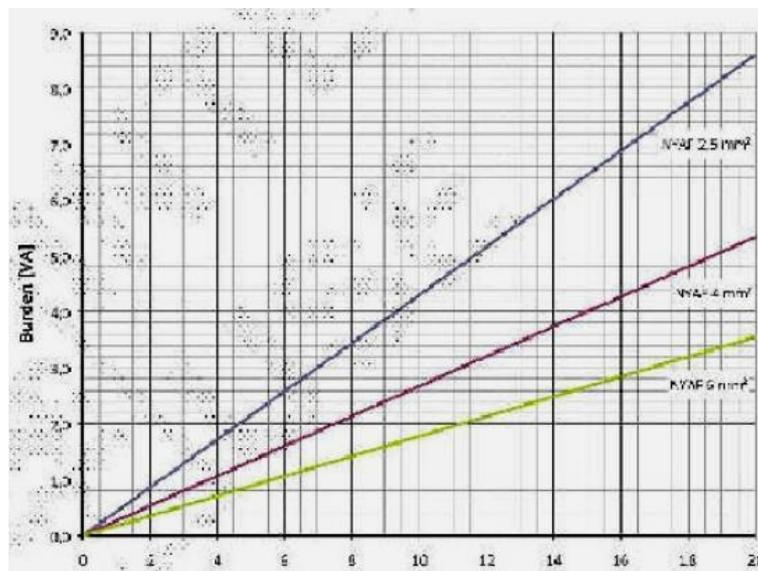
2.6.2 Burden Sirkuit Sekunder CT^[10]

- Resistansi konduktor kabel NYAF, burden sepasang kabel (dua buah kawat pada suhu 40°C dan arus keluaran 5 A dalam fungsi panjang seperti pada tabel.

Tabel 2.3 Resistansi kabel NYAF

Luas Penampang (mm ²)	Resistansi Konduktor pada 20°C (ohm/km)
4	4,95
6	3,30
10	1,91

¹⁰ SPLN D3 014-1.2009. *Transformer Arus 1*. Hal 17



Gambar 2.16 Burden Sepasang Kabel NYAF pada 40°C

- Burden pada kWh Meter rugi daya semu maksimum dari sirkuit arus kWh meter elektromekanik dan static

Tabel 2.4 Burden kWh meter

Jenis kWh meter	Burden (VA) Per-fasa untuk kelas akurasi				
	0,2 S	0,5 S	0,5	1	2
Fasa Tunggal dan Fasa Tiga	1	1	6	8	2,5

2.6.3 Menentukan Spesifikasi^[11]

Sebuah current transformer, tidak saja ratio CT saja yang perlu diperhatikan, ada beberapa hal yang mesti dipenuhi agar sebuah current transformer dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan yang dibutuhkan pada sebuah jaringan sistim tenaga listrik, yaitu :

- turns ratio – perbandingan arus disisi primer dengan arus disisi sekunder
- burden - beban normal dalam satuan VA yang dapat disuplay oleh sebuah current transformer
- accuracy factors - batas akurasi pada kondisi steady dan transient

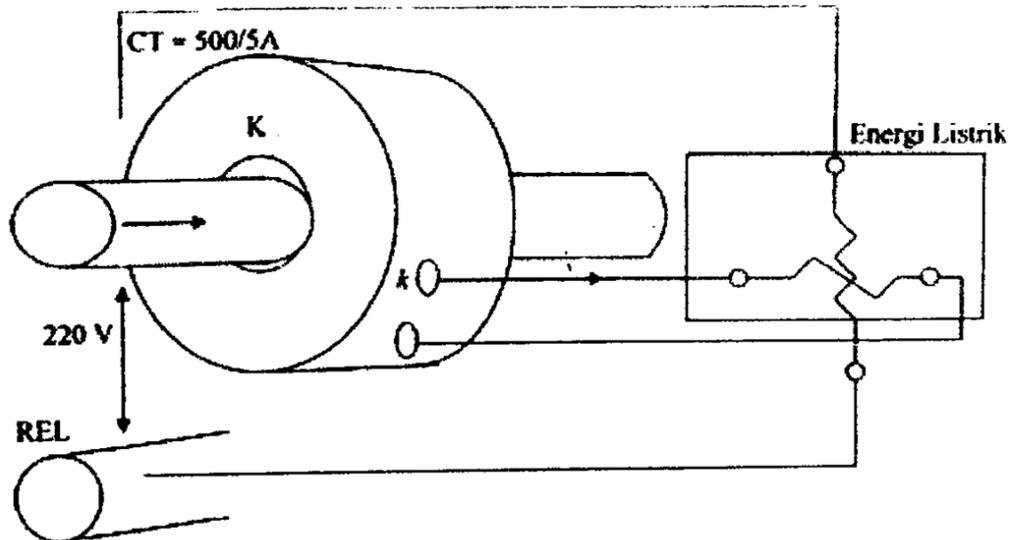
¹¹ Susanto,Irpan.2010..Sistem Peneraan KWH Meter 3 Fasa.Hal 29



physical configuration – jumlah belitan pada sisi primer dan sekunder, ukuran, bentuk, dimensi dll yang disesuaikan dengan kondisi lapangan

Arus sekunder biasanya didesain 5 A nominal

$\frac{\text{Arus Primer}}{\text{Arus Sekunder}}$ (Yang dibaca pada CT adalah merupakan ratio CT)(2.8)



Gambar 2.17 Skema Hubungan CT dengan KWH Meter

Trafo Arus (CT) 500/5 misal CT TR terpasang pada rel

$$CT = \frac{500}{5} A \dots\dots\dots(2.9)$$

Bila arus I_p pada rel mengalir sebesar 500 A, maka arus sekunder I_s nilainya = 5 A rasionya

$$CT \frac{I_p}{I_s} = \frac{500}{5} 100 \times = (\text{Faktor Kali}) \dots\dots\dots(2.10)$$

Bila I_p 300 A

$$CT \frac{I_p}{I_s} \times I_s = \frac{300}{500} \times 5 A = 3 A (\text{Demikian seterusnya}) \dots\dots\dots(2.11)^{[8]}$$

2.6.4 Perhitungan Faktor Kali dan penentuan pemilihan CT^[12]

Pada pengukuran tidak langsung pelanggan TR, angka stand yang tertera pada kWh meter belum nilai yang sebenarnya. Nilai yang sebenarnya adalah

¹² Pln corporate university. Analisa Pengukuran.



selisih angka stand kWh dikalikan dengan Faktor kali (dengan catatan pada meter saat ini, Faktor kali meter = 1).

Pemakaian kWh = (Stand bulan lalu – Stand bulan ini) x Faktor Kali
Besaran Faktor Kali ditentukan sebagai berikut:

- Untuk Pelanggan TR, Faktor kali adalah Angka Rasio CT
- Untuk Pelanggan TM dan TT, Faktor kali adalah Angka Rasio CT dikalikan dengan Angka Rasio PT Faktor Kali = Rasio CT x Rasio PT

2.6.5 Penentuan Besaran CT

Untuk menentukan memilih besaran CT, dipergunakan rumusan sebagai berikut :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \dots\dots\dots(2.12)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V} \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$I = \frac{\sqrt{3} \times P}{3 \times V} \dots\dots\dots(2.14)$$

Sebagai contoh beberapa perhitungan:

- a. Pelanggan TR dengan daya 105 KVA. Berapa CT yang harus dipilih dan berapa factor kalinya?

Tahab 1, Menghitung Besaran Arus Nominal.

$$I = \frac{\sqrt{3} \times 105 \text{ KVA}}{3 \times 380} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$I = 159,34 \dots\dots\dots(2.16)$$

Tahab 2, Memilih CT yang ada dipasaran dengan syarat lebih besar dari arus nominal dan besarnya yang paling mendekati. Maka dipilih CT pasaran yang mendekati, yaitu CT TR : 200 / 5 A Faktor kali untuk pelanggan tersebut adalah $200 / 5 = 40$ X Pelanggan TM dengan daya 345 KVA. Berapa CT dan PT yang harus dipilih dan berapa factor kalinya ?

Menghitung Besaran Arus Nominal.

$$I = \frac{\sqrt{3} \times 345 \text{ KVA}}{3 \times 20000} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$I = 51,52 \text{ A} \dots\dots\dots(2.18)^{[11]}$$

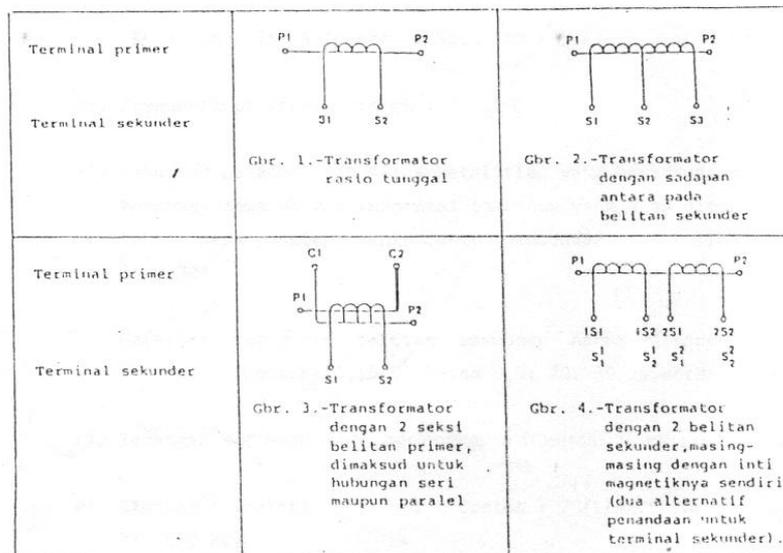


Memilih CT yang ada dipasaran dengan syarat lebih besar dari arus nominal dan besarnya yang paling mendekati. Maka dipilih CT pasaran yang mendekati, yaitu CT TM : 10 A / 5 A Memilih PT. Karena tegangan kWh Meter harus dibawah 400 Volt maka memilih yang ada dipasaran, yaitu PT TM : 20.000 V / 100 V Faktor kali pelanggan tersebut = FK CT x FK PT = $[10 / 5] \times [20.000 / 100] = 400 \times$ ^[11]

2.7 Penandaan CT (Current Transformer)^[13]

Terminal harus ditandai dengan jelas dan tak dapat dlhapus balk pada permukaannya maupun pada tempat di sekitarnya. BiIa perlu penandaan harus terdirI dari. huruf yang diikuti atau didahului. oleh angka. Hurufnya harus huruf besar

Penandaan terminal Transformafor arus harus ditunjukkan oleh gambar berikut ini :



Gambar 2.18 Penandaan Terminal CT

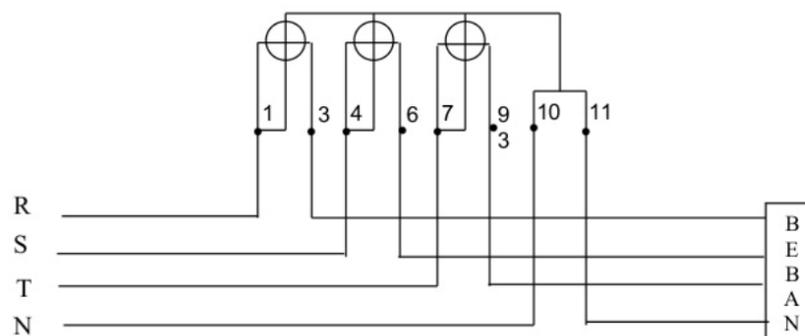


2.8 Pengawatan KWH Meter 3 Fasa^[14]

2.8.1 Pengawatan Secara Langsung (Direct)

Pengawatan KWH Meter secara langsung adalah KWH Meter 3 fasa yang akan dipasangkan ke konsumen dengan cara langsung di hubungkan dengan suplay tegangan. Dalam pemasangan KWH meter 3 fasa ini dimana fasa R dihubungkan langsung dengan terminal 1 pada KWH Meter, fasa S dihubungkan langsung dengan terminal 4 pada KWH meter dan fas T dihubungkan langsung dengan terminal 7 pada KWH meter. Kemudian keluaran terminal 3 dihubungkan ke pengaman konsumen (MCB) begitu juga dengan terminal 6 dan 9 juga dihubungkan dengan MCB, kemudian terminal 2 dan 5 dihubungkan dengan terminal 1 dan 2 yang lain.

Kemudian netral dihubungkan dengan terminal 10,lalu terminal 12 dihubungkan kekonsumen. Pengawatan secara langsung ini digunakan untuk pelanggan listrik konsumen tegangan tipe sekunder, contohnya rumah tinggal yang menggunakan daya diatas 1300 Watt.



Gambar 2.19 Pengawata KWH Meter 3 fasa, 4 kawat sambungan langsung tarif tunggal

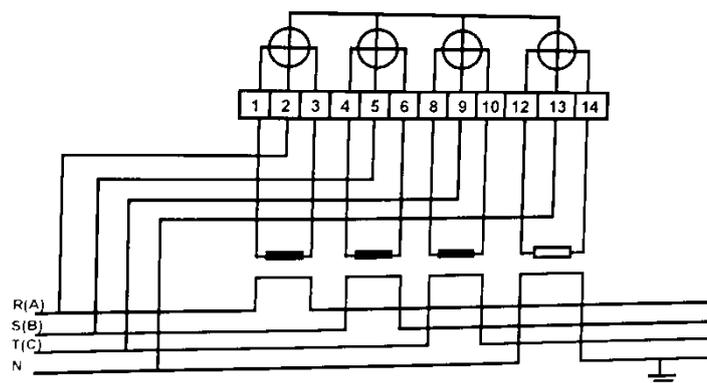
¹⁴ Susanto,Irpan.2010..Sistem Peneraan KWH Meter 3 Fasa.Hal 29

2.8.2 Pengawatan Secara Tak Langsung (In Direct)

Yang dimaksud dengan pengawatan tak langsung adalah hubungan alat ukur standar KWH Meter yang dihubungkan dengan alat ukur bantu, seperti^[8] Transformator Current (CT) dan Transformator Potential (PT) terlebih dahulu kemudian dihubungkan dengan suplay tegangan.

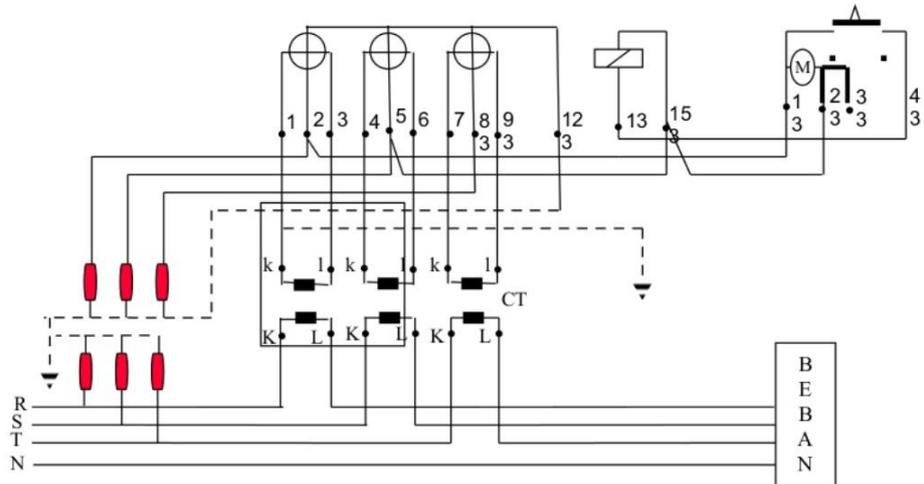
Dalam pengawatan tak langsung ini terminal 2, 5, dan 8 dihubungkan langsung dengan sumber tegangan 3 fasa (R S T), kemudian terminal 1 dan 3 pada KWH Meter dihubungkan dengan terminal K dan 1 pada trafo ukur arus (CT) 1. Begitu juga dengan terminal 4 dan 6, 7 dan 9 dihubungkan juga dengan terminal K dan 1 pada trafo ukur arus (CT) 2 dan 3. Kemudian terminal K trafo ukur arus (CT) 1,2,3 dihubungkan dengan tegangan suplay 3 fasa dan terminal 1 trafo ukur arus (CT) dihubungkan dengan pengaman konsumen.

Pengawatan secara tak langsung ini digunakan untuk pelanggan listrik konsumen tegangan rendah tipe primer seperti Rumah Sakit, Gedung Perkantoran, dan Industri yang berskala kecil. Hubungan tak langsung ini adalah untuk memperkecil luas hantaran penampang yang dihubungkan dengan KWH Meter sebab tidak mungkin tegangan 12 KV dihubungkan langsung dengan KWH Meter dan untuk mengkonversi tegangan yang lebih besar ke tegangan yang lebih kecil adalah dengan menggunakan alat Trafo ukur arus (CT).

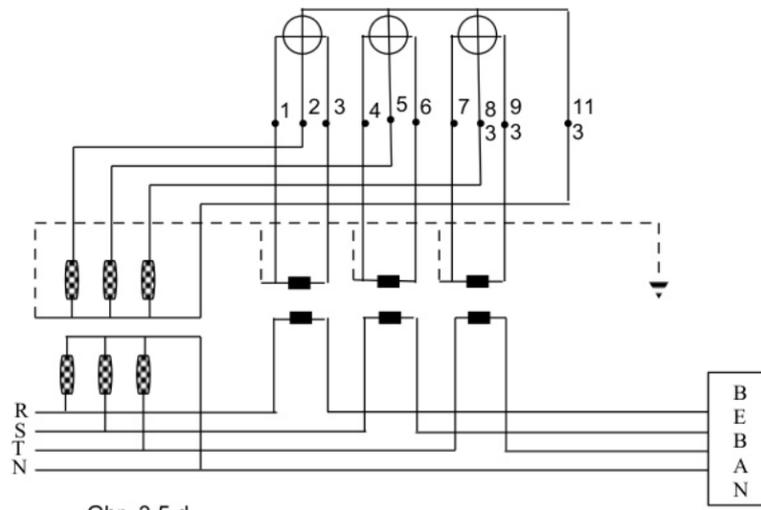


Gambar 2.20 Pengawatan KWH Meter 3 Fasa Pengukuran Tidak Langsung^[15]

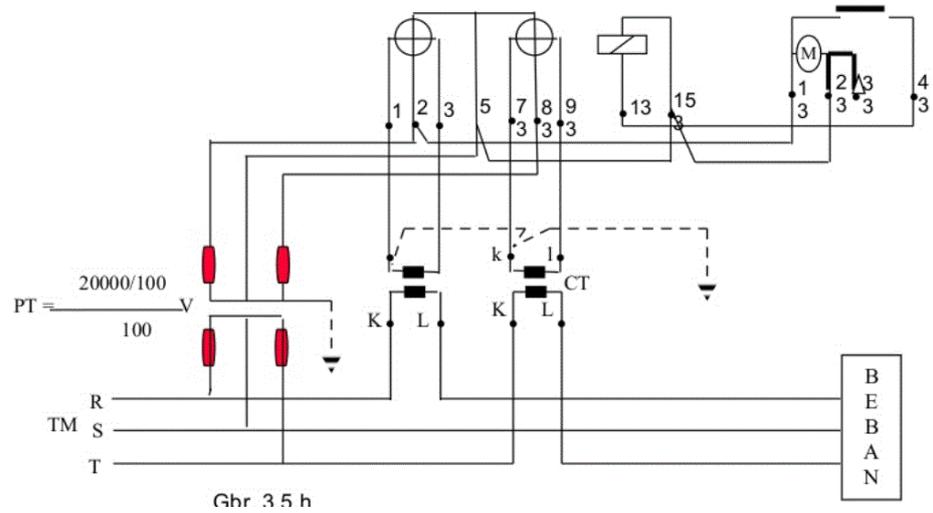
¹⁵ Pariansah,Redo.PT. *PLN (Persero) Instrumentasi dan Pengukuran Listrik.Hal 48*
<https://www.slideshare.net/RedoPariansah/5-instrumentasi-dan-pengukuran-listrik-mkk.7> Mei 2019



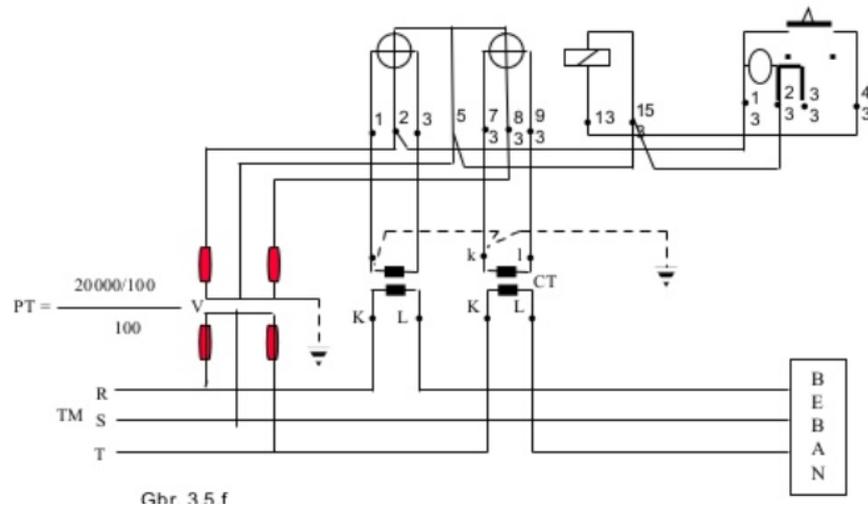
Gambar 2.21 Pengawatan KWH Meter 3 fasa, 4 kawat sambungan CT dan PT tarif ganda



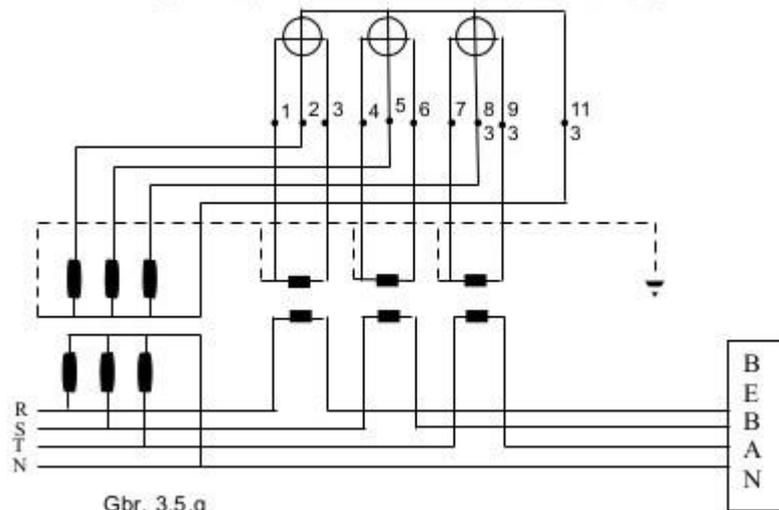
Gambar 2.22 Pengawatan KWH Meter 3 fasa, 4 kawat tidak sambungan langsung tarif tunggal



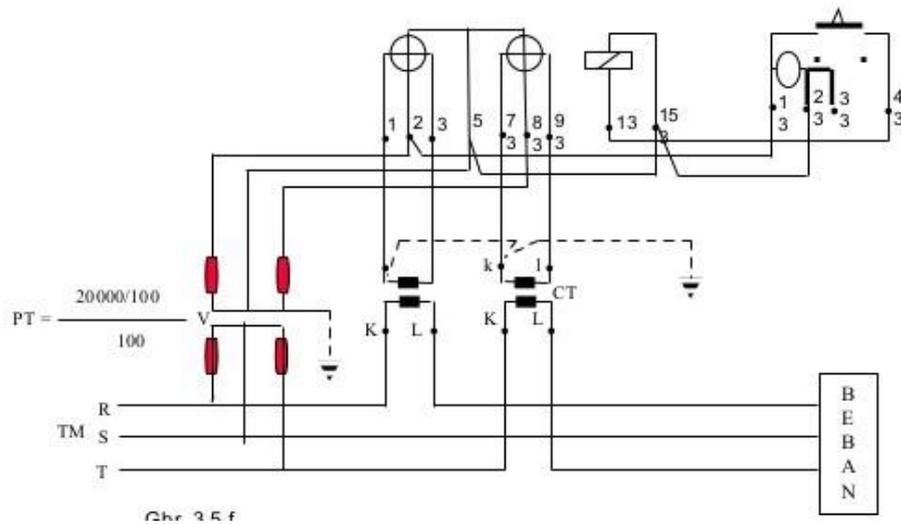
Gambar 2.23 Pengawatan KWH Meter 3 fasa, 3 kawat sambungan melalui CT dan PT, tarif ganda



Gambar 2.24 Pengawatan KWH Meter 3 fasa, 3 kawat sambungan melalui CT dan PT, tarif ganda



Gambar 2.25 Gambar Pengawatan KWH Meter 3 fasa, 4 kawat sambungan melalui CT dan PT, tarif tunggal



Gambar 2.26 Pengawatan KWH Meter 3 fasa, 4 kawat sambungan melalui CT dan PT, tarif ganda