

## STUDI KAPASITAS HUBUNG SINGKAT SATU FASA KE TANAH PADA PENYULANG 5 PT PLN (PERSERO) UP3 TARAKAN

Ardi Setyo Purnomo<sup>1</sup>, Achmad Budiman<sup>2</sup>.

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

<sup>1</sup>setyoardi20@gmail.com

<sup>2</sup>achmad1177@gmail.com

**Abstract**—This study uses the *etap 12.6.0* application to simulate the power flow using the Newton Raphson method and uses the impedance method to determine the single-phase short circuit current to the ground in the 5 feeder. 1820 A, on the out going village 4 side, the largest disturbance current value is obtained on bus 112 of 2008 A, and on the out going charity side, the largest disturbance current value on bus 10 is 1734 A. out going results in feeders 5 of 0.330 MVA, out going for charity is 0.322 MVA and out going in village 4 is 0.347 MVA, at capacity of circuit breakers, results in feeders 5 are 0.24 MVA and out going charity is 0.213 The MVA and in out going village 4 were 0.213 MVA, the results exceeded the capacity of the existing circuit breakers, so what? if there is a single phase fault to ground in feeder 5 it will result in damage to the circuit breaker installed.

**Keywords**—Short Circuit Interference, circuit breaker capacity, Short Circuit Capacity, *Etap 12.6.0*.

**Intisari**—Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan dari circuit breaker yang terpasang pada penyulang 5, terhadap gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Penelitian ini menggunakan aplikasi *etap 12.6.0* untuk melakukan simulasi aliran daya menggunakan Metode *newton rapshon* dan menggunakan metode impedansi untuk menentukan arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada penyulang 5. kemudian setelah mendapatkan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada bus 112 sebesar 2008 A, Dan pada sisi *out going* amal didapatkan nilai arus gangguan terbesar pada bus 10 sebesar 1734 A. kemudian mencari kapasitas hubung singkat di bagian penyulang dan di bagian *out going* di dapat hasil penyulang 5 sebesar 0,330 MVA, pada *out going* amal sebesar 0,322 MVA dan pada *out going* kampung 4 sebesar 0,347 MVA, pada kapasitas *circuit breaker* di dapat hasil pada penyulang 5 sebesar 0,24 MVA dan pada *out going* amal sebesar 0,213 MVA dan pada *out going* kampung 4 sebesar 0,213 MVA hasil tersebut di dapat pada sisi tegangan menengah 20 KV

**Kata Kunci**—Gangguan Hubung Singkat, Metode *newton rapshon*, Kapasitas *circuit breaker*, Kapasitas hubung singkat, *Etap12.6.0*.

### I. PENDAHULUAN

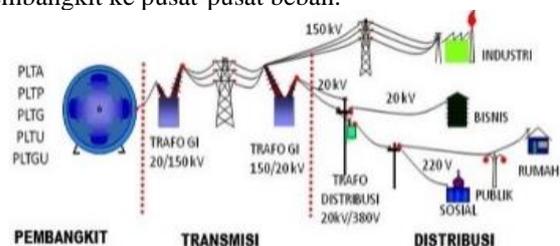
PT PLN (Persero) UP3 Tarakan merupakan BUMN yang berlokasi di kota Tarakan tepatnya di gunung belah. PT PLN bertanggung jawab atas penyediaan energi listrik untuk daerah Tarakan dan sekitarnya yaitu dari sisi pembangkit ke jaringan tegangan distribusi dan ke jaringan tegangan rendah hingga sampai ke pelanggan. Pada sistem tenaga listrik di kota Tarakan

memiliki 9 pembangkit dengan total penyulang 9 dan 1 penyulang untuk cadangan apabila dalam 8 penyulang tersebut salah satunya mengalami gangguan dalam melayani penyaluran energi listrik di kota Tarakan. Pada penyulang 5 yang menyalurkan energi listrik pada daerah kampung 4, kampung 6, dan pantai amal sampai binalatung. Penulis mengangkat judul yang bertujuan untuk mempelajari proteksi *circuit breaker* pada gangguan tanah yang terdapat pada penyulang 5 yang sering mengalami gangguan agar kontinuitas pelayanan energi listrik dapat disalurkan dengan baik ke warga masyarakat dikota Tarakan.

### II. LANDASAN TEORI

#### 1. Sistem Tenaga Listrik

Menurut Samin (2019) sistem tenaga listrik terdiri atas 3 bagian yaitu pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi. Ketiga bagian ini merupakan bagian utama pada suatu rangkaian sistem tenaga listrik yang bekerja untuk menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit ke pusat-pusat beban.



Energi listrik yang dihasilkan oleh pusat pembangkit listrik kemudian akan disalurkan melalui saluran transmisi selanjutnya akan disalurkan melalui saluran distribusi yang pada akhirnya akan sampai ke konsumen.

#### 2. Jaringan Distribusi Primer

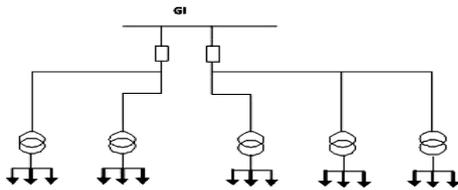
Sistem jaringan distribusi utama yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik pada setiap beban adalah disebut pengumpan. Secara umum, setiap repeater diberi nama sesuai dengan area beban yang dilayani. Hal ini bertujuan untuk membuat lebih mudah untuk mengingat dan menandai jalur yang dilayani oleh pengumpan.

Pada jaringan distribusi primer terdapat 4 jenis dasar yaitu :

- ✓ Sistem radial
- ✓ Sistem hantaran penghubung (tie line)
- ✓ Sistem loop
- ✓ Sistem spindle
- ✓ Sistem Radial

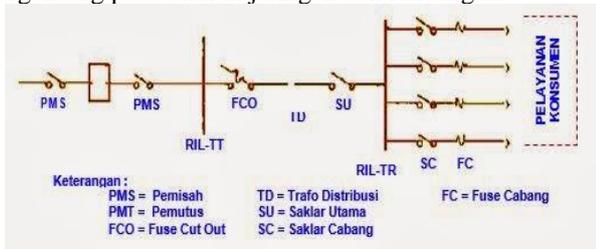
Sistem dengan pola radial adalah sistem penyaluran yang paling mudah dan murah. Pada sistem ini memiliki beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.

3. Jaringan Distribusi Sekunder



Gambar 2 Jaringan sistem radial [1]

Sistem distribusi daya AC dimana pelanggan dilayani dari sirkuit tegangan rendah tiga fase, empat kawat yang disuplai oleh dua atau lebih banyak trafo jaringan yang terminal tegangan rendahnya terhubung ke tegangan rendah sirkuit melalui pelindung jaringan. Sistem jaringan sekunder memiliki dua atau lebih tegangan tinggi pengumpanan utama, dengan masing-masing pengumpanan utama biasanya memasok 1–30 jaringan transformator, tergantung pada ukuran jaringan dan rancangannya.



Gambar 3 Jaringan distribusi sekunder [2]

4. Circuit Breaker

Perangkat switching yang memutus arus abnormal atau gangguan. Ini adalah perangkat mekanis yang memutus aliran arus (gangguan) berkekuatan tinggi dan selain itu melakukan fungsi sakelar. Pemutus sirkuit terutama dirancang untuk menutup atau membuka sirkuit listrik, sehingga melindungi sistem kelistrikan dari kerusakan.

5. Pertimbangan Dalam Pemilihan Pemutus Daya

- a. Tegangan efektif dan frekuensi daya tertinggi dari jaringan tempat pemutus akan dipasang.
- b. Nilainya tergantung pada jenis pembumian titik netral sistem.
- c. Arus kontinu maksimum yang akan mengalir melalui pemutus sirkuit. Nilai arus ini tergantung pada arus maksimum sumber daya atau arus nominal beban di mana pemutus dipasang.
- d. Arus hubung pendek tertinggi yang akan pemutus daya putuskan.
- e. Lamanya arus hubung pendek tertinggi yang melewati pemutus. Hal ini berkaitan dengan waktu pembukaan kotak yang di butuhkan.
- f. Jarak antara bagian yang bertegangan tinggi dan benda lain di sekitarnya.
- g. Jarak hantar arus yang hilang pada pengamannya.
- h. Kekuatan dielektrik media isolasi sela kontak.

- i. Cuaca dan ketinggian tempat pemasangan pemutus daya.
6. Kemampuan Arus Pemutus daya
- a. Tugas interupsi, yang merupakan nilai efektif tertinggi dari arus hubung singkat simetris yang dapat diputuskan oleh pemutus daya tanpa menyebabkan kerusakan pada kontak pemutus.
  - b. Tugas sesaat, yang merupakan nilai efektif tertinggi dari arus hubung singkat asimetris yang dapat ditanggung oleh pemutus daya tanpa menyebabkan kerusakan pada pemutus sirkuit.

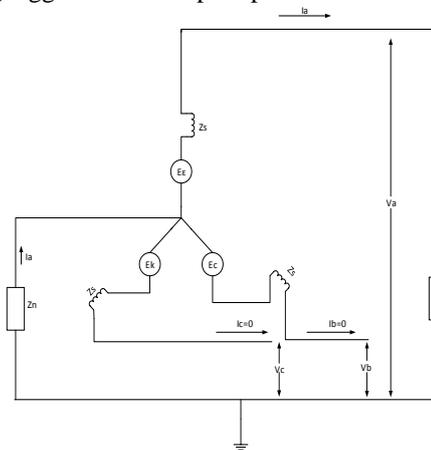
7. Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Pada sistem saluran tenaga listrik dalam melakukan penyaluran energi listrik tidak selalu berjalan dengan baik, pasti selalu terdapat gangguan baik itu gangguan yang berasal dari sistem tenaga listrik itu sendiri, maupun gangguan yang berasal dari luar sistem tenaga listrik. Salah satu gangguan yang paling sering di temukan dalam sistem tenaga listrik adalah gangguan hubung singkat.

8. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan satu fasa ke tanah biasanya disebut sebagai gangguan “hubung singkat” dan terjadi ketika salah satu konduktor jatuh ke tanah. Ketika gangguan terjadi pada saluran distribusi, sangat penting untuk mengidentifikasi lokasi gangguan secepat mungkin untuk memulihkan daya sesegera mungkin.

Gangguan ini bersifat sementara, tidak menimbulkan kerusakan yang tetap pada sisi gangguan. Pada gangguan yang tembusnya adalah isolasi udaranya, oleh karena itu tidak ada kerusakan yang permanen. Setelah arus gangguannya terputus, misalnya karena terbukanya *circuit breaker* oleh relai pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap dioperasikan kembali.



Gambar 4 Gangguan Satu Fasa Ke Tanah [3]

Gangguan satu fasa ke tanah terjadi pada fasa a melalui impedansi  $Z_f$ , dengan menganggap mula-mula generator tanpa beban, syarat batas pada gangguan titik adalah:

$$V_a = Z_f \times I_a \tag{1}$$

$$I_b = I_c = 0 \tag{2}$$

Substitusi untuk  $I_b = I_c = 0$ , arus komponen simetris dari persamaan (2) adalah:

$$\begin{bmatrix} I_a^0 \\ I_a^1 \\ I_a^2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \tag{3}$$

$I_a^0$  = Arus Fasa Urutan Nol

$I_a^1$  = Arus Fasa Urutan Positif

$I_a^2$  = Arus Fasa Urutan Negatif

Dari persamaan di atas ditentukan bahwa:

$$I_a^0 = I_a^1 = I_a^2 = \frac{1}{3} I_a \quad (4)$$

Tegangan fasa dalam bentuk komponen simetris adalah:

$$V_a = V_a^0 + V_a^1 + V_a^2 \quad (5)$$

Dengan :

$V_a^0$  = Tegangan Fasa Urutan Nol

$V_a^1$  = Tegangan Fasa Urutan Positif

$V_a^2$  = Tegangan Fasa Urutan Negatif

Substitusi untuk  $V_a^0, V_a^1, dan V_a^2$  dari persamaan (4) ke persamaan (5) dan  $I_a^0 = I_a^1 = I_a^2$ , didapatkan:

$$V_a = E_a - (Z^0 + Z^1 + Z^2) I_a^0 \quad (6)$$

Dengan  $Z^0 = Z_s + 3Z_n$ , Substitusi untuk  $V_a$  dari persamaan (6), dan  $I_a = 3I_a^0$ , didapatkan:

$$3Z_f I_a^0 = E_a - (Z^0 + Z^1 + Z^2) I_a^0$$

Atau

$$I_a^0 = \frac{E_a}{Z^1 + Z^2 + Z^0 + 3Z_f} \quad (7)$$

Arus gangguan adalah:

$$I_a = 3I_a^0 = \frac{3E_a}{Z^1 + Z^2 + Z^0 + 3Z_f} \quad (8)$$

$I_a$  = Arus hubung singkat fasa-tanah dalam ampere

$3E_a$  = Tegangan fasa sistem dalam volt

$Z^1$  = Impedansi urutan positif rangkaian dalam Ohm

$Z^2$  = Impedansi urutan negatif rangkaian dalam Ohm

$Z^0$  = Impedansi urutan nol rangkaian dalam Ohm

$Z^n$  = Impedansi urutan netral rangkaian dalam Ohm

$Z^f$  = Impedansi gangguan rangkaian dalam Ohm

$Z^s$  = Impedansi sistem dalam Ohm

Jika  $I_a = I_K(F)$ , maka persamaan (9) dapat ditulis menjadi :

$$I_K(F) = \frac{3E_a}{Z^1 + Z^2 + Z^0 + 3Z_f} \quad (9)$$

### 9. Kapasitas Hubung Singkat

Kapasitas hubung singkat atau MVA hubung singkat pada bus  $k$  didefinisikan sebagai hasil kali besarnya *rating* tegangan bus dan arus gangguan.

Persamaan dari kapasitas hubung singkat atau MVA pada bus  $k$  adalah sebagai berikut:

$$SCC = \sqrt{3} V_{LK} I_K(F) \times 10^{-3} MVA \quad (10)$$

Persamaan dari rumus gangguan tiga-fasa seimbang di dalam per unit dapat ditulis sebagai berikut:

$$I_K(F)_{pu} = \frac{V_K(0)}{X_{kk}} \quad (11)$$

$V_{LK}$  = tegangan saluran ke saluran dalam kilovolt

$I_K(F)$  = dinyatakan dalam ampere

persamaan untuk memberikan arus gangguan yang maksimum dapat ditulis sebagai berikut:

$$I_B = \frac{S_B \times 10^{-3}}{\sqrt{3} V_B} \quad (12)$$

$V_k(0)$  = tegangan bus per unit sebelum gangguan

$X_{kk}$  = reaktansi per unit pada titik gangguan

$S_B$  = merupakan MVA dasar

$V_B$  = tegangan dasar saluran ke saluran dalam kilovolt

Persamaan arus gangguan dalam satuan ampere dapat ditulis sebagai berikut:

$$I_K(F) = I_K(F)_{PU} I_B = \frac{V_K(0) S_B \times 10^{-3}}{X_{KK} \sqrt{3} V_B} \quad (13)$$

Substitusi untuk  $I_K(F)$  dari persamaan(12) ke dalam Persamaan (11) menghasilkan:

$$SCC = \frac{V_K(0) S_B}{X_{KK}} \frac{V_L}{V_B} \quad (14)$$

Jika tegangan dasar sama dengan rating tegangan  $V_L = V_B$ , maka persamaan (14) menjadi:

$$SCC = \frac{V_K(0) S_B}{X_{KK}} \quad (15)$$

Tegangan setiap bus sebelum gangguan biasanya diasumsikan 1.0 per unit dan persamaan (15) menjadi:

$$SCC = \frac{S_B V_L}{X_{KK} V_B} MVA \quad (16)$$

## III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini melakukan pengumpulan data berupa single line diagram sistem tenaga listrik PLN khususnya penyulang 5, data saluran penyulang 5, data pembangkit, data trafo (*rating* tegangan dan daya trafo), data beban dan data *circuit breaker* yang digunakan. Setelah itu membuat *single line diagram* dan *input* data pada *software* ETAP dan dilakukan simulasi aliran daya. Setelah melakukan simulasi aliran daya di lanjutkan dengan memberi gangguan satu fasa ke tanah pada tiap *out going*. Setelah dilakukan simulasi dilanjutkan dengan perhitungan untuk mencari kapasitas hubung singkat pada *circuit breaker* yang terpasang.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah mendapatkan hasil dari *software* etap dilanjutkan dengan mencari nilai arus gangguan hubung singkat secara manual. Dapat dilihat perbandingan antara hitungan dengan hasil pada *etap* tepatnya pada bus 7 masih bisa dikatakan normal karena tidak ada beda antara hitungan dan etap. Untuk selanjutnya nilai arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah hasil perhitungan dan hasil *etap* ada pada tabel berikut.

Tabel 1

Nilai arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

Bus	Ik(F) hitung	Ik(F) ETAP
GH IND	1,820	1,820
bus 7	1,669	1,669
bus10	1,734	1,734
bus15	1,687	1,687
bus 18	1,611	1,611
bus 19	1,570	1,570
bus 22	1,563	1,563
bus 23	1,690	1,690
bus 27	1,680	1,680
bus 29	1,642	1,642
bus 31	1,616	1,616

Bus	Ik(F) hitung	Ik(F) ETAP
bus 33	1,603	1,603
bus 35	1,598	1,598
bus 37	1,552	1,552
bus 39	1,511	1,511
bus 41	1,486	1,486
bus 43	1,444	1,444
bus 45	1,539	1,539
bus 48	1,385	1,385
bus 50	1,343	1,343
bus 54	1,823	1,823
bus 108	1,902	1,902
bus 110	1,725	1,725
bus 112	2,008	2,008
bus 114	2,006	2,006
bus 116	2,002	2,002
bus 118	1,965	1,965
bus 120	1,959	1,959
bus 123	1,938	1,938
bus 127	1,962	1,962
bus 129	1,959	1,959
bus 131	1,950	1,950
bus 135	1,908	1,908
bus 137	1,919	1,919
bus 139	1,943	1,943
bus 141	1,890	1,890
bus 143	1,825	1,825
bus 145	1,890	1,890
bus 147	1,892	1,892
bus 149	1,779	1,779
bus 151	1,778	1,778
bus 153	1,751	1,751
bus 155	1,727	1,727
bus 157	1,716	1,716
bus 159	1,715	1,715
bus 161	1,698	1,698
bus 163	1,624	1,624
bus 165	1,603	1,603
bus 167	1,458	1,458
bus 169	1,584	1,584
bus 171	1,551	1,551
bus 173	1,541	1,541
bus 175	1,541	1,541
bus 177	1,587	1,587
bus 179	1,610	1,610
bus 181	1,537	1,537
bus 183	1,420	1,420
bus 185	1,408	1,408
bus 187	1,565	1,565
bus 189	1,529	1,529
bus 191	1,506	1,506
bus 193	1,550	1,550
bus 196	1,679	1,679
bus 197	1,666	1,666
bus 198	1,954	1,954
bus 203	1,610	1,610
bus 207	1,927	1,927
bus 213	1,541	1,541
bus 216	1,096	1,096
bus 219	1,686	1,686
bus 221	1,818	1,818
bus222	1,096	1,096
bus223	1,732	1,732

Tabel 2  
Data dari tiap-tiap *circuit breaker*

Nama	In (A)	Ihs (kA)	Tegangan(kV)
TRK 5	800	18	24
AML	630	16	24
KP4	630	16	24

Tabel 2 di atas memaparkan data dari tiap-tiap *circuit breaker* yang ada pada penyulang 5 dan tiap *out going*. Penyulang 5 di amankan menggunakan *circuit breaker* dengan rating tegangan 24 kv dan rating arus nominal 800 A maka untuk mencari kapasitas dari *circuit breaker* digunakan rumus sebagai berikut:

$$SCC = \sqrt{3 \times V_{LK} \times I_K(F) \times 10^{-3}}$$

$$SCC = \sqrt{3 \times 24 \times 0,8 \times 10^{-3}}$$

$$SCC = 0,24 \text{ MVA}$$

Pada OG kampung 4 di amankan menggunakan *circuit breaker* dengan rating tegangan 24 kv dan rating amper 630 A maka untuk mencari kapasitas dari *circuit breaker* digunakan rumus sebagai berikut:

$$SCC = \sqrt{3 \times V_{LK} \times I_K(F) \times 10^{-3}}$$

$$SCC = \sqrt{3 \times 24 \times 0,63 \times 10^{-3}}$$

$$SCC = 0,213 \text{ MVA}$$

Pada OG amal di amankan menggunakan *circuit breaker* dengan rating tegangan 24 kv dan rating amper 630 A maka untuk mencari kapasitas dari *circuit breaker* digunakan rumus sebagai berikut:

$$SCC = \sqrt{3 \times V_{LK} \times I_K(F) \times 10^{-3}}$$

$$SCC = \sqrt{3 \times 24 \times 0,63 \times 10^{-3}}$$

$$SCC = 0,213 \text{ MVA}$$

Tabel 3  
Data kapasitas *circuit breaker* (exist)

BUS	MVA HS (MVA)	MVA CB (MVA)
GH IND	0,289	0,24
10	0,322	0,213
112	0,347	0,213

Dari data tabel 3 bisa di lihat bahwa data kapasitas *circuit breaker* (exist) lebih kecil dari kapasitas short circuit hitung ini menunjukkan bahwa *circuit breaker* yang terpasang tidak layak digunakan karena kapasitasnya lebih kecil dari kapasitas hubung singkatnya.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada sisi tegangan menengah 20 KV di dapatkan nilai arus gangguan terbesar pada sisi penyulang 5 di GH Indoor sebesar 1820 A, Pada sisi *out going* kampung 4 didapatkan nilai arus gangguan terbesar pada bus 112 sebesar 2008 A, Dan pada sisi *out going* amal didapatkan nilai arus gangguan terbesar pada bus 10 sebesar 1734 A. Dari perhitungan kapasitas hubung singkat pada sisi tegangan menengah 20 KV, pada penyulang 5 dan pada tiap *out going* di dapat hasil pada penyulang 5 sebesar 0,330 MVA, pada *out going* amal sebesar 0,322 MVA dan

pada *out going* kampung 4 sebesar 0,347, pada kapasitas *circuit breaker* di dapat hasil pada penyulang 5 sebesar 0,24 MVA dan pada *out going* amal sebesar 0,213 MVA dan pada *out going* kampung 4 sebesar 0,213 MVA. Dari data yang di dapat semakin dekat jarak gangguan dari sumber tenaga listrik maka semakin besar arus gangguan hubung singkat yang di dapat dan begitu juga sebaliknya ketika jarak gangguan semakin jauh dari sumber tenaga listrik maka arus gangguan hubung singkatnya semakin kecil.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih saya haturkan kepada Allah SWT, kedua orang tua, istri saya, dosen-dosen, teman seperjuangan saya.

### REFERENSI

- [1] Tomi. 2015, Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah 20 KV PT.PLN (Persero) Sebatik Menggunakan Software etap powerstation 12.6.0.
- [2] Kadir, A. 2000. *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*, Universitas Indonesia.
- [3] Cekdin, C dan Barlian, T., (2013). *Transmisi Daya Listrik Palembang*, Andi Yogyakarta.
- [4] Cekdin, C. 2007. *Sistem Tenaga Listrik*, Andi Yogyakarta
- [5] Pandjaitan, B. (2012). *praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, CV Andi Offset, Yogyakarta.
- [6] Bongas L. Tobing (2003). *Peralatan Tegangan Tinggi*, PT.Gramedia Pustaka Utama Jakarta