

MODEL INSTALASI LISTRIK YANG DAPAT MENCEGAH BAHAYA KEBAKARAN PADA BANGUNAN

Susiono

Staff Pengajar Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Bali, 80361
Email: susiono@ee.unud.ac.id

Abstrak

Kasus kebakaran yang diduga karena listrik masih sering terjadi. Dari tahun 1991 sampai 2006 kasus kebakaran di Jakarta yang diduga karena listrik mencapai rata-rata 50% dari total kasus kebakaran. Peluang terjadinya kebakaran karena listrik dapat terjadi karena adanya usaha pengurangan kualitas instalasi listrik baik disengaja maupun tak disengaja dan perilaku menyimpang dari pengguna listrik.

Adanya peraturan untuk instalasi listrik dan penggunaan peralatan canggih, ternyata masih belum bisa menjamin supaya tidak terjadi kebakaran karena listrik. Semua ini masih dimungkinkan terjadi karena sampai saat ini PT. PLN sebagai pemasok listrik hanya memasang pengukur konsumsi energi (KWh meter) dan pembatas daya tersambung (MCB) saja. Berdasarkan pengalaman dan pengamatan di lapangan, penyimpangan penggunaan instalasi listrik terjadi setelah serah terima pekerjaan pemasangan instalasi listrik, artinya hal ini lebih didasari perilaku pelanggan pemakai listrik.

Untuk bisa mengantisipasi perilaku yang kurang baik tersebut perlu dilakukan upaya pencegahan; yaitu dengan menerapkan model sistem instalasi listrik dengan pengamanan yang komprehensif.

Pada paper ini diusulkan model sistem instalasi listrik yang dilengkapi sistem pengamanan terpadu yang dapat mengamankan instalasi listrik secara teknis dan dapat juga diantisipasi perilaku pengguna listrik yang kurang baik dan menyimpang.

Kata kunci: instalasi listrik, pengamanan

1 PENDAHULUAN

Sampai saat ini kasus kebakaran yang diduga disebabkan karena listrik masih sering terjadi, kejadian ini menimpa hampir semua jenis bangunan; rumah tinggal, bangunan pasar, sekolah, kampus, pusat bisnis bahkan fasilitas bandar udara.

Pada kasus kebakaran kantor administrasi Unsyiah Banda Aceh, hasil Tim Forensik Mabes Polri menyimpulkan kasus itu murni kecelakaan. Kebakaran itu disebabkan oleh konsleting listrik [1]. Berdasarkan hasil olah TKP, pihak Bandara Sutan Mahmud Badaruddin II Palembang memperkirakan bahwa kebakaran yang terjadi pada bangunan koperasi dan *catering* terjadi karena hubungan arus pendek listrik [2].

Data statistik DKI penyebab utama kebakaran selama periode Januari - September 1998 adalah listrik (48%) dan obyek yang banyak terbakar adalah perumahan [3].

PT. PLN selaku pemasok energi listrik, sampai saat ini hanya memasang KWH meter sebagai alat pengukur pemakaian energi dan MCB, sebagai pembatas daya tersambung. Oleh sebab itu pelanggan harus dapat mempersiapkan sarana pelindung instalasi listrik yang dapat mengantisipasi kemungkinan timbulnya bahaya kebakaran karena listrik. Perlengkapan listrik tidak boleh menimbulkan bahaya kebakaran terhadap bahan yang berada didekatnya [4].

Pada saat pekerjaan instalasi listrik sudah selesai dikerjakan oleh instalatir listrik, sebelum hasil pekerjaan diserahkan dan sebelum PLN menyambungkan tegangan listrik, terhadap hasil pekerjaan tersebut harus dilakukan pengecekan dan pengujian oleh lembaga pemeriksa, penguji dan sertifikasi (Konsuil). Jika hasil pemeriksaan dan pengujian memenuhi syarat dan sesuai standar, maka dikeluarkan Sertifikat Layak Operasi (SLO), setelah itu diijinkan untuk dilakukan penyambungan tegangan listrik oleh petugas PLN.

Penyimpangan penggunaan instalasi listrik umumnya terjadi setelah tahap ini dilalui, sehingga pemakaian listrik yang membahayakan sulit dikontrol lagi karena ini sangat tergantung pada perilaku konsumen. Untuk membatasi perilaku yang kurang baik dalam penggunaan instalasi listrik, maka harus dibuat suatu model sistem instalasi listrik dengan pengamanan terpadu, agar dapat mencegah tindakan penyelewengan penggunaan instalasi listrik diluar peruntukannya. Dengan langkah ini diharapkan listrik sebagai pemicu awal kebakaran dapat dicegah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jumlah Kasus Kebakaran Karena Listrik.

Kebanyakan kebakaran terjadi karena berbagai sebab, seperti arus pendek, kompor meledak, rokok dibuang sembarangan, dan sebagainya, seperti ditunjukkan pada tabel-1:

Tabel -1
Data kebakaran di Jakarta [3]

Tahun	Kompor	Lampu minyak	Listrik	Rokok	Lilin	TOTAL
1991	108	29	381	81	312	911
1992	81	23	340	47	163	654
1993	107	32	405	54	191	789
1994	104	30	407	95	292	928
1995	96	11	346	51	178	682
1996	82	15	369	44	152	662
2002	88	3	373	77	297	838
2005	80	27	398	42	199	746
2006	65	26	306	44	257	698

2.2 Penyebab Kebakaran Karena Listrik.

Ada 4 kemungkinan penyebab terjadinya kebakaran, yaitu:

- Karena kejadian yang tidak disengaja.
- Kejadian yang alami (*natural caused*).
- Kejadian yang disengaja.
- Adanya arus harmonik yang besar.

Kebakaran dapat terjadi jika terpenuhi adanya tiga unsur [5]:

- Bahan-bahan yang mudah terbakar.
- Energi yang menghasilkan suatu sumber panas dengan daya yang cukup dan waktu kejadian yang cukup lama.
- Adanya gas oksigen yang cukup jumlahnya.

Bila tiga unsur di atas tidak lengkap, maka persyaratan terjadinya kebakaran tidak dapat dipenuhinya. Kebakaran karena listrik semata tidak mungkin terjadi, bila salah satu komponen diatas tidak ada, tetapi listrik sebagai salah satu unsur pemicu terjadinya percikan api awal sangat dimungkinkan.

Proses terjadinya energi panas karena listrik dapat terjadi dari beberapa sebab, yaitu:

- Hubung Singkat Langsung (*Dead Short Circuits*)
- Hubung Singkat Tak langsung (*Limited Short Circuit*)
- Pembebanan & pemanasan lebih (*Overloaded & Over heating Circuit*)
- Arus Bocor (*Leakage Current*)
- Penyambungan dan pemutusan aliran listrik (*Electrical Contacts & spark*)

2.2.1 Hubung Singkat Langsung (*Dead Short Circuits*).

Hubung Singkat Langsung adalah hubung singkat yang terjadi antara hantaran fasa dengan hantaran netral secara langsung. Kejadian ini umumnya berlangsung sangat singkat karena pengaman (fuse /MCB) bekerja dengan cepat sehingga tidak menimbulkan panas yang berlebihan.

Persolan akan muncul jika kapasitas pengamannya tidak sesuai (terlalu besar), maka penghantar akan mengalami pemanasan berlebihan yang dapat memicu terjadinya kebakaran awal.

2.2.2 Hubung Singkat Tak langsung (*Limited Short Circuit*)

Hubung Singkat Tak langsung adalah hubung singkat yang terjadi karena adanya material yang menghubungkan hantaran fasa dan hantaran netral sehingga arus hubung singkatnya belum mengaktifkan pengaman untuk bekerja. Oleh sebab itu percikan (*Spark*) atau loncatan api (*Flash*) yang terjadi berlangsung lama. Kejadian ini disusul terjadinya proses pemanasan berkelanjutan sehingga terjadi api (*self-sustaining exothermic oxidation reaction or fire*).

2.2.3 Pembebanan & pemanasan lebih (*Overloaded & Over heating Circuit*)

Pembebanan lebih adalah kejadian dimana suatu rangkaian dibebani arus cukup besar melebihi kemampuan hantaran arus (KHA). Pemanasan lebih adalah kejadian dimana suatu rangkaian dibebani arus tidak melebihi kemampuan hantaran arus (KHA) tetapi mengalami pemanasan melebihi batas yang diijinkan. Hal ini bisa terjadi disebabkan oleh:

- Pengaman cabang atau induk kapasitasnya melebihi besaran standar.
- Adanya arus harmonik yang besar.
- Sistem instalasi yang tidak benar.

Meskipun kabel didesain cukup, tetapi karena lokasi sirkit yang tidak memenuhi syarat dapat memicu terjadinya panas yang berlebihan (*excess heat*) yang bisa menyebabkan timbulnya api pemicu kebakaran awal. Sebagai contoh, kabel rol yang dibentang diatas lantai kemudian ditutup karpet. Karena ditutup karpet, panas yang terjadi akan berakumulasi sehingga isolasi rusak. Kabel rol, terdiri dari kabel serabut, karena panas yang berlebihan akhirnya satu persatu serabutnya putus dan pada kondisi tertentu akan terjadi "spark dan flashing" sehingga terjadi api kebakaran awal yang mengenai karpet dan api semakin membesar.

2.2.4 Arus Bocor (*Leakage Current*)

Arus bocor terjadi jika ada degradasi kualitas isolasi dari komponen instalasi, misalnya kerusakan isolasi kabel. Sebagai contoh, misalnya kabel terkelupas kemudian terkena air, maka air akan mengalirkan arus listrik yang menimbulkan panas. Karena kontaminasi udara bermacam-macam (garam) maka pada titik bocor tersebut akan terjadi lintasan panas (api).

2.2.5 Penyambungan dan pemutusan aliran listrik (*Electrical Contacts & spark*)

Penyambungan dan pemutusan aliran listrik (menyalakan lampu) dapat menimbulkan percikan api

jika saklar kurang baik dan *under capacity*. Jika saklar tersebut berada pada ruangan yang mengandung gas yang mudah terbakar, maka selama lampu menyala, saklar akan mengalami *sparking*, selanjutnya apabila gas elpiji di dapur mengalami kebocoran bisa menimbulkan kebakaran. Demikian juga spark dan flashing dapat terjadi pada sambungan sambungan kabel instalasi.

2.2.6 Kesalahan Tindakan Manusia (Human Error).

Jika dilihat lokasi kebakaran yang sebagian besar terjadi pada perumahan dan tempat berusaha, ini berarti kebakaran itu dominan disebabkan oleh faktor human error. Hal ini karena masyarakat masih sangat awam dan kurang paham terhadap listrik sehingga sering kali bertindak sembrono atau teledor dalam menggunakan listrik, tidak mengikuti prosedur dan metode penggunaan listrik secara benar menurut aturan, sehingga terjadilah kebakaran yang tidak sedikit kerugiannya. Usaha yang bisa dilakukan untuk menekan terjadinya kebakaran adalah dengan meningkatkan kesadaran masyarakat pengguna listrik untuk tidak melakukan tindakan ilegal dalam mempergunakan listrik untuk keperluan sehari-hari.

2.2.6 Adanya Arus harmonik pada sistem instalasi.

Adanya arus harmonik pada sistem instalasi perlu dicermati, khususnya pada sistem instalasi listrik 3 fasa. Pada sistem instalasi 3 fasa, jika melayani beban linier dan seimbang maka arus-arus listrik yang mengalir pada penghantar adalah [6]:

$$I_A = I_1 \sqrt{2 \cos(\omega t)} \dots\dots\dots(1)$$

$$I_B = I_1 \sqrt{2 \cos(\omega t - 2\pi/3)} \dots\dots\dots(2)$$

$$I_C = I_1 \sqrt{2 \cos(\omega t + 2\pi/3)} \dots\dots\dots(3)$$

$$I_N = 0 \dots\dots\dots(4)$$

Pada rumus (4) ditunjukkan bahwa, pada sistem instalasi yang mendapat pembebanan linier yang seimbang, maka besarnya arus listrik yang mengalir pada hantaran netral adalah nol.

Apabila pada suatu sistem instalasi listrik terpasang beban non-linier yang seimbang maka besarnya arus listrik yang mengalir pada penghantar dinyatakan [6]:

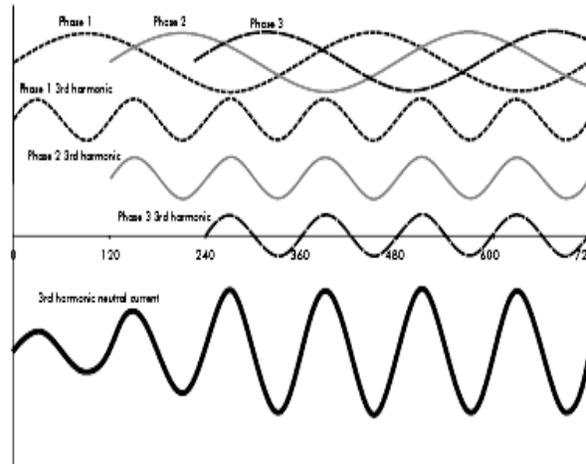
$$I_A = \sum_{h=1}^{\infty} I_h \sqrt{2 \cos(h\omega t + \phi_h)} \dots\dots\dots(5)$$

$$I_B = \sum_{h=1}^{\infty} I_h \sqrt{2 \cos(h(\omega t - 2\pi/3) + \phi_h)} \dots\dots\dots(6)$$

$$I_C = \sum_{h=1}^{\infty} I_h \sqrt{2 \cos(h(\omega t + 2\pi/3) + \phi_h)} \dots\dots\dots(7)$$

$$I_N = 3 \sum_{h=1}^{\infty} I_{3h} \sqrt{2 \cos(3h\omega t + \phi_{3h})} \dots\dots\dots(8)$$

berdasarkan rumus (5, 6, 7 dan 8), dapat digambarkan seperti pada gambar berikut:



Gambar-1. Gelombang Arus Triplen Harmonik [7]

Gambar-1 memperlihatkan bahwa besarnya arus triplen harmonik pada hantaran netral lebih besar dari arus pada hantaran fasa.

Dalam aplikasi di lapangan, pada sistem instalasi kita akan menemukan hal-hal berikut:

1. Kabel suplai dari PLN (kabel twisted), ada yang hantaran netral lebih kecil (3x70 mm²+1x50mm²) [8]
2. Busbar netral pada panel instalasi biasanya ukurannya lebih kecil.
3. Pada *multicore cable*, hantaran Nol (netral) pada instalasi sama dengan ukuran hantaran fasa
4. Pada *singlecore cable*, hantaran Nol (netral) pada instalasi kadang dipasang lebih kecil dari ukuran hantaran fasa.
5. Pada hantaran netral tidak pernah dipasang pengaman arus lebih.

Dari uraian di atas, ada kemungkinan terjadinya kebakaran karena listrik disebabkan karena adanya arus harmonik pada sistem instalasi listrik. Sistem instalasi listrik 3 fasa umumnya adalah konsumen listrik besar, misalnya perkantoran atau industri yang memungkinkan adanya beban listrik non linier dalam jumlah yang besar.

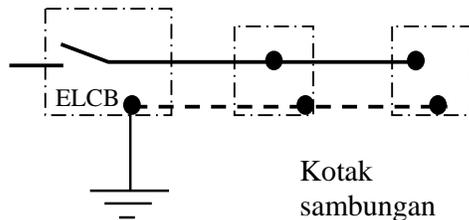
3. MODEL INSTALASI LISTRIK.

3.1 Mendeteksi adanya api listrik.

Adanya percikan api listrik dapat dideteksi dengan beberapa cara antara lain:

- a. Ultrasonik detektor.
- b. Rangkaian elektronik (photo detektor).
- c. Mendeteksi arus bocor dari percikan api listrik.

Titik rawan terjadinya percikan api listrik umumnya pada sambungan sambungan kabel atau pada terminal. Mengingat jumlah titik sambung yang cukup banyak maka cara (a) dan (b) tentu akan sangat mahal biayanya. Alternatif yang cukup murah adalah memanfaatkan kotak sambung yang ada, dengan cara (c), yaitu dengan memanfaatkan box metal, dilengkapi dengan saluran pentanahan dan dikoordinasikan dengan ELCB (*Earth Leak Circuit Breaker*). Peletakan sambungan di dalam box metal hendaknya diatur sedemikian rupa supaya jika ada percikan api (arus bocor) akan mengenai box metal sehingga arus bocornya mengalir ke pentanahan. Apabila percikan api ini cukup besar tentunya arus bocor yang mengalir cukup besar (>30mA) sehingga ELBC akan memutuskan suplai tegangan ke rangkaian tersebut dan percikan api berhenti. Model rangkaiannya seperti ditunjukkan pada Gambar-2 berikut [9]:

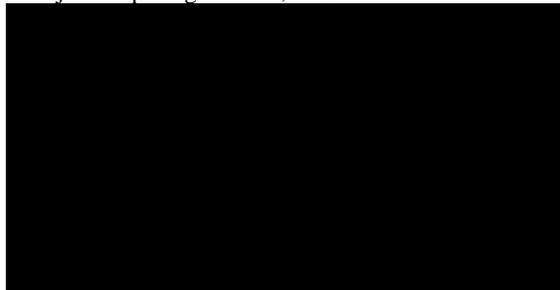


Gambar-2. Rangkaian deteksi dan pengaman percikan api listrik

Pemasangan ELCB harus diatur sedemikian rupa supaya pada saat ada gangguan tidak terjadi pemutusan total. ELCB yang peka, bila dipakai dalam instalasi merupakan jaminan terhadap mutu instalasi dan keselamatan dari bahaya listrik, khususnya bahaya tegangan sentuh.

3.2 Pemilihan Jenis Kabel untuk menghambat penyebaran api.

Api dapat tersebar dengan cepat melalui sejumlah kabel yang terletak pada *riser shaft* atau *cable tray* karena 50% dari kabel adalah berupa isolasi dan setiap jenis isolasi kabel mempunyai kandungan *fuel element* yang berbeda, seperti ditunjukkan pada gambar-3, berikut.



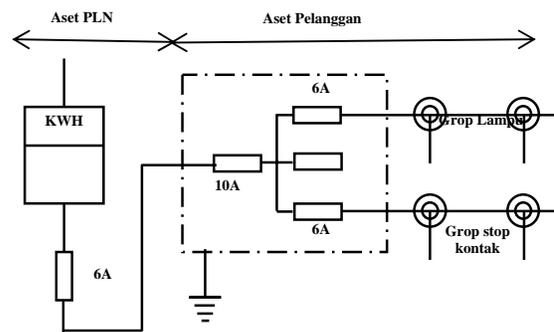
Gambar-3. Perbandingan ekivalen kandungan bahan bakar beberapa jenis isolasi kabel [9]

Oleh sebab itu, dalam pemilihan jenis kabel harus diperhatikan beberapa hal antara lain: *Fuel element*, *Heat release* dan *Toxicity* karena hal ini sangat menentukan kondisi yang akan terjadi pada saat terjadi kebakaran. Demikian pula sarana khusus seperti instalasi *fire alarm*, *emergency lighting* dan *lift* harus mendapat perhatian khusus.

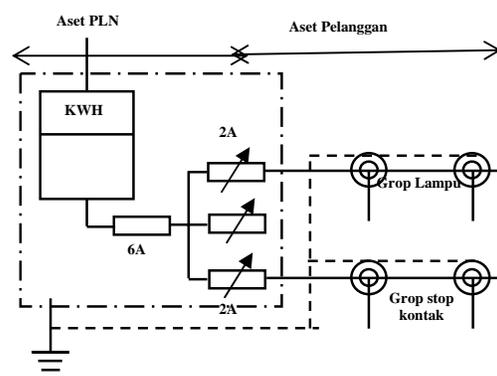
3.3 Model Instalasi

Karena dalam kasus kebakaran yang disebabkan listrik lebih banyak didominasi masalah Human Error, maka langkah antisipasi yang paling cocok adalah dengan memaksa pengguna listrik untuk tidak menyalah gunakan instalasi listrik yang telah terpasang. Langkah yang ditempuh adalah dengan mengubah sistem instalasi listrik yang digunakan selama ini, karena sistem yang digunakan saat ini hanya dapat mengantisipasi dan melindungi instalasi terhadap kejadian –kejadian hubung singkat langsung (2.2.1) sedangkan arus bocor (2.2.4) membutuhkan tambahan pengaman ELCB yang harganya relatif mahal untuk konsumen rumah tangga sederhana dan ELCB ini kurang efektif jika gangguannya tidak melibatkan arus bocor ke tanah.

Perubahan mendasar pada sistem instalasi listrik adalah sebagai berikut:



Gambar-4. Model Instalasi Excisting



Gambar-5. Model Instalasi Diusulkan

Pada Gambar-4 terdapat 2 kelompok sistem pengaman, milik PLN dan milik Pelanggan. Pada pengaman milik PLN, besarnya pengaman (MCB) fungsi utamanya adalah membatasi beban sesuai dengan kontrak daya terpasang, bukan sebagai pengaman sistem instalasi.

Pada pengaman milik pelanggan biasanya kapasitas yang terpasang melebihi pengaman PLN sehingga jika terjadi pembebanan lebih atau hubung singkat dan pengaman di aset PLN tidak bekerja dengan baik bisa menyebabkan pemanasan berlebihan pada kabel instalasi sehingga dapat menimbulkan bahaya api sebagai pemicu kebakaran awal. Jika *spark* atau *flash* terjadi pada box sambungan maka hal ini tidak akan dapat terdeteksi sehingga membahayakan.

Pada sistem yang diusulkan, seperti Gambar-5, pengaman dibuat terpadu. Pelanggan tidak diperbolehkan mengubah sistem pengaman karena pengaman dan alat ukur sudah menjadi satu kesatuan terpadu merupakan aset PLN.

Pengaman berupa komponen elektronik (*solidstate device*) yang dapat bekerja cepat jika ada gangguan listrik, sehingga timbulnya panas yang berlebihan dapat dihindari. Pada sistem ini jika terjadi kebocoran arus listrik dan masalah pada kotak sambung dapat terdeteksi dengan baik, sehingga kejadian yang tidak diharapkan (kebakaran karena listrik) dapat dihindarkan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan di atas serta pengalaman di lapangan adalah sebagai berikut:

1. Diduga kuat penyebab terjadinya kebakaran karena listrik adalah akibat faktor kesalahan manusia, karena secara teknis arus beban lebih dan arus hubung singkat sudah diamankan.
2. Kemungkinan lain terjadinya api listrik adalah adanya loncatan listrik (*loss-contact*) atau adanya arus harmonik, baik pada sistem suplai atau pada sistem beban.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yuli Rahmad, *Kebakaran Kantor ADM Unsyiah Akibat Arus Listrik*, The Globe Journal, 29-Nopember-2008.
- [2] Freddy Suhartono, *Protection Againsts Electrocution and Fire Hazard*, Scheider Electric, Juli, 2007.
- [3] *Revised Electrical Installation Standard For Building-For Safety Protection*, Workshop, Cooper Development Centre, 17 July 2007.
- [4] *Electrical Fire Causes*, tersedia di <http://www.waltersforensic.com/fire/vol5-No2>.
- [5] W. Frelin^{1,2}, L. Berthet², Y. Brument³, M. Petit¹, G. Perujo¹, J.C. Vannier, *Thermal behavior of LV Cables in Presence of Harmonic Currents*, ISEF 2009 - XIV International Symposium on Electromagnetic Fields in Mechatronics, Electrical and Electronic Engineering Arras, France, September 10-12, 2009.
- [6] David Chapman, *Harmonics Causes and Effects*, Copper Development Association, (Version 0b November 2001).
- [7] PT.SUCACO, *Power Cable Catalogue*, Supreme Cable Manufacturing Corp, PT.
- [8] SUSIONO, *Studi Kemungkinan Penyebab Kebakaran Karena Listrik Pada Bangunan Komersial Bertingkat Tinggi*, Jurnal Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Edisi Agustus 1999.
- [9] Dawna L. Cyr, farm safety project assistant, and Steven B. Johnson, Ph.D, *Electrical Fires: Prevention and Extinguishing*, University of Maine Cooperative Extension.
- [10] Jonh H. Matthews, *Design and Analysis of Building Electrical System*, Van Nostrad Reinhold.
- [11] *Fire Safety in Home*,. Published by Communities and Local Government, December 2007.
- [12] *Tests and measurements for electrical fire prevention*, Fluke Corporation- PO Box 9090, Everett, WA USA 98206.
- [13] Y. Hagimoto, *Protection Failure of Short-circuit by Arcing along the Insulating Material between Two Conductors of Wiring or Wiring Devices*, Journal of Tokyo Electric Management Engineering Association, January 1992.
- [14] Y. Hagimoto, K. Kinoshita, T. Hagiwara, *Phenomenon of Glow at the Electrical Contacts of Copper Wires*, NRIPS (National Research Institute of Police Science) Reports- Research on Forensic Science -, Vol. 41, No. 3, August 1988.