

Perencanaan Sistem Pentanahan Tenaga Listrik Terintegrasi Pada Bangunan

Jamaaluddin¹⁾; Sumarno²⁾

^{1,2)} Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Sidoarjo

Jamaaluddin.dmk@gmail.com

Abstrak - Syarat kehandalan dan keamanan merupakan suatu hal yang mutlak diperlukan dalam melakukan rancang bangun instalasi Sistem Tenaga Listrik. Untuk mendapatkan kehandalan dan keamanan pemakaian Tenaga Listrik pada Bangunan harus ada suatu interkoneksi yang baik antara Sistem Penangkap Petir (*Lightning System*), Pentanahan perangkat elektronika yang ada pada bangunan dan Pentanahan Sistem Tenaga Listrik (*Grounding System*) nya. Interkoneksi ketiga sistem tersebut dilakukan pada suatu Bar Plate yang terletak pada Bak Kontrol, dengan nilai indikasi keamanan yang baik dan sistem yang handal apabila pada titik *Bar Plate* yang berada pada Bak Kontrol tersebut mempunyai nilai di bawah 1Ω . Dengan mempergunakan rumus Dwight di dapatkan nilai tahanan pentanahan Sistem Tenaga Listrik pada tanah liat sebagai contoh menunjukkan pada kedalaman *Copper Rod* 1 m sudah mempunyai nilai $0,72 \Omega$. Sehingga dengan melakukan interkoneksi yang baik antara Sistem Penangkap Petir (*Lightning System*), Pentanahan Perangkat Elektronik dan Pentanahan Sistem Tenaga Listrik (*Grounding System*) pada suatu bangunan maka akan di dapatkan Sistem Tenaga Listrik yang handal dan aman.

Kata kunci : Sistem Penangkap Petir, Pentanahan Peralatan Elektronik, Pentanahan Sistem Tenaga Listrik.

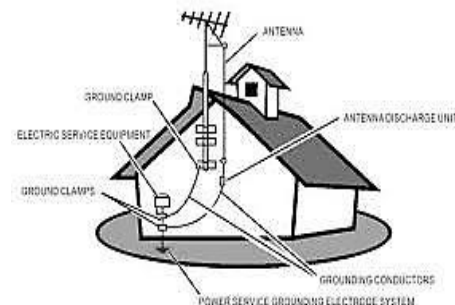
I. PENDAHULUAN

Hal yang perlu diperhatikan dalam kehandalan beroperasinya sistem kelistrikan dan keamanan pada manusia yang berada disekitarnya adalah Sistem Pentanahan Tenaga Listrik. Sistem pentanahan merupakan sistem pengamanan terhadap gangguan yang sering terjadi pada

peralatan listrik atau jaringan terhadap petir, yang berupa gangguan hubung singkat ke tanah.

Untuk keperluan peningkatan kehandalan sistem tenaga listrik pada suatu bangunan, maka dilakukan interkoneksi antara sistem penangkap petir, sistem pentanahan peralatan dalam bangunan dengan sistm pentanahan tenaga listriknya. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1:

Sistem Penangkap Petir yang terinterkoneksi dengan sistem Pentanahan Peralatan berikut Sistem Pentanahan Tenaga Listriknya terintegrasi pada suatu Bar Plate yang terletak pada Bak kontrol. Rancang Bangun Sistem tersebut diatas sangat diperlukan agar supaya didapatkan Sistem pentanahan yang baik yang sangat berpengaruh Nilai Tahanan Tanahnya. Perangkat elektronika yang berada di dalam bangunan aman terhadap tegangan lebih maupun tegangan kejut akibat gangguan jaringan / petir.



Gambar. 1.
**Interkoneksi Sistem Penangkal Petir,
Pentanahan Perangkat elektronik dan Sistem
Pentanahan Tenaga Listrik**

Interkoneksi sistem ini di tuntaskan dengan pentanahan sistem tenaga listrik.. Baik gangguan yang muncul karena petir atau tegangan kejut jaringan pada perangkat akan ter eliminasi dengan mempergunakan sistem pentanahan yang baik. Sistem penangkap petir, sistem ini terdiri dari 3 bagian besar, yaitu *Splitten* (Penangkap petir), *Down Conductor* (Penghantar ke bawah) dan koneksi ke *Bar Plat* yang ada pada Bak kontrol.

Sebuah bangunan gedung agar terhindar dari bahaya sambaran petir dibutuhkan nilai tahanan pentanahan $< 5 \Omega$ [3], sedangkan untuk pentanahan peralatan-peralatan elektronika dibutuhkan nilai tahanan pentanahan $< 3 \Omega$ bahkan beberapa perangkat membutuhkan nilai tahanan pentanahan $< 1 \Omega$. [3].

Pentanahan sistem elektronika dalam bangunan dilakukan dengan melakukan koneksi perangkat elektronika dengan penghantar *Ground* yang terpasang pada panel SDP (*Sub Distribution Panel*). Penghantar *Grounding* yang berada pada SDP dikoneksikan dengan Penghantar *Ground* yang berada ada MDP (*Main Distribution Panel*). Penghantar *Ground* yang berada pada MDP dikoneksikan dengan bar plate yang berada pada Bak Kontrol.

Untuk mengatasi tegangan kejut yang tersebar melalui fasa jaringan listrik diperlukan peralatan Pentanahan yang dinamakan *Arrester*. Dimana *Arrester* ini mempunyai dua sisi koneksi, yaitu sisi primer yang dikoneksikan dengan jaringan fasa listrik, lalu sisi sekunder yang dikoneksikan dengan penghantar *Ground*

Pentanahan tenaga listrik yang dikoneksikan dengan kedua sistem diatas, dipasang bermula pada bar plate yang berada di Bak Kontrol di koneksikan dengan *Copper Rod* atau *Copper Plate* yang ditanam ke dalam tanah.

Perlu Rancangan secara khusus untuk *Coper Rod* dan *Copper Plate* yang ditanam ke dalam tanah berikut pemasangan konfigurasi yang dibutuhkan untuk mencapai syarat keamanan nilai tahanan pentanahan pada suatu area tertentu.

II LANDASAN TEORI

Nilai Tahanan pentanahan pada suatu tempat berbeda – beda yang disebabkan oleh : komposisi tanah, kandungan air tanah, kelembapan tanah dan juga jenis tanah yang terdiri atas tanah liat , tanah rawa, tanah pasir, tanah kerikil, tanah ladang dan tanah berbatu. Hal ini mempengaruhi nilai tahanan pentanahan dan berpengaruh pada hantaran listriknnya[1].

Penelitian yang pernah dilakukan oleh ahli kelistrikan, mengenai sistem pentanahan Sistem Tenaga Listrik sebagai berikut :

1. Dengan cara mengasumsikan bahwa lapisan tanah terdiri atas lapisan-lapisan yang mempunyai nilai tahanan jenis berbeda, maka dalam memilih dan memasang sistem pentanahan perlu diketahui kondisi - kondisi pada lapisan tanah yang dalam. Mengingat keterbatasan dari alat-alat pengukuran tahanan tanah untuk menyelidiki kondisi spesifik tanah tersebut, maka dikembangkan suatu metode atau pola pemikiran yang menggambarkan nilai tahanan jenis tanah pada kedalaman tertentu[1].
2. Apabila struktur dari tanah dianggap homogen maka tahanan elektroda untuk 1 batang rod akan semakin kecil bila elektroda tersebut ditanam semakin jauh dari permukaan tanah. Untuk 2 batang elektroda, bila jarak antara keduanya menjadi lebih besar dari panjang elektroda, maka nilai tahanan pentanahan akan menjadi semakin kecil. Bilamana jumlah elektroda semakin banyak maka tahanannya semakin kecil, baik pada tanah yang homogen maupun tak homogeny[2].
3. Elektrode batang dimasukkan tegak lurus ke dalam tanah dan panjangnya disesuaikan dengan resistans pembumian yang diperlukan (lihat Tabel 3.18-2). Resistans pembumiannya sebgaaian besar tergantung pada panjangnya dan sedikit bergantung pada ukuran penampangnya. Jika beberapa elektrode diperlukan untuk memperoleh resistans pembumian yang rendah, jarak antara elektrode tersebut minimum harus dua kali panjangnya. Jika elektrode tersebut tidak bekerja efektif pada seluruh panjangnya, maka jarak minimum antara elektrode harus dua kali panjang efektifnya[3].
4. Sistem pentanahan yang baik, apabila diukur beda potensialnya antara titik nol jaringan dengan grounding mempunyai nilai tegangan tidak lebih dari 5 volt.

Tabel. 1. Resistansi Pembumian pada resistans jenis $\rho = 100 \Omega\text{m}$. diambil dari tabel. 3.18.-2 [3]

Jenis elektrode	Batang atau pipa			
	1	2	3	5
Panjang (m)				
Resistansi Pembumian (Ohm)	70	40	30	20

Menurut IEEE Std 142TM-2007 4 [5], tujuan sistem pembumian adalah:

1. Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan.
2. Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor sistem dan bumi. Deteksi ini akan mengakibatkan beroperasinya peralatan otomatis yang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

Oleh karenanya pemasangan elektrode pentanahan yang baik dan sesuai dengan standard akan memperoleh hasil – hasil sebagaimana telah disebutkan diatas. Elektrode pentanahan yang akan dipergunakan adalah *Copper Rod* (Tembaga pejal) dengan diameter 5/8 inch atau 15.89 mm dengan panjang 4 m.

Metode-metode yang digunakan dalam mereduksi nilai R untuk elektroda batang pembumian, telah direkomendasikan menurut IEEE Std. 142-1982 [5] yaitu :

1. Penambahan jumlah batang pembumian.
2. Memperpanjang ukuran batang pembumian.
3. Membuat perlakuan terhadap tanah (soil treatment) terbagi atas :
 - a. Metode bak ukur (Container Method).
 - b. Metode parit (Trench Method).
4. Menggunakan batang Pembumian khusus.
5. Metode kombinasi.

Nilai tahanan tanah bisa diketahui dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left\{ \ln \frac{4L}{a} - 1 \right\} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- R = Tahanan pasak ke tanah (Ohm).
- ρ = Tahanan tanah rata – rata (Ohm – Cm).
- L = Panjang pasak ke tanah (cm).
- a = Jari – jari penampang pasak (cm).

Rumus *Dwight* diatas menunjukkan, bahwa tahanan tanah merupakan faktor kunci yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda tersebut harus ditanam di dalam tanah untuk memperoleh

tahanan pentanahan yang rendah. Nilai tahanan tanah sangat bervariasi. Hal ini tergantung pada iklim, kandungan elektrolit dan jenis tanahnya.

Metode pentanahan dalam hal ini yang dipakai adalah *Driven Ground*, yaitu menanamkan batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah atau beberapa buah batang yang merupakan kelompok elektroda biasanya berdiameter 3/4 inchi sampai dengan 2 inchi, dan panjangnya antara 3 meter sampai 15 meter.

Tabel. 2. Tahanan jenis beberapa jenis tanah
Diambil dari (3.18.3.1. PUIL, 2000)

Jenis Tanah	Tahanan Jenis ($\Omega.m$)
Tanah Rawa	30
Tanah Liat dan Ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir dan Kerikil Kering	1000
Tanah berbatu	3000

Nilai tahanan pentanahan untuk beberapa jenis tanah berbeda. Hal ini dikarenakan karena struktur tanah yang berlainan antara satu jenis tanah dengan jenis tanah yang lain. Tanah lempung mempunyai nilai tahanan pentanahan yang rendah, ini disebabkan oleh komposisinya yang mempunyai bentuk partikel halus sehingga mudah untuk menyerap air atau mineral – mineral lain dan kemudian menyimpannya. Sifat inilah yang menyebabkan tanah lempung memiliki nilai tahanan jenis rendah bila dibandingkan dengan jenis tanah lainnya seperti tanah pasir dan tanah berbatu. Secara lebih jelas dapat dilihat dari tabel. 2.

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Memahami interkoneksi Sistem penangkap petir, sistem pentanahan peralatan elektronika di dalam bangunan dengan pentanahan sistem tenaga listrik. Sehingga apabila terjadi tegangan gangguan petir, atau terjadi gangguan tegangan kejut jaringan atau sebab yang lain akan segera dimankan dengan melakukan pentanahan sistem tenaga listrik.

2. Memahami sistem pentanahan tenaga listrik bangunan dengan mempergunakan batang elektroda (*Copper-Rod*), dengan harapan didapatkan nilai tahanan pentanahan $< 1 \Omega$.
3. Mengetahui metode apa yang dipakai untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan pada jenis tanah pasir dan kerikil kering.
4. Mendapatkan nilai pentanahan tenaga listrik yang baik agar bisa dioperasikan secara baik dan aman untuk mahluk hidup yang ada disekitarnya.
5. Menambah sumber bacaan tentang sistem pentanahan, utamanya yang bersifat teknis dilapangan dan menjadi bahan acuan bagi penelitian selanjutnya.
6. Menambah manfaat pada bidang ketenaga listrikian baik pada perumahan dan industri.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Dilakukan penentuan titik dimana elektrode pentanahan akan ditanam. Dalam melakukan penanaman elektroda bisa diupayakan pada titik yang mudah untuk menanam / tidak terbentur dengan batu atau kerikil. Jika masih membentur dengan kerikil yang keras atau batu, maka bisa dipindahkan ke titik sampingnya.

Untuk memudahkan penanaman elektroda bisa dibantu dengan mempergunakan penyiraman air pada titik tersebut. Setelahnya dilakukan pengukuran tahanan pentanahan dengan mempergunakan *Digital Earth Resistance Tester* 4105 A. dalam berbagai macam kedalaman pentanahan.

Elektrode pentanahan dalam penelitian ini mempergunakan tembaga pejal (*Copper Rod*) dengan diameter $5/8$ inchi = 15.89 mm sepanjang 4 m. *Copper rod* ini ditanam ke dalam tanah mulai kedalaman 1 m dan ditambah 0.5 m pengukuran.

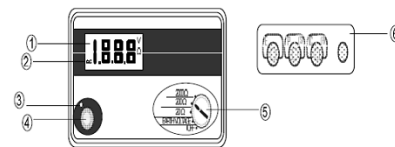
Jikalau pada penanaman elektroda pentanahan sampai habis (4 m) masih belum didapatkan hasil pentanahan yang diinginkan ($< 1 \text{ Ohm}$), maka dapat dilakukan menanam elektroda pentanahan pada samping elektroda pentanahan yang sudah tertanam (di paralel), sehingga akan di dapatkan nilai pentanahan yang lebih kecil dari pada sebelumnya.

Pada tiap – tiap kedalaman dilakukan pengukuran tahanan pentanahannya dengan mempergunakan alat *Digital Earth Resistance*

Tester 4105 A. Sedangkan spesifikasi alat yang dipergunakan untuk mengukur tahanan pentanahan adalah sebagai berikut :

- a) Merk : KYORITSU
- b) Jenis : *Digital Earth Resistance Tester* 4105A
- c) Alat ini berfungsi untuk menampilkan nilai tahanan pentanahan yang terukur dengan kemampuan mengukur sampai 1999Ω (*ohm*). Skema gambar *Earth Resistance Tester* ini ditunjukkan pada gambar .2.

Gambar.2. Earth Resistance Tester (Diambil dari Manual Instruction : Digital Earth Tester 4105 A)

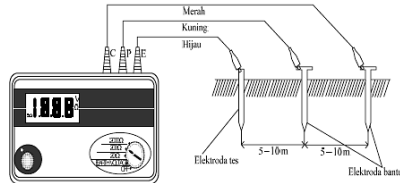


1. LCD penampil nilai ukur.
2. Simbol baterai dalam keadaan lemah.
3. LED indicator (berwarna hijau).
4. Tombol uji untuk mengunci.
5. Terminal pengukuran.

Langkah – langkah pelaksanaan penelitian adalah :

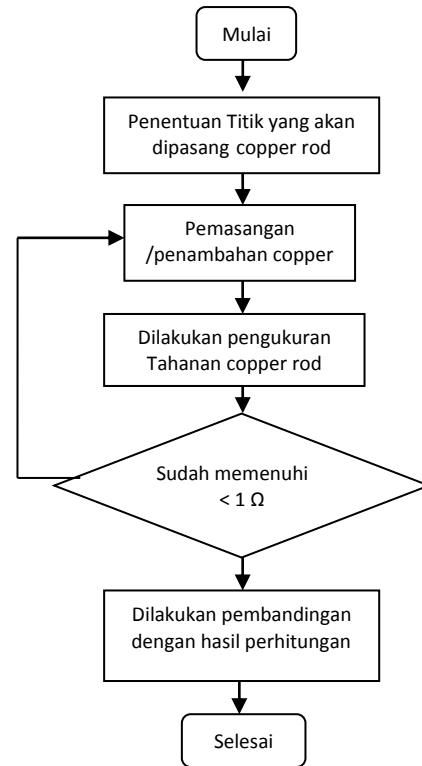
1. Mempersiapkan elektroda pentanahan dan alat – alat bantu pemasangannya.
2. Dilakukan pengecekan tegangan baterai dengan menghidupkan *Digital Earth Resistance Tester* . Jika layar tampak bersih tanpa simbol baterai lemah berarti kondisi baterai dalam keadaan baik. Jika layar menunjukkan simbol baterai lemah atau bahkan layar dalam keadaan gelap berarti baterai perlu diganti.
3. Membuat rangkaian pengujian seperti pada gambar 3. dengan menanam elektroda utama dan elektroda bantu. Menanam elektroda dengan memukul kepala elektroda menggunakan martil, jika menjumpai lapisan tanah yang keras sebaiknya jangan memaksakan penanaman elektroda.

Gambar. 3. Skematik pemasangan elektroda pentanahan dan elektroda bantu untuk proses pengukuran tahanan tanah. (Diambil dari Manual Instruction : *Digital Earth Tester 4105 A*)



4. Menentukan jarak antar elektroda bantu minimal 5 meter dan maksimal 10 meter.
5. Mengukur tegangan tanah dengan mengarahkan *range switch* ke *earth voltage* dan pastikan bahwa nilai indikator 10 V atau kurang. Jika *earth voltage* bernilai lebih tinggi dari 10 V diperkirakan akan terjadi banyak kesalahan dalam nilai pengukuran tahanan.
6. Mengecek penghubung atau penjepit pada elektroda utama dan elektroda bantu dengan mensetting *range switch* ke 2000Ω dan tekan tombol "PRESS TO TEST". Jika tahanan elektroda utama terlalu tinggi atau menunjukkan simbol ". . ." yang berkedip-kedip maka perlu dicek penghubung atau penjepit pada elektroda utama.
7. Melakukan pengukuran. Mensetting *range switch* ke posisi yang diinginkan dan tekan tombol "PRESS TO TEST" selama beberapa detik.
8. Mencatat nilai ukur tahanan yang muncul dari *Digital Earth Resistance Tester*.
9. Mengembalikan posisi tombol "PRESS TO TEST" ke posisi awal.
10. Melakukan pengujian tahanan untuk kedalaman elektroda yang berbeda dengan langkah 3, 7, 8, 9.
11. Perubahan kedalaman elektroda utama adalah sebesar 0.5 m pada tiap tiap pengukuran.

Gambar.4. Diagram Alur Penelitian



Sesudahnya hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan menggunakan *Digital Earth Tester* tersebut dibandingkan dengan hasil perhitungan mempergunakan rumus *Dwight* (Persamaan no. 1 diatas). Secara diagram dapat dilihat pada diagram alur seperti Gambar 4 diatas :

IV. HASIL PENELITIAN

Pengukuran yang dilakukan dengan tahapan – tahapan diatas, dengan menempatkan posisi elektroda bantu (P) pada posisi antara 0 – 5 m tepatnya pada posisi 5 m dari elektroda pentanahan (E), dan menempatkan posisi elektroda bantu (C) pada posisi 5 – 10 m tepatnya pada posisi 10 m dari elektroda pentanahan (E) atau 4 m dari posisi elektroda bantu (P), dengan mengubah kedalaman elektroda pentanahan.[4]

Dimana :

- R = Tahanan pasak ke tanah (Ohm).
- ρ = 100 (Ohm – Cm).(dicontohkan perhitungan untuk Jenis tanah liat).
- L = 100 (cm).

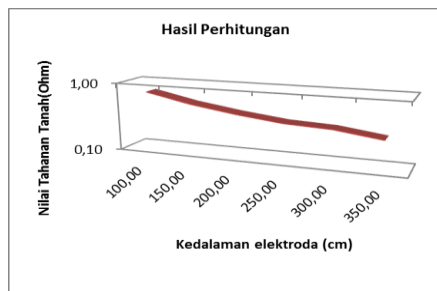
a = 15.89 (mm) = 1.59 (cm).

dengan mengubah nilai kedalaman elektroda pentanahan (Nilai L), maka didapatlah hasil perhitungan sebagaimana termaktub pada tabel. 3:

Tabel. 3. Hasil Perhitungan Nilai Tahanan Pentanahan

NO	Nilai	
	kedalaman	H. hitung
1	100,00	0,72
2	150,00	0,52
3	200,00	0,42
4	250,00	0,35
5	300,00	0,32
6	350,00	0,26

Gambar.5. Grafik Hasil Perhitungan Nilai Tahanan Pentanahan



Dari data pada tabel 3, tampak terjadi penurunan nilai tahanan pentanahan pada tiap penurunan kedalaman. Pada kasus ini dicontohkan mempergunakan media tanah liat sebagai tempat penanaman *Copper Rod*. Dengan mempergunakan media Tanah liat di dapatkan hasil perhitungan sebagaimana pada tabel 3, bahwa pada kedalaman penanaman *copper rod* 1 m sudah mendapatkan nilai Tahanan Pentanahan sebesar 0,72 Ω. Semakin dalam akan memiliki nilai tahanan pentanahan semakin rendah. Sampai pada kedalaman 3 m maka tahanan pentanahan akan memiliki nilai tahanan pentanahan sebesar 0,26 Ω. Untuk jenis – jenis tanah yang lain dapat mempergunakan nilai ρ yang disesuaikan

dengan jenis tanah yang dipergunakan untuk menancapkan alat pentanahan.

Kesimpulan

1. Dengan melakukan interkoneksi yang baik pada sistem Penangkap Petir (*Lightning System*, Sistem pentanahan alat alat elektronika di dalam gedung dan pentanahan Sistem Tenaga Listrik, maka akan di dapatkan Pemakaian dan pemanfaatan Sistem Tenaga Listrik yang Handal dan aman.
2. Dengan melakukan pentanahan Sistem Tenaga Listrik yang baik akan diperoleh nilai Tahanan Pentanahan Tenaga Listrik dengan nilai di bawah 1 Ω, dan ini akan memberikan dampak keamanan manusia dari efek tegangan langkah yang muncul akibat sambaran petir yang diketanahkan.
3. Pada hasil perhitungan tahanan pentanahan dengan mempergunakan Rumus *Dwight*, pada kedalaman elektroda pentanahan sedalam 100 cm adalah sebesar 0,72 Ω. sudah memenuhi persyaratan tahanan pentanahan yang baik.

Daftar Pustaka

[1] Pabla, A.S. 1994. Sistem Distribusi Daya Listrik. Erlangga. Jakarta.

[2] Tadjuddin, 2000. Penerapan Sistem Grid Tak Simetri pada Pentanahan Gardu Induk Bulukamba. Available at <http://www.elektroindonesia.com/> elektro. Diakses 26 Juni 2005.

[3] Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2000, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*.

[4] Wahyono, Budhi Prasetyo, 2013. ANALISA PENGARUH JARAK DAN KEDALAMAN TERHADAP NILAI TAHANAN PEMBUMIHAN DENGAN 2 ELEKTRODA BATANG, Prosiding SNST ke-4 Tahun 2013 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang

[5] IEEE Standard 142, “*IEEE Recommended Practice For Grounding Of Industrial And Commercial Power Sistem*”, vol. 11,

American National Standar Institute,
USA,1982.