

# PEMILIHAN SISTEM PERLINDUNGAN KOROSI KAPAL BAJA

Ali Azhar, Ahmad Khoirul Anam

Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya 60117

## ABSTRACT

*The protection of steel construction, especially hull construction in sea water could be done by flowing its the steel construction, so that the surface potencial was decreasing. This down potential decreasing would be followed by decreasing of velocity steel corrosion. Thermodynamically, this condition would be imuned if the surface potential is on steel stability area. The electron supply through electrical conductor could be done by using by sacrificial anode and impressed current. The model developed in this paper was the analytical hierarchy process in which one method of its decison methods has complex. The model consist of four level, that are, 1) goal, 2) criteria, 3) sub criteria and 4) alternative. The result was that the decision making model selection of corrotion system protection on steel ship had several criteria and heterogen environment.*

**Key words:** analytical hierarchy process, sacrificial anode, impressed current

## 1. PENDAHULUAN

Korosi merupakan kerusakan/penurunan mutu (deteorisasi) bahan khususnya logam karena berinteraksi dengan lingkungannya dan merupakan hasil suatu reaksi elektro kimia yaitu terjadi reaksi oksidasi dan reduksi (Terthewey,1991:25 ; Nosoetion,1997:43). Secara alamiah proses korosi akan menurunkan kualitas dan fungsi logam sehingga dapat menimbulkan kerugian baik secara langsung maupun tak langsung.

Beberapa akibat dari adanya korosi adalah:

- Mahalnya biaya korosi. Pada tahun 1980 di Amerika Serikat, Institute Battelle menaksir bahwa setiap tahun perekonomian Amerika Serikat dirugikan sebesar 70 milyar dollar akibat korosi (Editorial,1980) dalam (Terthewey,1991:5).
- Pemborosan sumber daya alam. Terjadinya korosi akan menyebabkan eksploitasi dan penggunaan biji logam semakin tinggi sebagai pengganti barang-barang logam yang rusak atau tidak berfungsi karena proses korosi. Suatu perkiraan berdasarkan perhitungan di Inggris mendapatkan bahwa setiap 90 detik terdapat 1 ton baja yang terkonversi menjadi karat (Terthewey,1991:5)
- Korosi menyebabkan ketidaknyamanan bagi manusia dan mendatangkan maut. Pada tahun 1985 di Swiss sebuah kolam renang roboh dan menewaskan 12 orang dan melukai puluhan orang (Editorial,1985) dalam (Terthewey,1991:5).

Perlindungan terhadap korosi dilakukan dengan memisahkan atau mengisolasi logam yang bersangkutan dengan lingkungannya. Hal ini dapat dilakukan dengan pelapisan cat, pelapis organik, pelapis logam dan sebagainya. Isolasi dengan lapisan cat merupakan cara yang paling umum dipakai untuk melindungi logam. Tetapi untuk beberapa pemakaian perlindungan dengan cat saja belum cukup, karena perlindungan ini mempunyai kelemahan yaitu sukar sekali mengisolasi logam secara sempurna. Serangan lokal ini justru lebih berbahaya daripada serangan merata, dan untuk mengatasi ini penggunaan lapisan cat sering digabungkan dengan perlindungan katodik (Nosoetion,1997:43).

Untuk memproteksi struktur baja khususnya pada konstruksi kapal baja yang berada di medium air laut dapat dilakukan dengan membanjiri struktur baja sehingga potensial antar mukanya turun. Penurunan potensial akan disertai dengan penurunan laju korosi baja dan secara termodinamik akan imun bila potensial antarmukanya berada dalam daerah kestabilan logam.

Pemasakan elektron melalui konduktor listrik (proteksi katodik) dapat dilakukan dengan metode anoda korban (*sacrificial anode*) dan arus tanding (*impressed current*). Pemilihan sistem perlindungan korosi merupakan masalah kompleks yang melibatkan berbagai kriteria dan sesuai kondisi lapangan serta lingkungan yang cukup heterogen.

## 2. METODE PROSES HIRARKI ANALITIK

Metode Proses Hirarki Analitik (*Analytical Hierarchy Process/AHP*) menurut Saaty (1993) dalam (Lage, 2000:72) pada dasarnya merupakan metode pengambilan keputusan yang memecah kompleksitas dan tidak beraturan dari persoalan menjadi beberapa bagian atau komponen, kemudian dari setiap komponen tersebut disusun dalam bentuk hirarki. Setelah pembentukan hirarki, perlakuan selanjutnya adalah memberikan penilaian secara numerik akan keunggulan relatif setiap komponen, kemudian dilakukan sintesa terhadap penilaian yang sudah diberikan untuk menentukan komponen mana yang mendapat prioritas tertinggi dan bertindak untuk mempengaruhi hasil kondisi tersebut.

Sebagai gambaran singkat dari metode ini dalam uraian berikut akan dijelaskan mengenai batasan, prinsip dasar, bentuk hirarki dan implementasi serta keuntungan Proses Hirarki Analitik.

### 2.1. Batasan

Proses Hirarki Analitik merupakan metode pendekatan untuk mengambil keputusan melalui alat bantu yang dapat menyederhanakan serta mengorganisir semua elemen atau alternatif yang mungkin dan harus dipertimbangkan.

Saaty (1988) dalam (Lage, 2000:73) menjelaskan bahwa metode ini merupakan metode luwes dan memberikan kesempatan kepada setiap orang atau kelompok untuk membangun gagasan-gagasan dan mendefinisikan persoalan dengan cara membuat asumsi masing-masing, serta memperoleh pemecahan yang diinginkan. Metode ini menyusun struktur masalah dalam bentuk hirarki dan memasukkan pertimbangan-pertimbangan guna memperoleh skala prioritas relatif.

Proses Hirarki Analitik membentuk pola kerja pikiran atau kelompok pikiran yang teratur untuk menghadapi kompleksitas dan menggunakan pengaturan untuk membuat keputusan yang terbaik dari alternatif yang tersedia. Keakuratan hasil dari metode ini diperlukan pengetahuan, pengalaman dan kemampuan dalam menguasai permasalahan, sehingga semua elemen atau unsur-unsur pokok dapat terdefiniskan, terkomposisi serta dinilai dengan baik.

### 2.2. Prinsip Dasar

Dalam menyelesaikan persoalan dengan metode ini terdapat tiga prinsip utama yang harus diketahui dan dipahami (Saaty, 1993) dalam (Lage, 2000:74). Ketiga prinsip tersebut adalah:

- Menggambarkan dan menguraikan komponen-komponen persoalan secara hirarki, yaitu memecah persoalan menjadi unsur-unsur yang terpisah, mengelompokkan dan menyusunnya dalam tingkatan yang berbeda.
- Pembedaan prioritas dan sintesis atau penetapan prioritas, yaitu menentukan peringkat elemen-elemen berdasarkan relatifitas penting tidaknya suatu elemen terhadap lainnya.
- Konsistensi logis, yaitu menjamin bahwa semua elemen dikelompokkan secara logis dan diurutkan peringkatnya secara konsisten. Dengan batasan-batasan tertentu dapat diketahui apakah pengambil keputusan konsisten dalam melakukan penilaian. Jika tidak memenuhi syarat, maka penilaian perlu direvisi kembali dan selanjutnya disintesa ulang.

Sedangkan urutan-urutan dalam menyelesaikan persoalan dengan pendekatan Proses Hirarki Analitik adalah sebagai berikut (Saaty, 1993) dalam (Azhar, 2001:34) :

- Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan
- Melakukan *decomposition*  
Setelah persoalan didefinisikan, maka perlu dekomposisi yaitu memecah persoalan utuh menjadi unsur-unsurnya, dilakukan sampai tidak mungkin dilakukan pemecahan lebih lanjut sehingga didapatkan beberapa tingkatan tadi (*hierarchy*). Jadi pekerjaan dalam *hierarchy* adalah: mengidentifikasi permasalahan, mengelompokkan dan menyusun kedalam level yang berbeda.
- *Comparative Judgment*  
Prinsip ini membuat penilaian terutama kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkat di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari Proses Hirarki Analitik, karena berpengaruh terhadap prioritas elemen-elemen. Jumlah perbandingan berpasangan sebanyak  $[n \times (n-1)]/2$  buah, dengan  $n$  adalah banyaknya elemen yang

dibandingkan. Hasil penilaian ini disajikan dalam bentuk matriks yang disebut *pairwise comparison*.

- Melakukan *Synthesis of Priority*  
Dari setiap *pairwise comparison* kemudian dicari *eigen vector*nya untuk prioritas lokal. Karena matriks *pairwise comparison* terdapat setiap tingkat, maka untuk mendapatkan prioritas global harus dilakukan sintesa diantara prioritas lokal.
- Melakukan *Logical Consistency*.  
Menilai kemantapan (konsistensi) penilaian yang telah diberikan dengan batasan-batasan tertentu, dapat diketahui apakah pengambil keputusan konsisten dalam melakukan penilaian. *Consistency Ratio (CR)* dapat diterima jika berkisar 10% atau kurang, dan pada beberapa kasus 20% dapat ditolerir tetapi tidak pernah lebih. Jika *Consistency Ratio (CR)* ini tidak masuk dalam range maka penilaian harus direvisi dengan menganalisa kembali permasalahan.

### 2.3. Bentuk Hirarki

Kunci utama penggunaan metode Proses Hirarki Analitik terletak pada terbentuknya hirarki permasalahan (Saaty, 1993) dalam (Lage, 2000:75). Hirarki yang terbentuk mencerminkan kompleksitas permasalahan yang dihadapi. Apabila semua elemen permasalahan telah teridentifikasi dan terkomposisi secara maksimal kedalam bentuk hirarki, langkah selanjutnya adalah memberikan penilaian dan sintesa serta menilai konsistensi penilaian yang telah diberikan berdasarkan kriteria tertentu yang telah ditetapkan. Kualitas hirarki yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh kemampuan pengambil keputusan dalam melihat permasalahan.

Suatu hirarki tersusun dari puncak, yaitu suatu fokus atau tema dari keputusan akhir yang akan dicapai melalui level-level antara, yaitu kriteria dimana unsur pokok dan subkriteria terletak serta tingkatan paling bawah merupakan alternatif yang akan dipilih.

Bentuk hirarki dapat dikatakan sebagai perwujudan jalan pikiran setiap orang yang secara alamiah berproses dalam menganalisis suatu permasalahan untuk menemukan solusi terbaik. Keceragaman tingkat dan cara berfikir yang dipadukan dalam bentuk hirarki. Dengan demikian membuat hirarki dalam metode ini merupakan pendekatan terpadu terhadap permasalahan atau kerangka logik (Saaty, 1988) dalam (Lage,2000:76).

### 2.4. Implementasi dan Keuntungan

Berbagai kasus telah dapat diselesaikan melalui pendekatan metode Proses Hirarki Analitik terdiri dari ( Saaty, 1993 dalam Lage,2000:103):

- Penyelesaian konflik Timur Tengah tahun 1972
- Perencanaan transportasi di Sudan tahun 1973-1975
- Perencanaan eksplorasi mineral di Mauritania tahun 1976
- Perencanaan pendidikan tinggi di Amerika Serikat tahun 1976
- Penyelesaian konflik di Irlandia Utara tahun 1977
- Perencanaan lembaga riset tahun 1977
- Prediksi bursa saham tahun 1980
- Prediksi harga minyak pada tahun 1980
- Penyelesaian konflik di Afrika Selatan tahun 1980
- Penetapan prioritas kebijakan energi nasional tahun 1999
- Perancangan sistem pakar untuk menunjang sistem akurasi kontrol pada tahap fabrikasi tahun 1999
- Pengembangan model pemilihan relokasi galangan kapal kelas menengah tahun 2000
- Pengembangan model perencanaan investasi galangan kapal di Indonesia tahun 2000
- Pola pembinaan kinerja karyawan di galangan kapal melalui penerapan sistem informasi sumber daya manusia tahun 2001

Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa metode ini memiliki keuntungan, antara lain (Saaty, 1993:25):

- Aplikasi dari Proses Hirarki Analitik disemua bidang kehidupan dengan validitas 97,4% (rata-rata perbedaan dengan kondisi riil sebesar 0,026 atau 2,6%)
- Memberikan satu model tunggal yang mudah dimengerti, luwes untuk aneka ragam persoalan tak terstruktur
- Memadukan ancangan deduktif dan ancangan berdasarkan sistem dalam memecahkan persoalan kompleks
- Menangani saling ketergantungan elemen-elemen dalam suatu sistem dan tak memaksakan pemikiran linier
- Mencerminkan kecenderungan alam pikiran untuk memilah-milah elemen-elemen suatu sistem dalam berbagai tingkat berlainan dan

mengelompokkan unsur yang serupa dalam setiap tingkat

- Memberi suatu skala untuk mengukur hal-hal dan tanwujud suatu metode untuk menetapkan prioritas
- Melacak konsistensi logis dari pertimbangan-pertimbangan yang digunakan dalam menetapkan berbagai prioritas
- Menuntun kesuatu taksiran menyeluruh tentang kebaikan setiap alternatif
- Mempertimbangkan prioritas-prioritas relatif dari berbagai faktor sistem dan memungkinkan orang memilih alternatif terbaik berdasarkan tujuan mereka
- Tidak memaksakan konsensus tetapi mensintesis suatu hasil yang representatif dari berbagai penilaian yang berbeda-beda
- Memungkinkan orang memperhalus definisi mereka pada suatu persoalan dan memperbaiki pertimbangan dan pengertian mereka melalui pengulangan

### 3. SISTEM PERLINDUNGAN TERHADAP KOROSI

#### 3.1. Metode Anoda Tumbal/Korban

Dengan memanfaatkan deret galvanik dipilih bahan dan bila digandengkan logam yang dilindungi akan menjadi anoda. Bila lambung kapal terbuat dari baja, maka semua logam yang lebih aktif (harga electro multi force lebih kecil) daripadanya dapat digunakan sebagai anoda. Dengan berbagai pertimbangan ternyata yang layak dipakai adalah logam seng, alluminium, dan magnesium.

Untuk melindungi struktur yang terbuat dari baja lebih banyak dipakai seng dengan cara menyisipkan potongan-potongan seng tersebut pada bagian yang tidak mempengaruhi kekuatan struktur. Seng akan terkorosi terlebih dahulu sementara besi sendiri belum terganggu.

Anoda tumbal antara lain diukur berdasarkan kapasitasnya. Suatu besaran yang menyatakan banyaknya arus kali jam yang dapat dipasok oleh setiap kilogram bahan. Parameter lain adalah keluaran arus per satuan luas permukaan terbuka, yang dinamakan pengausan (*wastage*), yang menyatakan hilangnya logam dalam satuan volume maupun satuan massa.

Pada penyambungan logam seperti seng dan tembaga, potensial katoda tembaga menjadi semakin negatif ketika arus mengalir, sementara potensial seng menjadi semakin positif. Potensial kedua logam itu mengarah ke potensial korosi

( $E_{kor}$ ), yaitu potensial ketika hambatan dalam sel dapat diabaikan dan arus pembatas terlampaui. Untuk mendapatkan harga  $E_{kor}$  yang dimaksudkan, luas kedua elektroda harus sama. Variasi perbandingan antara luas-luas elektroda harus sama. Variasi perbandingan antara luas-luas elektroda mengubah-ubah harga  $E_{kor}$ .

Penggunaan anoda tumbal untuk melindungi lambung kapal kini kurang populer dibanding metode arus terpasang tetapi masih banyak dijumpai pada kapal-kapal kecil. Seng merupakan bahan anoda yang paling umum dan digabungkan dengan pelapisan cat. Anoda-anoda dilaskan atau dibaut ke dinding kapal dalam susunan cukup rapat pada bagian buritan. Disini olakan hebat yang disebabkan putaran baling-baling cenderung merusak lapisan pelindung dan selanjutnya dinding segera mengalami korosi benturan (*impingement corrosion*) korosi peronggaan (*cavitation corrosion*) (Terthewey, 1991:322).

#### 3.2. Metode Arus Terpasang/Tanding

Jika permukaan logam dilindungi dengan cat atau bahan pelapis lain, arus yang teramati akan jauh lebih rendah. Tetapi kerapatan arus untuk melindungi bagian-bagian logam yang terbuka akan tetap sama. Namun bila lapisan pelindung rusak, luas efektif bertambah. Kalau unit pengendali terus memasang arus terpasang ( $I_p$ ), maka kerapatan arus akan sangat menurun.

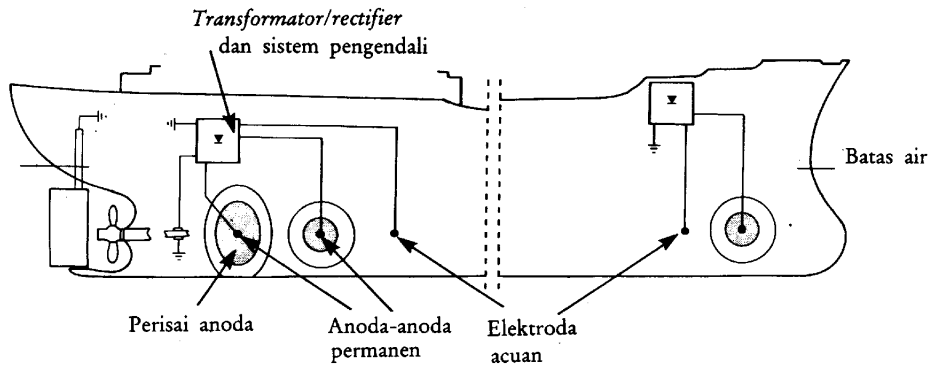
Dalam sistem proteksi katodik arus terpasang, instrumen menjadi sebuah rangkaian kompensasi otomatis yang selalu mengindra suatu perubahan potensial. Kemudian segera mengatasinya agar potensial tetap berada pada harga yang telah ditentukan potensial proteksi ( $E_p$ ). Untuk melakukan ini unit pengendali harus mempertahankan kerapatan arus ( $i_p$ ) dan oleh karena itu harus memperbesar arus terpasang. Sebaliknya, kalau luas permukaan efektif berkurang, ada kecenderungan bahwa kerapatan arus akan naik, dan potensial menjadi semakin negatif, itupun tidak diinginkan.

Dengan mengindra potensial permukaan logam yang terus menerus, unit pengendali mampu mempertahankan potensial konstan yang dibutuhkan untuk sistem proteksi dan membuat arus terpasang menjadi lebih kecil. Instrumen untuk menjaga agar potensial yang diterapkan tetap konstan disebut potensiostat. Kalau besar arus sangat bervariasi terhadap

waktu, maka rangkaian listrik harus mampu menghadapi perubahan-perubahan tersebut.

Dalam perancangan kapal masa kini anoda ditempatkan secara simetrik, namun untuk kapal curah juga ditempatkan pada bagian tengah tangki penyimpanan. Elektrode-elektrode ditempatkan di sekitar haluan atau buritan seperti pada gambar 1. Proteksi katodik arus terpasang

sebagai proteksi penunjang dikombinasikan dengan pelapisan cat sebagai proteksi primer. Selama lapisan pelindung masih baru, sistem arus terpasang hampir tidak diperlukan namun sesudah kapal dioperasikan cukup lama dan catnya mulai rusak proteksi katodik arus terpasang semakin dibutuhkan (Terthewey,1991:335).



Gambar 1. Contoh sistem proteksi arus terpasang pada sebuah kapal

#### 4. PEMILIHAN SISTEM PERLINDUNGAN KOROSI KAPAL BAJA

Secara garis besar pendekatan metode Proses Hirarki Analitik dalam pemilihan sistem

perlindungan korosi kapal baja dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pemilihan sistem perlindungan korosi kapal baja

Tujuan	Kriteria	Subkriteria	Alternatif
Pemilihan sistem perlindungan korosi kapal baja	Ekonomi	Biaya awal	Gabungan antara anoda korban dan arus tanding
		Biaya operasional dan perawatan	
		Biaya disposisi	Arus tanding ( <i>impressed current</i> )
	Teknik	Kebutuhan arus	
		Ketahanan terhadap lingkungan	
		Distribusi arus	
		Kemampuan perlindungan	
		Berat Peralatan	

Sedangkan bentuk secara hirarki dibagi menjadi empat level, yaitu:

- Level kesatu adalah fokus yang merupakan tujuan dari pemilihan sistem perlindungan korosi kapal baja.
- Level kedua adalah kriteria, merupakan ukuran yang digunakan pengambil keputusan

untuk mensyaratkan pencapaian tujuan. Kriteria yang dipergunakan dibagi menjadi dua kriteria, yaitu: ekonomi dan teknik.

- Level ketiga adalah sub kriteria yang merupakan penjabaran kriteria dari level dua.

- ✓ Teknik, yang termasuk kriteria ini adalah kebutuhan arus, ketahanan terhadap lingkungan, distribusi arus, kemampuan perlindungan, berat peralatan.
- ✓ Ekonomi, yang termasuk kriteria ini adalah biaya awal, biaya operasional dan perawatan, biaya disposisi.
- Level keempat adalah alternatif sistem perlindungan korosi pada kapal baja yang terdiri dari anoda korban (*sacrificial anode*), arus tanding (*impressed current*) dan gabungan antara anoda korban dan arus tanding

Selanjutnya dari model hirarki diadakan pembobotan (*preferensi adjustment*) antara elemen tiap level yang mengacu terhadap elemen level di bawahnya, dan antara elemen pada level alternatif yang mengacu pada elemen di atasnya. Untuk memperoleh nilai yang cukup valid, pembobotan dilakukan oleh aktor pengambil keputusan dengan melibatkan berbagai pihak yang dipandang ahli (*expert*) dan mempunyai kompetensi dibidangnya masing-masing.

Dari hasil pembobotan diadakan perhitungan matematis baik secara manual atau memakai program komputer (paket program dan bahasa pemrograman) seperti *Expert Choice* maupun *Borland Delphi*. Sehingga hasil akhir yang diperoleh adalah prioritas lokal dan konsistensi tiap level, prioritas global dan konsistensi semua level serta analisa sensitifitasnya (Expert Choice.Inc, 1995:3).

## 5. KESIMPULAN

Berbagai implementasi dan keuntungan yang telah diperoleh dari penggunaan metode Proses Hirarki Analitik diberbagai bidang kehidupan dengan kesahihan cukup memadai. Hal ini membuktikan bahwa metode Proses Hirarki Analitik dapat digunakan untuk pemilihan sistem perlindungan korosi pada kapal baja.

Kontribusi yang akan diperoleh dari model pemilihan sistem perlindungan korosi pada kapal baja, diharapkan dapat memberikan alternatif pemecahan dalam pemilihan sistem perlindungan korosi kapal baja menjadi lebih terintegrasi. Selain itu dapat memberikan masukan terhadap pengambil keputusan, agar dalam pelaksanaan pengambilan keputusan faktor subyektifitas dapat diminimalkan atau dihindari dengan menggunakan sistem pendukung pengambilan keputusan yang

didukung oleh basis data yang secara terus-menerus diimprove keakuratan datanya atau sesuai dengan kondisi yang ada.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

**Azhar, Ali**, [2001], *Analisa dan Pemodelan Perencanaan Investasi Galangan Kapal*, Tesis Magister Teknik (tidak dipublikasikan), Program Pasca Sarjana Teknik Kelautan ITS, Surabaya.

**Expert Choice.Inc**, [1995], *Expert Choice Decision Support Software Tutorial, Version 9.0*, Mc Lean.Virginia.

**Lage, Fachruddin**, [2000], *Pengembangan Model Pemilihan Relokasi Galangan Kapal Kelas Menengah*, Tesis Magister Teknik (tidak dipublikasikan), Program Pasca Sarjana Teknik Kelautan ITS, Surabaya.

**Nasoetion, Ronald**, [1997], *Proteksi Katodik (Sistem Pengendalian Korosi)*, Abstrak Hasil-Hasil Riset Komersial, Penyelenggara Bursa Teknologi II di Kawasan Puspitek Serpong 12-14 Agustus .

**Saaty, T.L.**, [1993], *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin*, Seri Manajemen, No 134, Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.

**Saaty, T.L.**, [1988], *The Analytical Hierarchy Process*, University of Pittsburgh, USA.

**Trethewey, KR, Chamberlain, J.**, [1991], *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.



