

# BAHAN BAKAR METHAN ( $CH_4$ ) DARI LIMBAH BUAH-BUAHAN DAN SAYURAN

Oleh :

Ir. Lik Anah \*

## SARI

Buangan yang berupa limbah buah-buahan dan sayuran di Indonesia belum banyak dimanfaatkan, akibatnya timbul permasalahan terutama masalah lingkungan di mana penanggulangan yang dilakukan belum memuaskan. Salah satu alternatif penanggulangan pencemaran itu adalah dengan mengolah limbah tersebut menjadi bahan bakar metan ( $CH_4$ ).

Kandungan energi gas metan di dalam bahan limbah bervariasi dari 20.000–26.000  $kJ/m^3$ , tergantung pada jenis bahan limbahnya. Sebagai pembandingan energi dari gas metan murni adalah 35.000  $kJ/m^3$  (Biotechnology, 1982).

Uraian berikut mengemukakan contoh penanganan limbah buah-buahan dan sayuran yang merupakan salah satu dari beberapa limbah yang ada di Indonesia, yang memiliki potensi sebagai penghasil bahan bakar metan ( $CH_4$ ). Keuntungan dari pemakaian limbah ini adalah merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (renewable energy Resource).

## ABSTRACT

*Fruit and vegetable wastes in Indonesia haven't been used, as a result the wastes creates many problems especially environmental and health problems which no satisfactory solutions have yet been found. An alternative to overcome pollution i.e., with convert this wastes to fuel gas as methan ( $CH_4$ ).*

*Energy content of methane in wastes varies from 20.000–26.000  $kJ/m^3$ , depending on the amount of methane it contains. As compared to pure methane is 35.000  $kJ/m^3$  (Biotechnology, vol 3, 1982).*

*An example of application of fruit and vegetable wastes in Indonesia is shown. Its permits has potential application as methane produced. An advantage of this wastes as energy source is that it is renewable resources.*

## I. PENDAHULUAN

Kalau dilihat, alam Indonesia adalah penghasil buah-buahan dan sayuran yang pada hakikatnya menentukan taraf kesehatan manusia. Dengan meningkatnya pendapatan per kapita maka permintaan akan sayuran dan buah-buahan untuk keseimbangan menu semakin meningkat pula. Penanaman buah-buahan dan

sayuran dahulu sebagian besar ditekankan pada dataran tinggi (700 m ke atas), akan tetapi pada lima tahun terakhir peningkatan produksi buah dan sayuran di dataran rendah mendapat perhatian yang lebih besar.

Indonesia yang terdiri atas lima pulau besar mempunyai musim buah yang berbeda, dan hasil buah-buahannya sepanjang tahun

\* Puslitbang Kimia Terapan – LIPI, Bandung

saling mengisi. Luas panen dan produksi hortikultura menunjukkan kemandirian dari tahun ke tahun, dapat dilihat pada tabel 1. Berkat perkembangan sarana ekonomi berupa jalan yang baik dan tersedianya angkutan jarak jauh yang cepat, pada saat ini distribusi dan pemasarannya di seluruh Indonesia dapat berjalan lancar. Hal ini mendorong penduduk yang jauh dari kota untuk lebih giat menanam pelbagai pohon buah-buahan. Lebih-lebih lagi dengan didirikannya pabrik pengolahan buah-buahan yang memproduksi minuman dari buah.

Bagian yang baik dari buah dan sayuran digunakan untuk konsumsi dalam negeri maupun diekspor berupa buah dan sayur segar buah kaleng dan minuman sari buah. Sedangkan bagian lainnya yang rusak akibat beberapa faktor seperti kegiatan jasad renik, kegiatan enzim perlakuan kurang baik pada waktu pemetikan, pengepakan, pengangkutan dan penyimpanan maupun yang berupa limbah sisa pakai ditaksir sekitar 30%. Data yang tepat tentang kerusakan saat penyaluran dari petani sampai ke konsumen maupun data dari limbah sisa pakai perlu diuji lebih lanjut.

Limbah dari buah dan sayuran ini tidak mempunyai nilai jual yang baik dan merupakan limbah yang belum banyak dimanfaatkan, yang biasanya cenderung hanya dibuang di tempat-tempat sampah, dibiarkan mengotori lingkungan, dibakar yang abunya bisa menimbulkan pengotoran udara. Limbah ini mempunyai kandungan protein kasar hanya 3,5% - 4,5%, sehingga merupakan nilai yang rendah untuk makanan ternak.

Bertolak dari sini maka perlu dicarikan jalan ke luar untuk penanggulangan limbah buah-buahan dan sayuran untuk diolah menjadi produk yang bermanfaat, yang sekaligus juga berperan dalam penanggulangan pencemaran lingkungan dan kesehatan masyarakat. Salah satu alternatif penanggulangan adalah dengan cara mengolah limbah tersebut menjadi gas methane dengan proses fermentasi anaerobik. Alternatif ini didasari oleh kepustakaan yang menyebutkan bahwa buah-buah-

an organik yang dapat dicerna oleh bakteri anaerobik adalah sangat luas. Tabel 2 berikut mendaftar lebih dari 30 tipe bahan organik potensial yang menghasilkan gas methane (National Academy of Science, 1977).

Mengingat sifat dari bahan limbah buah-buahan dan sayuran ini, adalah merupakan energi yang dapat diperbaharui, maka pemanfaatannya adalah potensial sekali untuk membantu pengadaan bahan bakar methane. Ikut sertanya mikroorganisme dalam *recycling* nutrisi dari limbah pertanian di mana proses alam dan buatan sama-sama saling terjadi, dapat dilihat pada figur 1.

Dari penelitian terdahulu gas yang dihasilkan dari limbah pertanian adalah  $300 \text{ m}^3 - 420 \text{ m}^3/\text{ton}$  limbah dan komposisi gas adalah 60% - 70% methane (PYLE, 1978). Kandungan methane di sini cukup tinggi, karenanya pemanfaatan limbah tersebut perlu dipikirkan. Pemanfaatannya atau kegunaannya dalam berbagai macam pekerjaan dapat dilihat pada tabel 3.

## II. SEJARAH PERKEMBANGAN GAS METHAN

Adalah hal yang nyata bahwa bahan organik yang diolah di bawah kondisi bebas-oxygen (anaerobik) akan menghasilkan methane dalam gas rawa (MAYNELL, 1976). Laporan pertama tentang penggunaan gas methane sebagai bahan bakar adalah pada tahun 1895 ketika gas dikumpulkan dari tangki pembusuk yang didisain secara spesial dan dipakai untuk penerangan jalan di kota Exeter, England (BELL, et.al ..., 1975).

Sejak itu kemudian penelitian utama tentang teknik fermentasi anaerobik (*anaerobik digestion*) diterapkan dalam pengolahan bahan buangan. Saat ini proses fermentasi anaerobik digunakan secara bahan buangan. Saat ini proses fermentasi anaerobik digunakan secara luas untuk pengolahan bahan-bahan buangan seperti sampah, kotoran dan sebagainya. Di England dan Wales sebagai contoh separuh dari bahan buangan diteliti dengan cara ini (MOSEY, 1980).

Tabel 1. Luas Panen dan Produksi Hortikultura 1978 – 1982

Uraian	Satuan	1978	1979	1980	1981 <sup>1)</sup>	1982
<b>Luas Panen :</b>						
Sayuran	ribu ha	642	660	673	656	633
Buah-buahan	ribu ha	436	529	541	598	655
<b>Produksi :</b>						
Sayuran	ribu ton	1.927	1.861	2.127	1.979	2.028
Buah-buahan	ribu ton	2.709	3.512	4.206	5.266	5.214
<b>Hasil rata-rata :</b>						
Sayuran	kw/ha <sup>2)</sup>	30,00	28,20	31,80	30,18	32,04
Buah-buahan	kw/ha	62,13	66,40	77,74	88,09	79,60

1) Angka diperbaiki

2) Kuintal/ha

Sumber : Pidato Kenegaraan

Tabel 2. Bahan Organik Potensial Pembentuk Gas Methan

No.	A s a l	Spesifikasi
1.	Buangan-buangan perkebunan	sampah tebu, rumput-rumput, jerami jagung dan tanaman lainnya, jerami padi, makanan ternak yang busuk
2.	Buangan dari binatang	buangan dari kandang sapi (kotoran, air kencing), kotoran ayam, kotoran kambing dan domba, buangan dari rumah penyembelihan hewan (darah, daging), buangan ikan, kulit, buangan bulu.
3.	Buangan dari manusia	kotoran, air kencing, sampah (barang tak berguna)
4.	Hasil samping dan buangan dari industri pertanian	minyak kue, ampas tebu, dedak padi, buangan dari biji tembakau, buangan dari proses buah-buahan dan sayuran, lumpur gula dari pabrik gula, buangan teh, debu kapas dari pabrik kain.
5.	Buangan hutan	ranting pohon, kulit pohon, cabang-cabang kayu, helai daun
6.	Buangan tanaman air	lumut air laut, ganggang, bunga-bunga yang berair

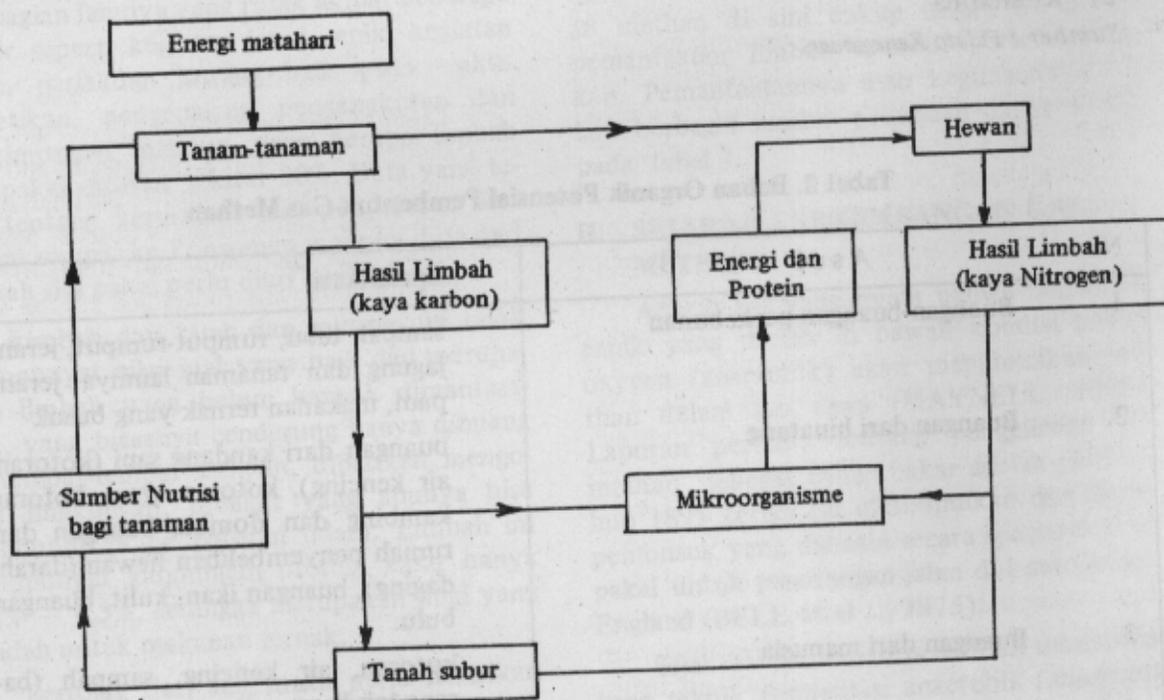
Sumber: – National Academy of Science (1977), taken from GARG et. al., 1971.

– Organic Manures, Bulletin No. 32, Indian Council of Agricultural Research, New Delhi

Tabel 3. Alternatif Penggunaan dari Biogas

Pemakaian	Daya yang ke luar setiap 1 M <sup>3</sup> Biogas
1. Penerangan	Sebanding dengan 60 – 100 Watt tiap bola lampu selama 6 jam
2. Alat Memasak	Sebanding untuk memasak 3 macam makanan untuk 5 – 6 orang
3. Stationary Power	Sebanding dengan 1 Hp motor selama 2 jam
4. Kendaraan Jalan Raya	Mampu untuk 3 ton truk sejauh 2,8 km
5. Pembangkit Listrik	Sebanding untuk membangkitkan 1,25 kWh listrik

Sumber : *Chinese Biogas Manual (VAN BUREN, 1979).*



Gambar 1. Diagram alir yang menunjukkan peran mikroorganisme dalam recycling limbah tanaman dan binatang.

Sistem fermentasi anaerobik skala kecil juga digunakan oleh para petani, peternak hewan selama perang dunia kedua di Jerman dan Perancis (MEYNELL, 1976). Methan yang dihasilkan dari bahan-bahan buangan dipakai untuk menggerakkan traktor-traktor

dan keperluan petani lainnya. Pada belakangan ini di negara-negara berkembang cara fermentasi anaerobik sebagai penghasil energi mendapat perhatian dan tanggapan yang besar sekali. Pengembangan yang luas dalam kegiatan penelitian telah dilakukan dalam dasa war-

sa akhir ini yang melaporkan seluruh aspek dari proses yang dipakai (STAFFORD et. al., 1980; HUGHES et. al., 1982). Sementara itu banyak pemakaian-pemakaian yang potensial telah diteliti meskipun pengembangan secara komersial dari sistim fermentasi anaerobik masih dalam tahap awal.

Di negara-negara dunia ketiga minat untuk memakai cara fermentasi anaerobik dimulai di India. Lembaga penelitian Pertanian India (The Indian Agricultural Research Institut) mengembangkan pabrik gas pertama "Gobar" pada tahun 1939. Stasiun penelitian gas Gobar (The Gobar Gas Research Station) dibentuk pada tahun 1961 dan dengan semangat yang diberikan oleh komisi industri "Khadi and Village" (The Khadi and Village Industries Commission - KVIC) lebih dari 80.000 digester "biogas" telah dibangun. Rencana KVIC ini bertujuan untuk mengenalkan masyarakatnya mengenai buangan-buangan organik yang bisa dimanfaatkan menjadi gas metan yang berguna.

Pemakaian cara fermentasi anaerobik yang terbesar adalah China. Sejak 1970 sebanyak 7 million pabrik biogas telah dibangun; Dan seperempat dari jumlah penduduknya sekarang menggunakan biogas. Ini merupakan ukuran terbesar, meskipun demikian fasilitas-fasilitas lain yang lebih besar ditekankan untuk menangani buangan-buangan dari sekolah-sekolah, rumah sakit, pabrik dan bermacam-macam sumber lainnya (VAN BUREN, 1979; CHEN, 1981).

Korea juga sudah mengembangkan digester biogas dan 24.000 telah dipasang antara tahun 1969 dan tahun 1973 (National Academy of Sciences, 1977). Dilaporkan bahwa 7.500 unit sedang beroperasi di Taiwan (BUNGAY, 1981).

### III. MEKANISME PROSES PEMBENTUKAN GAS METHAN

Gas metan merupakan komponen utama dari gas bumi (*Natural gas*). Pembentukan gas metan adalah suatu proses fermentasi anaerobik. Pemecahan bahan organik berupa limbah buah dan sayuran oleh bakteri anaerobik

adalah proses yang terjadi secara alamiah.

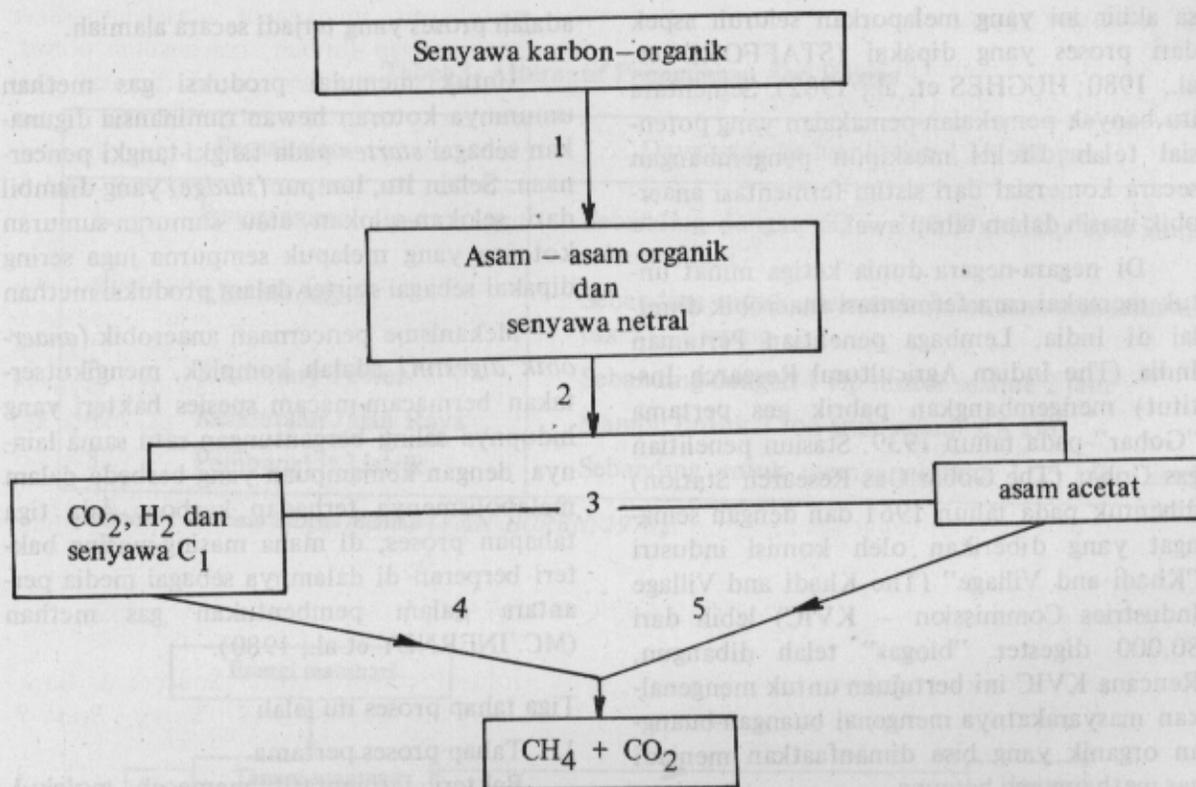
Untuk memulai produksi gas metan umumnya kotoran hewan ruminansia digunakan sebagai *starter* pada tangki-tangki pencernaan. Selain itu, lumpur (*sludge*) yang diambil dari selokan-selokan atau sumuran-sumuran kotoran yang melapuk sempurna juga sering dipakai sebagai starter dalam produksi metan

Mekanisme pencernaan anaerobik (*anaerobik digestin*) adalah kompleks, mengikutsertakan bermacam-macam spesies bakteri yang hidupnya saling bergantung satu sama lainnya, dengan kemampuan yang berbeda dalam metabolismenya terhadap karbon. Ada tiga tahapan proses, di mana masing-masing bakteri berperan di dalamnya sebagai media perantara dalam pembentukan gas metan (MC. INERNEY et al., 1980).

Tiga tahap proses itu ialah :

1. Tahap proses pertama  
Bakteri fermentatif memecah molekul-molekul organik kompleks dari bahan limbah yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan makromolekul menjadi molekul-molekul yang sederhana berupa asam-asam organik, ethanol, hydrogen dan CO<sub>2</sub>. Bakteri fermentatif yang menyertai proses ini disebut sebagai bakteri pembentuk asam dan prosesnya disebut tahapan proses hidrolitik.
2. Tahap proses kedua  
Bila molekul-molekul yang sederhana sudah cukup tersedia maka bakteri lain mulai bekerja mengubah propionate, CO<sub>2</sub>, hydrogen. Proses perubahan ini disebut tahapan proses acetogenik.
3. Tahap proses ketiga  
Spesies bakteri methanogenik memecah molekul-molekul organik yang simpel seperti senyawa acetat, hydrogen maupun CO<sub>2</sub> menjadi gas metan. Proses pemecahan ini disebut tahapan proses methanogenik.

Skema penguraian bahan organik secara anaerobik dalam proses pembentukan gas metan dari bahan buangan buah dan sayuran dapat dilihat pada gambar 2.



Keterangan : Lima mikroorganisme yang terlibat dalam proses ini, ialah:

1. bakteri hidrolitik
2. acetogen penghasil hydrogen
3. acetogen pengguna - hydrogen
4. methanogen pengguna - hydrogen
5. methanogen pengguna - acetat

**Gambar 2. Skema penguraian bahan organik secara fermentasi anaerobik dalam proses pembentukan gas-bio (Dari Poesponegoro, 1983)**

Kinetika dari proses pencernaan anaerobik tergantung pada banyak faktor yaitu suhu, pH, level nitrogen dan kecepatan pencampuran. Suhu memainkan peranan penting dalam menentukan kecepatan pencernaan anaerobik bagi bakteri pembentuk gas methan. Bakteri yang menyertai proses pencernaan tersebut ada dalam dua golongan spesies dan hidup dalam suhu optimum. Bakteri yang tergolong spesies thermophilik bekerja terbaik pada suhu  $45^{\circ} - 55^{\circ} \text{C}$ , sedang bakteri yang tergolong spesies mesophilik bekerja pada suhu optimum  $25^{\circ} - 40^{\circ} \text{C}$ . Di luar range suhu-suhu ini konversi kecepatan pencernaan oleh bakteri akan turun menyolok. Kurang  $10^{\circ}\text{C}$  dari

range suhu-suhu tersebut pencernaan oleh bakteri akan sangat lemah.

Setelah proses pembentukan gas methan selesai, tangki pencernaan hanya memproduksi gas  $\text{CO}_2$  yang tidak dapat dibakar. Isi tangki pencerna mengandung sedikit asam (ph 6) akibat dari aktivitas bakteri pembentuk asam. Bakteri pembentuk gas methan akan mulai bekerja bila campuran bahan limbah dalam tangki pencerna dijadikan alkalin (ph 7,5 - 8,5). Bakteri penghasil gas methan lebih dipentingkan dari pada bakteri penghasil asam, dan bila menginginkan hasil yang baik, maka hal-hal seperti di atas perlu diperhatikan

#### IV. KESIMPULAN

1. Keuntungan utama proses pencernaan anaerobik dari bahan buangan buah dan sayuran, yang merupakan bahan-bahan organik ini, diolah untuk memproduksi gas metan tanpa merusak nutrisi yang terkandung dalam bahan buangan tersebut.
2. Proses pencernaan anaerobik dari bahan buangan buah dan sayuran ini juga menghasilkan residu yang kaya akan nilai nutrisi yang amat berguna untuk rabuk tanaman atau untuk makanan ternak.
3. Produksi gas metan dari bahan limbah buah dan sayuran dapat sekaligus berarti membantu menangani masalah-masalah pembuangan limbah, pencegahan polusi, pengadaan sumber energi berasal dari sumber yang dapat diperbaharui (*renewable energy resources*), perbaikan sanitasi lingkungan dan pengadaan pupuk bagi petani.
4. Sehubungan Indonesia menghasilkan buah-buahan dan sayur-sayuran, yang otomatis juga menghasilkan bahan limbah organik dari buangan buah dan sayuran dalam jumlah yang melimpah, maka kebijaksanaan pengembangan produksi gas metan hendaknya ditujukan untuk memproses jenis limbah organik tersebut.

#### DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. "Fuel From Fruit And Vegetable Wastes" *CSIRO Food Research Quarterly* (p. 68 - 69), vol. 39, No. 3, 1979
2. Departemen Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, *Lima Tahun Penelitian dan Pengembangan Pertanian Indonesia, 1979 - 1980*
3. G.G. Birch, K.J. Parker and J.T. Worgan, *Food From Waste, 1976*
4. H.J. Rehm and G. Reed, 1982 "Biomass, Microorganism for Special Applications, Microbial Product I, Energy from Renewable Resources". *Biotechnology, volume 3*
5. John Prenis, "Natural Sources & Backyard Applications", *Energy Book I, 1975*
6. *Pidato Kenegaraan* Presiden RI Suharto, di depan Sidang Dewan Perwakilan Rakyat 16 Agustus 1984.
7. Poesponegoro, M., S. Aiman dan L. Tanuwidjaja, 1983 "Penggunaan Inokulum dalam Produksi Gas Bio dari Bahan-Bahan Limbah Organik". *Mikrobiologi di Indonesia*, Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia
8. Rismunandar, *Membudayakan Tanaman Buah-buahan, 1983*



SELAIN DARI ASURANSI MINYAK DAN GAS BUMI,  
KAMI JUGA MEMBERIKAN PERLINDUNGAN ATAS  
HARTA DAN NYAWA. MILIKILAH POLIS ASURANSI  
TUGU PRATAMA INDONESIA (TPI)



**P.T. TUGU PRATAMA INDONESIA**

(Tugu Pratama Indonesia Insurance Co. Ltd.)

A PERTAMINA JOINT VENTURE

Gedung Patra Lantai 1 Jl. Gatot Subroto Kav. 32-34 Jakarta 12950  
Phones : 512041-512293-512654-512468 Telex : 44699/45337 GUTAMA IA.