



# JURNAL PUSLITBANG JALAN

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PU  
DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

NO. 2 TAHUN XIV

ISSN : 0216 - 4124

JULI 1997



INFORMASI KUARI HASIL INVENTARISASI BAHAN JALAN

**PELINDUNG**

Patana Rantetoding

**PENASEHAT**

Irman Nurdin, Saroso BS, IF. Poernomosidhi, Sjahdanulirwan,  
Wawan Witarnawan, GJW Fernandez, A. Purwadi

**DEWAN REDAKSI**

Nani Kusminingrum, Hermin Tjahyati, Hikmat Iskandar,  
KA. Zamhari, Lanneke Tristanto, Salim Mahmud

**PIMPINAN UMUM / PEMIMPIN REDAKSI**

M. Wahyu Adjie

**ANGGOTA REDAKSI**

Erry Ermansyah, Yeyeh Kursiyah, Loida Dasuha, Ade Romli

**DAFTAR ISI**

PERANAN PROGRAM INVENTARISASI BAHAN BANGUNAN NASIONAL DALAM PEMBANGUNAN JALAN .....	1
Oleh : Benny Moestofa	
MODEL PREDIKSI POLUSI UDARA DI PERSIMPANGAN.....	10
Oleh : G. Gunawan dan IGW Samsi Gunarta	
FAKTOR KESELAMATAN KERJA PADA PENANGANAN ASPAL.....	18
Oleh : Tjitjik Wasiah S.	
ROAD SURFACE TEXTURE DESCRIPTION AND MEASUREMENT IN RELATION TO SKID RESISTANCE .....	22
Oleh : M. Sjahdanulirwan	
BETON KINERJA TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN KERIKIL ALAM (SUNGAI).....	30
Oleh : H. Ridwan Suhud	

**JURNAL PUSLITBANG JALAN**

Diterbitkan oleh :

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN  
BALITBANG PU DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM**

Jalan Raya Timur No. 264, PO Box. 298

Telepon : 7802251-7802252-7802253

Facsimile : (022) 7802726

**BANDUNG 40294**

## PENGANTAR REDAKSI

*Pembangunan jalan bertujuan untuk memacu pertumbuhan ekonomi guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Kadangkala pembangunan jalan dianggap dapat 'merusak' lingkungan hidup, dikarenakan telah memanfaatkan potensi sumber daya alam tanpa memperhatikan aspek-aspek pelestarian lingkungan, padahal kelestarian fungsi lingkungan hidup semakin diperlukan dalam mencapai kesejahteraan masyarakat.*

*Sementara itu, faktor keselamatan kerja dalam proses pembangunan di segala bidang termasuk pembangunan jalan, semakin menuntut perhatian.*

*JPJ (Jurnal Puslitbang Jalan) No. 2 Tahun XIV Juli 1997 ini mengetengahkan 3 karya tulis ilmiah yang mencoba menjawab isu-isu pelestarian lingkungan dan keselamatan kerja tersebut di atas, dengan judul :*

- Peranan Program Inventarisasi Bahan Bangunan Nasional dalam Pembangunan Jalan.*
- Model Prediksi Polusi Udara di Persimpangan.*
- Faktor Keselamatan Kerja pada Penanganan Aspal.*

*Karya tulis ilmiah lainnya dari hasil penelitian dan pengembangan yang patut disimak dan cukup penting untuk didiseminasikan melalui JPJ ini, adalah :*

- Road Surface Texture Description and Measurement in Relation to Skid Resistance.*
- Beton Kinerja Tinggi dengan Menggunakan Kerikil Alam (Sungai).*

*Semoga bermanfaat dan terima kasih.*

*Pemimpin Redaksi*



# PERANAN PROGRAM INVENTARISASI BAHAN BANGUNAN NASIONAL DALAM PEMBANGUNAN JALAN

*Benny Moestofa*

## **RINGKASAN**

Setiap proyek pembangunan jalan membutuhkan informasi tentang keberadaan, jenis, penyebaran, mutu, cadangan dan biaya serta volume material yang diperlukan dalam pembuatan konstruksi perkerasan jalan. Informasi tentang material secara keseluruhan dapat diperoleh melalui kegiatan inventarisasi bahan jalan atau umumnya dikenal sebagai bahan galian golongan-C untuk menunjang pembangunan prasarana dan sarana bidang pekerjaan umum, khususnya bidang konstruksi jalan. Suatu sistem inventarisasi pengumpulan dan penyimpanan data / informasi bahan jalan atau bahan galian golongan-C di seluruh Indonesia telah dikembangkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, bekerja sama dengan Transport Research Laboratory (TRL-UK).

Tulisan ini menguraikan tentang aspek-aspek teknik metodologi inventarisasi bahan jalan yang telah diterapkan secara nasional. Keuntungan utama sistem inventarisasi ini adalah sangat bermanfaat bagi program perencanaan dan pembangunan jaringan jalan di Indonesia. Walaupun pemanfaatannya saat ini dititikberatkan untuk bahan jalan, tetapi informasi yang disajikan serta penggunaannya dapat pula diperluas untuk bahan bangunan lainnya.

## **SUMMARY**

Any highway engineering project requires information on the type, distribution, quality, reserve and cost of road-making materials. An inventory system to store this information for all Indonesia's provinces has been developed at Institute of Road Engineering (IRE), Indonesia, together with the collaboration of the Transport Research Laboratory (TRL), United Kingdom.

This article deals with the technical aspects of the inventory methodology which is applicable nationwide. The main benefit of this system is its use to road network planning and construction programmes in Indonesia. Although currently restricted to road-making materials, the inventory system could be extended to cover other construction materials.

## **I. PENDAHULUAN**

Meningkatnya pembangunan prasarana dan sarana bidang pekerjaan umum, khususnya jasa konstruksi jalan membutuhkan penambahan penyediaan bahan galian golongan-C yang bermutu baik, cadangan besar dan paling kecil dampak negatifnya terhadap lingkungan di sekitarnya. Kebutuhan akan bahan untuk konstruksi perkerasan jalan terus meningkat seiring dengan laju pembangunan saat ini, khususnya bidang jalan. Dalam kegiatan pembangunan jalan tidak jarang dijumpai kendala-kendala yang sering menimbulkan hambatan dalam pelaksanaannya. Salah satu faktor penyebab timbulnya hambatan tersebut adalah kurangnya kelengkapan data tentang sumber-sumber bahan jalan setempat serta pemanfaatannya untuk konstruksi perkerasan jalan. Untuk mengatasi hambatan ini perlu dilakukan penyebaran hasil penelitian metode

'Inventarisasi Bahan Jalan secara Nasional' (IBJN), serta sistem manajemen pengelolaannya. Hasil dari kegiatan penyebarluasan ini diharapkan dapat mendukung program perencanaan sistem jaringan jalan, sehingga pembangunan jalan baru, peningkatan serta pemeliharaan jalan dapat dilaksanakan secara efektif dan ekonomis.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut di atas, maka Pusat Litbang Jalan telah melakukan penelitian bersama (joint research) dengan Transport Research Laboratory (TRL) Inggris, dalam Technical Assistance and Research Training Project, First and Second Phase (TARP I & II) yang dibiayai oleh Bank Dunia (IBRD) pada tahun 1988/1989 dan 1991/1993. Tujuan utama kegiatan proyek penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh suatu metodologi inventarisasi bahan jalan yang efisien dan tepat guna sesuai dengan kondisi

Indonesia. Dalam tulisan ini diuraikan secara rinci tentang metodologi yang digunakan dalam inventarisasi ini, pemanfaatannya dalam program perencanaan dan pembangunan jalan, teknik penyebar-luasan serta contoh hasil-hasil penerapannya. Dengan tulisan ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang peranan Program Inventarisasi Bahan Jalan Secara Nasional (IBJN) dalam kegiatan pembangunan jaringan jalan di Indonesia.

## II. METODOLOGI INVENTARISASI BAHAN JALAN

Keberhasilan suatu penelitian tidak terlepas dari strategi pelaksanaan yang mencakup program perencanaan dan persiapan pelaksanaan penelitian. Strategi penelitian dicerminkan oleh pola pikir yang dikembangkan dalam program pelaksanaan yang mencakup tahapan kegiatan sebagai berikut :

1. Pekerjaan Kantor (Desk Study)
2. Pelatihan dan Uji Coba Lapangan (Training & Field Trials)
3. Pekerjaan Lapangan (Fieldworks)
4. Pengujian Laboratorium (Laboratory Testing)
5. Pengolahan Data dan Penyaluran Hasil (Data Evaluation & Dissemination)

### 2.1. Pekerjaan Kantor

Kegiatan yang dilakukan dalam tahap pekerjaan kantor adalah :

1. Melakukan kajian pustaka (literature review) berbagai teknik inventarisasi bahan bangunan, mengumpulkan semua peta yang ada, antara lain peta topografi, peta geologi dan peta sistem lahan (land system maps).
2. Menyiapkan formulir isian lapangan standar dan petunjuk cara pengisiannya (manual) untuk digunakan dalam inventarisasi sumber-sumber bahan agregat.
3. Mengikutsertakan Balai Pengujian dan Peralatan, Kanwil PU di seluruh Indonesia dalam melaksanakan inventarisasi secara nasional.

4. Melakukan identifikasi kemampuan personil, peralatan lapangan dan laboratorium Balai Pengujian dan Peralatan, Kanwil PU.
5. Membuat program pelaksanaan inventarisasi bahan jalan serta menyiapkan tim pelaksana dan peralatan lapangan.

### 2.2. Pelatihan dan Uji Coba Lapangan

Tujuan program pelatihan dan uji coba lapangan ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Untuk menilai seberapa jauh efektivitas penggunaan formulir isian lapangan standar berikut petunjuk cara pengisiannya (manual).
2. Melatih dan membiasakan tim pelaksana lapangan menggunakan formulir isian tersebut.
3. Menilai aspek teknis kinerja (technical performance) tim pelaksana lapangan.
4. Untuk melatih tim pelaksana lapangan dalam pengambilan contoh (sampling techniques).
5. Untuk menilai kecepatan kemajuan kerja tim pelaksana lapangan dalam melakukan inventarisasi bahan jalan.

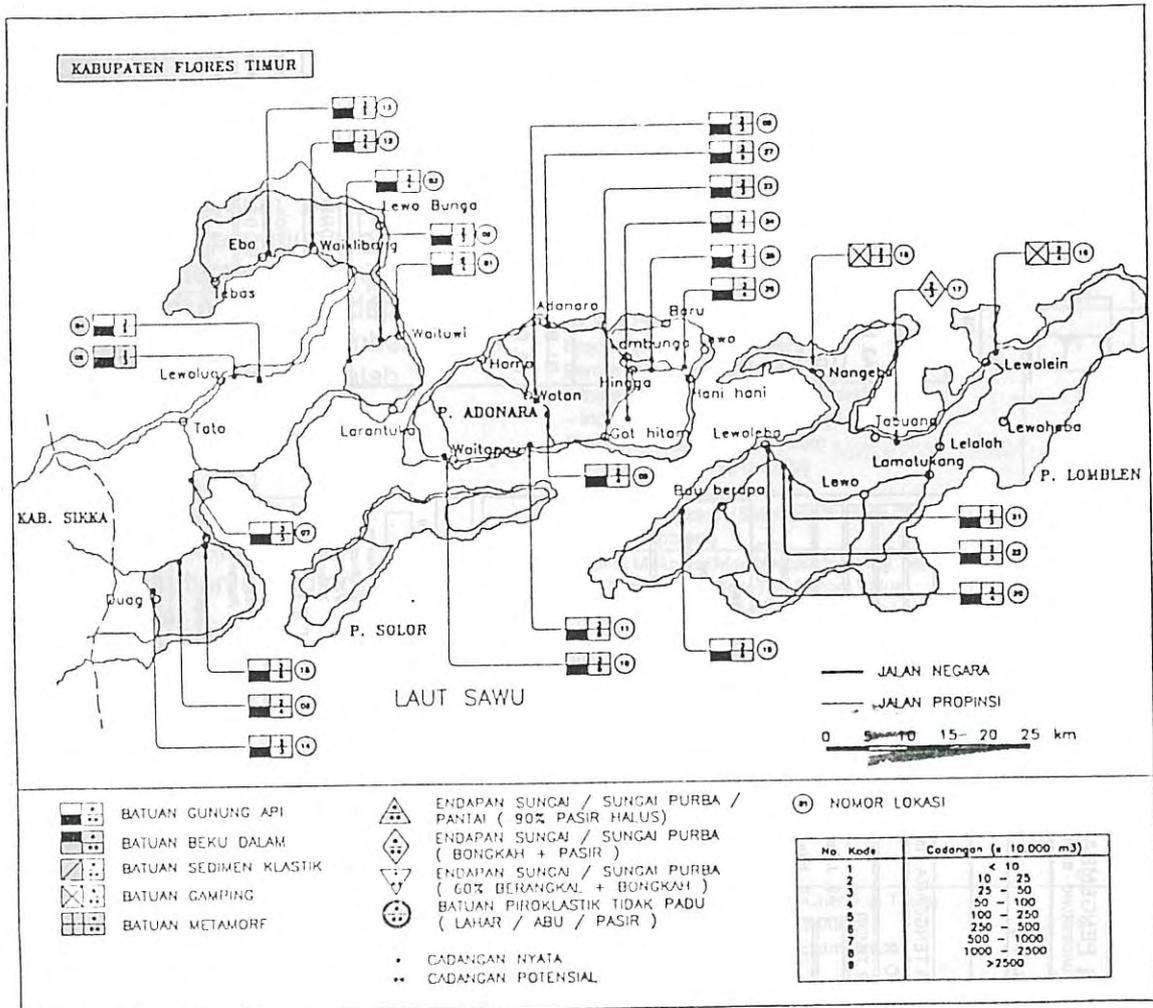
### 2.3. Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan lapangan dilaksanakan berdasarkan data yang dikumpulkan dalam tahap pekerjaan kantor berupa daftar lokasi sumber-sumber bahan galian golongan-C pada ruas-ruas jalan yang akan dikunjungi oleh tim pelaksana lapangan. Tim pelaksana lapangan terdiri dari 2 orang, yaitu 1 orang tenaga geologi dan 1 orang tenaga teknik sipil dibantu oleh seorang pengemudi dengan membawa kendaraan roda empat (four wheel-drive). Sedangkan tim lainnya dengan jumlah dan latar belakang pendidikan yang sama mempunyai tugas memasukkan dan mengolah semua data hasil pekerjaan lapangan ke dalam komputer (database) di kantor. Setiap tim mempunyai tugas saling bergantian atau bergiliran satu terhadap lainnya dalam melaksanakan pekerjaan lapangan dan pengolahan data di kantor. Semua hasil pekerjaan lapangan diolah secara komputerisasi, mulai dari pemasukan data dan pengecekannya hingga program pembuatan laporan yang dilakukan dan diawasi oleh seorang tenaga ahli komputer (Sistem Analis).

Tim pelaksana lapangan didukung oleh koordinator atau penanggung jawab penelitian yang mempunyai tugas merencanakan, mengatur dan mengawasi pelaksanaan penelitian secara keseluruhan. Gambar 1 merupakan contoh peta kuari

bahan jalan, sedangkan Gambar 2 adalah contoh Formulir Isian Lapangan hasil identifikasi material pada lokasi sumber bahan bangunan, yang berasal dari S. Kobra, di kampung/desa Tanglapui, Kecamatan Alor Timur, Kabupaten Alor, Propinsi Nusa Tenggara Timur.

**Gambar 1.**  
**CONTOH PETA LOKASI SUMBER BAHAN JALAN**  
**Galian Golongan - C Prop. NTT**



Gambar 2.  
CONTOH FORMULIR ISIAN LAPANGAN



PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN P.U.  
JL. RAYA TIMUR 264, PO Box No. 2 UJUNGBERUNG - BANDUNG 40294.

INVENTARISASI BAHAN GALIAN GOLONGAN-C LEMBAR KE 1

A. LOKASI			
A1. No. Lokasi	0 0 9		
A2. Propinsi	0 2 4	NUSA TENGGARA TIMUR	
A3. Kabupaten	0 0 5	A L O R	
A4. Kecamatan	0 0 0	ALOR TIMUR	
A5. Desa	TANGLAPUI	A8. Jalan dari	TARAMANA
A6. Kampung	KOBRA	A9. Jalan ke	MARITAING
A7. Lokasi / sungai	SUNGAI KOBRA	A10. Kilometer	0 3 4 . 0
A11. Nomor ruas	1 2 0 .	A12. Status jalan	2 1. Jalan Negara 2. Jalan Propinsi 3. Jalan Kabupaten 4. Jalan Desa/Kampung
A13. Jenis permk.	1 1. Jalan Aspal 2. Jalan Kenkil 3. Jalan Tanah	Lebar jalan (m)	3,50
A14. Jarak jalan masuk	0 . 1	A15. Jenis permk.	2 1. Jalan aspal 2. Jalan Kenkil 3. Jalan Tanah
A16. Peta Topografi	SC 51 - 4	A18. Kepemilikan	2 PERTAMBANGAN
A17. Koordinat	0 7 2 4 0 0 0 T 0 3 4 2 0 0 0 U	1 Pnbadi (Pertanian, perkebunan, pertambangan, ladang, hutan) 2 Konsesi (Pertambangan, perkebunan, kehutanan, pertanian)	

B. LINGKUNGAN			
B1. Geomorfologi	1 1. Sungai 2. Pantai 3. Tebing sungai 4. Perbukitan	5. Pegunungan 6. Lereng gunung 7. Dataran 8. Lain-lain *)	B3. Dampak lingk. 0 0 - 0 Tidak ada 1 Kampung/Desa 2 Industri 3 Perkebunan
B2. Tata guna lahan	2 0 Tidak ada 1 Padang 2 Ladang 3 Persawahan 4 Pertanian	5 Perkebunan 6 Pertambangan 7 Kehutanan 8 Lain-lain *)	B5. Kendala 0 0 Tidak ada kendala 1 Ada rencana pembangunan (PSDPU, Pasar, Rumah sakit) 2 Banjir 3 Dampak lingkungan 4 Lain-lain *)
B4. Sarana	0 0 Tidak ada sarana 1 Listrik dan PLN (Tegangan tinggi, menengah, rendah) 2 Air 3 Keduanya (1 & 2) ada		

C. SUMBER BAHAN (maksimum untuk 2 jenis bahan)			
C1. Sifat bahan	1 1. Lepas 2. Masif 3. Kompak	C2. Bentuk fisik	2 1. Pasir 2. Sirtu 3. Tanah Peru 4. Bongkahan 5. Masa batuan 6. Berlapas
CADANGAN BAHAN	C3. Jenis bahan	11 1. Andesit 2. Granit 3. Diorit 4. Basal 5. Obsidian 6. Breksi	7. Kerang 8. Batu Gamping 9. Batu Serpih 10. Tras 11. Campuran
C4. Panjang / P (m)	1.000	C7. Volume (m <sup>3</sup> )	125.000
C5. Lebar / L (m)	25	C8. Jenis lapis penutup	0 0 Tidak ada 1. Lembing 2. Lempu 3. Pasir 4. Karat
C6. Tebal / T (m)	5	C9. Tetap lapis penutup	0 1) < 1 m 2) 1 - 2 m

\*) Sebutkan pada kolom keterangan



PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN P.U.  
JL. RAYA TIMUR 264, PO Box No. 2 UJUNGBERUNG - BANDUNG 40294.

INVENTARISASI BAHAN GALIAN GOLONGAN-C LEMBAR KE 2

A. LOKASI			
A1. No. Lokasi	0 0 9		
A2. Propinsi	0 4 4	NUSA TENGGARA TIMUR	
A3. Kabupaten	0 0 5	A L O R	

D. DESKRIPSI BAHAN (maksimum untuk 2 jenis bahan)			
D1. Bentuk dan jenis bahan	2 11	Gunakan pilihan pada C2 dan C3	
D2. Gradasi (%)	Bongkah 1 5 Berangkal 2 5 Kerikil 3 0 Pasir 2 0 Tanah 1 0	D3. Abrasi 3 0 . 4 2 D4. Kuat tekan D5. Nilai impact 1 0 . 4 5 D6. Absorbsi air 0 3 . 4 3	D7. Batas cair D8. Batas plastis D9. Indeks plastis
D1. Bentuk dan jenis bahan		Gunakan pilihan pada C2 dan C3	
D2. Gradasi (%)	Bongkah Berangkal Kerikil Pasir Tanah	D3. Abrasi D4. Kuat tekan D5. Nilai impact D6. Absorbsi air	D7. Batas cair D8. Batas plastis D9. Indeks plastis

E. DESKRIPSI CONTOH (minimal 15 kg/contoh)			
E1. Nomor contoh	0 5 0 0 9 0 1	E2. Lokasi sampling	1 1. Permukaan 2. Sumuran 3. Batuan lepas
E3. Representatif	2 1. Seluruh bahan 2. Sebagian besar bahan 3. Bahan khas (special case) 4. Bahan pengganggu	E4. Keterangan SIRTU	

F. KETERANGAN			
F1. Foto		F2. Petugas	TIM KUARI
F3. Tanggal	1 0 1 0 9 6		
F4. Catatan			

## 2.4. Pengujian Laboratorium

Semua contoh yang diambil dari setiap lokasi sumber bahan galian golongan-C dilakukan pengujian laboratorium untuk mengetahui karakteristik material atau mutu bahan untuk konstruksi jalan. Penilaian terhadap mutu bahan galian dari setiap lokasi kuari yang diselidiki berkaitan erat dengan rekomendasi penggunaannya untuk konstruksi jalan. Untuk memudahkan pelaksanaan pengujian laboratorium, maka setiap contoh material yang diperoleh dari lapangan dimasukkan ke dalam karung atau kantong plastik serta diberi label. Di samping itu disiapkan suatu formulir pengujian laboratorium yang memuat keterangan tentang :

- Nomor kode Propinsi, Kabupaten, dan lokasi
- Nomor contoh
- Jumlah & asal contoh
- Tipe contoh
- Macam pengujian laboratorium

Daftar pengujian laboratorium bahan agregat serta tingkat kepentingan penggunaannya dapat dilihat pada Tabel 1. Adapun macam pengujian laboratorium yang dilakukan terhadap contoh bahan agregat dari setiap lokasi sumber bahan galian golongan-C yang diselidiki adalah :

- Water Absorbtion (WA)
- Specific Gravity
- LosAngelesAbrasion(LAA)
- Aggregate Impact Value (AIV)
- Aggregate Crushing Value (ACV)
- Particle Size Distribution (Grading)
- Ten Per Cent Fines
- Asphalt Stripping Value

## 2.5. Pengolahan Data & Penyaluran Hasil

Database Bahan Jalan telah dirancang sebagai pusat informasi sumber-sumber bahan jalan yang ada di seluruh Indonesia, mencakup data bahan agregat berupa material lepas (kuari sungai) dan material masif (kuari gunung batu) serta data material untuk bahan urugan terpilih. Data disusun berdasarkan hasil inventarisasi dari setiap propinsi dengan tujuan agar semua data sumber-sumber bahan jalan di seluruh Indonesia dapat disediakan untuk dimanfaatkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga lewat database IRMS atau BMS, maupun langsung digunakan oleh DPU Tingkat I dan II dalam menunjang program perencanaan dan pelaksanaan pembangunan sistem jaringan jalan di Indonesia.

Database hasil inventarisasi bahan jalan secara nasional inidibuat untuk memudahkan dalam memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

1. Harus memuat informasi yang memadai (relevant).
2. Data yang disimpan harus teliti dan akurat.
3. Informasi dalam database harus mudah dioperasikan oleh para perencana dan teknisi dalam mengeluarkan data bahan jalan serta penggunaannya untuk konstruksi jalan.
4. Komputer yang digunakan harus dilengkapi "hard disk" dengan kapasitas minimal 4 Mb RAM serta "printer" untuk "hard copy".
5. Database harus dapat memperbarui data hasil inventarisasi (updating data) sumber-sumber baru bahan jalan pada masa mendatang.

**Tabel 1.**  
**DAFTAR PENGUJIAN LABORATORIUM**

MACAM PENGUJIAN LABORATORIUM	PENG-GUNA-AN	SING-KAT-AN
Uji Sifat Fisik (Physical Test)		
Gradasi (Aggregate Grading)	1	
Bentuk (Aggregate Shape)		
- Indeks Keppihan (Flakiness Index)	1	If
- Indeks Kelonjongan (Elongation Index)	1	le
Absorpsi Air (Water Absorption)	1	WA
Berat Jenis (Relative Density)		
- Kering (Dry)	1	
- Jenuh Permukaan (Saturated Surface Dried)	1	
- Semu (Apparent)	1	
Uji Sifat Mekanis (Mechanical-Durability Tests)		
Nilai Tumbukan (Aggregate Impact Value)	1	AIV
Nilai Hancuran (Aggregate Crushing Value)	1	ACV
Nilai Kehalusan (Ten Per Cent Fines Value)	1	
Nilai Abrasi (Los Angeles Abrasion Test)	1	LAA
Nilai Kelicinan (Polished Stone Value)	1	PSV
Uji Beban Titik (Point Load Test)	2	Is
Nilai Schmidt (Schmidt Rebound Number)	3	
Tingkat Pelapukan (Slake Durability)	2	
Keawetan (Sodium Sulphate Soundness)	1	
Uji Kinerja (Performance Tests)		
Kelekatan Aspal (Asphalt Stripping Test)	1	
Gel Pat Test	3	
Mortar Bar Test	4	
Mineral-Kimia (Mineralogical-Chemical Tests)		
Mikroskop (Microscope Examination)	1	
Sayatan Tipis (Thin Section Examination)	1	
Methylene Blue Staining	4	
Indeks Mineral Lempung (Clay Mineral Index)	4	
X-Ray Defraction	2	
Electron Microscope	4	
Kadar Organik (Organic Content)	1	
Kadar Klorit (Chloride Content)	3	
Kadar Sulfat (Sulphate Content)	3	

### Catatan :

1. = Uji Standar (Standard Test) untuk evaluasi agregat
2. = Pengujian hanya untuk material atau proyek-proyek tertentu
3. = Uji Standar (Standard Test) untuk evaluasi agregat beton
4. = Uji Spesialis ( Specialised Test ) untuk evaluasi agregat beton dengan spesifikasi khusus

Penyaluran data hasil inventarisasi bahan jalan dilakukan dalam berbagai bentuk dan cara yang dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Laporan Akhir Inventarisasi Bahan Jalan secara Nasional, yaitu kumpulan laporan-laporan inventarisasi bahan jalan yang dilakukan oleh setiap laboratorium di seluruh Indonesia.
2. Kumpulan data hasil identifikasi bahan galian golongan-C yang terdiri dari Rangkuman Data Lokasi Sumber-Sumber Bahan Jalan pada setiap kabupaten dalam setiap propinsi di seluruh Indonesia.
3. Data yang disimpan dalam mikro komputer (computer disk).
4. Data dapat diperoleh langsung dengan memasang modem atau hubungan langsung antar komputer, yaitu antar propinsi atau tingkat nasional serta penggunaan "internet" untuk tingkat internasional.

### III. MANFAAT IBJN DALAM PEMBANGUNAN JALAN

#### 3.1. Deskripsi Umum

Data Inventarisasi Bahan Jalan secara Nasional (IBJN) disimpan dalam komputer database yang dikelola secara profesional untuk memudahkan pemanfaatannya dalam perencanaan dan pembangunan jalan. Database IBJN ini dilengkapi dengan data lapangan asli, sketsa lokasi, peta lokasi dan potensi bahan jalan serta dokumentasi foto lapangan. Data yang dikumpulkan dalam IBJN dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) bagian, yaitu sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data Tingkat Propinsi atau "Provincial Desk Study Inventory (PDSI)", merupakan data kuari bahan jalan yang dikumpulkan dari setiap propinsi dalam tahap Pekerjaan Kantor (Desk Study).

2. Inventarisasi Bahan Jalan Tingkat Propinsi atau "Provincial Road Material Inventory (PRMI)", merupakan data hasil identifikasi sumber-sumber bahan jalan pada setiap propinsi dengan menggunakan formulir isian lapangan standar yang dilengkapi dengan petunjuk cara pengisiannya (manual).

Data yang telah dikumpulkan dalam IBJN sejak dilakukan proyek percontohan inventarisasi bahan jalan di Propinsi Jawa Barat dan Sumatera Selatan pada tahun 1988/1989 sampai saat ini dapat dilihat pada Tabel 2. Dari tabel ini menunjukkan walaupun informasi sumber-sumber bahan agregat di seluruh Indonesia telah ada, tetapi umumnya masih banyak dalam tingkat PDSI dari pada PRMI.

**Tabel 2.**  
**HASIL - HASIL IBJN**

NAMA PROPINSI	JUMLAH LOKASI SUMBER BAHAN JALAN			
	PDS I	TGL	PRM I	TGL
IRIAN JAYA	95	05 - 1992	-	-
A C E H	289	08 - 1992	5	08 - 1994
SUMATERA UTARA	416	08 - 1992	-	-
SUMATERA BARAT	170	08 - 1992	3	08 - 1994
R I A U	53	07 - 1993	24	11 - 1994
J A M B I	25	06 - 1992	5	08 - 1994
BENKULU	87	02 - 1992	67	10 - 1992
SUMATERA SELATAN	113	04 - 1993	41	10 - 1988
L A M P U N G	15	10 - 1992	3	08 - 1994
JAWA BARAT	464	07 - 1988	666	04 - 1989
D.K.I JAKARTA	-	-	-	-
JAWA TENGAH	205	05 - 1992	4	08 - 1994
D.I YOGYAKARTA	74	05 - 1992	-	-
JAWA TIMUR	377	05 - 1992	14	07 - 1994
KALIMANTAN BARAT	56	02 - 1992	10	11 - 1994
KALIMANTAN TENGAH	179	02 - 1992	-	-
KALIMANTAN TIMUR	71	02 - 1992	20	11 - 1994
KALIMANTAN SELATAN	319	02 - 1992	14	12 - 1994
B A L I	46	03 - 1992	12	08 - 1994
N T B	19	03 - 1992	14	09 - 1994
N T T	17	03 - 1992	30	11 - 1994
TIMOR TIMUR	25	02 - 1992	4	08 - 1994
SULAWESI UTARA	61	12 - 1991	11	09 - 1994
SULAWESI TENGAH	147	07 - 1992	42	11 - 1992
SULAWESI SELATAN	513	12 - 1991	38	12 - 1994
SULAWESI TENGGARA	116	06 - 1991	26	09 - 1994
M A L U K U	233	12 - 1991	27	08 - 1993

### 3.2. Peranan IBJN dalam Kegiatan Bina Marga

Direktorat Jenderal Bina Marga saat ini menggunakan dua sistem database, yaitu IRMS dan BMS untuk membantu manajemen jalan dan jembatan pada jaringan jalan yang berstatus nasional dan propinsi.

Sistem database yang digunakan untuk menyimpan semua data hasil IBJN disesuaikan dengan IRMS dan BMS, sehingga informasi bahan jalan hasil inventarisasi secara nasional dapat langsung dimanfaatkan dalam meningkatkan efisiensi perencanaan sistem jaringan jalan serta keandalan mutu pembangunan jalan di Indonesia. Penentuan letak lokasi sumber-sumber bahan agregat dalam IBJN berdasarkan nomor ruas jalan dan kilometer yang telah disepakati bersama kedua belah pihak serta sesuai dengan prosedur yang digunakan dalam sistem database IRMS dan BMS. Walaupun masih dibutuhkan penyesuaian terhadap lokasi sumber-sumber bahan/material yang terletak pada ruas jalan yang berstatus kabupaten, khususnya nomor-nomor ruas jalan kabupaten. Untuk mengatasi hal tersebut dapat pula digunakan sistem koordinat topografi (UTM grid) yang dicantumkan dalam formulir isian lapangan.

Penyaluran data hasil IBJN dilakukan dalam berbagai bentuk dan cara, yaitu :

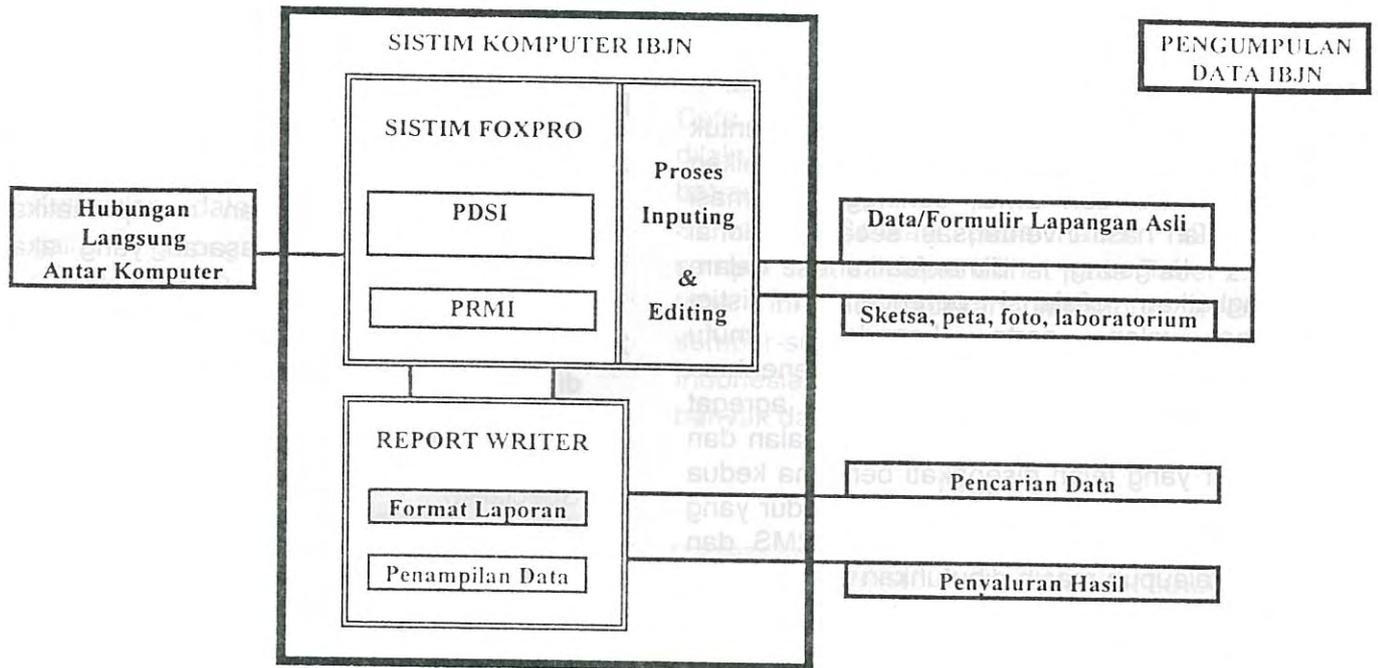
1. Laporan Akhir Inventarisasi Bahan Jalan secara Nasional, yaitu rangkuman laporan dari seluruh propinsi di Indonesia, Laporan Tahunan Hasil - Hasil Penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Badan Penelitian dan Pengembangan PU.
2. Laporan Inventarisasi Bahan Jalan Tingkat Propinsi, yaitu kumpulan laporan-laporan inventarisasi bahan jalan yang dilakukan oleh setiap Balai Pengujian dan Peralatan, Kantor Wilayah Departemen PU di seluruh Indonesia.
3. Data yang disimpan dalam mikro komputer (computer disk) dengan menggunakan perangkat lunak (software) FoxPro atau ASCII format.
4. Data dapat diperoleh langsung dengan memasang modem atau hubungan langsung antar komputer, yaitu antar propinsi atau tingkat nasional serta penggunaan "internet" untuk tingkat internasional (lihat Gambar 3).

Untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas tentang peranan IBJN dengan kegiatan Direktorat Jenderal Bina Marga dan instansi terkait lainnya, maka dibuat bagan alir IBJN seperti tampak dalam Gambar 4.

### IV. KESIMPULAN

1. Pelaksanaan IBJN harus mempunyai program terpadu dengan memperhatikan maksud, tujuan dan sasaran yang akan dicapai.
2. Latihan dan uji coba lapangan harus dilakukan oleh tim pelaksana lapangan dengan bimbingan serta pengawasan tenaga ahli bahan jalan (Road Material Specialist), agar hasil pekerjaan inventarisasi bahan jalan dapat dilakukan secara efisien dan tepat guna.
3. Informasi dalam database IBJN hasil inventarisasi dapat digunakan :
  - a. Sebagai alat manajemen dalam pengembangan/eksploitasi sumber bahan agregat.
  - b. Untuk meningkatkan sistem perencanaan jaringan jalan serta pemantapan keandalan mutu pembangunan jalan di Indonesia yang dikelola Dit. Jen. Bina Marga.
4. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemanfaatan data hasil inventarisasi bahan jalan adalah :
  - a. Maksud dan tujuan proyek jalan
  - b. Data lokasi sumber bahan agregat yang dibutuhkan
  - c. Spesifikasi agregat dan besarnya cadangan yang dibutuhkan.
5. informasi hasil IBJN tentang kendala eksploitasi bahan agregat yang dapat mengganggu kelestarian dan keseimbangan fungsi lingkungan akan bermanfaat bagi Pemda Dati I & II dalam memberikan Surat Izin Penambangan Daerah (SIPD) serta kebijaksanaan pengaturan pengelolaan lingkungan penambangan bahan galian golongan-C di wilayahnya.

Gambar 3.  
SISTIM PENGOLAHAN DATA & PENYALURAN HASIL IBJN



Gambar 4.  
BAGAN ALIR INVENTARISASI BAHAN JALAN SECARA NASIONAL (IBJN)



## DAFTAR PUSTAKA

1. Brown, E.T. 1981. "Rock Characterization Testing & Monitoring", ISRM Suggested Methods, International Society For Rock Mechanics, Pergamon Press Ltd., England.
2. Collis, L. and Fox R.A. 1985. "AGGREGATES: Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates For Construction Purposes, Geological Society, Engineering Geology Special Publication No. 1, England.
3. Cook, J.R. and Benny Moestofa 1989. "Road Materials Inventory For West Java", Ministry Of Public Works, Agency For Research and Development, Institute Of Road Engineering, IRE Research Report 11.072.PT.89.
4. Benny Moestofa and Cook, J.R. 1989. "Road Materials Inventory For Part Of South Sumatera", Ministry Of Public Works, Agency For Research and Development, Institute Of Road Engineering, IRE Research Report 11.076.PT.89.
5. Cook, J.R. and Benny Moestofa 1990. "Road Materials Inventory For Riau Province", Frank Graham Bill and Partners, LASMO Oil Company,
6. Benny Moestofa 1991. "Geotechnical Classification, Investigation and Production of Coral Aggregate", Training Course On Optimal Design Standards For Roads Based on Coral As The Basic Building Material, Collaboration of IRE-ESCAP Project.
7. Technical Assistance and Research Project, Second Phase at Institute of Road Engineering, Agency For Research and Development, Ministry Of Public Works, June 1993. "The Formation and Management of A National Road-Making Materials Inventory".

### *Penulis*

*Ir. Benny Moestofa, Ajun Peneliti Muda, Bidang Geoteknik Jalan, Pusat Litbang Jalan.*



# MODEL PREDIKSI POLUSI UDARA DI PERSIMPANGAN

G. Gunawan  
I.G.W. Samsi Gunarta

## RINGKASAN

Pencemaran udara dan kebisingan adalah dua masalah lingkungan yang terutama ditimbulkan oleh kegiatan transportasi. Untuk menangani masalah tersebut diperlukan suatu metoda yang cukup akurat guna estimasi parameter-parameter lingkungan.

Dari studi-studi terdahulu telah dikembangkan berbagai model untuk mengestimasi konsentrasi polutan dari emisi kendaraan bermotor, seperti CELINE-3 (BENSON, 1980), Gaussian plume model, dan EPA HIGHWAY-2 (Peterson, 1980). Di antara berbagai model tersebut, model Gaussian adalah salah satu model yang populer digunakan untuk memprediksi tingkat polusi di sekitar ruas jalan.

Meskipun demikian studi ini hanya meninjau pengaruh pencemaran udara dengan menggunakan Model Sumber Volume (OMG), untuk memprediksi polusi udara di sekitar persimpangan, dengan titik acuan pusat persimpangan. Di dalam analisa, telah dikembangkan program komputer sederhana untuk memudahkan perhitungan-perhitungan yang menggunakan model OMG tersebut..

Model ini digunakan karena tingkat ketelitiannya dapat diandalkan.

Hasil analisa statistik menunjukkan bahwa korelasi antara nilai prediksi dan nilai pengukuran lapangan berkisar antara 50 - 70 %.

## SUMMARY

Air pollution and noise are environmental problems generated by transportation. To solve the problems, an accurate method is required to estimate environmental parameters.

Previous studies developed various models for estimating pollutant concentration from emission such as CELINE-3 (BENSON, 1980), Gaussian plume model and EPA HIGHWAY-2 (Peterson, 1980).

Gaussian model is widely used for predicting pollution level generated by traffic.

This study deals with the effects of air pollution using volume Source Model (OMG) for predicting air pollution at junction. Simple computer programme has been developed for calculation using OMG Model. The reason for the use of this model because it is found from previous studies that the precision level of OMG Model is reliable.

Analysis result indicates that correlation between prediction value and field measurement value ranges from 50-70%.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Prakiraan terhadap tingkat gangguan yang timbul, terutama penurunan kualitas udara di jalan raya karena meningkatnya volume lalu lintas di suatu ruas jalan, disadari merupakan tahapan penting dari rangkaian evaluasi studi AMDAL maupun pertimbangan perencanaan jalan. Studi sebelumnya, diketahui bahwa

berbagai model untuk mengestimasi konsentrasi polutan dari emisi kendaraan bermotor telah dikembangkan, seperti :

**CALINE-3** (Benson, 1979), **Gaussian-Plume Model**, dan **EPA Highway-2** (Peterson, 1980).

Dari berbagai model tersebut, model Gaussian adalah salah satu model yang populer digunakan untuk memprediksi tingkat polusi di sekitar ruas jalan. Akan tetapi, untuk daerah urban, Kono & Ito mengklaim bahwa model volume akan menghasilkan prediksi yang lebih akurat (Kono & Ito, 1992).

Pada tulisan ini (1995/1996) model yang telah diujikan akan dikembangkan untuk dipergunakan pada kondisi yang lebih kompleks, yaitu untuk memprediksi polusi di daerah-daerah sekitar persimpangan (koordinat x,y) dari pusat persimpangan dan pengembangan model simulasi dari model-model analitis tersebut. Pada persimpangan, perhitungan konsentrasi di sekitar perempatan/persimpangan dilakukan dengan menjumlahkan kontribusi polutan dari masing-masing kaki persimpangan tersebut.

## 1.2. Tujuan

Tujuan jangka panjang dari studi ini adalah:

1. Mendukung pelaksanaan AMDAL bidang PU secara teknis dan dapat dipergunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan pemilihan AMDAL
2. Mempersiapkan perangkat teknis yang tepat untuk mengevaluasi baku mutu lingkungan secara mudah dan membuat perubahannya apabila diperlukan.
3. Mempersiapkan perangkat perencanaan yang dapat digunakan dengan mudah untuk membantu perencanaan teknis jalan, ataupun sistem yang dipersiapkan untuk suatu jaringan jalan, sehingga dapat dibangun prasarana jalan yang berwawasan lingkungan.

## II. KAJIAN LITERATUR

### 2.1. Model Prediksi Sumber Garis

Prediksi polusi dengan sumber garis telah banyak dikembangkan oleh beberapa ahli, seperti Walter 1962, Peterson, Benson dan Gauss. Pada umumnya model-model ini dikembangkan dengan anggapan dasar bahwa

- a. Sumber polusi dianggap kontiniu sepanjang jalan.
- b. Emisi dianggap Steady Stale ( $\partial C/\partial t = 0$ )
- c. Sumber garis memiliki panjang tak terbatas (infinite)

Model Gaussian adalah model yang amat populer digunakan karena kemudahan dalam penentuan parameter dan cukup realistis. Model tersebut memiliki bentuk persamaan sebagai berikut :

$$C_{(x,y)} = \frac{q}{(2\pi)^2 u \cdot \pi \sigma_z} \exp\left\{-\frac{1}{2} \left[ \frac{(H)^2}{\sigma_z^2} \right]\right\}$$

- C = Konsentrasi polutan pada koordinat X tegak lurus jalan  
q = Konsentrasi emisi yang dihitung berdasarkan jumlah/volume lalulintas yang lewat pada titik tersebut  
u = Kecepatan angin  
H = Ketinggian sumber emisi dari permukaan jalan.

Model ini ternyata memiliki akurasi yang baik dan cukup realistis dipergunakan sebagai model prediksi bagi jalan-jalan pada daerah perkotaan di Bandung.

Model ini cukup baik diterapkan pada kondisi lingkungan jalan dengan perbandingan tanah-bangunan yang tidak terlalu rapat. Kelemahan lain model ini adalah adanya asumsi sumber tak terbatas di mana secara praktis hal itu tidak pernah terjadi.

Model sumber garis yang lain adalah model Walter dan Epa Hiway-2. Keterbatasan model-model ini adalah bahwa parameter dan kondisi lapangan umumnya tidak tergambar dengan cukup baik.

### 2.2. Model Sumber Volume

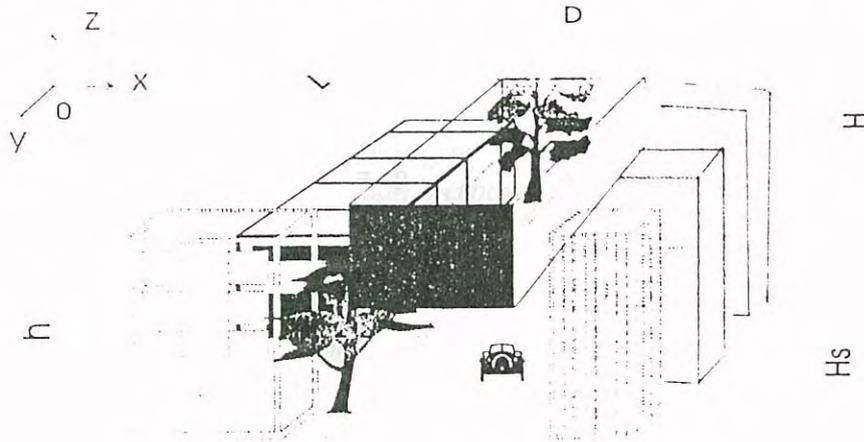
Model sumber volume dibuat dengan melakukan pendekatan dimensional DxHxL (Lebar Jalan X Ketinggian volume sumber X panjang Jalan). yang dianggap terapung di atas permukaan jalan dengan ketinggian Hs (lihat Gambar 1).

Dalam model ini, titik awal koordinat (0,0,0) terletak pada batas bawah (imaginer) dari sumber volume. Arah sumbu X adalah down wind (arah hembusan angin) horisontal, sedangkan Z vertikal ke atas dan Y sejajar

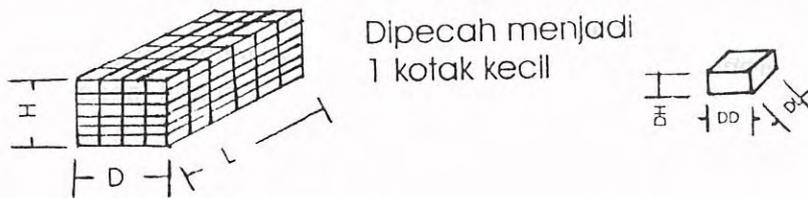
jalan. Tinggi batas bawah model sumber volume dianggap sama dengan konsentrasi pada ketinggian  $Z = 0$  (batas bawah imajiner sumber volume).

(penjelasan arti simbol-simbol lihat paper Kono & Ito, 1990). Untuk model kita ini diambil pendekatan  $m = 0.86$ ,  $n = 1$ . Kontribusi tiap "titik" (kotak kecil) dijumlahkan untuk seluruh sumber volume guna memperoleh konsentrasi

**Gambar 1.**  
**VOLUME POLUTAN IMAJINER DI ATAS PERMUKAAN JALAN**



**Gambar 2.**  
**TEKNIK PENGHITUNGAN JUMLAH PARTIKEL PADA SUMBER VOLUME**



**Perhitungan Konsentrasi**

Untuk menghitung konsentrasi polutan yang diakibatkan sumber volume tersebut, maka sumber volume tersebut dipecah-pecah dalam kotak-kotak kecil (lihat Gambar 2).

Kemudian tiap kotak dianggap sebagai sumber titik dengan laju emisi  $Q_p$  dan konsentrasi yang ditimbulkannya dihitung berdasarkan rumus Peters dan Klinzing (1971).

$$C = \frac{Q_p}{u\pi} \sqrt{\frac{(m+1)(n+1)}{K_y K_z X}} \exp\left\{-\frac{u_a(m+1)y^2}{4K_y X}\right\} \times \left[ \exp\left\{-\frac{u_a(n+1)(z-z')^2}{4K_z X}\right\} + \exp\left\{-\frac{u_a(n+1)(z+z')^2}{4K_z X}\right\} \right]$$

dengan  $K_y = k_1 \left(\frac{X}{L}\right)^m$   
 $K_z = k_2 \left(\frac{X}{L}\right)^n$

polutan di suatu titik X. Disini diambil pendekatan bahwa panjang L dari sumber volume  $\gg$  jarak titik pengamatan ke jalan sehingga dianggap titik-titik pengamatan itu kira-kira terletak sepanjang  $y = 1/2 L$  (ditengah-tengah).

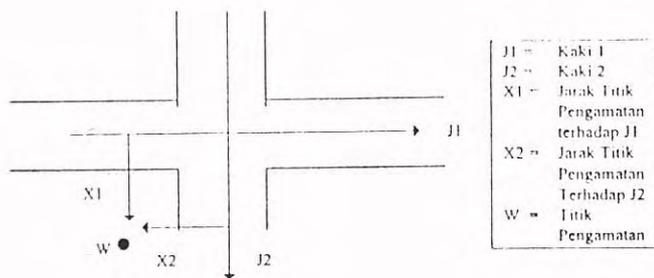


Konsentrasi di titik pengamatan X dihitung dengan menjumlahkan konsentrasi sumbangan dari tiap-tiap kotak kecil.

### 2.3. Perluasan Model untuk Perempatan

Kalau dalam model aslinya, model sumber volume (OMG) dipakai untuk memprediksi konsentrasi polutan di kiri kanan jalan di daerah urban. (Kono & Ito, 1990) maka pada studi ini kita memperluas penggunaan model tersebut untuk memprediksi konsentrasi polutan di sekitar perempatan.

Asumsi pokok yang dipakai adalah perempatan itu kira-kira terletak di tengah-tengah panjang jalan dan bahwa konsentrasi polutan di satu titik pengamatan adalah penjumlahan aljabar dari polutan yang bersumber dari masing-masing jalan. Penting untuk diperhatikan bahwa dalam menghitung konsentrasi polutan sebagai sumbangan dari satu kaki maka jarak (X) yang dihitung adalah jarak terhadap jalan tersebut.



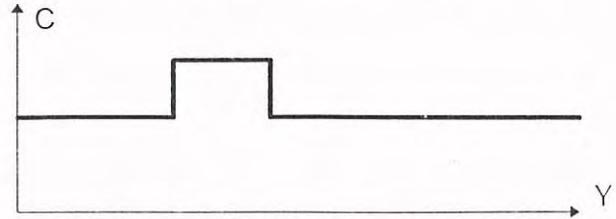
Kontribusi masing-masing Kaki dihitung seperti menghitung konsentrasi pada ruas jalan, dengan menggunakan cara-cara yang telah diuraikan di atas. Dengan karakteristik jalan yang berbeda maka (HxLxD) masing-masing sumber volume kemungkinan akan berbeda.

## III. METODOLOGI

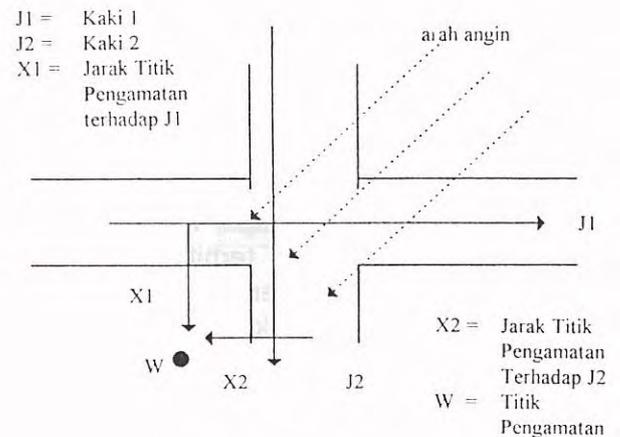
### 3.1. Hipotesis dan hasil yang diharapkan

Mengacu pada hasil yang diinginkan, ada beberapa hal penting yang dapat dijadikan pra anggapan untuk menyelesaikan prediksi polusi pada lingkungan persimpangan, a.l :

1. Konsentrasi emisi pada persimpangan merupakan hasil penjumlahan dari emisi kaki-kaki yang berpengaruh, jika digambarkan dalam satu bidang, penjumlahan emisi tersebut akan menghasilkan pada emisi sebagai berikut :



2. Arah angin pada persimpangan ataupun ruas jalan yang diprediksi/diukur adalah seragam, dan dianggap tidak sejajar dengan salah satu ruas jalan/kaki persimpangan.



3. Hasil pemantauan emisi kendaraan multimode yang dilakukan oleh Ditjen Perhubungan Darat dianggap valid untuk kondisi kendaraan yang berjalan di jalan raya di Indonesia, sehingga faktor emisi ini dapat dipergunakan sebagai data dasar.

Adapun hasil yang diharapkan akan didapatkan uji model prediksi adalah bahwa :

1. Polutan dipersimpangan akan terdispersi secara normal seperti halnya polutan pada ruas jalan. Perubahan hanya terjadi karena super posisi emisi dari kaki persimpangan yang mengakibatkan adanya tingkat emisi yang baru pada persimpangan tersebut.
2. Lingkungan jalan di hilir angin (down wind) pada posisinya akan menerima jumlah /

konsentrasi polutan yang lebih besar dari pada lingkungannya yang dipengaruhi hanya oleh kaki-kaki persimpangan.

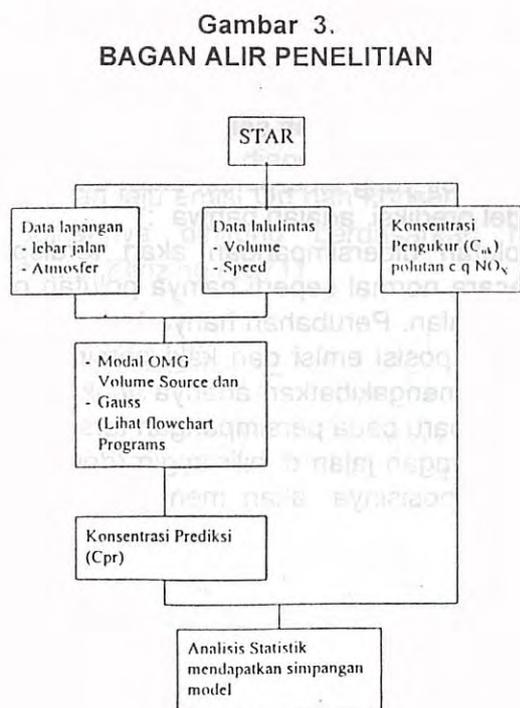
3. Kondisi tata ruang/lingkungan seperti misalnya rasio lahan-bangunan, ketinggian rata-rata bangunan akan berpengaruh terhadap pola dispersi polutan.
4. Perubahan arah angin sesaat di lapangan akan dapat dieliminasi dengan banyaknya penghasilan data lapangan.

### 3.2. Pendekatan Methodologis

Disadari bahwa data yang terukur di lapangan tak semulus yang diperkirakan. Kesalahan dalam penentuan beberapa parameter atmosfer analisis data laboratorium akan memiliki pengaruh yang cukup besar. Sekalipun demikian, jika model pendekatan yang dikembangkan dapat mendekati kondisi sesungguhnya, maka pola dan sebaran data-data tidak akan terlalu acak. Salah satu teknik pendekatan yang mungkin masih relevan adalah pendekatan statistik terhadap hasil prediksi terhadap hasil pengukuran.

Pada dasarnya, studi ini akan membandingkan hasil prediksi berdasarkan model terbangun. Hasil prediksi yang dihitung berdasarkan parameter tak bebas berupa volume lalu lintas, speed dan komposisi kendaraan (Cpr) pada suatu waktu pengukuran akan dibandingkan dengan hasil pengukuran (Cuk) pada koordinat (x,y) dengan titik pusat pada perpotongan ruas jalan.

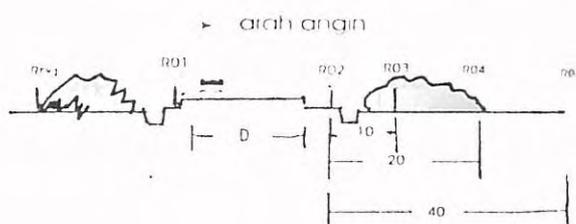
Bagan alir dari studi ini adalah sebagai berikut :



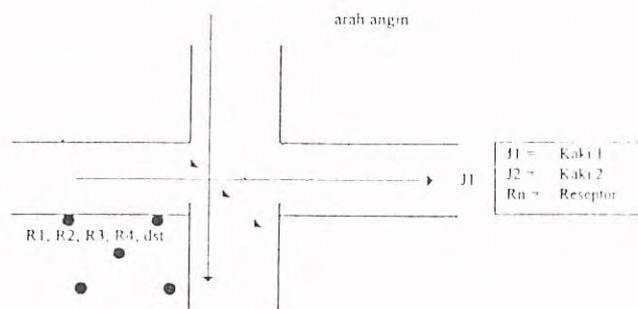
### 3.3. Pengambilan Data

Data primer yang mendukung studi ini diambil pada 2 lokasi masing-masing satu persimpangan di Bandung dan satu persimpangan di Surabaya, (lihat Gambar 3). Data polusi udara (NO<sub>x</sub>) ruas jalan diambil dengan memperhatikan arah angin terhadap ruas jalan/persimpangan yang ditinjau. Pada dasarnya titik-titik reseptor ditempatkan di hilir jalan (terhadap arah angin), dengan titik pasang pada jarak 10 m., 20 m., 40m., dan 80 m., Ketinggian reseptor adalah +1,5 m. di atas permukaan tanah dan diupayakan memiliki ketinggian yang merata. Penentuan titik-titik reseptor ini disesuaikan dengan kondisi lokasi yang ditinjau. Secara kebetulan di kedua lokasi hal ini dapat dilakukan. (lihat Gambar 4 dan Gambar 5).

**Gambar 4.**  
**PENEMPATAN RESEPTOR PADA RUAS JALAN (LINK)**



**Gambar 5..**  
**PENEMPATAN RESEPTOR PADA PERSIMPANGAN**



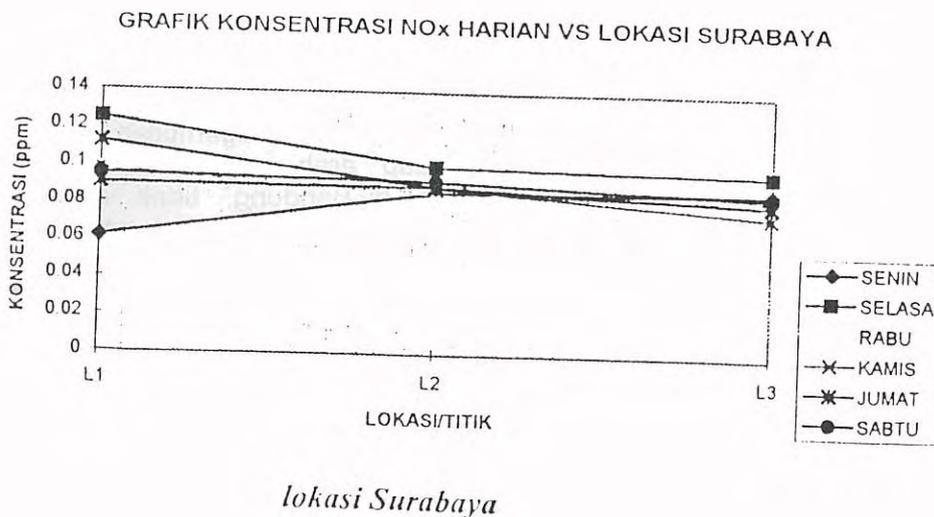
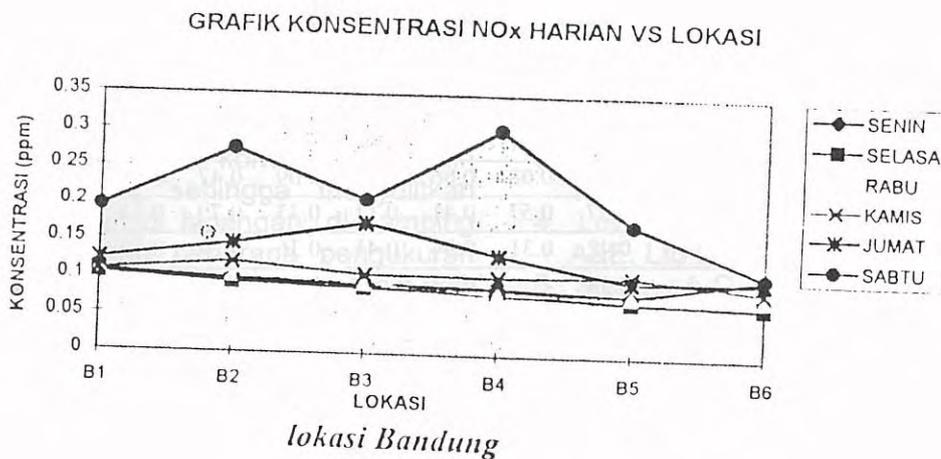
Data diambil selama selang waktu ( $\Delta t$ ) 30 menit yang mewakili selang waktu 1 jam pengukuran. Jumlah pengukuran yang dilakukan bervariasi, sesuai dengan keadaan pada hari pengukuran (pada waktu hujan, pengukuran dihentikan). Pengukuran dilakukan secara simultan (bersamaan untuk setiap reseptor).

## IV. ANALISIS

### 4.1. Analisis Terhadap Data Lapangan

Berdasarkan pengamatan visual terhadap grafik hasil konsentrasi - jarak, maka data lapangan terlihat cukup realistis. Penurunan konsentrasi yang terjadi dengan jarak yang makin panjang, memberikan gambaran terjadinya dispersi terhadap sumber polusi pada jarak tersebut. Berarti, persamaan dispersi berlaku untuk polusi udara di persimpangan. Penyimpangan terhadap kondisi yang

digambarkan oleh adanya dispersi untuk di Bandung terjadi pada data hari Sabtu, dan Surabaya, pada data hari Senin. Kemungkinan besar hal ini diakibatkan oleh kesalahan pengukuran (Human Error), pada hari tersebut. Sekalipun demikian, data tersebut tetap dipergunakan sebagai bahan analisis. Tetapi layak diperhatikan adanya kesalahan pengukuran (human error) yang cukup berarti, terutama untuk lokasi Kota Bandung, terutama pada titik  $x = 20$ ,  $x = 80$ . Sedangkan di Surabaya, terjadi pada  $x = 10$  m. Hal ini di jelaskan pada grafik sebagai berikut :



## 4.2. Pembahasan Data Hasil Prediksi Model dengan Data Lapangan

Hasil pengolahan secara statistik (korelasi) antara data lapangan dengan data model prediksi :

### *lokasi Surabaya*

waktu	PL1	PL1*	PL2	PL2*	PL3	PL3*
senin	0.33	0.23	0.61	0.45	0.20	0.05
selasa	0.27	0.68	0.16	0.05	0.10	0.69
rabu	0.57	0.89	0.28	0.46	0.80	0.14
kamis	0.29	0.98	0.10	0.27	0.97	0.24
jumat	0.40	0.65	0.37	0.04	0.91	0.02
sabtu	0.49	0.96	0.52	0.41	0.92	0.59
minggu	0.37	0.56	0.14	0.11	0.68	0.66
rata-rata	0.39	0.71	0.31	0.26	0.68	0.34

### *lokasi Bandung*

waktu	PL1	PL1*	PL2	PL2*	PL3	PL3*	PL4	PL4*
senin	0.23	0.31	0.34	0.23	0.15	0.43	0.81	0.52
selasa	0.01	0.25	0.41	1.00	0.01	0.45	0.51	0.36
rabu	0.67	0.82	0.08	0.66	0.09	0.09	0.47	0.62
kamis	0.21	0.57	0.57	0.41	0.11	0.33	0.79	0.13
jumat	0.36	0.42	0.31	0.04	0.41	0.36	0.29	0.09
sabtu	-	0.58	-	0.73	-	0.32	-	0.35
rata-rata	0.30	0.49	0.34	0.51	0.15	0.33	0.57	0.35

Berdasarkan analisis statistik terhadap hasil prediksi dan hasil pengukuran, didapatkan bahwa angka korelasi untuk model OMG dari hasil pengukuran untuk arah angin yang bersesuaian adalah sbb. :

a. Lokasi : Surabaya (Jl.Pemuda - Jl.Sudirman)

x = 10 m., r = 0.71

x = 20 m., r = 0.31

x = 40 m., r = 0.68

b. Lokasi: Bandung (jl. P. Pejuang - Jl. Lodaya)

x = 10., r = 0.49

x = 20., r = 0.51

x = 40., r = 0.57

Model OMG memberikan prediksi yang lebih baik untuk Surabaya dibandingkan dengan Bandung. Dari pemeriksaan terhadap korelasi, pada x = 10 m., dan x = 40 m., OMG memberikan hasil prediksi hampir 70 % mendekati pengukuran. Sedangkan di Bandung, sekalipun nilai korelasi cukup konstan, tetapi nilai relatif rendah ( 49 - 57% ).

Nampaknya model tidak memberikan respon yang baik terhadap kondisi lapangan di kota Bandung.

Keadaan tersebut dapat dipahami, dengan melihat kepada kondisi meteorologis (arah angin) yang cukup variatif pada saat pengukuran. Pengambilan nilai rata-rata terhadap arah angin dan kecepatan angin harian di Bandung, tidak memberikan hasil yang baik bagi prediksi polusi skala mikro. Untuk dapat mendekati kondisi ini, seyogyanya dilakukan pengukuran di tempat. dan melakukan kompensasi terhadap data yang tidak bersesuaian. Akan tetapi dengan konstannya nilai korelasi (r), model OMG sepertinya memberikan harapan baik untuk dipergunakan sebagai model prediksi persimpangan. Kesalahan pengukuran karena kondisi medan yang sulit di Kota Bandung, maka hubungan antara hasil prediksi dengan hasil pengukuran kurang memuaskan. Faktor lain yang akan berpengaruh pada akurasi model ini adalah faktor emisi. Penggunaan faktor emisi yang kurang sesuai akan mempengaruhi tingkat korelasi model dengan lapangan.

Akan tetapi faktor ini tidak terlalu sulit disesuaikan, karena ternyata nilai korelasi untuk berbagai titik ukur dan prediksinya di kedua kota relatif konstan. Sekalipun faktor ini berpengaruh, nampaknya model dapat diterima, karena jika dilakukan kalibrasi terhadap faktor emisi, maka emisi yang dipergunakan pada model akan lebih realistis.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil uji dan evaluasi statistik secara jelas terlihat adanya korelasi antara kualitas udara lapangan dengan data prediksi model SUMBER VOLUME (OMG) di daerah persimpangan. Di mana secara korelasi statistik terlihat adanya korelasi antara nilai hasil prediksi dengan OMG dengan data hasil pengukuran lapangan yaitu persimpangan jalan Pemuda - Jend. Sudirman, Surabaya memberikan korelasi sekitar 70 %, sedangkan untuk persimpangan di kota Bandung relatif lebih rendah yaitu sekitar 49 - 57 %, hal ini dikarenakan kondisi arah angin yang relatif konstan, sehingga menyulitkan terhadap pengukuran di lapangan, di samping masih perlu dilakukan beberapa pengukuran dengan menggunakan peralatan yang lebih baik dan lebih banyak untuk dapat menentukan angka korelasi bagi model diatas.

Model Sumber Volume (OMG), kalau dalam model aslinya dipakai untuk memprediksi konsentrasi polutan di kiri-kanan jalan di daerah urban. Tetapi dari aplikasi di persimpangan model ini memberikan suatu nilai korelasi yang cukup tinggi, sehingga disarankan untuk dipergunakan untuk kondisi persimpangan.

Model ini memiliki bentuk persamaan :

$$C = \frac{Q_p}{u \tau} \sqrt{\frac{(m+1)(n+1)}{K_y K_z X}} \exp\left\{-\frac{u_a(m+1)y^2}{4K_y X}\right\} \times \left[ \exp\left\{-\frac{u_a(n+1)(z-z')^2}{4K_z X}\right\} + \exp\left\{-\frac{u_a(n+1)(z+z')^2}{4K_z X}\right\} \right]$$

dengan  $K_y = k_1 \left(\frac{X}{L}\right)^m$   
 $K_z = k_2 \left(\frac{X}{L}\right)^n$

C = konsentrasi dari polutan

(x,y,z) = koordinat dari receptor

z' = tinggi sumber

Qp = kecepatan emisi

u = kecepatan angin

Ky, Kz = Diffusi Eddy

m,n = parameter empiris (m= 0.86; n=1)

L = panjang titik pengamatan

### 5.2. Saran

Sebagai hasil sementara Model Sumber Volume (OMG) dianggap cukup realistis untuk dipergunakan dalam prediksi polusi udara ataupun evaluasi hasil pengukuran polusi udara. Disarankan untuk dipergunakan pada kondisi arah angin yang relatif stabil.

Pengembangan aplikasi untuk kondisi jalan yang lebih kompleks amat perlu dilakukan. Aplikasi model terutama pada jaringan jalan merupakan langkah lanjut yang sebaiknya dikembangkan bersama-sama dengan pembuatan suatu simulasi komputer.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Charles, K. Warner, C, "Air Pollution; It's Origin and Theory", Row Publisher, New York, 1981
2. Kono, H, Ito, S, "A. Micro Scale Dispersion Model for Motor Vehicle Exhaust Gas in Urban Area-OMG Volume-Source Model, Pergamon Press, London, 1991.
3. Crawford, Martin, "Air Pollution Control Theory", Mc Graw Hill, New York, 1976.
4. Lovelt, Patricia, "The Environment, Bastford A&E. Ltd London, 1982
5. Sters, A.C., "Air Pollution Vol . 1: Air Pollutants Their Transformation & Transport", Academic Press, New York, 1976.
6. Mc Gill, Panly, Holden, Ackley, "Air Pollution Hand Book, Mc Graw Hill, New York, 1956.
7. Wathkins, L.H., "Environmental Impact of Roads and Traffic", Applied Science Publishers, London, 1981.
8. Agus Bari, S, Ayi Tatang, "Penelitian Pencemaran Udara; Kandungan Polutan Nox di Udara dalam Hubungan dengan Lalu lintas di Jalan Tol Layang dan Jalan Alternatifnya Kota Jakarta, Puslitbang Jalan, Bandung.
9. Kusminingrum, Nanny, "Penelitian Penyerapan Polusi Udara oleh Tanaman Akibat Emisi dari Kendaraan", Puslitbang Jalan, Bandung, 1993.

### Penulis :

- Drs. G. Gunawan, Asisten Peneliti Muda Bidang Lingkungan Jalan, Pusat Litbang Jalan.

- Ir. I.G.W. Samsi Gunarta, Calon Peneliti Muda Bidang Lingkungan Jalan., Pusat Litbang Jalan.



# FAKTOR KESELAMATAN KERJA PADA PENANGANAN ASPAL

*Tjitjik Wasiah S*

## **RINGKASAN**

*Berdasarkan pengalaman dan penelitian di lapangan, menunjukkan tidak ada indikasi bahwa aspal akan berdampak (membawa resiko) bagi pekerja aspal. Atau tidak ada masalah kesehatan lingkungan terhadap orang yang selalu kontak dengan aspal, baik di pabrik pembuatan aspal, maupun pada penggunaan aspal, selama pekerja memperdulikan faktor-faktor yang harus ditaati.*

*Untuk menghindari bahaya yang mungkin timbul dalam penanganan aspal, dipandang perlu untuk mengetahui faktor-faktor keselamatan kerja dalam pelaksanaan. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah hubungan racun dalam aspal dengan unit proses yang menggunakan bahan beraspal, senyawa yang dikandung dalam bahan beraspal, terhirupnya uap asap, kebersihan, pertolongan pada bahaya tersiram aspal panas, perlengkapan yang harus digunakan, serta cara pencegahan terhadap kebakaran di unit pencampuran aspal.*

## **SUMMARY**

*Based on practical experience over a number of year and from fields studies there is no indication that bitumen presents an occupational health risk to workers who handled it regularly, nor does it present an environmental health problem to those who came into contact with bitumen during its manufacture and application. This bitumen presents a low order of potential hazard provided that good handling practices are observed but still needed attention to safety factor.*

*To avoid a probability of dangerous in handling asphalt, it is necessary to know the work safety factors in application. A few things should be cared is the relationship between poison in asphalt material, compound of asphalt material content, sniffed of asphalt steam, cleanliness, aid for dangerous of pouring hot asphalt on skin, equipment should be used, and the way of prevention of fire/burn in Asphalt Mixing Plant (AMP).*

## **I. PENDAHULUAN**

Aspal pada umumnya digunakan pada suhu di atas 100 °C. Bahaya yang paling besar adalah kebakaran pada kulit yang langsung kontak dengan aspal panas. Namun demikian pada suhu rendah pun uap aspal juga menyebabkan bahaya terhadap kesehatan, khususnya racun yang ada dalam material atau yang ditambahkan ke dalam aspal, misalnya H<sub>2</sub>S ada dalam aspal, atau aspal cair dari aspal ditambahkan bahan pelarut minyak bumi, aspal emulsi dari aspal + emulgator + asam.

Bahan-bahan additive aspal, umumnya terbuat dari amoniak quaraterner di mana semua bahan-bahan tersebut perlu penanganan yang baik. Bagaimana bahayanya apabila pekerja dengan tingkat kesehatan rendah kontak dengan aspal dalam waktu yang lama yang kemungkinan dapat terkena kanker kulit. Oleh karena itu perlu

tingkat pengetahuan dan kesehatan pekerja ditingkatkan, misalnya melalui kursus.

## **II. FAKTOR KESELAMATAN KERJA YANG PERLU DIKETAHUI DALAM PELAKSANAAN**

### **2.1. Tingkat Racun Aspal**

#### **2.1.1. Hubungan Tingkat Racun dalam Aspal**

Hubungan tingkat racun dalam aspal dengan unit-unit prosesnya yang menggunakan bahan beraspal dapat dijelaskan sebagai berikut :

Aspal terdiri dari HC yang kompleks mengandung komponen-komponen dari struktur kimia yang umumnya mempunyai berat molekul tinggi, misalnya Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PCA). Tingkat racun komponen ini bisa

dinyatakan sebagai Carcinogenicity (bahan yang menyebabkan kanker).

Dalam percobaan terhadap binatang percobaan, Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PCA). dengan 3 - 7 cincin (umumnya 4 - 6 cincin) dan dengan berat molekul 200 - 450 telah menunjukkan pengaruh terhadap kehidupan karena Carcinogen (bahaya kanker). Dalam Benzoapyrene dan benzo anthracene dikatakan bahwa zat tersebut mempunyai tingkat paling tinggi terhadap Carcinogen. Konstrentrasi Carcinogen dalam aspal relatif kecil hal ini dapat dilihat dalam Tabel 1. Aspal dan Tar selalu dikaitkan satu dengan yang lainnya karena hampir sama baik warna, bentuk maupun penggunaannya.

Perbedaannya hanya pada tingkat racunnya.

**Tabel 1.**  
**KADAR BENZOAPYRENE PADA BEBERAPA SUMBER**

No	Sumber	Benzoapyrene mg/100m <sup>3</sup> udara
1	AMP ( Unit Pencampuran Aspal)	13
2	PLTG (Pusat Listrik Tenaga Gas)	100
3	PLTA (Pusat Listrik Tenaga Arang Batu Bara)	300
4	Mobil Diesel	5.000
5	Gas Buangan Pembakaran	11.000
6	Uap Batu Bara	35.000
7	Boiler dengan Batu Bara	100.000

Dari tabel tersebut di atas menunjukkan bahwa bahaya karena uap aspal pada unit pencampuran aspal (AMP) kecil dibandingkan dengan yang lain. Penelitian terhadap binatang telah mendapatkan hasil efektif terhadap bahaya kanker apabila kontak lama dengan aspal atau tar. Hasil penelitian yang diperoleh Wall Cave (4) menunjukkan bahwa kontak dengan Tar menyebabkan bahaya kanker kulit tinggi (>90%) pada tikus percobaan, namun apabila kontak dengan aspal lebih kecil dari 0,5 %, maka bahaya kanker lebih tinggi pada Tar. Hasil ini menunjukkan tingkat Carcinogen dari kedua bahan tersebut, seperti terlihat dalam tabel di atas bahwa tingkat bahaya terhadap Carcinogen aspal (13 mg) lebih kecil dari tingkat Carcinogen dalam tar (300 mg). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat Carcinogen dalam aspal tidak menunjukkan resiko terhadap kesehatan.

### 2.1.2 Hubungan Senyawa-senyawa Penyebab Kanker dengan Jenis Aspal

Untuk memberikan gambaran seberapa besar kadar Polyaromatik Hidrokarbon yang terkandung dalam aspal dan beberapa sumber dan batu bara, seperti pada tabel 2.

Dari tabel 2 tersebut terlihat bahwa kadar PCAs aspal ( Senyawa penyebab kanker yaitu carcinogen ) jauh lebih kecil dibandingkan dengan kadar PCAs dalam batu bara, dengan kata lain tingkat penyebab kanker lebih besar dari pada aspal.

**Tabel 2.**  
**KADAR PCAs (POLY AROMATIC HYDROCARBON) ASPAL DARI BEBERAPA SUMBER DAN BATU BARA**

PCAs* ppm	Formula	Bitumens from various sources								Two examples of coal tar pitch	
		A	B	C	D	E	F	G	H	A	B
Anthracene	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	8 600	10 000
Phenanthrene	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	2.3	0.4	3.5	1.3	0.6	3.5	1.1	2.3	31 000	29 000
Pyrene	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	0.6	1.8	4.0	8.3	0.9	3.8	0.3	0.08	20 000	29 000
Fluoranthene	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	+	+	2.0	+	+	5	-	-	40 000	43 000
Benzofluorenes	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub>	+	+	+	+	+	+	+	-	7 300	5 100
Benz (a) anthracene	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	0.15	2.1	1.1	0.7	0.9	3.5	0.2	-	8 900	12 500
Triphenylene	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0.25	6.1	3.1	3.4	3.8	7.6	1.0	0.3	1 500	1 100
Chrysene	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0.2	8.9	2.3	3.9	3.2	3.4	0.7	0.04	7 400	10 000
Benzo (a) pyrene	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0.5	1.7	1.3	2.5	1.6	2.7	0.1	-	8 400	12 500
Benzo (e) pyrene	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	3.8	1.3	2.9	3.2	6.5	5.2	1.6	0.03	5 400	7 000
Benzo (k) fluoranthene	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	+	-	+	+	+	-	-	-	7 100	9 000
Perylene	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	-	3.9	2.2	6.1	2.9	3.0	0.1	-	2 000	3 300
Anthanthrene	-	-	Tr	Tr	Tr	+	1.8	-	-	1 300	2 100
Benzo (ghi) perylene	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	2.1	4.6	1.0	1.7	2.7	1.5	0.6	Tr	3 200	3 300
Indero (1,2,3-cd) pyrene	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	Tr	-	Tr	Tr	Tr	1.0	-	-	7 300	9 300
Picene	C <sub>22</sub> H <sub>14</sub>	+	+	+	+	+	1.0	+	-	NE	2 000
Coronene	C <sub>24</sub> H <sub>12</sub>	1.9	0.8	0.5	0.2	0.9	2.8	0.9	-	700	700

Keterangan : Tr = diabaikan ; NE = diabaikan namun ada dalam sejumlah kecil ; - = tidak terdeteksi

## 2.2. Bahaya Pekerja Yang Kurang Memperhatikan Kebersihan

Aspal banyak digunakan dari tahun ke tahun, namun jarang ada pekerja yang tersiram aspal dalam waktu yang lama, walaupun dari hasil penelitian kecil kemungkinan adanya bahaya kanker terhadap penggunaan aspal. Namun harus hati-hati untuk menjaga agar aspal tidak kontak ke kulit dalam waktu yang lama seperti halnya aspal emulsi dan aspal cair, karena penggunaannya pada suhu rendah sehingga kecenderungan kontak dengan kulit meningkat.

Apabila tingkat kesehatan pekerjanya rendah dan kontak terus menerus dengan aspal maka sedikit demi sedikit terjadi kanker kulit, namun apabila tingkat kesehatannya baik maka resiko kanker kulit bisa dihindari.

Aspal emulsi dapat menyebabkan iritasi ke kulit maupun mata dan alergi bagi pemakai. Hal lain yang menyebabkan resiko terhadap kesehatan adalah bahan yang ditambahkan ke dalam aspal yang fungsinya menurunkan kekentalan, sehingga bahan-bahan tersebut harus mendapat perhatian khusus.

## 2.3. Bahaya Terhirupnya Uap Aspal Melalui Pernapasan

Penggunaan aspal sebagai bahan jalan, umumnya dipanaskan dan dicampur dengan agregat panas, sehingga terjadi asap yang mengandung uap Hidrokarbon dan sejumlah Hydrogen Sulfida ( $H_2S$ ).

The Asphalt Institute telah mengukur konsentrasi uap yang disebarkan dari aspal panas langsung setelah dikeluarkan dari Pug Mill. Konsentrasi aspal yang mengandung PCA (penyebab kanker) berkisar  $0,2 - 5,4 \text{ mg/m}^3$  dan rata-rata  $1,6 \text{ mg/m}^3$ , hal ini sangat kecil.

Penelitian yang sama pada penghamparan aspal menghasilkan  $0,15 - 5,6 \text{ mg/m}^3$  dengan rata-rata  $0,9 \text{ mg/m}^3$ .

Dari penelitian di UK batasan asap aspal yang mengandung PCA di lapangan adalah :

- pekerja selama 8 jam =  $5 \text{ mg/m}^3$
- pekerja dalam waktu singkat =  $10 \text{ mg/m}^3$

Apabila bekerja dengan aspal panas di udara terbuka, maka gas Hydrogen Sulfida ( $H_2S$ ) tidak begitu membahayakan karena konsentrasinya sangat kecil untuk dapat menyebabkan resiko

terhadap kesehatan. Bagaimana pun kemungkinan  $H_2S$  (Hydrogen Sulfida) yang menumpuk dapat menyebabkan kondisi bau seperti telur busuk belum tentu dari uap Hydrogen Sulfida. Konsentrasi gas Hydrogen Sulfida ( $H_2S$ ) yang dapat menyebabkan kematian adalah  $> 200 \text{ ppm}$ .

Dari penelitian di UK batas terendah gas  $H_2S$  yang diijinkan dalam udara terbuka adalah :

- pekerja selama 8 jam =  $10 \text{ ppm}$  ( $14 \text{ mg/m}^3$ ).
- pekerja dalam waktu singkat =  $15 \text{ ppm}$  ( $21 \text{ mg/m}^3$ ).

## III. PERTOLONGAN PERTAMA BAHAYA ASPAL

### 3.1. Pertolongan Pada Bahaya Kebakaran

- Luka bakar akibat tersiram/terkena aspal panas harus langsung disiram di bawah kucuran air selama  $\pm 10$  menit atau direndam dalam larutan asam pikrat + alkohol + air. Jangan melepas aspal yang menempel pada kulit.

- Setelah aspal dingin, segera tutup dengan kasa steril di atas kulit yang terbakar yang terlebih dahulu diberi salep anti bakar. Pada proses penyembuhan, aspal akan lepas sendiri.

Apabila menggunakan pelarut maka setelah penggunaan bahan pelarut harus dicuci bersih dengan menggunakan sabun kemudian gunakan cream pembersih kulit (Skin Cleansing Cream).

### 3.2. Bahaya Terhadap Uap Aspal

Pekerja yang menghirup uap aspal harus segera dibawa ke tempat yang mempunyai udara segar secepat mungkin, apabila ada gejala keracunan segera di bawa ke dokter untuk segera mendapatkan pertolongan tanpa menunda waktu, jangan menunggu esok harinya.

## IV. PERLENGKAPAN

Hal-hal yang harus dipakai bagi pekerja untuk pengamanan adalah sebagai berikut :

#### 4.1. Baju Pengaman

Bahaya utama pada penanganan aspal panas adalah bahaya kebakaran, sehingga menyebabkan kulit kontak lama dengan aspal. Sebaiknya gunakan baju yang dapat melindungi terhadap bahaya kebakaran, misalnya :

- Kaos tangan tahan panas, seperti : kaos tangan dari asbes.
- Pelindung muka dan mata.
- Sepatu boot tahan panas yang tertutup bagian atasnya.
- Baju lengan panjang dengan leher tertutup.

#### 4.2. Cream Pelindung

Selain peralatan/baju tersebut di atas pekerja perlu menggunakan cream kulit untuk melindungi kulit yang terkena aspal terutama bagian yang terbuka seperti tangan dan jari serta biasakan mencuci tangan dengan sabun sampai bersih sebelum ke kamar kecil, makan atau minum.

Penggunaan cream pelindung merupakan keharusan bagi pekerja aspal, karena berfungsi sebagai pelindung apabila terkena aspal panas, sebab cream pelindung tidak dapat diganti dengan sarung tangan.

Untuk menghilangkan aspal dari tangan, jangan menggunakan bensin, solar dan sejenisnya karena dapat menyebabkan kontaminasi, sebaiknya gunakan skin cleanser dan air hangat.

#### V. CARA PENCEGAHAN KEBAKARAN DAN TERSEMBUR API

- Cara pencegahan terhadap bahaya api adalah mengurangi resiko bahaya karena api, maka pekerja harus dikursuskan dan dilengkapi dengan peralatan untuk memadamkan api sehingga dapat mengurangi resiko bahaya kebakaran di AMP.
- Bila terjadi kebakaran kecil maka dapat dipadamkan dengan gas CO<sub>2</sub>.
- Penyemprotan air langsung ke sumber api harus dihindari, karena akan menyebabkan api memercik ke aspal dan akibatnya kebakaran akan semakin membesar.

Penyemprotan dengan air harus oleh orang yang benar-benar menguasai teknik penanganan kebakaran.

#### VI. KESIMPULAN

1. Bahaya terhadap kanker karena aspal, kecil kemungkinannya asal pekerja harus memperhatikan faktor kesehatan, yaitu selalu mencuci tangan sampai bersih sebelum ke kamar kecil, makan atau minum.
2. Jangan terlalu lama kontak antara kulit dengan aspal cair atau aspal emulsi, karena dapat menyebabkan iritasi ke kulit.
3. Proyek peningkatan, pembangunan jalan aspal harus melengkapi pekerja dengan baju pengaman dan cream pelindung seperti pada Bab 4, serta harus melengkapi dengan tabung pemadam kebakaran.
4. Pekerja harus sudah dikursuskan mengenai cara menggunakan alat pemadam kebakaran dan resiko bahaya kebakaran.
5. Cara memadamkan api dengan semprotan air harus oleh pekerja yang benar-benar telah menguasai teknik penanganan kebakaran, karena bila tidak kemungkinan kebakaran akan menjadi lebih besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Refined Bitumen Association, "Safe Handling of Petroleum Bitumen Technical ", Bulletin No. 5, March 1987.
2. " Health and Safety Executive Guidance ", Note EN. 40 "Occupational Exposure Limit".
3. The Shall Bitumen Hand Book, "The Manufacture, Storage and Handling of Bitumen ", Hal 28 - 32.
4. Wallcave, L, Garcia, H, Feldman, R, Lijinsky, Wand Shubik "Skin Tumourigenesis in mice by Petrouleum Asphalt and Coaltar Pitches of Known Polynuclear Aromakc Hydrocarbon Content. Toxicology and Applied Pharmacology", Vol 18, pp 41-52., Jan. 1971.

#### *Penulis :*

*Ir. Tjitjik Wasiah S, Peneliti Muda Bidang Bahan Perkerasan Jalan, Pusat Litbang Jalan.*



# ROAD SURFACE TEXTURE DESCRIPTION AND MEASUREMENT IN RELATION TO SKID RESISTANCE

*M. Sjahdanulirwan*

## **RINGKASAN**

*Ketahanan terhadap slip yang dapat disediakan bahan perkerasan sangat tergantung pada karakteristik tekstur permukaan. Istilah "tekstur permukaan" dalam konteks ini tidak berarti komposisi permukaan (banyaknya pengikat, pasir, dsb), tetapi bentuk geometri permukaan jalan tersebut. Fungsi tekstur adalah untuk menyediakan kontak yang erat dengan permukaan ban, untuk menjamin cukup deformasi terhadap karet telapak, dan untuk memudahkan perpindahan air permukaan khususnya bila permukaan ban licin. Tulisan ini menguraikan karakteristik tekstur permukaan (parameter yang digunakan) dan metoda pengukuran.*

## **SUMMARY**

*The skid resistance which pavement material can provide is strongly dependent on the textural characteristic of the surface. The term "surface texture" in this context does not mean the composition of the surface (so much binder, sand, etc), but the geometrical form of the road surface. The function of the texture is to provide a close contact with the tyre surface, to secure sufficient deformation of the tread rubber, and to facilitate the removal of surface water especially when the tyre surface is smooth. This article describes the characteristics of surface texture (the parameters used) and methods for measurement.*

## **I. INTRODUCTION**

Road surface texture refers to the distribution and the geometrical configuration of the individual aggregates on the road surface. The role of macro-texture in removing bulk water has been demonstrated by Wallace and Trollope [1969], whereas the effect of micro texture in reducing the water film (hence establishing dry contact with the tyre surface) was quantitatively studied by Rohde [1976].

The method of measuring the surface texture largely depends on the application in question. Over 20 methods have been used for measurement of surface texture, and it is interesting to note that tests using these methods, have not, on the whole, produced consistent or reproducible quantitative results [Rose et al (1973)].

## **II. DESCRIPTION OF SURFACE TEXTURE**

The complex and random nature of a road surface makes it difficult to represent the surface characteristics by a general single parameter. Posey [1946], for example, suggested that 3 parameters for a representative length of profile (i.e. histograms of the profile itself and of its slope and curvature), give sufficient information to permit a complex characterization of the texture; whereas Moore [1965] attempted to quantify the "feel" of a texture by expressing its geometrical features as size, spacing and shape factors. In addition, Myers [1962] listed a new series of single elementary parameters to define texture, but carefully indicated that depending on the particular application each of

the new parameters might be considered more useful than the others. For example, the RMS (root mean square) of the second derivative of the profile (i.e. its degree of curvature at peaks, or sharpness) would be most appropriate to determine the degree of wear which a surface has undergone. In the following, the parameters which are commonly used for characterization of surface texture, will be described in details.

### 2.1. Texture Depth

There is a general trend toward increasing friction coefficient and skid numbers when deeper surface textures are encountered. However, the typical scatter of the data about the line of best fit would be of questionable value. The similar results are also obtained when the texture depth is correlated with speed gradients.

The lack of a definitive relationship between texture depth and both skid number and speed gradient was attributed, in part, to the possibility of poor test repeatability [Doty (1975)]. On the other hand, Lees and Katekhda [1974] stated that there is no justification in relating the average texture depth to the drop of friction with speed, since unconnected voids in the surface are included in the measurement while they play no part in dissipating the water between the tyre and the road surface. They argued that disconnected voids act on surface as reservoirs retaining water which aids the lubrications of nearby particles and prevents full deformation of the tyre into the road texture.

The average depth, however, is useful for broad classification of surface texture. In France, for example, texture depth is classified as: very fine ( $\leq 0.2$  mm), fine (0.2mm - 0.4mm), medium (0.4mm - 0.8mm), coarse (0.8mm -1.2 mm), and very coarse ( $> 1.2$  mm). Pavements with very fine-textured are to be prohibited, while very coarse-textured are used in special cases: danger zones following a straight line or frequent frost zones [Elsenaar et.al (1977)]. The other versions of average depth, described in the next section, are shown in Figure 1.

### 2.2. Centre Line Average Height (CLA)

The CLA is the measure used in BS 1134:1972 to specify the fineness of the surface finish of the machined pieces. It is defined as the average value of departure of the profile from its centre line, whether above or below it. The centre line is defined as a line conforming to the prescribed geometric shape of the profile and parallel to the general direction of the profile throughout the sampling length such that :

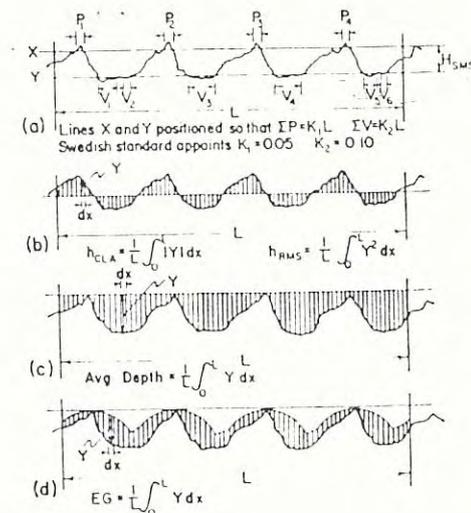
$$\int_0^L y dx (y \geq 0) + \int_0^L y dx (y < 0) = 0$$

The CLA then is given as:

$$h_{CLA} = \frac{1}{L} \int_0^L |y| dx$$

where  $y = f(x)$  is the equation of the profile (see Figure 1.b).

Fig. 1. MATHEMATICAL DEFINITION FOR NUMERICAL EVALUATION OF SURFACE TEXTURE. [MARIAN (1962)].



### 2.3. The Average Depth

The average depth is used (in Europe) as an equivalent of CLA in Britain. Referring to Figure 1.c the average depth from the crest line is given by :

$$h_{AVR} = \frac{1}{L} \int_0^L y dx$$

where  $y = f(x)$  is the equation of the profile.

## 2.4. Root Mean Square

The root mean square height of a profile is given by (see Figure 1.b) :

$$h_{rms} = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L y^2 dx}$$

This measure accentuates the effect of sharpness and distinguishes between rounded and sawtooth type textures.

## 2.5. The Swedish Standard

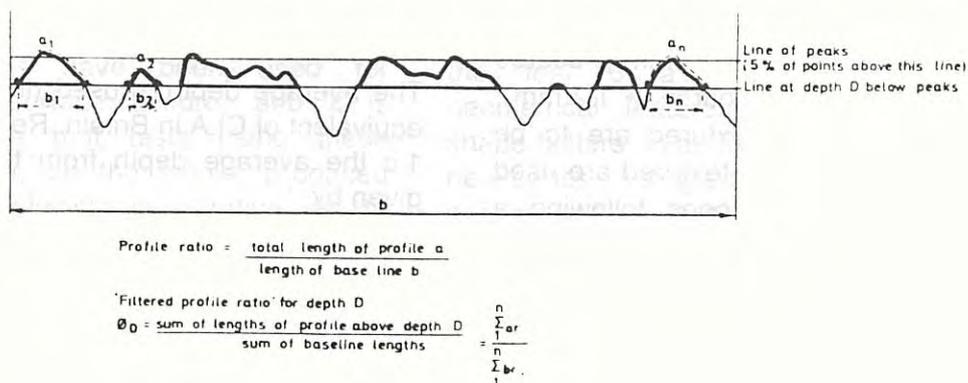
The Swedish standard is numerically greater than the CLA height, average depth or root mean square height. The two lines x and y are positioned so that  $\Sigma P = K_1 L$  and  $\Sigma V = K_2 L$  (Figure 1.a). The Swedish standard specifies that  $K_1 = 0.05$  and  $K_2 = 0.10$ . The distance between the parallel line x and y is the measure of surface roughness.

## 2.6. Profile Ratio

The measure is the ratio of the profile length to the projected length. This bears some relation to texture depth and takes into account the shape of the profile [Sabey (1968)], but does not give any account of the three-dimensional aspect of the surface texture [Lees and Katekhda (1974)]. In addition, the "filtered profile ratio" which is the profile ratio for the tops of the asperities only, over a different depth D, below the line of the peaks can be evaluated (see Figure 2).

Fig. 2.

PROFILE RATIO AND "FILTERED PROFILE RATIO". [ SABEY (1968)]



## 2.7. Moore's Bearing Area Method

Moore [1975] used a mathematical expression to represent a single profile. A series of frictions parallel planes are drawn successively below the reference plane at distance  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  and so on, so that they intersect different number of asperities  $N_i$  (see Figure 3). Two equations may be written :

$$N_i = C_0 \delta^m ; A_i = C_1 + C_2 \delta^n$$

where  $N_i$  is the number of asperities intersected by the  $i^{\text{th}}$  plane located at distance from the reference plane,

$A_i$  is the total contoured area of asperity intersected by this plane,

$C_1$  is the plateau area,

$C_0, m$  are constants specifying the height spacing or statistical distribution of the

$C_2, n$  are constants specifying the mean shape of asperities.

He found, for example, that on concrete road surface :  $m = 2, n = 3$ .

Fig. 3.

MOORE'S BEARING AREA METHOD  
[MOORE (1975)].



## 2.8. Mean Width of Surface Voids

The parameter can be obtained from the asperity density prints. It was found to correlate with the steepness of the friction speed curve, the closer the surface the steeper the negative sloped curve [Schulze and Bechmann (1962)].

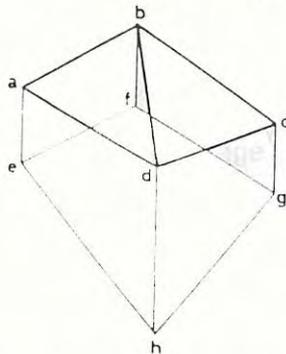
## 2.9. Mean Hydraulic Radius (MHR)

Moore [1966] measured the drainage capacity of a surface in terms of the mean hydraulic radius :

$$MHR = M \sqrt[4]{\frac{v}{tN^{0.5}}}$$

where M is the instrument constant,  
 v is viscosity of water,  
 t is the recorded time for a fixed volume of water to drain,  
 N is the number of asperities per square inch of surface texture.  
 He then used the MHR to predict the wet sliding coefficient of road surface.

Fig. 4.  
 DEFINITION OF SURFACE CHARACTERISTICS.  
 [YANDELL (1969)].



e, f, g & h lie on plane of best fit

MAXIMUM SLOPE : Angle which triangular planes abd, bcd etc make with plane efgh

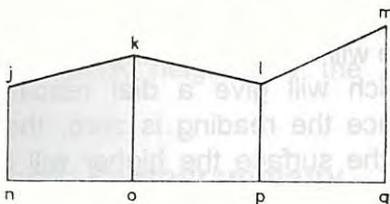
ABSOLUTE SLOPE in DIRECTION of SLIDING :

$$\left| \frac{dh - ae}{eh} \right|$$

AREA of SURFACE over PROJECTED AREA:

$$\frac{abd + bcd}{efgh}$$

a.



n, o, p & q lie on plane of best fit

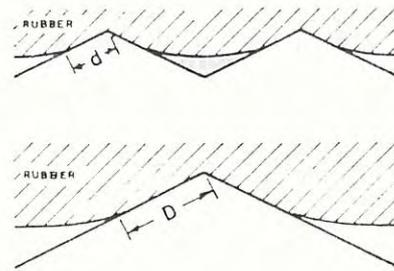
CURVATURE:  $\frac{ko - \frac{jn + lp}{2}}{no}$

SIZE of INFLECTION:

$$\frac{ko - \frac{jn + lp}{2}}{no} - \frac{lp - \frac{ko + mq}{2}}{op}$$

b.

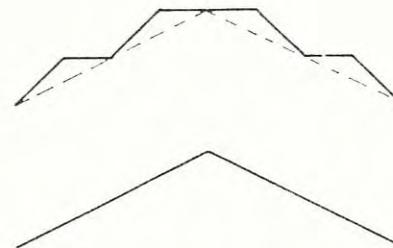
Fig. 5.  
 INFLUENCE OF THE NUMBER INFLECTIONS.  
 [YANDELL (1969)].



Both profiles have similar average absolute slopes and hysteretic sliding resistances

The length of drainage paths d & D vary inversely with the numbers of inflections per unit length

a.



Both profiles have similar average absolute slopes

The lower profile has fewer inflections per unit length and a lower theoretical hysteretic friction

b.

## 2.10. Parameter used by Yandell

Yandell [1969] represented the pertinent characteristics of the road surface texture by the following parameters :

- Texture depth.
- Maximum slope.
- Average absolute slope in the direction of sliding.
- Surface area per unit projected area.
- Distribution of surface.
- Curvature.
- Number of inflection.

These parameters can be used for many purposes, such as on the calculation of the hysteresis friction, the polishing of road stones, and the abrasion of rubber. Some of them are illustrated in Figures 4-5. One important parameter, the average absolute slope, is found to have good correlation with coefficient of hysteresis friction. It is used with the damping factor of rubber in the mechano-lattice analysis to predict the coefficient of hysteretic friction.

### III. THE MEASUREMENT OF SURFACE TEXTURE

The road surface texture is normally categorized by two features, the large scale or macro-texture which represents the easily visible asperities in the surface and the fine scale or micro-texture which describes the harshness or state of polish of the stone surface. (See Figure 6).

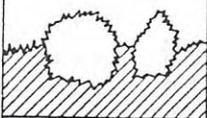
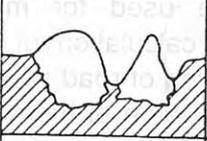
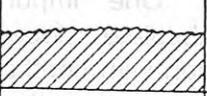
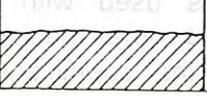
Some of the important and commonly used methods of measuring the road surface texture will be described below; which can be broadly classified into four categories [Taneerananon (1981)].

- a. Volumetric: Sand patch, Grease smear, and Silicone putty.
- b. Profile: Texturemeter, Row of needles, Stylus, and Profilograph.
- c. Photography : Stereo-photogrammetry, and Stereo-photo interpretation.
- d. Miscellaneous : Outflow meter, Surface prints, Laser beam, and Texture friction meter.

#### 3.1. Sand Patch

It involves spreading a known volume of sand over a circular area until flush with the tips of the asperities. Average texture depth, the ratio of volume to area, is the measure of surface texture. It is rather simple test, but it evaluates macrotexture only (the size of the sand used prevents the very fine channels from being measured).

Fig .6.  
ILLUSTRATION OF TERMS OF THE ROAD SURFACE TEXTURE. [SABEY et.al (1970), SCHLOSSER (1977)].

road surface	macro	micro
	rough	harsh
	rough	polished
	smooth	harsh
	smooth	polished

#### 3.2. Grease Smear

The principle is same with the sand patch but the grease is applied instead of sand. The method is used usually for obtaining the texture depth of fine textured road surfaces, as it has better ability than the sand to fill the narrow channel of the surface [Smith and Fuller (1969)].

#### 3.3. Silicone Putty

It is similar in principle to the sand patch and grease smear method. A known volume of silicone putty is formed into an approximate sphere and placed on the road surface. A recess in a plate is centered over the putty, and the plate is pressed down in firm contact with the surface. Average diameter of the deformed putty is recorded. When tested on a smooth flat surface with no texture, the silicone putty will completely fill the recess. Therefore, a decrease in the measured diameter indicates an increase in texture depth. This procedure was used by researchers (at Texas Transportation Institute) to evaluate macrotexture [Rose et.al (1973)].

#### 3.4. Texturemeter

The instrument, developed at Texas Transportation Institute, consists mainly of a series of evenly spaced, vertical, parallel rods mounted in a frame [Rose et.al (1973)]. All except two rods can be moved vertically against spring pressure and independently of one another. One rod at each end of the device is fixed to the frame for support. Each movable rod has a hole through which a taut string is passed. One end of the string is fixed to the frame, and the other is tied to the spring loaded stem of a 0.001 inch dial gauge extensometer mounted on the frame. When the frame is pressed onto the road surface, any irregularities in the surface will cause the string to form a zig-zag line which will give a dial reading. On smooth surface the reading is zero, therefore the coarser the surface the higher will be the dial reading.

#### 3.5. Row of Needles

A row, 15 cm long of closely spaced needles guided by a frame is dropped vertically onto the road surface. The profile measured as depicted

by the tips of the needles is then photographed. The accuracy is limited by the thickness and spacing of the needles [Astrov (1962)].

### 3.6. Stylus

The method is well known and widely used in mechanical engineering. It gives more information about a surface than other methods for most surface types [Richards (1967-68)]. Moore [1966] developed a stylus device to measure the coarse texture of the road surface. Vertical movement of the stylus are sensed by an electric linear variable differential transformer and fed into an oscillograph. Similar apparatus was designed by Yandell to measure the fine texture of the road asperities [Taneerananon (1981)].

There are, however, some difficulties associated with the stylus method. The conical shape of the stylus prevents reentrant angles from being detected. If the radius is large fine crevices will be missed, measurement of troughs and peaks will be exaggerated. Too fine radius may cause damage to the surface by ploughing. An optimum angle and sharpness then must be selected, to obtain a compromise between the conflicting requirements of not ploughing (or sticking) and true reproduction of the surface profile.

### 3.7. Profilograph

This instrument is designed to scribe a magnified profile of road texture as a feeler probe is drawn across the surface [Rose et.al (1973)]. A mechanical linkage system magnifies vertical movement of the probe, and the resulting profile is recorded on a chart. In addition, upward vertical deflection of the probe are recorded on a counter as the cumulative vertical peak heights of the surface texture through the length transversed by the probe. Average peak height is obtained by dividing cumulative peak heights by the number of peaks.

### 3.8. Stereo-Photogrammetry

Two photographs of the macro-texture taken vertically from two distinct points give sufficient information to produce stereo-photograph which are measured with a comparator and parallel bar. The height readings are accurate

to 0.01 inch [Sabey and Lupton (1967)]. Yandell and Gopalan [1976] used stereo-pairs from a scanning electron microscope to measure very fine texture.

### 3.9. Stereo-Photo Interpretation

This method was developed by Schonfeld [1970,1974]. Colour stereo-photographic transparencies or prints of approximately 6 inch square sections of road surfaces are obtained and viewed through a micro-stereoscope or mirror-stereoscope. Texture elements of the surface are classified visually and are rated subjectively according to an established severity rating for each of several parameters.

### 3.10. Outflow Meter

Moore [1965] described a simple apparatus by which could be measured the drainage capacity of a surface in terms of MHR (mean hydraulic radius). The instrument is a transparent cylinder, about 5 inch diameter and 12 inch height with a rubber ring glued to the bottom face. The cylinder is loaded onto the road surface so the rubber ring will drape over the aggregate pieces in a way that simulates the draping of tyre tread. There is no pressure applied on the water except its weight. The time taken for a known volume of water to drain away is recorded. The short duration of time or high rate of flow is associated with high macro-texture or high permeability of the pavement or both.

A theoretical relation between MHR and the slope of friction/speed lines was obtained using stated assumption [Moore (1966)]. The method shows good discriminating ability [Orchard et.al (1970)]. However, the disadvantages of this apparatus are: (a) It uses a thin rubber ring which might be affected by an odd particle or cavity in a manner not representative of drainage in a typical tyre contact patch [Lees and Katekhda (1974)]; (b) The variability of the readings on very smooth surfaces is high [Moore (1968)].

A number of modifications have been made to the outflow meter. The high pressure outflow meter, differs from the original device in that width of the rubber ring has been increased, time measurement has been automated and the water is pressurized as opposed to gravity

flow [Henry and Hegmon (1975)]. A modification incorporating an elliptical rubber plate in place of the circular rubber annulus, is aimed to study the drainage paths lengths for different directions [Lees and Katekhda (1974)].

### 3.11. Surface Prints

Meyer [1964] obtained the asperity density prints by placing an aluminium foil on the surface and providing a controlled impact onto a rubber disc placed on top of the foil. The sharp asperities pierce the foil and the number of piercings per unit area is the measure of texture.

### 3.12. Laser Beam

This method was described by Gee et.al [1975]. The principal elements are laser source and receiver. Both are off-the-shelf items. Light is emitted from the laser and is incident on the road surface. The light reflected from the surface is generally scattered in all directions. The polarization (alignment of the electric field vector) is also changed after scattering. That is, linearly polarized light will experience "depolarization", where reflected light is no longer linearly polarized, but is elliptically polarized. The degree of ellipticity is a function of road surface characteristics, and is represented by the ratio of the minor and major axes of the polarization ellipse. The higher ratio indicates coarser texture.

The method appears simple and apparently suited for operation from a moving car. The correlation coefficient between laser depolarization ratio and skid number, however, is only about 0.5-0.6 [Gee et.al (1975)]. Another apparatus, the Swedish Laser Road surface tester (RST), can measure both fine and rough macro-texture, where the RST root mean square fine macro-texture is correlated far better with sand patch texture depth than rough macro-texture. When the result of RST is compared with the measurement by the Sideways Coefficient Routine Investigation Machine (SCRIM), no significant correlation was achieved [Jameson et.al (1988)].

Similar to RST is Multifunction Road Monitor (MRM) from UK, or Multi Laser Profilometer (MLP) from Australia, which can measure

texture depth simultaneously with other measurements such as profile, rut depth, horizontal curvature, etc. A portable device, TRRL Mini Texture Meter, is one of the equipment utilized by Indonesian Institute of Road Engineering for measuring texture depth.

### 3.13. Texture Friction Meter

Yandell and Mee have developed a device, that is a small computer controlled instrument that can accurately sample pavement surface texture to give in seconds the sideways and locked-wheel friction for several travelling speeds. It analyses a television image of a sharp knife shaped laser beam which shines on the road surface as the test vehicle moves along the road. The computer simulates a pneumatic tyre travelling on that measured wet texture ['Uniken' (1989)]. The Indonesian Toll Road Company (PT. Jasa Marga) already owns this device.

## IV. CONCLUSION

1. The road surface texture is generally divided into two scales : macro-texture and micro-texture. In quantitative study, however, the road surface texture could be divided into more than two scales.
2. Several parameters which are used in representing road surface texture have been described in details. Those common parameters are: texture depth, centre line average height, the average depth, root mean square, the Swedish standard, profile ratio, Moore's bearing area method, mean width of surface voids, mean hydraulic radius, and Yandell's parameter.
3. It is usually difficult to represent the surface characteristics by a general single parameter. Depending on the particular application each of the parameters might be considered more useful than the others.
4. Numerous methods have been developed to measure road surface texture. These methods can be broadly classified into four categories : volumetrics, profile, photography and miscellaneous. More practical and accurate results are generally can be obtained by using laser technique in comparison with others.

## REFERENCES :

1. Astrov, V.A. (1962), "Influence of the Roughness of a Road Pavement on the Tyre-road Adhesion", *The Roads*, No. 11.
2. Doty, R.N. (1975), "Study of the Sand Patch and Outflow Meter Methods of Pavement Surface Texture Measurement", *ASTM, STP 583*, pp 42-61.
3. Elsenaar, P.M.W., Reichert, J. and Sauterey, R. (1977), "Pavement Characteristics and Skid Resistance, *TRR*, No. 622, pp 1-25.
4. Gee, S., King, W.L. and Hegmon, R.R. (1975), "Pavement Texture Measurement by Laser: A Feasibility Study", *ASTM, STP 583*, pp 29-41.
5. Henry, J.J. and Hegmon, R.R. (1975), "Pavement Texture Measurement and Evaluation", *ASTM, STP 583*, pp 3-17.
6. Jameson, G.W., Baran, E. and Sheldon, G.N. (1988), "Australian Experience With the Swedish Laser Road Surface Tester", *Proc. 14th ARRB Conf., Part 8*, pp 244-258.
7. Lees, G. and Katekhda, I.E.D. (1974), "Prediction of Medium and High Speed Skid Resistance Values by Means of a Newly Developed Outflow Meter", *Asphalt Paving Technology*, Vol. 43, pp 436-464.
8. Marian, J.E. (1962), "Surface Texture in Relation to Adhesive Bonding", *ASTM, STP 340*, pp 122-149.
9. Meyer, W.E. (1964), "Some Results of Research on Skid Control", *10th FISITA Congress*, Paper No. B-5, Tokyo.
10. Moore, D.F. (1965), "Drainage Criteria for Runway Surface Roughness", *J. Roy. Aeronautical Soc.*, Vol. 69, pp 337-342.
11. Moore, D.F. (1966), "Prediction of Skid-resistance Gradient and Drainage Characteristics for Pavements", *HRR*, No. 131, pp 181-203.
12. Moore, D.F. (1968), "An Elastohydrodynamic Theory of Tire Skidding", *Int. FISITA Congress*, Paper No. 2-02, Barcelona.
13. Moore, D.F. (1975), "Principles and Applications of Tribology", *Pergamon Press*, pp 1-388.
14. Myers, N.O. (1962), "Characterization of Surface Roughness", *Wear*, Vol. 5, pp 182-189.
15. Orchard, D.F., Yandell, W.O. and Lye, B.R.X. (1970), "A Quick Method of Measuring the Surface Texture of Aggregate", *Proc. 5th ARRB Conf., Vol. 5, Part 5*, pp 325-341.
16. Posey, C.J. (1946), "Measurement of Surface Roughness", *Mechanical Engineering*, Vol. 68(4), pp 305-306, 338.
17. Richards, P.J. (1967 - 68), "Review of Methods of Measurement and Assessment of Surface Form and Texture", *Proc. Inst. Mech. Eng.*, Vol. 182, Pt. 3K, Paper 41, pp 453-465.
18. Rohde, S.M. (1976), "On the Effect of Pavement Microtexture on Thin Film Traction", *Int. J. Mech. Sci.*, Vol. 18, pp 95-101.
19. Rose, J.G., Hutchinson, J.W. and Gallaway, B.M. (1973), "Summary and Analysis of the Attributes of Methods of Surface Texture Measurement", *ASTM, STP 530*, pp 60-77.
20. Sabey, B.E. (1968), "Wet Road Skidding Resistance at High Speeds on a Variety of Surfaces on A1", *Proc. ARRB*, Vol. 4, Pt. 2, pp 1512-1529.
21. Sabey, B.E. and Lupton, G.N. (1967), "Measurement of Road Surface Texture", *RRL Report*, LR 57.
22. Sabey, B.E., Williams, T.E. and Lupton, G.N. (1970), "Factors Affecting the Friction of Tires on Wet Roads" *Int. Auto. Saf. Conf. Comp.*, SAE Paper, No. 700376, pp 324-340.
23. Schlosser, L.H.M. (1977), "Tyres and Road Surfaces", *Skidding Accidents, TRR*, No. 624, pp 15-26.
24. Schonfeld, R. (1970), "Photo Interpretation of Skid Resistance", *HRR*, No. 311, pp 11-25.
25. Schonfeld, R. (1974), "Pavement Surface Texture Classification and Skid Resistance Photo-Interpretation", *The Physics of Tire Traction - Theory and Experiment*, Eds. D.F. Hays and A.L. Browne, pp 325-338.
26. Schulze, K.H. and Beckmann, L. (1962), "Friction Properties of Pavements at Different Speeds", *ASTM, STP 326*, pp 42-49.
27. Smith, L.L. and Fuller, S.L. (1969), "Florida Skid Correlation Study of Skid Testing with Trailers", *ASTM, STP 456*, pp 4-101.
28. Taneerananon, P. (1981), "The Analysis of the Mechanism of Tyre Friction on Wet Roads", *Ph.D Thesis*, The University of New South Wales.
29. 'Uniken' (1989), "Friction Meter Device: A Boon for Road Safety", *UNSW News*, No. 274, pp 1-2.
30. Wallace, K.B. and Trollope, D.H. (1969), "Water Pressure Beneath a Skidding Tyre", *Wear*, Vol. 13, pp 109-118.
31. Yandell, W.O. (1969), "The Effect of Surface Geometry on the Lubricated Sliding Friction and Polishing of Roadstones", *Aust. Rd. Res.*, Vol. 3, No. 10, pp 50-68.
32. Yandell, W.O. and Gopalan, M.K. (1976), "The Relation Between Surface Texture of Roads and Friction and Abrasion of Tyre Tread Rubber", *ARRB Proceedings*, Vol. 8, pp 8-14.

### Penulis :

*DR.Ir.M. Sjahdamulirwan, MSc, Peneliti Madya Bidang Teknik Jalan, dan Kepala Bidang Penelitian, Pusat Litbang Jalan.*



# BETON KINERJA TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN KERIKIL ALAM (SUNGAI)

*H. Ridwan Suhud*

## **RINGKASAN**

*Apabila kita memperhatikan pekerjaan-pekerjaan beton, baik skala kecil, menengah, ataupun besar, penggunaan bahan butirannya kebanyakan untuk agregat halusnya adalah pasir alam dan agregat kasarnya batu pecah (crushed stone). Jarang sekali kita menemukan campuran beton yang terdiri dari pasir alam dan kerikil alam (sungai). Keadaan seperti ini tidak hanya terjadi di daerah yang tidak tersedia kerikil alam, tetapi juga di daerah di mana kerikil alam ini banyak tersedia.*

*Penggunaan kerikil alam, makin jarang ditemui setelah makin hari tuntutan akan kekuatan beton makin tinggi. Apalagi dewasa ini orang sudah menemukan Beton Kinerja Tinggi (HPC), yang apabila dilihat dari agregat kasarnya kebanyakan terdiri dari batu pecah, meskipun bahan butiran halusnya tetap menggunakan pasir alam. Apakah mungkin campuran beton yang menggunakan kerikil alam sebagai agregat kasarnya mampu menghasilkan Beton Kinerja Tinggi?*

*Untuk mendapatkan informasi mengenai hal ini, telah dilakukan serangkaian percobaan mengenai campuran beton dengan agregat yang terdiri dari pasir alam dan kerikil alam di Laboratorium Beton LPPU ITB dan di Laboratorium Material dan Struktur Jurusan Teknik Sipil ITB.*

## **SUMMARY**

*The ingredients of concrete mixture in general of small to large quantity of concrete works usually are nature fine aggregate (river sand) and crushed stone type of coarse aggregate. Very rare one uses both of nature aggregates (sand and coarse aggregate) in mixture, particularly for High Strength Concrete(HPC).*

*In case of region where both nature aggregates are available, design of high strength concrete should be developed to meet the minimum requirement in specification This paper discusses method of concrete mixture design with nature aggregates where high compressive strength is required. The experiments were conducted in Laboratory of Concrete LPPU ITB, and Structure and Materials Laboratories, Departement of Civil Engineering ITB, to verify the design of compressive strength as well as to obtain empirical formula for high strength concrete with nature aggregates.*

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Historis**

Pada awal digunakannya campuran beton sebagai bahan konstruksi, bahan butiran yang digunakan adalah pasir dan kerikil alam yang berasal dari sungai. Setelah kebutuhan akan bahan beton makin meningkat, maka makin lama kerikil alam yang merupakan agregat kasar makin terbatas jumlahnya, sehingga orang harus mencari alternatif sebagai penggantinya. Alternatif ini tidak lain adalah batu bongkahan yang dipecah menurut ukuran yang sesuai dengan kerikil sungai.

Apabila di suatu tempat kerikil sungai masih banyak tersedia jumlahnya, tidak ada salahnya bahan tersebut digunakan untuk campuran beton, jika persyaratannya masih terpenuhi. Sampai saat ini apabila kerikil sungai cukup tersedia jumlahnya, bahan tersebut masih

mendapat tempat untuk digunakan dalam proyek yang memerlukan Beton Kinerja Tinggi seperti halnya Jembatan Normandy di Perancis (1), yang selesai dibangun tahun 1995.

Jembatan ini untuk campuran betonnya menggunakan pasir dan kerikil dari sungai Seine, karena jembatan ini melintasi sungai Seine, di mana pasir dan kerikilnya merupakan bahan butiran setempat. Di samping itu oleh karenanya pengecoran beton untuk jembatan tersebut menggunakan pompa, maka dipertimbangkan bahwa penggunaan kerikil sungai akan lebih menguntungkan daripada kerikil batu pecah.

CARLE (2) mengatakan bahwa beton dengan butiran alam (kerikil sungai) lebih mudah dikerjakan dan dipadatkan karena pojok-pojoknya tidak runcing, sedangkan beton dengan kerikil batu pecah lebih kaku dan lebih sulit dipadatkan, karena pojok-pojoknya runcing dan permukaannya lebih kasar. Oleh karena itu

kekuatan tariknya lebih besar daripada beton dengan butiran alam. Dengan demikian beton dengan agregat kasar dari kerikil batu pecah ini sangat tepat untuk beton yang menderita geseran besar seperti perkerasan jalan.

## 1.2. Kerangka Pemikiran

Apabila beton hancur, terjadinya kehancuran ini dimulai dengan lepasnya bidang kontak (interface) antara bahan butiran dengan pasta semen (3). Bidang kontak ini akan lebih kuat jika permukaan butirannya makin kasar, kemudian akan lebih kuat lagi jika campuran betonnya ditambah dengan sejumlah kecil silica fume atau fly ash (4) (5).

Bidang kontak agregat kasar dari kerikil alam akan lebih lemah daripada kerikil batu pecah karena permukaan kerikil alam lebih halus daripada kerikil batu pecah. Di samping itu kerikil alam umumnya lebih lama tersimpan di tempat asalnya, sehingga permukaannya terselubung oleh butiran-butiran halus seperti lumpur dan sebagainya, lebih-lebih kerikil yang berasal dari sungai-sungai yang disekelilingnya daerah pesawahan. Di samping itu di negara kita perolehan kerikil sungai dilakukan oleh tenaga manusia dan diambil langsung dari sumbernya, sehingga susunan ukuran butirannya tidak terjamin. Lain halnya dengan kerikil batu pecah yang didatangkan dari pabrik pemecah, di samping kebersihannya terjamin dan ukurannya mudah diatur, juga kuantitasnya lebih pasti. Tampaknya keadaan seperti inilah yang menyebabkan para teknisi lebih suka memilih kerikil batu pecah daripada kerikil alam (sungai). Apabila keadaan kerikil sungai tidak jauh berbeda dengan keadaan kerikil batu pecah, meskipun diambil langsung dari tempat asalnya, sudah tentu bahan ini akan menghasilkan beton yang bermutu baik. Lebih-lebih jika perolehan agregat alam ini dilakukan seperti di negara maju dengan cara mekanis, maka harganya akan lebih murah daripada kerikil batu pecah.

## II. RANGKAIAN PENELITIAN

### 2.1. Pengaturan Ukuran Butiran

#### 2.1.1. Pasir

Pasir merupakan agregat halus alami yang diambil langsung dari sumbernya (Galunggung) untuk campuran beton, ukuran maksimum pasir ditentukan 5 mm. Oleh karena pasir yang akan

digunakan diambil langsung dari sumbernya, maka pasir tersebut banyak tercampur dengan butiran-butiran yang ukurannya lebih besar dari 5 mm. Dengan demikian ukuran butiran yang lebih besar dari 5 mm yang terkandung dalam pasir ini dikeluarkan dengan saringan.

#### 2.1.2. Kerikil

Ukuran kerikil yang akan digunakan adalah antara 5 à 25 mm, ukuran maksimum diambil 25 mm karena alasan berikut :

- Untuk keperluan struktur yang biasa, umumnya ukuran maksimum sekitar 25 mm.
- Ukuran butiran halus lebih kecil dari 1/4 ukuran terkecil benda uji, dimana benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (6).

Seperti halnya pasir, kerikil juga diambil langsung dari sumbernya sehingga banyak tercampur butiran yang lebih kecil dari 5 mm dan yang lebih besar dari 25 mm. Butiran-butiran yang diluar ukuran antara 5 - 25 mm tersebut dikeluarkan dengan saringan.

#### 2.1.3. Kerikil Pecah

Oleh karena kerikil sungai diambil langsung dari sumbernya, maka ukuran yang lebih besar dari 25 mm cukup banyak. Ternyata butiran lebih besar dari 25 mm ini mudah dipecah dengan menggunakan palu kecil dan memakai tenaga manusia.

Ukuran kerikil pecah tersebut dibuat antara 12,5 à 25 mm, yang kemudian untuk seri benda uji tertentu dicampur dengan kerikil yang asli dengan ukuran yang sama. Dengan cara seperti ini, maka butiran yang lebih besar dari 25 mm semuanya dapat digunakan untuk campuran beton.

## 2.2. Percobaan

### 2.2.1. Benda Uji

Benda uji terdiri dari 12 silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, jumlah ini dimaksudkan untuk percobaan tekan sebanyak 6 buah dan untuk percobaan tarik belah (splitting test) juga 6 buah. Pembebanan dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dan hasil yang diperoleh merupakan nilai rata-rata dari 6 benda uji tersebut.

## 2.2.2. Material

### 2.2.2.1. Material Utama.

#### a. Semen.

Semen yang digunakan adalah semen tipe I cap Tiga Roda untuk mencegah pengurangan kekuatan semen karena pengaruh kelembaban udara, semen yang sudah terbungkus dengan kertas dari pabriknya, dibungkus lagi dengan kantong plastik yang rapat udara. Berat jenis semen ini  $\pm 3,15$  kg/l.

#### b. Agregat halus.

Sebagai agregat halus digunakan pasir Galunggung yang lolos saringan 5 mm, kurva susunan butiran dari pasir ini tercantum pada gambar 1. Data-data dari pasir tersebut adalah sebagai berikut :

- modulus kehalusan (mf) = 2,5
- berat jenis SSD = 2,54 kg/l
- berat jenis kering = 2,42 kg/l
- resapan air = 5,04 %
- kandungan lumpur = 3,5 %

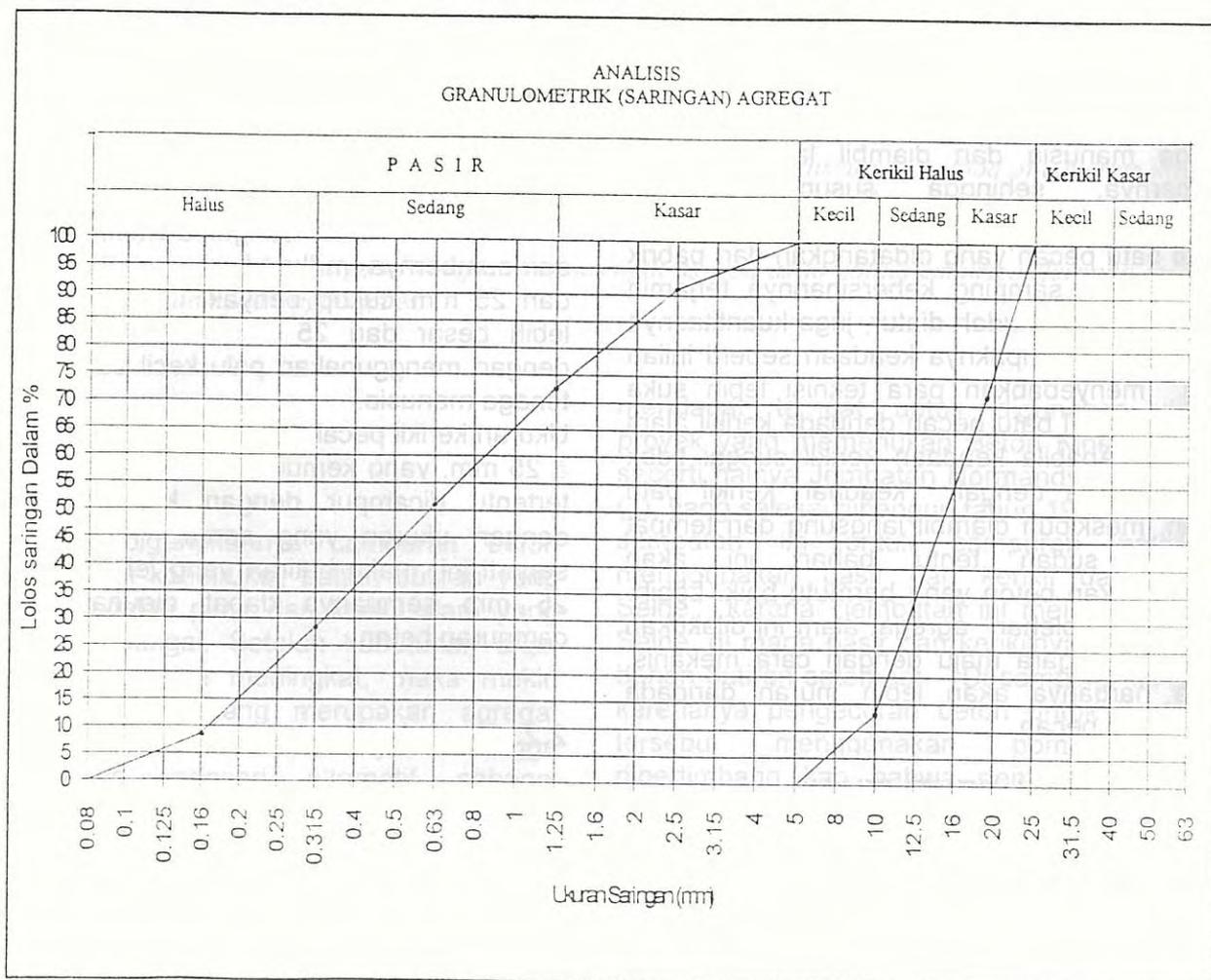
Pasir ini termasuk pasir yang cukup bersih

#### c. Agregat kasar.

Agregat kasar terdiri dari kerikil sungai dengan ukuran maksimum (D) = 25 mm. Kerikil ini diperoleh dari daerah Ciwidey di Bandung Selatan, termasuk jenis batuan basah dan kerikil bersih, dengan data-data sebagai berikut :

- berat jenis S.S.D = 2,59 kg/l
- berat jenis kering = 2,51 kg/l
- resapan air = 3,36 %
- kandungan lumpur = 0,53 %

**Gambar 1.**  
**SUSUNAN BUTIRAN PASIR DAN KERIKIL**



#### d. Air

Air yang digunakan untuk campuran ini adalah air tawar yang berasal dari sumur dalam (deep well).

#### 2.2.2.2. Material Tambahan.

##### a. Fly ash

Abu terbang atau fly ash adalah bahan penambah untuk mengisi ruang kosong (rongga) di antara butiran semen dan menambah sifat hidraulis pasta semen. Fly ash yang digunakan berasal dari PLTU Suralaya.

Dosis fly ash yang digunakan adalah 15 % dari berat semen, dosis ini menurut penelitian-penelitian sebelumnya merupakan dosis yang optimal (5)

##### b. Superplasticizer (SP).

Superplasticizer (SP) yang digunakan adalah CONPLAST SP-420, penambahan SP ini dimaksudkan untuk menambah workability beton segar. Dosis yang digunakan adalah antara 1,5 à 3% dari berat semen, yaitu dosis yang diberikan oleh produsennya.

#### 2.3.2.3. Campuran Beton.

Campuran beton dihitung menurut metoda DREUX (6) dan dibuat dalam tiga seri sebagai berikut :

##### a. Seri A

Campuran beton dengan jumlah semen 400 kg/m<sup>3</sup> beton dan susunan butirannya seperti tercantum pada gambar 2.

Pada gambar ini terbaca komposisi butiran seperti di bawah ini :

- pasir 0 - 5 mm : 37%
- kerikil 5 - 12,5 mm : 5%
- Kerikil 12,5 - 5 mm : 58 %

##### b. Seri B

Campuran beton dengan jumlah semen 425 kg/m<sup>3</sup> beton dan susunan butirannya seperti tercantum pada gambar 3.

Pada gambar 3 ini terbaca komposisi butiran seperti di bawah ini :

- pasir 0 - 5 mm : 37%
- kerikil 5 -12,5 mm : 5%
- Kerikil 12,5-25 mm : 57%

##### c. Seri C

Campuran beton dengan jumlah semen 450 kg/m<sup>3</sup> beton dan susunan butirannya, seperti tercantum pada gambar 4.

Pada gambar 4 ini terbaca komposisi butiran seperti di bawah ini :

- pasir 0-5 mm : 36%
- kerikil 5-12,5 mm : 5%
- kerikil 12,5-25 mm : 59%

Ketiga seri ini divariasikan terhadap jumlah air (w/c), kandungan fly ash dan dosis dari S.P.

Komposisi material untuk ketiga seri tersebut tercantum dalam tabel 1.

#### 2.2.3. Pembuatan Benda Uji

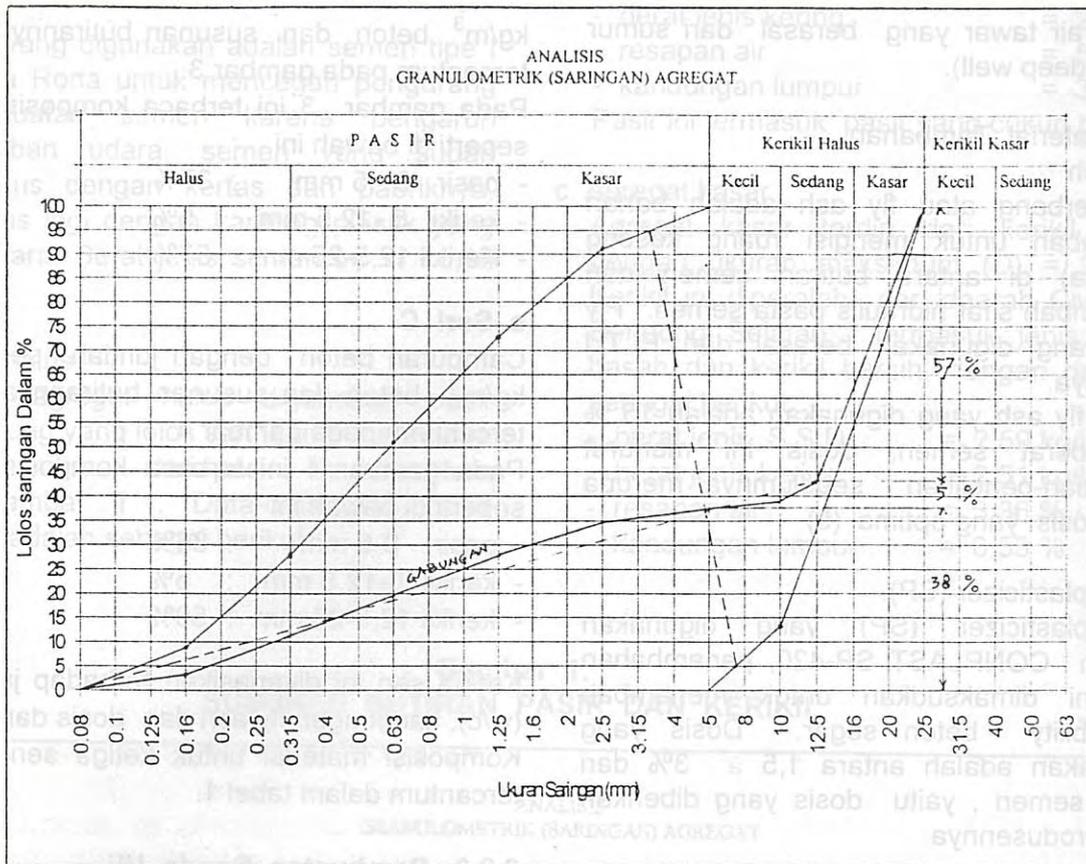
##### 2.2.3.1. Pengadukan Beton.

Beton diaduk dalam mesin pengaduk dengan kapasitas 350 l. Pengadukan dilakukan 5 menit dalam keadaan kering dan 5 menit dalam keadaan basah, dimana pengadukan tersebut terjadi karena pengaruh gravitasi.

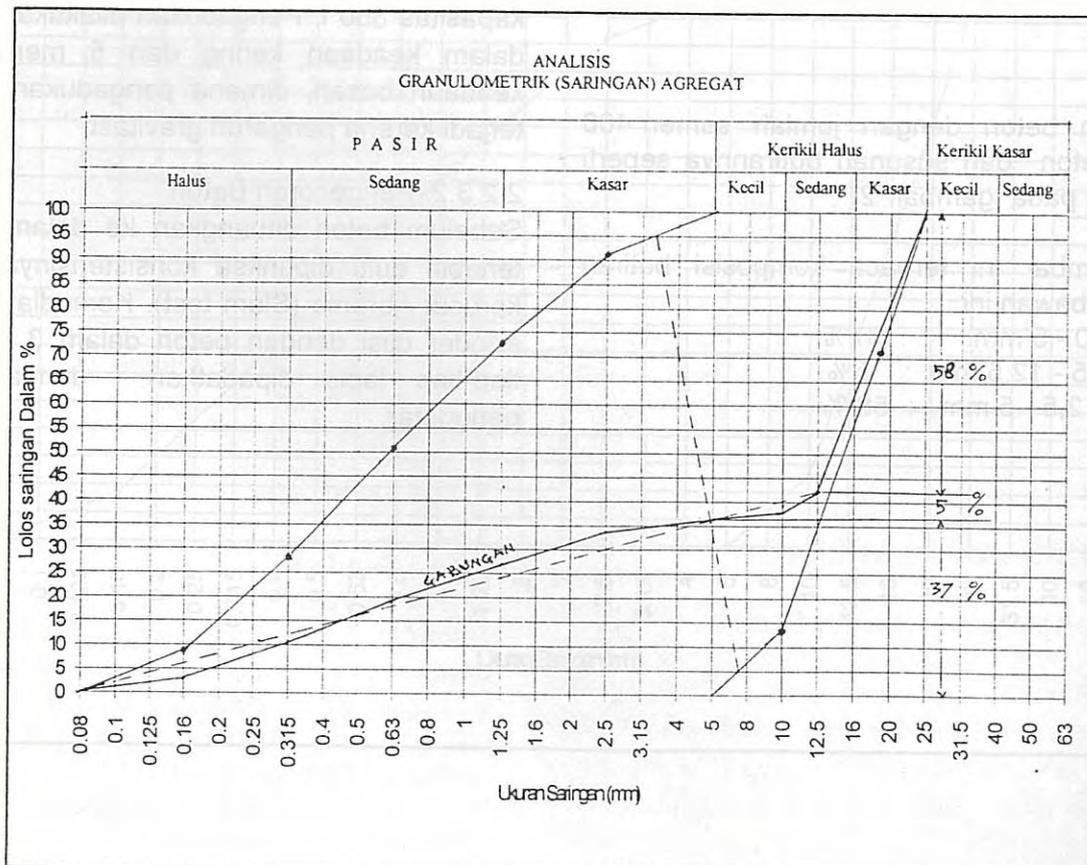
##### 2.2.3.2. Pengecoran Beton.

Sebelum beton dituangkan ke dalam cetakan terlebih dulu diperiksa konsistensinya dengan kerucut Abrams (Slum test). Kemudian cetakan silinder diisi dengan beton dalam 3 lapis dan tiap-tiap lapis dipadatkan dengan jarum penggetar.

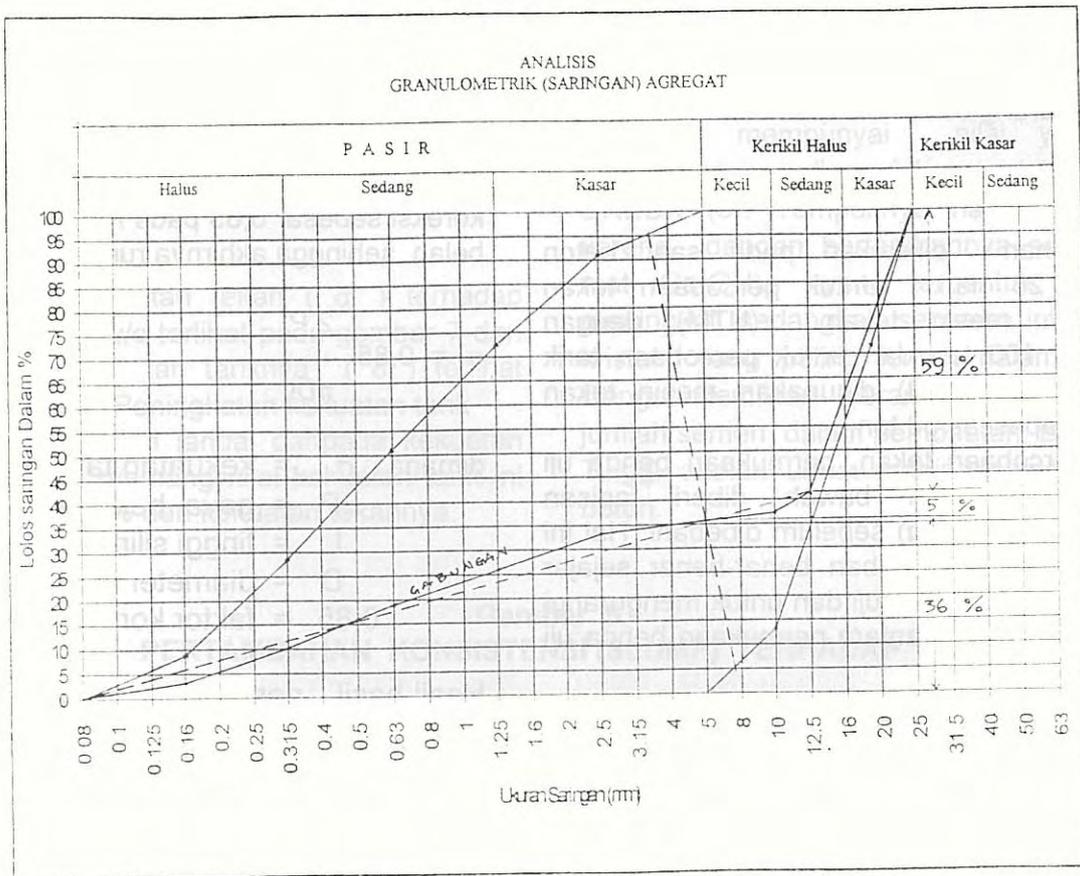
Gambar 2.  
SUSUNAN BUTIRAN SERI A



Gambar 3.  
SUSUNAN BUTIRAN SERI B



Gambar 4.  
SUSUNAN BUTIRAN SERI C



Tabel 1.  
KOMPOSISI MATERIAL UNTUK SATU M<sup>3</sup> BETON

Material	Semen	air	w/c	fly ash	S.P	Pasir	Kerikil			kerikil pecah
							0-5 mm	5-12,5 mm	12,5-25 mm	
seri	kg/m <sup>3</sup>	l/m <sup>3</sup>		%	%	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	
A	1	400	200	0,50	0	0	640	87	996	0
	2	400	180	0,45	0	0	640	87	996	0
	3	400	160	0,40	0	0	640	87	996	0
	4	400	160	0,40	15	1,5	616	84	959	0
	5	400	160	0,40	15	2	616	84	959	0
	6	400	160	0,40	15	2,5	616	84	959	0
	7	400	150	0,375	15	3	616	84	959	0
	8	400	150	0,375	15	3	616	84	479,5	479,5
B	1	425	212,5	0,50	0	0	616	86	1002	0
	2	425	191,25	0,45	0	0	616	86	1002	0
	3	425	170	0,40	0	0	616	86	1002	0
	4	425	170	0,40	15	1,5	591	83	961	0
	5	425	170	0,40	15	2	591	83	961	0
	6	425	170	0,40	15	2,5	591	83	961	0
	7	425	159,38	0,375	15	3	591	83	961	0
	8	425	159,38	0,375	15	3	591	83	480,5	480,5
C	1	450	225	0,50	0	0	592	85	1007	0
	2	450	202,5	0,45	0	0	592	85	1007	0
	3	450	180	0,40	0	0	592	85	1007	0
	4	450	180	0,40	15	1,5	567	82	964	0
	5	450	180	0,40	15	2	567	82	964	0
	6	450	168,75	0,40	15	2,5	567	82	964	0
	7	450	157,5	0,35	15	3	567	82	964	0
	8	450	157,5	0,35	15	3	567	82	482	482

### 2.2.3.3 Pemeliharaan Beton

Setelah beton dicor, permukaan silinder yang terbuka ditutup dengan plastik untuk mengurangi penguapan. Setelah dua hari cetakan dibuka, kemudian benda uji ditutup dengan karung basah sampai umur 7 hari.

### 2.2.4. Pembebanan

Pembebanan dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Untuk percobaan tekan digunakan mesin tekan (UTM) dengan kapasitas 100 ton dan untuk percobaan tarik belah (splitting test) digunakan mesin tekan dengan kapasitas 50 ton.

Untuk percobaan tekan, permukaan benda uji silinder atas dan bawah diberi lapisan permukaan (capping) sebelum dibebani. Hal ini dimaksudkan agar beban benar-benar sejajar dengan sumbu benda uji dan untuk mengurangi pengaruh gesekan antara permukaan benda uji dengan mesin tekan.

Lapisan permukaan (capping) ini terbuat dari campuran dalam perbandingan berat sebagai berikut :

- tepung belerang : 66%
- pasir yang lolos saringan 0,3 mm : 32%
- Fly ash : 2%

Campuran ini diaduk dalam keadaan kering dan dingin, kemudian baru dipanaskan sampai  $\pm 120^{\circ}\text{C}$ .

## III. HASIL - HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil - hasil Percobaan

Hasil-hasil yang diperoleh adalah nilai-nilai konsistensi (slump), kekuatan tekan, dan kekuatan tarik belah. Nilai-nilai ini adalah syarat-syarat yang umum yang diperlukan di lapangan (site).

Konsistensi beton diukur dengan kerucut Abrams, karena paling praktis dan hasilnya cukup memuaskan. Oleh karena konsistensi menunjukkan workability dari beton, maka dalam pekerjaan yang sesungguhnya juga harus dilakukan secara periodik.

Kekuatan tekan didasarkan atas benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sesuai dengan SNI-91. Pada kenyataannya memang benda uji silinder lebih representatif daripada benda uji kubus.

Kekuatan tarik diperoleh dari kekuatan tarik belah (splitting test) dengan benda uji yang sama dengan benda uji untuk kekuatan tekan. Percobaan ini paling mudah dilakukan dengan nilai yang sesuai (tidak banyak berbeda) dengan nilai yang diperoleh dari percobaan tarik langsung atau tarik lentur. Kesesuaian nilai yang diperoleh ini setelah dimasukkan faktor koreksi sebesar 0,85 pada rumus kekuatan tarik belah, sehingga akhirnya rumus itu menjadi (7) :

$$\sigma = 0,85 \frac{2P}{\pi DL}$$

dimana :  $\sigma$  = kekuatan tarik belah

P = gaya belah

L = tinggi silinder

D = diameter silinder

0,85 = faktor koreksi

Hasil-hasil percobaan tercantum dalam Tabel -2.

**Tabel 2.**  
**KEKUATAN TEKAN ( $\sigma'$ ) DAN KEKUATAN TARIK BELAH (SPLITTING TEST) ( $\sigma$ )**

Seri	Semen kg/m <sup>3</sup>	%	fly ash %	S.P	Slump cm	kekuatan tekan ( $\sigma'$ )		kekuatan tarik belah		$\sigma(\text{tarik})$ $\sigma(\text{tekan})$	
						kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa		
A	1	400	0,50	0	0	7	290	29	24	2,4	0,083
	2	400	0,45	0	0	2,3	321	32,1	25	2,5	0,078
	3	400	0,40	0	0	0	399	39,9	27,6	2,76	0,069
	4	400	0,40	15	1,5	0,6	413	41,3	34,3	3,43	0,083
	5	400	0,40	15	2	1	417	41,7	32,6	3,26	0,078
	6	400	0,40	15	2,5	3	439	43,9	34,6	3,46	0,079
	7	400	0,375	15	3	5	509	50,9	36,6	3,66	0,072
	8	400	0,375	15	3	4,5	513	51,3	40,2	4,02	0,078
B	1	425	0,50	0	0	10	276	27,6	23,6	2,36	0,086
	2	425	0,45	0	0	4,5	330	33	23,2	2,32	0,070
	3	425	0,40	0	0	0	386	38,6	27,5	2,75	0,071
	4	425	0,40	15	1,5	1,2	407	40,7	33,1	3,31	0,081
	5	425	0,40	15	2	5,5	455	45,5	33,5	3,35	0,074
	6	425	0,40	15	2,5	12	434,5	43,5	33,8	3,38	0,078
	7	425	0,375	15	3	6,5	499	49,9	39,4	3,94	0,079
	8	425	0,375	15	3	6	513	51,3	37,9	3,79	0,074
C	1	450	0,50	0	0	16	256	25,6	23,3	2,33	0,091
	2	450	0,45	0	0	6	338	33,8	26,2	2,62	0,078
	3	450	0,40	0	0	0,8	364	36,4	27,6	2,76	0,076
	4	450	0,40	15	1,5	5	405	40,5	31,1	3,11	0,077
	5	450	0,40	15	2	19,5	471	47,1	32,5	3,25	0,069
	6	450	0,40	15	2,5	4	476	47,6	35,9	3,59	0,075
	7	450	0,35	15	3	7	516	51,6	35,5	3,55	0,069
	8	450	0,35	15	3	6	556	55,6	44,6	4,46	0,080

### 3.2. Pembahasan

#### 3.2.1. Konsistensi

Konsistensi (kelacakan) beton ditunjukkan dengan angka slump. Pengaruh perbandingan air-semen (w/c) pada konsistensi sangat tampak dengan jelas seperti ditunjukkan

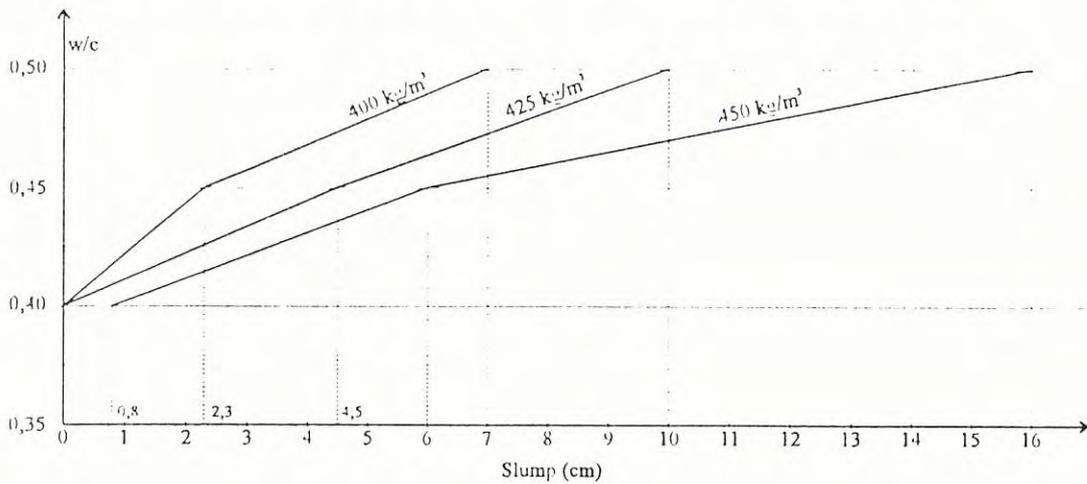
pada gambar - 5. Pada gambar ini, juga terlihat lonjakan konsistensi akibat penambahan semen untuk w/c yang sama. Gambar 6 menunjukkan kenaikan nilai slump untuk w/c = 0,4 akibat penambahan CONPLAST SP 420. Dari gambar ini terlihat bahwa pengaruh SP sangat sensitif untuk jumlah semen yang lebih besar dari 400 kg/m<sup>3</sup> beton.

### 3.2.2. Kekuatan

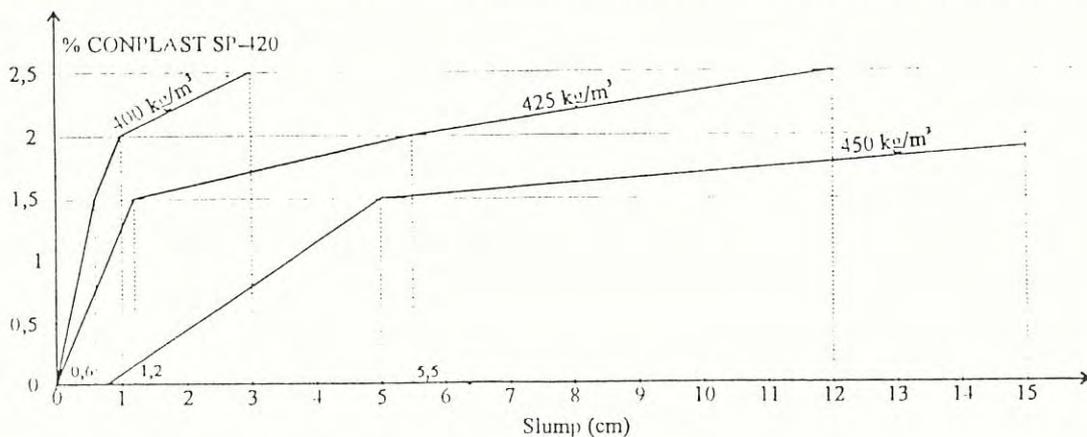
Peningkatan kekuatan tekan ( $\sigma'$ ) terhadap penurunan nilai w/c terlihat pada gambar 7 dan peningkatan kekuatan tarikannya ( $\sigma$ ) terlihat pada gambar 8. Peningkatan kekuatan tarik ( $\sigma$ ) terlihat lebih landai daripada kekuatan tekan, karena memang nilai kekuatan tarik ini hanya berkisar 8% dari kekuatannya.

Pada gambar 7 dan gambar 8 juga terlihat kenaikan kekuatan akibat penambahan fly ash sebesar 15% dari jumlah semen. Di lain pihak terlihat bahwa penambahan jumlah semen tidak meningkatkan kekuatan beton semen selama w/c nya mempunyai nilai yang sama, sebagaimana dicerminkan dalam rumus DREUX (6). Tampaknya hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya semen, kapur mati Ca(OH)<sub>2</sub> yang terbentuk juga makin meningkat, sedangkan senyawa ini merupakan kristal yang paling lemah dalam beton (8). Dengan demikian peran penting penambahan jumlah semen dalam pembuatan Beton Kinerja Tinggi adalah untuk meningkatkan workability beton.

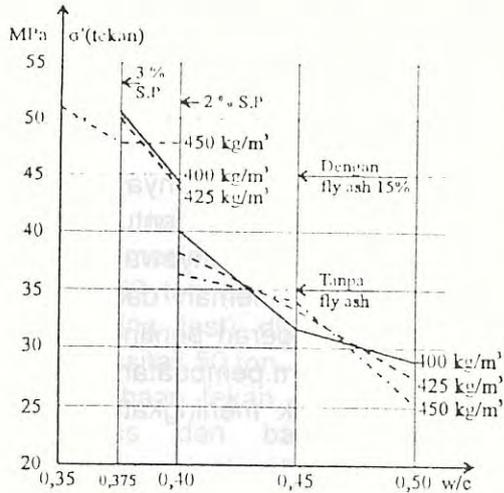
**Gambar 5.**  
**PERTAMBAHAN KONSISTENSI (SLUMP) TERHADAP w/c**



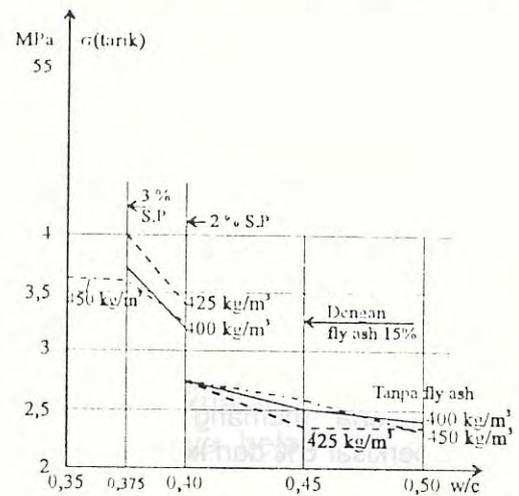
**Gambar 6.**  
**PERTAMBAHAN KONSISTENSI (SLUMP) TERHADAP % CONPLAST SP-420 UNTUK w/c = 0,4**



**Gambar 7.**  
**HUBUNGAN KEKUATAN TEKAN ( $\sigma'$ )**  
**DENGAN FAKTOR AIR - SEMEN w/c**



**Gambar 8.**  
**HUBUNGAN KEKUATAN TARIK ( $\sigma$ )**  
**DENGAN FAKTOR AIR SEMEN w/c**



Sebagaimana diketahui bahwa pada beton dengan kekuatan normal (NSC), kehancuran beton dimulai dengan lepasnya bidang kontak (interface) antara butiran dengan pasta semen. Hal ini terjadi karena bidang ini merupakan bidang yang paling lemah. Kemampuan bidang kontak ini dapat ditingkatkan dengan penambahan fly ash atau silica fume pada campuran beton., namun demikian oleh karena permukaan butiran kerikil alam ini lebih halus daripada kerikil batu pecah meskipun campuran beton sudah ditambah fly ash, lepasnya bidang kontak antara butiran dengan pasta semen masih tetap terjadi, seperti pada foto 2 dan foto 3.

Kelemahan ini ternyata masih dapat diperbaiki dengan jalan memecah kerikil yang lebih besar dari 25 mm, kemudian dicampur dengan kerikil 12,5 à 25 mm, sebagaimana terlihat pada tabel 1, untuk seri A<sub>8</sub>, B<sub>8</sub> dan C<sub>8</sub>.

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa kekuatan seri A<sub>8</sub>, B<sub>8</sub> dan C<sub>8</sub> lebih tinggi dari pada kekuatan seri A<sub>7</sub>, B<sub>7</sub> dan C<sub>7</sub>. Seri A<sub>7</sub>, B<sub>7</sub> dan C<sub>7</sub> adalah campuran beton dengan kerikil alam yang murni, sedangkan seri A<sub>8</sub>, B<sub>8</sub> dan C<sub>8</sub> adalah campuran beton yang 50% dari kerikil yang ukurannya 12,5 à 25 mm diganti dengan kerikil yang dipecah dengan ukuran yang sama.

Foto 3 memperlihatkan potongan memanjang benda uji silinder dan foto 4 memperlihatkan potongan melintangnya, dimana tampak pada potongan-potongan tersebut terselip butiran-butiran yang lemah, yaitu butiran-butiran yang terdiri dari batu apung. Hal ini juga sudah tentu

akan memperlemah kekuatan, namun untuk kerikil alam memang sulit untuk dihindarkan. Sekalipun demikian, didalam percobaan ini w/c yang dapat dicapai adalah 0,35 dengan jumlah semen untuk jumlah semen 450 kg/m<sup>3</sup> dan w/c = 0,375 untuk jumlah semen 400 kg/m<sup>3</sup> dan 425 kg/m<sup>3</sup> beton. Dengan penambahan fly ash sebesar 15% dari berat semen, konsistensi beton yang diperlihatkan adalah beton plastis, yaitu besarnya nilai slump antara 5 à 7 cm dengan kekuaran tekan ( $\sigma'$ ) rata-rata yang dicapai di atas 500 kg/cm<sup>2</sup> (50 MPa).

Dengan dasar ini apabila w/c dapat diperkecil lagi terutama untuk jumlah semen 400 kg/m<sup>3</sup> beton dengan SP yang lebih ampuh, tampaknya optimis akan diperoleh kekuatan yang lebih tinggi lagi, lebih-lebih apabila sebagai bahan penambah digunakan silica fume, seperti halnya antara lain jembatan Normandy di Perancis (1).

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1. Kesimpulan

- Kerikil alam (sungai) dapat menghasilkan Beton Kinerja Tinggi apabila perencanaan campurannya dilakukan dengan cermat. Untuk menjamin ketelitian sebagaimana yang direncanakan tersebut, pelaksanaan komposisi campurannya harus dilakukan dengan perbandingan berat.

- b. Butiran kerikil yang lebih besar dari ukuran maksimum yang ditentukan dapat dipecah dengan tenaga manusia (manual) sehingga lebih kecil dari ukuran maksimum tersebut. Apabila kerikil yang sudah dipecah ini dicampurkan dengan kerikil yang asli, maka kekuatan betonnya akan meningkat lagi.
- c. Oleh karena untuk memperoleh kekuatan yang tinggi dari beton, maka diperlukan pengurangan air yang sangat tajam sehingga w/c nya sangat rendah. Untuk menjamin workability dari beton segar, sangat diperlukan penambahan Superplasticizer (SP) dengan dosis yang dianjurkan oleh produsernya.
- d. Penambahan sejumlah kecil fly ash ( $\pm 15\%$  dari berat semen) akan lebih meningkatkan kekuatan beton.

#### 4.2. Saran

Apabila kerikil sungai akan digunakan untuk membuat Beton Kinerja Tinggi, maka harus diperiksa dengan teliti tentang berat jenis, kadar lumpur dan resapan airnya. Hal ini disebabkan karena kerikil sungai adalah produk alami sehingga mungkin ada kerikil yang secara visual mulus, namun setelah menjadi beton menjadi tidak memenuhi syarat.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. P.MONACHON, A. GAUMY, The Normandy Bridge, 4<sup>th</sup> International Symposium on the Utilisation of High Strength/High Performance Concrete, 29 - 31 May 1996, Paris.
2. CARLE, G, Cours de B ton, Departement de Genie Civil, INSA, Toulouse, France, 1976 - 1977.
3. M.S BESARI, D.R. MUNAF, HANAFIAH, M.M. IQBAL, Optimum value of fly ash and Interface Density of High Performance Fly Ash Concrete 4<sup>th</sup> International Symposium on the Utilisation of High Strength/ High Performanca Concrete, 29 - 31 May 1996, Paris.
4. M. LORRAIN, Very High Strength Concrete, Kursus Singkat Teknologi Beton - P.A.U ITB, September 1990
5. R.SUHUD, Beton Mutu Tinggi, Jurnal Puslitbang Pemukiman, Bandung, Juli - Agustus 1993.
6. G.DREUX, Nouveau Guide du B ton, Editions EYROLLES, Paris 1979.
7. R. SUHUD, Kekuatan tarik beton, Jurnal Puslitbang Jalan, Bandung, Oktober 1995.
8. Prof. GRANDET, Cours de G otechnique, D partement de G nie Civil, INSA, Toulouse, France, 1977.

#### Penulis :

*Prof.Dr.Ir.H.Ridwan Suhud,DEA. Staf Pengajar pada jurusan Teknik Sipil ITB.*

#### LAMPIRAN ( FOTO - FOTO )

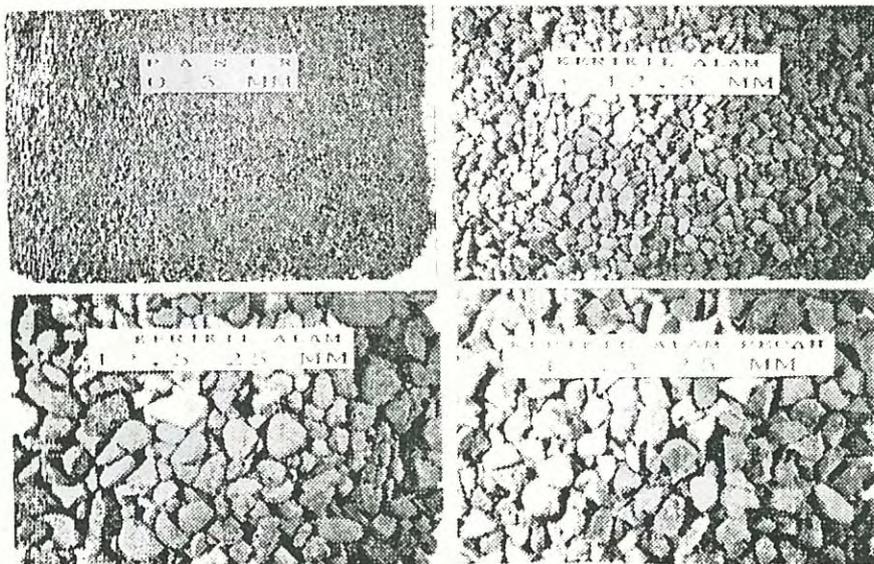


FOTO 1 BAHAN BAHAN BUTIRAN

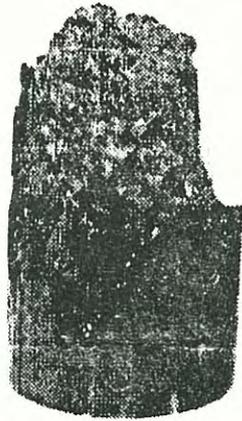


FOTO 2 PECAHAN  
PERCOBAAN TEKAN

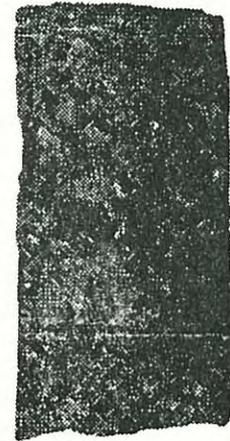


FOTO 3 PECAHAN PERCOBAAN  
TARIK BELAH (SPLITTING TEST)

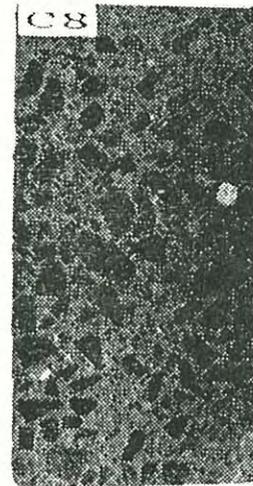


FOTO 4 POTONGAN MEMANJANG SILINDER

