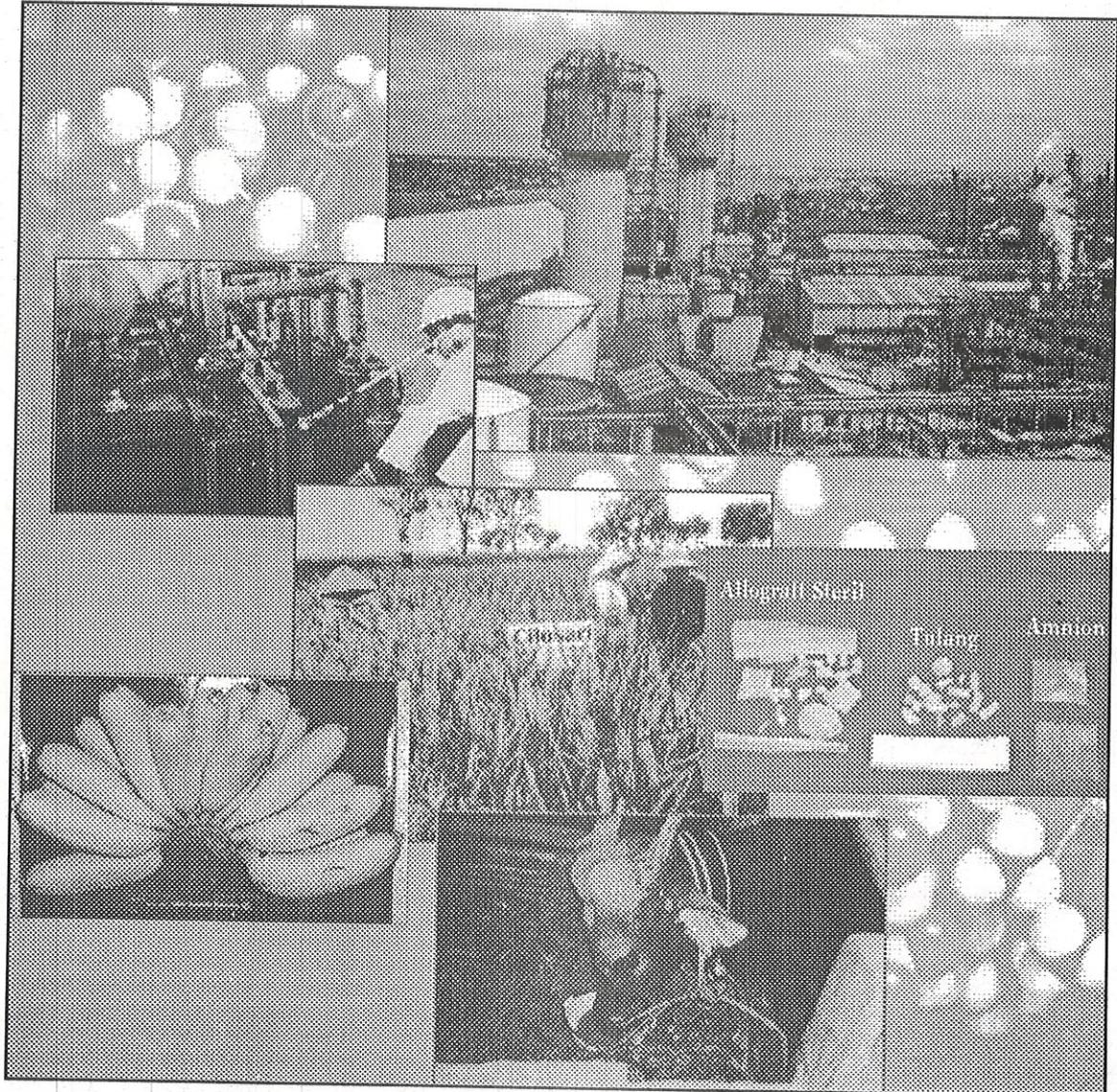


# RISALAH PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



**Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan**



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI  
JAKARTA, 2002**

ISBN 979-82708-8-4

APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI  
RENTJEN DAN PENGEMBARANGAN  
RISALAH PERTEMUAN ILMIAH



Pertanian dan Peternakan,  
Industri, Lingkungan, Kesehatan,

JAKARTA, 2002  
PUSITJANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL



**RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI  
2001**

Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001

Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI**

RISALAH PERTUNJUK ILMIAH  
PENGEMBANGAN DAN APLIKASI  
ISOTOP DAN RADIASI

2001

Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001

Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI

Penyunting :	1. Dra. Nazly Hilmy, Ph.D, APU	P3TIR - BATAN
	2. Dr. Ir. Moch. Ismachin, APU	P3TIR - BATAN
	3. Dr. F. Suhadi, APU	P3TIR - BATAN
	4. Ir. Elsje L. Pattiradjawane, MS, APU	P3TIR - BATAN
	5. Dr. Singgih Sutrisno, APU	P3TIR - BATAN
	6. Marga Utama, B.Sc, APU	P3TIR - BATAN
	7. Ir. Wandowo	P3TIR - BATAN
	8. Dr. Made Sumatra, MS, APU	P3TIR - BATAN
	9. Dr. Mugiono, APU	P3TIR - BATAN
	10. Drs. Edih Suwadi, APU	P3TIR - BATAN
	11. Dr. Sofjan Yatim	P3TIR - BATAN
	12. Dr. Ishak, M.Sc. M.ID, APU	P3TIR - BATAN
	13. Dr. Nelly D. Leswara	Universitas Indonesia
	14. Dr. Ir. Komaruddin Idris	Institut Pertanian Bogor

---

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (2002 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001 / Penyunting, Nazly Hilmy ... (et al) -- Jakarta : Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, 2002.  
1 jil.; 30 cm

Isi jil. 1. Industri, Lingkungan, Kesehatan, Pertanian dan Peternakan

**ISBN 979-95709-8-0**

I. Isotop - Seminar I. Judul II. Nazly Hilmy

541.388

---

Alamat : Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi  
Jl. Cinere Pasar Jumat  
Kotak Pos 7002 JKSKL  
Jakarta 12070  
Telp. : 021-7690709  
Fax. : 021-7691607; 7513270  
E-mail : p3tir@batan.go.id; sroji@batan.go.id  
Home page : <http://www.batan.go.id/p3tir>



## DAFTAR ISI

Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	iii
Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah .....	vii
Sambutan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional .....	ix

### MAKALAH UNDANGAN

Strategi Pengembangan Sumber Daya Manusia untuk Pemberdayaan Usaha Kecil Menengah PROF. Dr. ERIYATNO (Deputi SDM - BPSD KUKM) .....	1
Role of Isotopes and Radiation for Industrial Development and Advance Materials Dr. TADAO SEGUCHI (TRCRE, JAERI) .....	5
Strategi Pengembangan Industri Nasional Memasuki Abad Ke-21 Dirjen Industrial Kimia, Agro dan Hutan Industri .....	9

### MAKALAH PESERTA

Penyelidikan tingkat kebocoran bendungan Jatiluhur dengan pendekatan isotop alam dan hidro-kimia PASTON SIDAURUK, INDROJONO, DJIONO, EVA RISTA RISTIN, SATRIO, dan ALIP .....	25
Penyelidikan daerah imbuh air tanah Bekasi dengan teknik hidroisotop SYAFALNI, M. SRI SAENI, SATRIO, dan DJIJONO .....	33
Indikasi erosi di daerah perkebunan teh - gunung mas - Puncak - Jawa Barat menggunakan isotop alam $^{137}\text{Cs}$ NITA SUHARTINI, BAROKAH ALIYANTA, dan ALI ARMAN LUBIS .....	43
Penentuan konsentrasi $^{226}\text{Ra}$ dalam air minum dan perkiraan dosis interna dari beberapa lokasi di Jawa dan Sumatera SUTARMAN, MARZAINI NAREH, TUTIK INDIYATI, dan MASRUR .....	49
Daerah resapan air tanah cekungan Jakarta WANDOWO, ZAINAL ABIDIN, ALIP, dan DJIJONO .....	57
Radioaktivitas lingkungan pantai Makassar : Pemantauan unsur torium dan plutonium dalam sedimen permukaan A. NOOR, N. KASIM, Y.T. HANDAYANI, MAMING, MERLIYANI, dan O. KABI .....	65
Metode perunut untuk menganalisis sifat aliran air dalam jaringan pipa SUGIHARTO, PUGUH MARTYASA, INDROJONO, HARIJONO, dan KUSHARTONO..	69
Penentuan nilai $\delta^{34}\text{S}$ dalam pupuk dan aplikasinya untuk menentukan sumber sulfur pada air tanah kampung Loji Krawang E. RISTIN PUJI INDIYATI, ZAINAL ABIDIN, JUNE MELLAWATI, PASTON SIDAURUK, dan NENENG L.R., .....	75
Pembuatan komposit campuran serbuk kayu - poliester - serat sabut kelapa untuk papan partikel SUGIARTO DANU, DARSONO, PADMONO, dan ANGESTI BETTY .....	81
Kombinasi pelapisan permukaan kayu lapis Meranti ( <i>Shorea spp</i> ) dengan metode konvensional dan radiasi Ultra Violet DARSONO, dan SUGIARTO DANU .....	89

Studi kopolimerisasi radiasi stirena ke dalam film karet alam (Pengaruh dosis iradiasi dan kadar monomer) SUDRAJAT ISKANDAR, ISNI MARLIYANTI, dan MADE SUMARTI K. ....	95
Pengaruh pencucian dan pemanasan terhadap sifat fisik mekanik barang celup dari lateks alam iradiasi MADE SUMARTI K., MARGA UTAMA, dan DEVI LISTINA .....	103
Studi distribusi waktu tinggal pada proses pencampuran kontinyu dengan model bejana berderet SUGIHARTO, INDROJONO, KUSHARTONO, dan IGA WIDAGDA .....	109
Studi radiasi latar belakang sinar Gamma di laboratorium Sedimentologi, P3TIR, BATAN dengan spektrometri Gamma ALI ARMAN LUBIS, BAROKAH ALIYANTA, dan DARMAN .....	117
Penentuan Uranium dan Thorium sedimen laut dengan metode aktif dan pasif ALI ARMAN LUBIS, dan JUNE MELLAWATI .....	125
Deteksi virus hepatitis B (VHB) dalam serum darah dengan teknik PCR ( <i>Polymerase Chain Reaction</i> ) LINA, M.R., DADANG S., dan SUHADI, F., .....	131
Pendahuluan pembuatan Kit Ria mikroalbuminuria untuk pemeriksaan albuminuria SUKIYATI D.J., SITI DARWATI, GINA M., DJOHARLY, TRININGSIH, dan SULAIMAN .....	137
Ekstraksi Uranium dari limbah cair artifisial dengan teknik membran cair aliran kontinyu RUSDIANASARI, dan BUCHARI .....	143
Meningkatkan akurasi probabilitas pancaran sinar Gamma energi 165.9 keV untuk $^{139}\text{Ba}$ dengan peralatan koinsiden $4\pi\beta\text{-}\gamma$ NADA MARNADA, dan GATOT WURDIYANTO .....	149
Efek demineralisasi dan iradiasi gamma terhadap kandungan Kalsium dan kekerasan tulang <i>Bovine</i> liofilisasi B. ABBAS, F. ANAS, S. SADJIRUN, P. ZAKARIA, dan N. HILMY .....	155
<i>Rejection study of cancelous allograft in emergency orthopaedic operation</i> MENKHER MANJAS, and NAZLY HILMY .....	161
<i>Experience of using amniotic membrane after circumcision</i> MENKHER MANJAS, ISMAL, and DODY EFMANSYAH .....	165
<i>Using amniotic membrane as wound covering after cesarean section operation</i> MENKHER M., and HELFIAL HELMI .....	169
Efek <i>Glutathione</i> terhadap daya tahan khamir <i>Schizosaccharomyces pombe</i> yang diiradiasi dalam $\text{N}_2$ , $\text{N}_2\text{O}$ , dan $\text{O}_2$ NIKHAM .....	173
Radiolisis pati larut sebagai senyawa model polisakarida. I. Efek pelarut dan laju dosis iradiasi YANTI S. SOEBIANTO, SITI MEILANI S., dan DIAH WIDOWATI .....	181
Pengaruh iradiasi gamma terhadap derajat kekuningan ( <i>Yellowness Index</i> ) dan sifat mekanik plastik pengemas makanan RINDI P. TANHINDARTO, dan DIAN I. ....	191
Metode analisis unsur dengan spektrometri <i>total reflection x-ray fluorescence</i> YULIZON MENRY, ALI ARMAN LUBIS, dan PETER WOBRAUSCHEK .....	205

Pembentukan galur tanaman kacang tanah yang toleran terhadap Aluminium melalui kultur <i>in vitro</i> ALI HUSNI, I. MARISKA, M. KOSMIATIN, ISMIATUN, dan S. HUTAMI .....	215
Pembentukan kalus dan <i>spot</i> hijau dari kultur Antera galur mutan cabai keriting ( <i>Capsicum annum L.</i> ) secara <i>in vitro</i> AZRI KUSUMA DEWI, dan ITA DWIMAHYANI .....	221
Peningkatan toleransi terhadap Aluminium dan pH rendah pada tanaman kedelai melalui kultur <i>in vitro</i> IKA MARISKA, SRI HUTAMI, dan MIA KOSMIATIN .....	225
Efek radiasi sinar gamma dosis rendah pada pertumbuhan kultur jaringan tanaman ciplukan ( <i>Pysalis angulata L.</i> ) ROSMIARTY A. WAHID .....	235
Pengujian galur mutan Sorghum generasi M4 terhadap kekeringan di Gunung Kidul SOERANTO, H., CARKUM, SIHONO, dan PARNO .....	241
Evaluasi penampilan fenotip dan stabilitas beberapa galur mutan kacang hijau di beberapa lokasi percobaan RIYANTI SUMANGGONO, dan SOERANTO HUMAN .....	247
Penggunaan pupuk hayati fosfat alam untuk meningkatkan produksi tanaman jagung di lahan kering HAVID RASJID, J. WEMAY, E.L. SISWORO, dan W.H. SISWORO .....	255
Pertumbuhan dan produksi kacang hijau pada kondisi ketersediaan air terbatas THOMAS .....	261
Peningkatan keragaman sifat agronomi tanaman melati <i>Jasminum sambac (L.) W. Ait</i> dengan teknik mutasi buatan LILIK HARSANTI, dan MUGIONO .....	273
Pengaruh sumber eksplan dan <i>Thidiazuron</i> dalam media terhadap regenerasi eksplan mutan nilam ( <i>Pogostemon cablin Benth.</i> ) ISMIYATI SUTARTO, MASRIZAL, dan YULIASTI .....	281
Kombinasi bahan organik dan pupuk N inorganik untuk meningkatkan hasil dan serapan N padi gogo IDAWATI, dan HARYANTO .....	287
Kuantifikasi transformasi internal <sup>15</sup> N untuk memprediksi daya suplai Nitrogen pada lahan paska deforestasi I.P. HANDAYANI, P. PRAWITO, dan E.L. SISWORO .....	295
Pengaruh fosfat alam dan pupuk kandang terhadap efisiensi pemupukan P pada oxisol Sumatera Barat JOKO PURNOMO, KOMARUDDIN IDRIS, SUWARNO, dan ELSJE L. SISWORO .....	305
Studi kandungan unsur mikro pada UMMB sebagai suplemen pakan ternak ruminansia FIRSONI, YULIZON MENRY, dan BINTARA HER SASANGKA .....	313
Penggunaan suplemen pakan dan pemanfaatan teknik <i>radioimmunoassay</i> (RIA) untuk meningkatkan efisiensi Inseminasi Buatan (IB) TOTTI TJIPTOSUMIRAT, DADANG SUPANDI, dan FIRSONI .....	319
Pembuatan antibodi pada kelinci yang diimunisasi dengan <i>Brucella abortus</i> SUHARNI SADI .....	325

Pengaruh dosis inokulasi <i>Trypanosoma evansi</i> terhadap gambaran darah hewan inang mencit M. ARIFIN .....	333
Penentuan dosis iradiasi pada <i>Fasciola gigantica</i> (cacing hati) yang memberi perlindungan pada kambing B.J. TUASIKAL, M. ARIFIN, dan TARMIZI .....	337
Pengalihan jenis kelamin ikan nila gift ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) dengan pemberian hormon testosteron alami ADRIA P.M. HASIBUAN, dan JENNY M. UMAR .....	345
Pengamatan klinis dan serologis pada domba pasca vaksinasi L-3 iradiasi cacing <i>Haemonchus contortus</i> dalam uji skala lapangan SUKARJI PARTODIHARDJO, dan ENUH RAHARJO .....	349
Pengaruh iradiasi terhadap cemaran bakteri pada udang windu ( <i>Penaeus monodon</i> ) HARSOJO, DIDI ROHADI, LYDIA ANDINI S., dan ROSALINA S.H. ....	355
Kondisi optimal untuk penentuan radioaktivitas serangga hama bertanda P-32 dengan menggunakan pencacah sintilasi cair YARIANTO S., BUDI SUSILO, dan S. SUTRISNO .....	361
Kemandulan terinduksi radiasi pada hama kapas <i>Helicoverpa armigera</i> Hubner (Lepidoptera : Noctuidae) dan kemandulan yang diturunkan pada generasi F1 SUHARYONO, dan S. SUTRISNO .....	367
Pengembangan parasitasi <i>Biosteres</i> sp pada larva <i>Bactrocera carambolae</i> (DREW & HANCOCK) sebagai komplementer teknik serangga mandul DARMAWI SIKUMBANG, INDAH A. NASUTION, M. INDARWATMI, dan ACHMAD N. KUSWADI .....	373
Pengaruh iradiasi gamma terhadap Thiamin & Riboflavin pada ikan tuna ( <i>T. thynnus</i> ) dan salem ( <i>Onchorhynchus gorbuscha</i> ) segar RINDY P. TANHINDARTO, FOX, J.B., LAKRITZ, L., dan THAYER, D.W. ....	379
Budidaya ikan Nila gift yang diberi pakan pelet kelapa sawit YENNI M.U., dan ADRIA P.M. ....	385
Sintesis hidrogel kopoli (2-hidroksi etil metakrilat/N-vinil pirrolidon) dengan iradiasi gamma dan immobilisasi ametrin ERIZAL .....	389

## METODE PERUNUT UNTUK MENGANALISIS SIFAT ALIRAN AIR DALAM JARINGAN PIPA

Sugiharto\*, Puguh Martyasa\*, Indrojono\*, Harijono\*, dan Kushartono\*

\* Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta

### ABSTRAK

**METODE PERUNUT UNTUK MENGANALISIS SIFAT ALIRAN AIR DALAM JARINGAN PIPA.** Secara teoritis ada dua macam model aliran ideal yaitu: aliran *plug* dan aliran tercampur sempurna. Didalam unit proses yang sebenarnya sifat aliran selalu diantara kedua model aliran tersebut. Studi berdasarkan model bejana berderet dan model dispersi aksial untuk menganalisis sifat aliran air telah dilakukan dengan menginjeksikan perunut radioaktif  $^{82}\text{Br}$  kedalam pipa penyedia air berdiameter 28 inci milik PT Petrokimia, Gresik. Hasil penyelidikan memperlihatkan fenomena sebagai berikut: sepanjang lintasan dari titik injeksi (Desa Babat- 0 m) ke titik pengamatan pertama (Desa Morokelang, 8241 m dari titik injeksi) menunjukkan bahwa terjadi proses turbulensi yang disebabkan agitasi oleh pompa air. Isotop yang diinjeksikan dibelakang pompa air mengalami turbulensi saat melewati pompa. Tetapi, dari titik pengamatan pertama ke titik pengamatan kedua (Desa Deket; 29824 m dari titik injeksi) karakter sifat aliran adalah laminar. Hal ini karena tidak ada pompa atau penghalang kecuali difusi molekul air dan gesekan antara molekul air dengan dinding dalam pipa. Sepanjang lintasan ini, tentu saja, sifat aliran *plug* dipertahankan.

Kata kunci : waktu transit, model beja berderet, model dispersi aksil, pencampuran.

### ABSTRACT

**TRACER METHOD TO ANALYZE THE FLOW CHARACTER OF WATER IN PIPELINE.** Theoretically, there are two kinds of ideal flow models namely: plug flow and well-mixed flow. The flow character in real processing unit is always lies between these two extreme models. The study based on tanks-in-series model and axial dispersion model to analyze flow character of water has been conducted by injecting radioactive tracer  $^{82}\text{Br}$  into water supply pipeline of diameter 28 inch of PT. Petrokimia, Gresik. The result of investigation indicates the following phenomena: along the line from injection point (Desa Babat- 0 m) to the first detection point (Desa Morokelang, 8241 m from injection point) indicated that the turbulence process took place due to agitation of water pump. Isotope injected behind of the water pump experienced turbulence as it passing through the pump. However, from the first detection point to the second detection point (Desa Deket, 29824 m from injection point) the flow character was laminar in character. It was because there was no pump or any obstacles except water molecules diffusion and the friction between water molecules and inner wall of the pipe. Along this line, therefore the plug flow is maintained.

Keywords : transit time, tanks-in-series model, axial dispersion model, mixing

### PENDAHULUAN

Sifat aliran air dalam pipa penyalur dipengaruhi oleh gaya-gaya yang berasal dari tekanan, kerapatan dan friksi antar molekul air maupun dengan dinding pipa [1]. Tanpa alat bantu, aliran air didalam pipa sangat sulit diketahui karena umumnya pipa terbuat dari bahan yang tidak tembus pandang dan molekul-molekul air terdiri dari jenis yang sama. Dalam makalah ini akan ditunjukkan salah satu manfaat teknik perunut radioisotop untuk menganalisis sifat aliran air didalam pipa penyalur, untuk keperluan kilang proses PT. Petrokimia, Gresik. Kilang proses milik PT. Petrokimia, Gresik mendapat pasokan air dari sungai Bengawan Solo melalui pipa penyalur berdiameter 28 inci sepanjang  $\pm 60$  km dari Desa Babat ke Gresik [2]. Penggunaan teknik ini sangat dimungkinkan karena sedikit jumlah isotop, berfungsi sebagai perunut, yang diinjeksikan kedalam pipa penyalur air dapat memberikan informasi tentang sifat aliran air tersebut melalui bantuan detektor sintilasi yang dipasang pada

beberapa tempat pengamatan diluar dinding pipa penyalur air.

Informasi yang dihasilkan dari injeksi radioperunut kedalam pipa penyalur air berupa kurva-kurva cacahan yang menunjukkan sifat aliran air didalam pipa. Kurva-kurva semacam itu disebut sebagai kurva distribusi waktu tinggal (*Residence Time Distribution*), selanjutnya disebut kurva RTD, karena kurva-kurva tersebut dihasilkan dari distribusi radioperunut didalam pipa yang bercampur dengan air dan juga kurva RTD menunjukkan lamanya radioperunut berada dalam area tangkapan dibawah detektor.

Metode pengukuran yang biasa digunakan untuk menganalisis kecepatan aliran air didalam pipa adalah metode waktu transit (*transit time method*, kadang-kadang disebut juga sebagai metode *peak-to-peak*) dan metode waktu tinggal rata-rata (*Mean Residence Time method-MRT method*) [3-5]. Kedua metode ini belum memberikan gambaran yang utuh mengenai sifat aliran air didalam pipa oleh sebab itu masih diperlukan

model-model matematika yang dapat memberikan gambaran menyeluruh baik secara kualitatif maupun kuantitatif tentang sifat aliran air didalam pipa.

Makalah ini bertujuan memberikan gambaran pentingnya model matematika, yaitu model bejana berderet (*Tanks in Series Model*) dalam menganalisis sifat aliran air didalam pipa melalui analisis kurva RTD, disamping kedua metode yang disebutkan diatas. Model bejana berderet telah diaplikasikan untuk menyelidiki efisiensi transfer panas dari *therminol* ke *methanol* untuk memproduksi *dimethylterthalate* didalam *heat exchanger* [6]. Model bejana berderet juga telah digunakan untuk studi RTD didalam tambang emas [7]. Kelemahan utama dari model matematika adalah bahwa model tersebut tidak dapat memberikan solusi eksak melainkan solusi pendekatan karena model-model matematika dibangun dengan persamaan-persamaan matematika dan diselesaikan secara numeris dengan pendekatan *curve fitting*. Dengan demikian justifikasi yang dapat diharapkan dari solusi pendekatan model adalah berupa kecenderungan-kecenderungan sifat aliran air didalam pipa dari dua model ekstrim yaitu model aliran *plug* dan model aliran tercampur sempurna (*well-mixed flow*).

**LANDASAN TEORI**

Teknik waktu transit. Teknik waktu transit yang digunakan untuk pengukuran kecepatan aliran, kadangkadangkang diasosiasikan dengan debit aliran, merupakan teknik pengukuran yang paling mudah dilakukan. Untuk mendapatkan hasil yang baik, teknik waktu transit menghendaki kurva RTD berbentuk Gauss dengan amplitudo kurva yang cukup tinggi. Kecepatan aliran campuran isotop dengan air yang melewati dua buah detektor yang dipasang pada jarak tertentu secara matematik dinyatakan sebagai

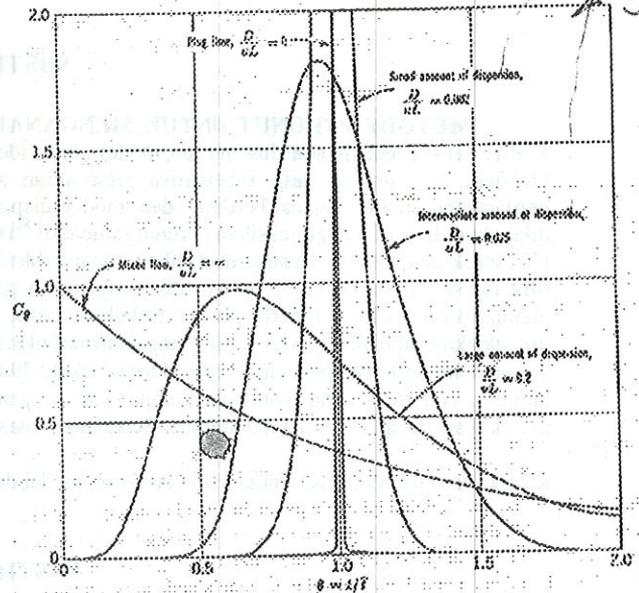
$$v = (x_2 - x_1)/t \tag{1}$$

dimana *t* (dalam detik) adalah waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak dari *x*<sub>1</sub> ke *x*<sub>2</sub>. *x*<sub>1</sub> dan *x*<sub>2</sub> (dalam meter) masing-masing adalah posisi detektor 1 dan detektor 2, diukur dari titik injeksi dan *v* (dalam m/detik) adalah kecepatan rata-rata aliran air didalam pipa.

Dalam kurva RTD yang berbentuk Gauss titik pengamatan ditetapkan pada titik puncak kurva Gauss tersebut. Jika kurva RTD tidak memperlihatkan bentuk kurva Gauss, teknik waktu tinggal rata-rata (*MRT-Mean Residence Time*) dapat digunakan untuk menentukan titik berat dari kurva RTD tersebut.

Model bejana berderet dan model dispersi aksial [8, 9]. Model bejana berderet mengasumsikan bahwa air didalam pipa penyalur seolah-olah mengalir secara berurutan dari satu bejana ke bejana lain yang disusun secara seri. Tiap-tiap bejana dalam model bejana berderet mempunyai sifat mampu mencampurkan isotop dengan air sangat cepat dan sempurna dalam waktu yang sangat singkat. Dengan kata lain tiap bejana mempunyai sifat *well mixed*. Model dispersi aksial

berkepentingan dengan sifat aliran air didalam pipa dimana diasumsikan bahwa air didalam pipa mengalami difusi molekular sehingga *profile* konsentrasi isotop mengalami fluktuasi yang menunjukkan terjadinya dispersi aliran.



Gambar 1. Kurva RTD model dispersi aksial (diadopsi dari [4])

Dispersi aksial dapat dikonversikan kedalam model bejana bereret melalui hubungan matematis:

$$2n = \frac{1}{(D/\mu L)} \tag{2}$$

dimana *n* adalah parameter model, yang menunjukkan jumlah bejana dalam model bejana berderet. *D* (dalam m<sup>2</sup> det<sup>-1</sup>) adalah koefisien difusi aliran, *μ* (dalam m/det) adalah kecepatan linier aliran, dan *L* (dalam m) adalah panjang lintasan pengukuran.

Besaran *D/μL*, disebut sebagai bilangan dispersi bejana (*vessel dispersion number*), menunjukkan besarnya pengaruh dispersi aksial aliran air didalam pipa [4]. Jika *D/μL* → 0 maka aliran yang terjadi adalah aliran *plug*, sedangkan jika *D/μL* → ∞ maka aliran yang terjadi adalah aliran tercampur sempurna. Gambar 1 memperlihatkan kemungkinan-kemungkinan sifat aliran berdasarkan nilai *D/μL*.

Untuk mendapatkan kurva-kurva RTD seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1 dilakukan perhitungan-perhitungan parameter-parameter model, yaitu *n* dan *D/μL*, melalui nilai keragaman (*variance*) dan kedekatan antara kurva RTD hasil percobaan dan kurva RTD model [8,9]

**BAHAN DAN METODE**

Bahan dan alat. *Ratemeter* 9302 dilengkapi *datalogger*, *surveymeter*, detektor sintilasi, kabel RS 232 untuk transfer data, sumber tegangan dc 9 volt untuk *ratemeter*, kolimator Pb, Isotop <sup>82</sup>Br (energi

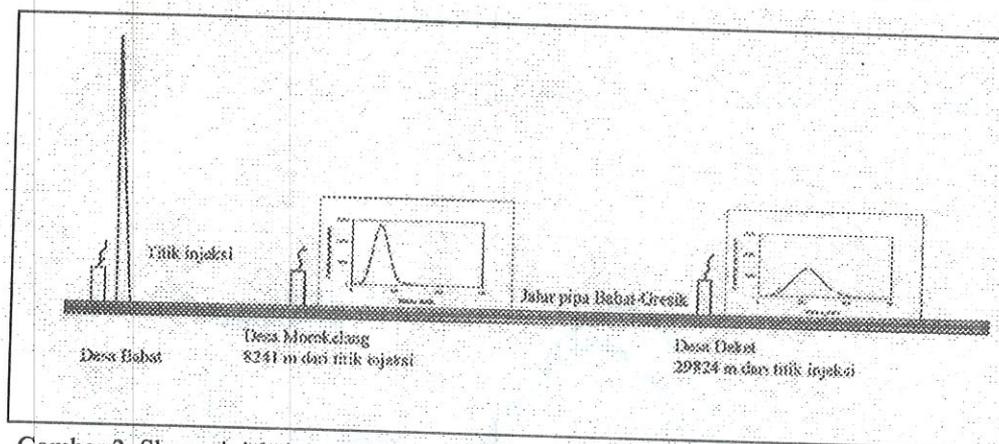
gamma 0,55 MeV) dalam senyawa KBr, komputer notebook merek Toshiba seri T1910 dengan fasilitas window versi 3.1, alat injeksi, sarung tangan karet, plastik lembaran, monitor perorangan : film badge dan dosimeter saku.

**Metode.** Metode injeksi dan deteksi dilakukan sebagai berikut. Isotop KBr, aktivitas 50 mCi, diinjeksikan dibelakang pompa air. Kran injeksi dibuka sehingga isotop dapat masuk kedalam pipa saluran dengan cepat karena tekanan negatif yang ditimbulkan oleh pompa air. Segera setelah isotop berada didalam pipa, kran injeksi ditutup kembali. Karena putaran kipas pompa yang sangat cepat isotop akan mengalami pencampuran yang sangat tinggi dengan air didalam pompa. Selanjutnya isotop mengikuti aliran air didalam pipa penyalur. Pada jarak 8241m (titik pengamatan Desa Morokelang) dan 29824 m (titik pengamatan Desa Deket) dari titik injeksi dipasang detektor sintilasi yang dihubungkan dengan *ratemeter* 9203. Selama pendeteksian berlangsung, *datalogger* dihidupkan dan pencacahan dilakukan setiap satu detik. Dengan sistem seperti ini *datalogger* dapat menyimpan data dalam kurun waktu pendeteksian dan cacahan latar. Data-data pendeteksian yang disimpan didalam *datalogger* berupa data cacahan per detik dalam format ANSI yang selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak Excel. **Catatan** selama pendeteksian berlangsung aliran air didalam pipa diasumsikan penuh karena pipa penyalur dilengkapi dengan fasilitas *venting*, yaitu suatu perangkat untuk mengeluarkan udara dari dalam pipa manakala tekanan air menurun dan pompa air dioperasikan konstan. Skema pelaksanaan injeksi dan deteksi isotop diperlihatkan pada Gambar 2.

penyalur dan tentu saja tenaga yang dihasilkan dari pompa pendorong harus lebih besar dari gaya-gaya friksi baik friksi antar molekul air itu sendiri atau friksi antara molekul air dengan dinding dalam pipa penyalur. Friksi-friksi tersebut menyebabkan terjadinya perubahan sifat aliran air didalam pipa penyalur. Perubahan-perubahan sifat aliran inilah yang diuji dengan persamaan-persamaan model aliran.

Data-data deteksi radiasi yang diperoleh sangat besar, dalam orde 300 sampai 500 data, sehingga sangat memakan ruang jika disajikan dalam bentuk tabel. Cara lain dalam menyajikan data adalah dalam bentuk kurva RTD-seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3. Kurva-kurva RTD dalam Gambar 3 disajikan dalam bentuk perbandingan. Hal ini dimaksudkan untuk memberi gambaran yang lebih jelas tentang adanya perubahan-perubahan sifat aliran di titik pengamatan Desa Morokelang (8241 meter dari titik injeksi) dan Desa Deket (29824 meter dari titik injeksi). Karena konsentrasi isotop yang diinjeksikan di titik injeksi sangat besar dan dilakukan dalam waktu yang sangat singkat maka kurva RTD dititik injeksi diasumsikan sebagai pulsa input (*input pulse*) dan mengikuti fungsi Dirac,  $\delta$ , dan tidak ditampilkan pada Gambar 3.

Penentuan kecepatan aliran air didalam pipa dilakukan dengan menghitung nilai waktu tinggal rata-rata (*MRT-Mean Residence Time*) kurva RTD di titik pengamatan Desa Morokelang dan di Desa Deket. Hasil perhitungan MRT diperlihatkan didalam *caption* Gambar 3 yaitu 136 detik dan 229 detik masing-masing untuk Desa Morokelang dan di Desa Deket. Nilai MRT menunjukkan nilai rata rata lamanya isotop melewati daerah tangkapan detektor dikedua titik pengamatan tersebut. Nilai MRT di titik pengamatan Desa Deket

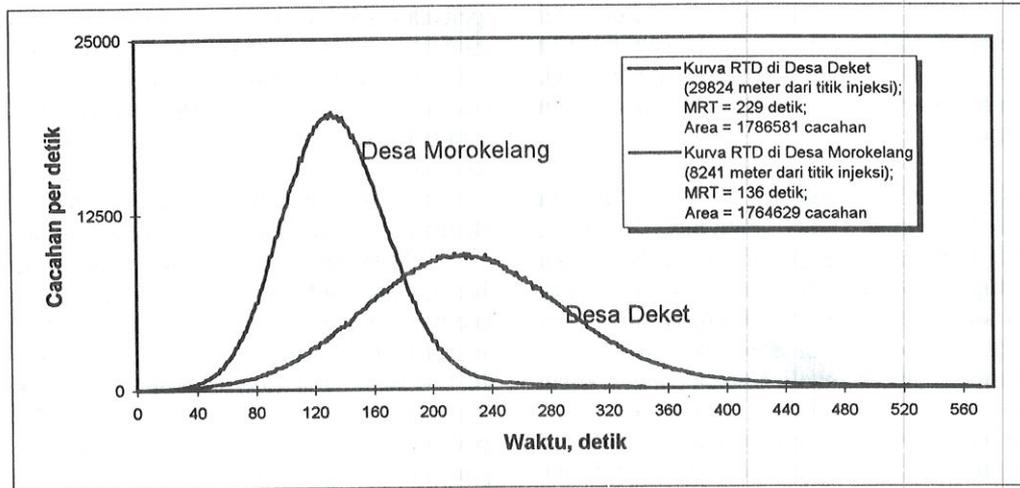


Gambar 2. Skema injeksi dan deteksi isotop pada pipa penyalur air PT. Petrokimia, Gresik

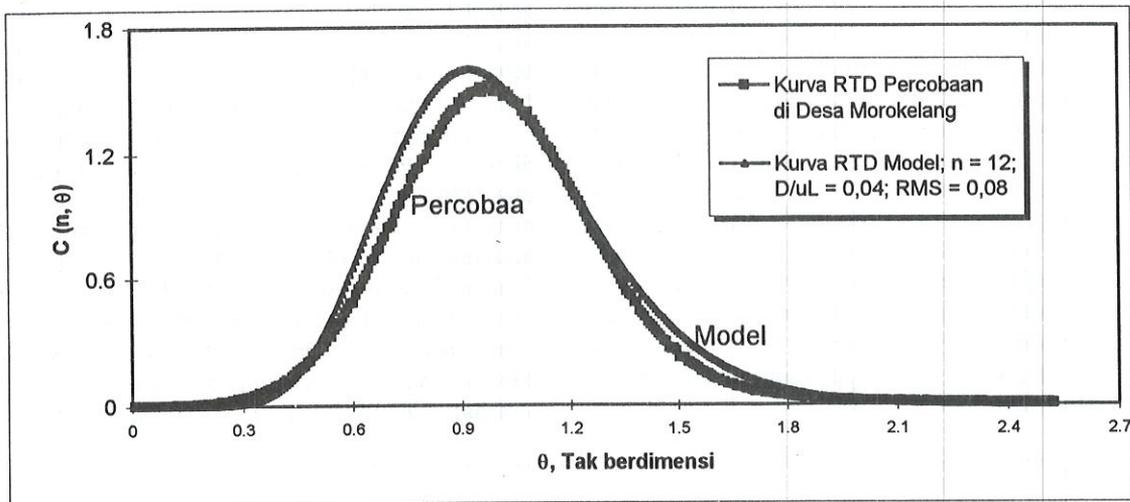
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertama-tama yang perlu ditekankan dalam perhitungan-perhitungan model adalah model aliran tidak berkepentingan dengan gaya-gaya atau sumber gaya penyebab aliran. Model hanya berkepentingan dengan sifat aliran yang dinyatakan dalam persamaan-persamaan matematika. Gaya-gaya, misalnya yang dihasilkan oleh pompa pendorong, hanya merupakan suatu penyebab terjadinya aliran air didalam pipa

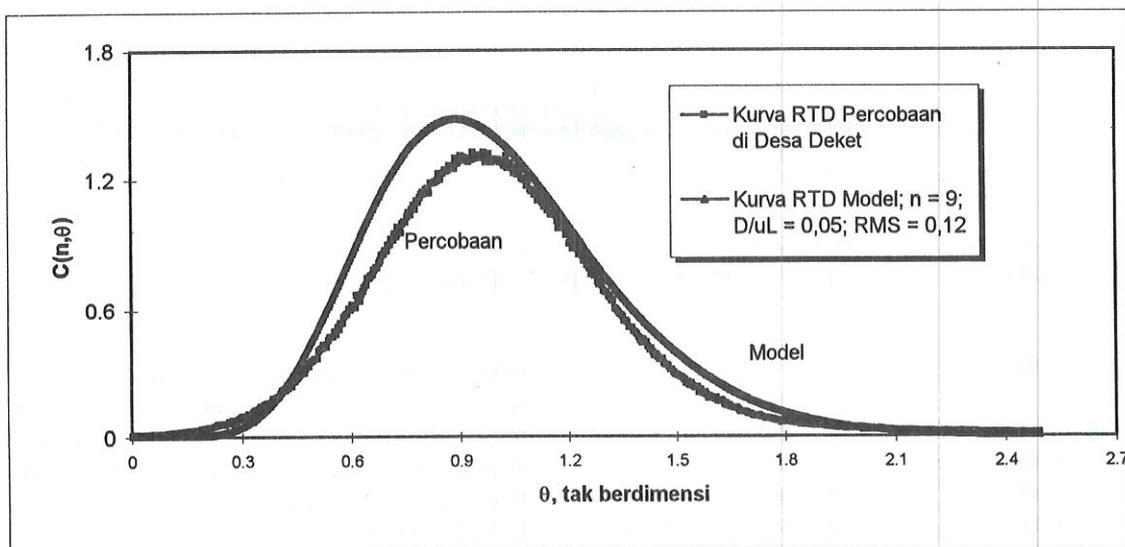
lebih besar dibandingkan nilai MRT di Desa Morokelang. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi proses pencampuran sepanjang lintasan aliran air dari Desa Morokelang ke Desa Deket. Dengan menghitung nilai MRT campuran isotop dengan air di Desa Morokelang dan di Desa Deket dan dengan menghitung waktu tempuh antara kedua titik pengamatan tersebut maka kecepatan aliran air dapat dihitung yaitu 6,26 km/jam.



Gambar 3. Kurva RTD di tempat pengamatan Desa Morokelang dan Desa Deket



Gambar 4. Fitting kurva RTD percobaan dan kurva RTD model di Desa Morokelang



Gambar 5. Fitting Kurva RTD percobaan and kurva RTD model di Desa Deket

Menurut penelitian yang dilakukan oleh para peneliti dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, LIPI, menunjukkan bahwa sepanjang dinding dalam pipa penyalur telah terjadi korosi jenis *pit* [10]. Terjadinya korosi *pit* tentu saja memberi kontribusi terhadap tingkat kekasaran (*roughness*) dinding dalam pipa penyalur disamping kekasaran intrinsik dinding dalam pipa itu sendiri. Dari data MRT di kedua titik pengamatan tersebut terlihat bahwa kekasaran intrinsik dan korosi *pit*, telah meningkatkan pencampuran isotop dengan air didalam pipa.

Dalam percobaan ini besarnya nilai area dibawah kurva diperlihatkan pada bagian lain dalam *caption* gambar 3 yaitu masing-masing 1764629 cacahan di Desa Morokelang dan 1786581 cacahan (setelah dikoreksi peluruhan) di Desa Deket. Adanya perbedaan luas area (sekitar 21952 cacahan) di kedua titik pengamatan ini bukan menunjukkan adanya kebocoran didalam dinding melainkan disebabkan pengaruh cacahan latar belakang di masing-masing titik pengamatan dan pemotongan (*truncation*) sejumlah data yang nilainya mendekati nilai cacahan latar belakang.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pencampuran dari Desa Morokelang ke Desa Deket secara kualitatif dan kuantitatif dilakukan perhitungan menggunakan persamaan-persamaan model. Hasil perhitungan model yang disajikan dalam makalah ini dilakukan dengan model bejana berderet [8].

Kurva-kurva RTD percobaan dan kurva-kurva RTD hasil perhitungan model diperlihatkan pada Gambar 4 and 5. Nilai RMS (*Root-Mean Square*-Nilai Akar Kuadrat Rata-Rata) yang diperlihatkan pada *caption* Gambar 4 dan 5 menunjukkan kedekatan *fitting* antara kurva RTD percobaan dengan kurva RTD model. *Fitting* kurva pada titik pengamatan di Desa Morokelang (nilai RMS=0,08) lebih baik dibandingkan dengan *fitting* kurva (nilai RMS=0,12) di Desa Deket. Hal ini menunjukkan bahwa model bejana berderet penerapannya lebih baik untuk data pengamatan di Desa Morokelang dibandingkan dengan data pengamatan di Desa Deket.

Yang menarik untuk diperhatikan dari kurva-kurva RTD yang diperlihatkan pada Gambar 3 adalah perubahan-perubahan bentuk kurva dari titik injeksi ke titik-titik pengamatan. Perubahan bentuk kurva RTD dari titik injeksi (diasumsikan sebagai *input pulse*-secara teoritis mempunyai nilai  $n = \infty$ ,  $D/\mu L = 0$ ) menjadi bentuk Gauss yang agak ramping di Desa Morokelang (nilai  $n = 12,04$ ,  $D/\mu L = 0,04$ ) menunjukkan bahwa telah terjadi pencampuran yang cukup besar antara isotop KBr dengan air didalam pipa penyalur. Penyebab utama dari pencampuran ini adalah terjadinya turbulensi oleh pompa pendorong saat isotop melewati pompa tersebut. Namun karena laju aliran cukup besar maka difusi isotop tidak terlalu besar sehingga bentuk kurva RTD yang dihasilkan di titik pengamatan Desa Morokelang berbentuk Gauss yang cukup ramping. Dengan mengacu pada kurva RTD di Gambar 1, terlihat bahwa dari titik injeksi ke titik pengamatan Desa Morokelang isotop telah mengalami dispersi *intermediate*.

Pengamatan aliran air dari Desa Morokelang ( $n = 12,04$ ,  $D/\mu L = 0,04$ ) ke Desa Deket ( $n = 9$ ,  $D/\mu L = 0,05$ ) menunjukkan sifat aliran yang tidak jauh berbeda. Hal demikian menunjukkan bahwa pengaruh turbulensi tidak terlalu besar karena kedua kurva RTD, masing-masing di Desa Morokelang dan di Desa Deket, menunjukkan dispersi *intermediate*. Perubahan kurva RTD dari Desa Morokelang ke Desa Deket didominasi oleh friksi antara campuran isotop dengan dinding dalam pipa penyalur.

Penelitian-penelitian yang dilaporkan oleh Gardner dkk [11] menunjukkan bahwa aliran air didalam pipa menunjukkan sifat aliran laminar. Sifat aliran laminar ditandai dengan tidak banyak berubahnya kurva RTD pada beberapa titik pengamatan dan dalam tinjauan model aliran laminar dapat diwakili oleh sifat aliran *plug*.

## KESIMPULAN

Bentuk bentuk kurva RTD yang dihasilkan di titik-titik pengamatan menunjukkan bahwa sifat aliran telah berubah cukup berarti dari titik injeksi ke titik pengamatan Desa Morokelang terutama disebabkan oleh proses turbulensi yang berasal pompa pendorong. Hal yang berbeda dijumpai pada sifat aliran dari Desa Morokelang ke Desa Deket dimana perubahan sifat aliran didominasi oleh pengaruh friksi antara dinding dalam pipa penyalur dengan campuran isotop dan air. Sepanjang lintasan dari Desa Morokelang ke Desa Deket bentuk kurva RTD masih dipertahankan dan dari nilai  $D/\mu L$  yang dihitung di masing-masing titik pengamatan tersebut menunjukkan bahwa sifat aliran air tidak banyak mengalami perubahan, yaitu aliran terdispersi *intermediate*. Dengan demikian sepanjang lintasan dari Desa Morokelang ke Desa Deket aliran air didalam pipa mengikuti aliran laminar yang mengikuti sifat aliran *plug*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT. Petrokimia, Gresik yang telah membantu suksesnya pelaksanaan pengambilan data di lapangan. Penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan peneliti dari LIPI yang telah memberikan informasi yang diperlukan untuk mendukung argumentasi dalam makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA.

1. COOPER, J.R, et all, Flow in Pipes, in *Selected Principles dan Methods of Technical Calculation*, pp. 31.
2. BATAN, Deteksi Kebocoran Pipa dengan Metode Perunut Radioaktif Jalur Babat-Gresik PT. Petrokimia, Gresik, *Laporan Akhir*, Juni 1999

3. KREFT, A and ZUBER, A, On the Use of the Dispersion Model of Fluid Flow, *Int. Appl. Rad dan Isot*, Pergamon Press Vol 30, pp 705-708, London (1979)
4. LEVENSPIEL, O, *Chemical Reaction Engineering*, Wiley, cp10, New York (1972)
5. FOGLER, H.S, *Element of Chemical Reaction Engineering*, 2 nd edition, pp 762-765, Prentice Hall International Inc, (1986)
6. PANT, H.J, *Residence Time Distribution-Case Studies*, Lecture Note, RTC on Radiotracers and Sealed Surces Application in Petroleum Industry, Mumbai, September 20 - October 1, 1999.
7. HILL, A.E., *Practical Guidebook for Radioisotope-Based Technology in Industry*, pp 62-85, IAEA/RCA/RAS/8/078 (1999)
8. SUGIHARTO, dkk, Studi Distribusi Waktu Tinggal pada Proses Pencampuran Kontinyu dengan Model Bejana Berderet, *Makalah dipresentasikan pada Seminar Ilmiah APISORA*, Jakarta 6-7 November 2001.
9. SUGIHARTO, dkk, Menghitung Bilangan Peclet pada Studi Laju Aliran Air didalam Pipa PVC dengan Model Dispersi Aksial, *Risalah Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, Jakarta, (1999)
10. LIPI, Proyek Kebocoran Pipa PT. Petrokimia Gresik, *Laporan Akhir*, Juni 19
11. GARDNER, R.P, FELDER, RM and DUNN, T.S., Tracer Concentration Responses and Moments for Measurements of Laminar Flow in Circular Tubes, *Int. Appl. Rad. Isot*, 24, pp 253-270, Pergamon Press, Netherland, 1973.

---

## DISKUSI

### WANDOWO

Aliran dari desa Moro Kelang he desa Deket adalah laminar dan mengikuti pola plug flow jadi apakah tidak terjadi dispersi dari tracer ?

### SUGIHARTO

Dari Desa Moro Kelang ke desa Deket terjadi dispersi tracer yang sangat I kecil/sedikit. Hal ini dapat dilihat dari nilai bilangan dispersi bejana (D/L). Di Desa Moro Kelang =  $D/L = 0.04$  dan di desa Deket  $D/L = 0,005$ , sedangkan jarak dari desa Moro Kelang ke desa Deket  $\pm 2$  km. Dari data ini terlihat bahwa tracer juga terdispersi karena tracer mewakili/pola sifat aliran. Dan memang dalam kenyataan dalam setiap percobaan perunut radioaktif data yang diperoleh hanyalah semata berasal dari isotop yang diinjeksikan data tersebut mewakili kinematika aliran air.

### MARGA UTAMA

Apakah keuntungannya bagi desa Babat dan desa Moro Kelang dengan adanya data-data yang Anda peroleh ?

### SUGIHARTO

Secara ekonomi tidak ada keuntungan yang diperoleh oleh desa Babat maupun desa Moro Kelang, data-data yang kami peroleh dari penelitian ini hanya memberi gambaran bahwa sebagian air sungai Bengawan Solo dialirkan ke PT. Petro Kimia Gresik menggunakan pipa berdiameter 28 inci dengan debit air  $\pm 690$  liter/detik.