

4344/ITS/H/01 ✓

# TUGAS AKHIR

620/TK

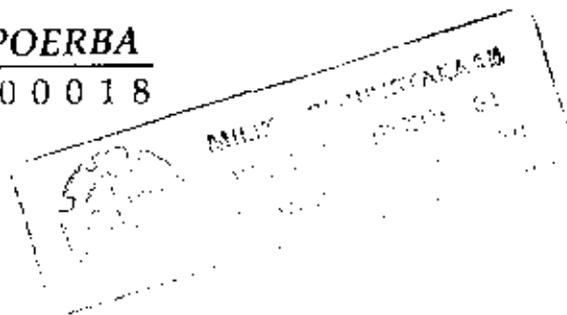
## SIMULASI DEBIT KALI SURABAYA



205  
27.12  
20  
2/1-1  
1091

*Disusun Oleh :*

PATEN POERBA  
3833300018



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

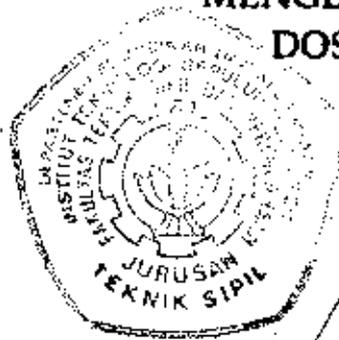
1991

# TUGAS AKHIR

## SIMULASI DEBIT KALI SURABAYA



MENGETAHUI / MENYETUJUI  
DOSEN PEMBIMBING



IR. HARIWIKO INDARYANTO, M.Eng. Sc

Nip : 130 936 846

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

1991

MILIK PERPUSTAKAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

## ABSTRAK

### PATEN PORRBA. SIMULASI DEBIT KALI SURABAYA

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana debit Kali Surabaya dapat mengantisipasi terhadap peraturan yang diberlakukan baik berdasarkan stream maupun effluent standard, hal ini mengingat bahwa kali tersebut banyak dimanfaatkan untuk berbagai kegunaan tertentu.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini kita memanfaatkan kondisi alamiah dari sungai, debit adalah merupakan fungsi dari kecepatan dan luas penampang basah. Sebagai kontrol kita gunakan parameter DO yang bertujuan untuk melihat pengaruh yang terjadi dari simulasi yang kita lakukan berdasarkan peraturan/kebijaksanaan diberlakukan.

Perolehan data dari data sekunder, dimana data tersebut berupa data debit, kecepatan dan tinggi muka air. Dari data kita akan mencari koefisien kecepatan dan tinggi muka air, eksponen kecepatan dan tinggi muka air, yang akan kita gunakan sebagai dasar perhitungan di dalam QUAL@E.

Analisa data tersebut akan kita olah dengan menggunakan metoda kuadrat terkecil.

Dari hasil run-out kita dapatkan bahwa penambahan debit makin ke hulu makin besar harapan kita untuk mencapai DO yang ditetapkan. Pada point load dengan BOD influent 30 mg/l, bila dilakukan penambahan debit maka terlihat bahwa penambahan yang sedianya sebagai pengencer tidak dapat melakukan fungsinya sebagai mana yang kita harapkan.



Dengan ucapan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan yang maha Esa, bahwa penulis akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini mengalami keterlambatan, namun berkat bimbingannya jumlah ternyata dapat diselesaikan.

Berbicara mengenai pengelolaan Kali Surabaya, tidak dapat dilepaskan pengelolaan terhadap debit dalam sungai itu sendiri. Sebagaimana yang kita ketahui, Kali Surabaya banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, maka tidak mustahil terjadinya perubahan terhadap fungsi dasar Kali Surabaya. Untuk itulah, dalam hal ini penulis untuk mencoba melakukan simulasi terhadap debit aliran Kali Surabaya.

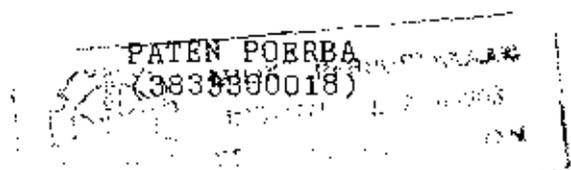
Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis banyak menemui kesulitan, baik dalam kurikuler maupun non kurikuler, namun berkat ketekunan, ketabahan dan pengertian dosen pembimbing maka kesulitan tersebut dapat teratasi dan merampungkan penulisan Tugas Akhir ini. Dimana Tugas Akhir ini adalah merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk meraih gelar kesarjanaan dalam lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan FTSP-ITS.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Ibu Ir. Angrahini, Msc selaku Dekan FTSP-ITS
2. Bapak DR. Ir. Wahyono Hadi, Msc. selaku Ketua Bidang Program studi Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
3. Bapak Ir. Hariwiko Indaryanto, M.Eng.SC selaku dosen pembimbing dalam tugas akhir ini.
4. D P U bidang pengairan Brantas Hilir
5. Bapak/Ibu dosen di lingkungan Teknik Lingkungan FTSP-ITS, yang turut membantu penulisan Tugas Akhir ini.
6. Ibunda P. Ginting, yang telah dengan penuh keikhlasan selalu bersujud memohon kepada yang Esa demi cita-cita putranya.
7. Serta teman-teman di lingkungan kampus maupun teman diluar kampus saya ucapkan trima kasih.

Menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Namun demikian, semoga hasil-hasil yang dituangkan dapat bermanfaat bagi siapa saja yang memerlukannya. Dan saya yakin dari kekurangan dan ketidakmampuan saya pasti ada saran dan kritikan, namun dapatlah kiranya hal itu sebagai cambuk untuk mengingatkan saya agar untuk selanjutnya dapat diperbaiki.

Surabaya, Maret 1991



## DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 TUJUAN PEMBAHASAN .....	I- 4
1.3 RUANG LINGKUP PEMBAHASAN .....	I- 5
1.4 METODOLOGI PEMBAHASAN .....	I- 7
BAB II LANDASAN TEORI .....	1
2.1. SIKLUS HIDROLOGI .....	1
2.2. LIMPASAN PERMUKAAN .....	II- 4
2.3. AIR TANAH .....	II- 5
2.4. HIDROLIK SUNGAI .....	II-10
2.4.1. SISTEM SUNGAI .....	II-10
2.4.2. KECEPATAN ALIRAN AIR .....	II-12
2.4.3. DEBIT ALIRAN AIR DI DALAM SUNGAI .....	II-18
2.5. PENGUKURAN ALIRAN DALAM SUNGAI .....	II-22
2.6. KONSEP DASAR STATISTIK .....	II-28
2.6.1. ANALISA REGRESI .....	II-29
2.6.2. ANALISA KORELASI .....	II-40
2.7. KEBIJAKSANAAN PEMERINTAH DALAM PENGELOLAAN SUMBER DAYA ALAM .....	II-43

2.8.	WEWENANG DAN PENGUASAAN AIR .....	II-45
2.9.	PRIORITAS PENGGUNAAN AIR .....	II-47
2.10.	MODEL KOMPUTER QUAL2E .....	II-48
2.10.1.	PARAMETER-PARAMETER DALAM QUAL2E .....	II-49
2.10.2.	BATASAN-BATASAN DALAM QUAL2E .....	II-50
BAB III	ANALISA PEMBAHASAN .....	1
3.1.	ANALISA PEMBAHASAN .....	1
3.2.	ANALISA DAERAH ALIRAN SUNGAI .....	III- 4
3.2.1	INDUSTRI .....	III- 7
3.2.2.	DOMESTIK .....	III- 8
3.2.3.	PERTANIAN .....	III- 8
3.3.	DEBIT KALI SURABAYA .....	III- 9
3.4.	PERUNTUKAN AIR KALI SURABAYA .....	III-13
3.5.	PEMBAGIAN DAERAH PADA KALI SURABAYA .....	III-17
3.6.	PENGUMPULAN DAN PENYAJIAN DATA .....	III-25
3.7.	ANALISA DATA-DATA HIDROLOGI .....	III-27
BAB IV	IMPLEMENTASI QUAL2E .....	1
4.1.	IMPLEMENTASI QUAL2E .....	1
4.2.	DATA-DATA HIDROLIS .....	IV- 2
4.3.	INCREMENTAL INFLOW DAN OUTFLOW .....	IV- 3
4.4.	POINT LOAD .....	IV- 4
4.5.	HEADWATER SOURCE DATA .....	IV- 4
4.6.	COMPUTATION ELEMENT FLAG FIELD DATA .....	IV- 5
4.7.	PLOT DO DAN BOD .....	IV- 6
4.8.	PEMILIHAN OPTION KOEFISIEN REARRASI .....	IV- 7

4.9.	STEADY STATE .....	IV- 7
4.10.	PEMBAGIAN DAERAH DAN PEMBEBANAN KALJ SURABAYA .....	IV- 8
BAB V	ANALISA MASALAH .....	1
5.1.	ANALISA MASALAH .....	1
5.2.	ANALISA TERHADAP TINJAUAN PADA ANALISA MASALAH .....	V- 5
5.2.1.	ANALISA TERHADAP TINJAUAN PADA BUTIR SATU ...	V- 5
5.2.2.	ANALISA TERHADAP TINJAUAN BUTIR DUA KONDISI SATU (I) .....	V- 6
5.2.3.	ANALISA TERHADAP TINJAUAN PADA BUTIR TIGA KONDISI SATU (I) .....	V- 7
5.2.4.	ANALISA TERHADAP TINJAUAN BUTIR DUA KONDISI DUA (II) .....	V-16
5.2.5.	ANALISA TERHADAP TINJAUAN BUTIR TIGA KONDISI DUA (II) .....	V-22
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN .....	1
6.1.	KESIMPULAN DEBIT MINIMUM BERDASARKAN STREAM STANDARD .....	VI- 3
6.2.	KESIMPULAN DEBIT MINIMUM BERDASARKAN EFLUENT STANDARD .....	VI- 5
6.3.	KESIMPULAN PENAMBAHAN DEBIT PADA POINT LOAD BERDASARKAN STREAM DAN EFLUENT STANDARD .....	VI- 8
6.3.1.	PENAMBAHAN DEBIT PADA POINT LOAD 1, 2, 8, DAN 17 .....	VI- 8

6.3.2.	PENAMBAHAN DEBIT PADA POINT LOAD 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13 DAN 15 .....	VI- 9
6.4.	KESIMPULAN TERHADAP KOEFISIEN REAERASI .....	VI-10
6.5.	SARAN TERHADAP PEMURNIAN ALAMIAH DARI KALI SURABAYA .....	VI-12
6.6.	SARAN TERHADAP PERATURAN ATAU KEBIJAKSANAAN YANG DIBERLAKUKAN TERHADAP KALI SURABAYA ....	VI-13
	DAFTAR PUSTAKA .....	1

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. LATAR BELAKANG

Surabaya adalah merupakan pusat Perdagangan dan Industri di Jawa Timur. Sejalan dengan itu dimana meningkatnya jumlah penduduk dan industri dari tahun ketahun, mengakibatkan kebutuhan dasar yang menunjang kehidupan manusia juga mengalami peningkatan.

Dalam tinjauan kita akan air (salah satu kebutuhan dasarnya) turut meningkat. Dalam memenuhi akan kebutuhan air tersebut, maka untuk kota Surabaya sebagian besar dari kebutuhannya diambil dari air permukaan yaitu Kali Surabaya.

Kali Surabaya adalah cabang dari Kali Brantas dengan panjang kurang lebih 41 km mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir.

Disepanjang daerah aliran sungai Kali Surabaya, Kali tersebut di manfaatkan untuk berbagai penggunaan tertentu, antara lain :

- Sumber air baku bagi sistem pengolahan air bersih untuk Ngagel I, II, III dan Instalasi Karang Pilang.
- Keperluan Industri baik di gunakan untuk proses, air pendingin dan keperluan lainnya.

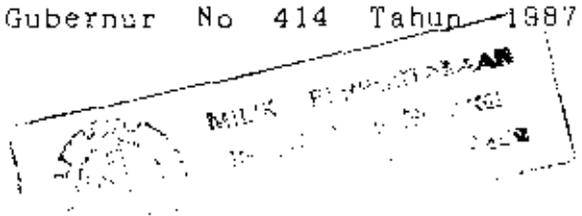
- Keperluan untuk Irigasi.
- Keperluan untuk Penggelontoran, Penyiraman tanaman kota.
- Badan air penerima baik yang berasal dari buangan Industri, Domestik maupun yang berasal dari daerah Pertanian.

Dengan demikian, maka Kali Surabaya tersebut mempunyai nilai ekonomis yang sangat penting bagi kota Surabaya.

Apabila kita tinjau dari pemanfaatan yang dilakukan terhadap Kali Surabaya tersebut, dimana satu sama lain kadang bertolak belakang, di satu pihak air digunakan untuk kelangsungan hidup manusia, di lain pihak air pada saat yang sama di pakai sebagai badan air buangan Domesti, Industri maupun Pertanian yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air terhadap badan air Kali Surabaya.

Adanya penurunan kualitas tersebut maka Pemerintah Daerah Tingkat I Jawa Timur telah menerbitkan peraturan perundangan dalam bentuk surat keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur yaitu :

- Surat keputusan Gubernur No 413 Tahun 1987 tanggal 5 Desember 1987 tentang penggolongan dan baku mutu air di Jawa Timur, untuk hal ini Kali Surabaya di golongan dalam kategori golongan B.
- Surat keputusan Gubernur No 414 Tahun 1987



tanggal 5 Desember 1987 tentang penggolongan dan baku mutu air limbah di Jawa Timur.

- Surat keputusan Gubernur No 187 Tahun 1988 tanggal 19 Mei 1987 tentang peraturan peruntukkan air di Jawa Timur.

Menyadari akan hal di atas dengan tinjauan dari pemanfaatan terhadap Kali Surabaya, adanya peraturan perundangan yang di keluarkan dan juga menurut prakiraan bahwa pemanfaatan terhadap Kali Surabaya untuk yang akan datang akan terus meningkat. Disamping itu adanya perubahan musim yang sangat mencolok sepanjang tahun yaitu antara musim kemarau dan musim penghujan, sehingga menyebabkan fluktuasi debit yang sangat besar, sehingga sangat sulit bagi kita untuk mengharapkan kondisi Kali Surabaya dapat di manfaatkan seoptimal mungkin, demikian juga mengenai kondisi kualitasnya dapat berpegaruh akibat fluktuasi debit tersebut karena beban polusi yang masuk ke Kali Surabaya dapat dianggap konstan yang menyebabkan penurunan kualitas dari Kali Surabaya. Dimana di dalam hal ini Kali Surabaya dipertahankan dalam kategori golongan B sesuai dengan peruntukannya.

Sebagai sasaran yang kita inginkan yaitu untuk melihat kondisi debit Kali Surabaya berdasarkan dari tinjauan yang dilakukan dengan jalan mensimulasikan debit Kali Surabaya. Dalam hal ini kita akan memanfaatkan QUAL2E yang mempunyai kemampuan untuk mensimulasikan sifat-sifat

hidrologis maupun kualitas suatu badan air.

## 1.2. TUJUAN PEMBAHASAN

Seperti yang kita ketahui bahwa badan air dalam hal ini sungai adalah merupakan salah satu sumber daya alami.

Demikian juga halnya dengan Kali Surabaya, dimana banyak dimanfaatkan untuk berbagai penggunaan tertentu sebagaimana yang sudah kita bicarakan sebelumnya.

Dari berbagai penggunaan tersebut, maka sangat diperlukan suatu sarana untuk mengontrol badan air atau Kali Surabaya tersebut. Adapun sarana-sarana yang diperlukan dapat berupa peraturan-peraturan atau kebijaksanaan yang mana dapat di jadikan sebagai kerangka acuan dalam pengelolaan daerah aliran sungai. Peraturan-peraturan atau kebijaksanaan dapat berfungsi sebagai suatu sarana untuk mengatur, mengendalikan dan mengawasi terhadap berbagai pemakaian Kali Surabaya.

Disamping hal-hal yang bersifat institusional masih diperlukan hal-hal lain yang bersifat untuk memantau atau memonitoring terhadap peraturan-peraturan atau kebijaksanaan yang telah ditetapkan atau diberlakukan sesuai dengan peruntukannya.

Dalam hal ini kita akan mencoba mensimulasikan debit Kali Surabaya yang bertujuan :

- Kita dapat melihat kondisi debit Kali Surabaya

disepanjang daerah aliran sungai tersebut dengan adanya aliran yang masuk/keluar yang terjadi

- Kita dapat melihat kondisi kualitas Kali Surabaya dengan konstituent tertentu di sepanjang Kali Surabaya berdasarkan kondisi debit tersebut (kontrol terhadap adanya perubahan debit).
- Sebagai monitoring terhadap Kali Surabaya dimana debit adalah merupakan suatu parameter yang sangat penting dalam kualitas air.
- Suatu saran yang dapat dipakai untuk mengontrol lingkungan sekitarnya, dimana lingkungan di sekitar daerah aliran sungai sangat mempengaruhi debit sungai tersebut.
- Mengupayakan agar kondisi - Kali Surabaya dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin mengingat kali tersebut di manfaatkan untuk berbagai penggunaan tertentu dengan melihat peraturan-peraturan atau kebijaksanaan yang diberlakukan.

### 1.3. RUANG LINGKUP PEMBAHASAN

Apabila kita berbicara tentang Kali Surabaya, maka tidak lepas pikiran kita akan manfaat dan kelangsungannya, yang mana kita berbicara mengenai sejauh mana sungai tersebut dapat dimanfaatkan baik dilihat dari segi kualitas

maupun kuantitasnya.

Kita mengetahui bahwa Kali Surabaya tersebut adalah merupakan salah satu sumber penghidupan terutama bagi masyarakat sekitarnya dan juga tidak jarang sungai tersebut dapat merupakan sumber bencana yang cukup serius.

Dengan demikian apabila kita memandang sungai tersebut sebagai salah satu sumber air yang sangat bermanfaat bagi kehidupan untuk kemakmuran dan kesejahteraan masyarakat luas, maka perlu kiranya kita melakukan pengelolaan sebaik mungkin sehingga kita dapat mememanfaatkannya seoptimal mungkin.

Mengingat sangat banyaknya variabel yang terdapat dalam suatu sistem sungai, dimana antara satu variabel dengan variabel yang lainnya saling mempengaruhi satu dengan yang lain, misalnya kecepatan aliran dalam suatu sistem sungai dipengaruhi oleh besarnya debit persatuan luas yang dilaluinya, yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan kecepatan karena perubahan persatuan luas dengan debit yang konstan. Dengan demikian di dalam suatu sistem sungai, persoalan yang terjadi di dalamnya sangat kompleks sehingga dalam hal ini kita akan mencoba untuk mensimulasikan tentang debit Kali Surabaya.

Dalam mensimulasikan debit tersebut, kita akan mensimulasikan debit pada sungai utama sesuai dengan hasil dari data-data yang kita peroleh dari dinas pengairan, dengan memperhatikan debit yang masuk maupun yang keluar

(pengambilan) baik yang berasal dari Industri, Domestik maupun yang di peruntukkan untuk pertanian.

Dari hasil simulasi debit tersebut kita dapat melihat kondisi debit sungai yang sesungguhnya terjadi sebagaimana yang kita inginkan dalam tujuan pembahasan, sehingga kita dapat membuat suatu kesimpulan dengan memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan peraturan-peraturan atau kebijaksanaan yang ada sesuai dengan peruntukannya terhadap Kali Surabaya.

#### 1.4. METODOLOGI PEMBAHASAN

Untuk mensimulasikan debit Kali Surabaya, terlebih dahulu kita harus mempelajari sistem dari pada Kali Surabaya, dimana di dalam sistem tersebut terdapat sekumpulan objek yang tergabung dalam beberapa bentuk yang saling berinteraksi secara teratur untuk mencapai suatu tujuan tertentu, dimana sekumpulan objek tersebut dapat dikatakan sebagai variabel yang menggambarkan dari sistem tersebut.

Setelah kita mempelajari sistemnya, yang kita maksudkan untuk mencari hubungan antara variabel-variabel yang ada pada kondisi sebenarnya. Berhubung dengan sangat kompleksnya persoalan yang ada dalam sistem maka sering dibuatkan suatu model dari sistem tersebut untuk mengambil suatu kesimpulan tentang operasi yang sesungguhnya terjadi.

Di dalam model tersebut terdapat sekumpulan

informasi tentang sistem tersebut yang akan dikembangkan untuk mempelajari sistem yang ada, dan model tersebut bukan hanya merupakan pengganti dari sistem, melainkan juga penyederhanaan dari sistem.

Jika hubungan antara variabel-variabel tersebut membentuk suatu model, maka dapat digunakan metode matematik untuk mendapatkan suatu kesimpulan atau informasi, dimana metode ini biasanya disebut sebagai metode penyelesaian secara analitis.

Namun pada kenyataannya, sistem-sistem yang ada begitu rumit sehingga sulit untuk dijadikan model yang nyata, oleh karena itu model ini harus dipelajari dan diselesaikan dengan cara simulasi.

Simulasi adalah suatu metode dengan teknik numerik secara iterasi untuk melakukan percobaan-percobaan pada mesin komputer yang melibatkan bentuk fungsi-fungsi matematik dan logika tertentu untuk menjelaskan tingkah laku dan struktur dari suatu sistem yang nyata yang kompleks. Dimana simulasi dapat digunakan untuk merancang, menganalisa dan menilai suatu sistem.

Dari uraian yang kita sebutkan di atas, maka metodologi yang kita lakukan untuk mensimulasikan debit dari Kali Surabaya adalah, pengumpulan data-data yang terdapat pada sistem sungai tersebut, dimana dalam hal ini adalah data-data sekunder. Dari data-data yang kita peroleh, kemudian kita lakukan pengolahan data yang akan

kita sajikan dan untuk selanjutnya akan kita analisa.

Di dalam analisa data kita bermaksud untuk mencari pola hubungan diantara variabel-variabel dengan jalan mencari hubungan terbaik diantara variabel-variabel tersebut apakah linier atau nonlinier yang akan kita lakukan dengan analisa regresi dan korelasi.

Hubungan matematis antara variabel-variabel yang diperoleh disebut persamaan regresi dan garis regresi tersebut menunjukkan hubungan antara variabel-variabel, dimana masalah regresi mempertimbangkan distribusi frekuensi dari suatu variabel (variabel yang tidak bebas) kalau variabel yang lainnya (variabel bebas) dibuat tetap pada kedudukannya.

Untuk selanjutnya korelasi, dalam masalah korelasi mempertimbangkan variabel-variabel yang saling berhubungan dari sederetan pengamatan atau korelasinya.

Hubungan antara variabel-variabel yang diharapkan dan yang dipakai adalah yang menunjukkan penyimpangan-penyimpangan yang kecil terhadap fungsi dasarnya, yang berarti yang mempunyai korelasi yang besar. Apabila semua harga dari variabel tersebut memenuhi sepenuhnya pada persamaan dari fungsi dasarnya, maka dikatakan bahwa antara variabel-variabel ada korelasi yang sempurna.

Tingkat korelasinya kita hitung dengan menentukan besarnya angka korelasi, dimana dalam hal ini kita gunakan

analisa regresi linier untuk menentukan sesamanya.

Di dalam mensimulasikan debit Kali Surabaya, data-data yang diperoleh adalah data-data debit aliran, kecepatan dan tinggi muka air, data-data inilah yang akan kita analisa untuk mencapai tujuan yang kita inginkan.

Sebagaimana yang kita sebutkan sebelumnya bahwa kita akan menggunakan model simulasi QUAL2E untuk mensimulasikan debit Kali Surabaya.

Di dalam QUAL2E bentuk (pola) dari pada hubungan antara kecepatan aliran, debit aliran dan tinggi muka air adalah bentuk lengkung eksponensial seperti yang dapat kita lihat pada persamaan dibawah ini :

$$V = a Q^b \dots\dots\dots(1-1)$$

$$D = c Q^d \dots\dots\dots(1-2)$$

Dimana :

V : Kecepatan aliran (m/dt)

D : Tinggi muka air (m)

Q : Debit aliran (m<sup>3</sup>/dt)

a : Koefisien kecepatan aliran

b : Eksponen dari kecepatan

c : Koefisien tinggi muka air

d : Eksponen dari tinggi muka air

Secara matematis dapat kita katakan bahwa persamaan tersebut adalah persamaan lengkung eksponensial dimana persamaan umumnya adalah :

$$Y = a X^n \dots\dots\dots(I-3)$$

Dimana :

Y : Variabel tak bebas

X : variabel bebas

a : koefisien (titik potong/intersep)

n : kemiringan (slope)

Untuk melakukan simulasi sebagaimana yang kita kehendaki, maka terlebih dahulu kita harus mengetahui harga-harga koefisien-koefisien yang terdapat dalam persamaan (I-1) dan (I-2).

Untuk mencari harga dari koefisien tersebut kita gunakan dengan metoda kuadrat terkecil. Proses penyelesaian yang kita lakukan, terlebih dahulu persamaan (I-1) dan (I-2) kita jadikan kebentuk persamaan linier dengan jalan melogaritmekan persamaan tersebut untuk memudahkan penyelesaiannya.

Dari persamaan linier yang kita peroleh, akan kita cari harga dari a, b, c dan d berdasarkan dari perolehan data. Dalam hal ini data yang kita ambil adalah data-data rata-rata perbulan, dimana pengambilan yang kita lakukan ini sudah dapat mencakup kondisi yang ada.

Adapun analisa yang kita gunakan untuk memperoleh harga-harga a, b, c dan d adalah dengan metoda kuadrat terkecil dan untuk mengetahui kuatnya hubungan antara variabel dalam persamaan tersebut, maka akan dihitung variansinya yang disebut koefisien determinasi, dan untuk

mendapatkan kesimpulan yang lebih teliti apakah ada data yang dikumpulkan sesuai dengan model regresi linier, maka dilakukan uji linieritas regresi, sedangkan untuk mengetahui ukuran kuatnya hubungan antara variabel tersebut akan dicari koefisien korelasinya.

Dari hasil perhitungan yang sudah di dapatkan koefisien-koefisiennya, maka akan kita gunakan pada persamaan QUAL2E, yang mana hal tersebut adalah merupakan dasar yang digunakan dalam perhitungan pada simulasi yang kita lakukan.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. SIKLUS HIDROLOGI

Sebagaimana yang kita maksudkan dalam penulisan tugas akhir ini yaitu untuk mensimulasikan debit Kali Surabaya. Untuk mencapai maksud tersebut terlebih dahulu kita harus mempelajari sistem sungai, dimana hal ini sudah kita singgung sebelumnya. Untuk itu, maka dalam hal ini kita akan mempelajari sistem sungai tersebut.

Dalam mempelajari suatu sistem sungai, tidak dapat dilepaskan dari siklus hidrologi. Dengan demikian terlebih dahulu kita membicarakan tentang siklus hidrologi tersebut, yaitu tentang perjalanan air di bumi.

Untuk mempelajari dimana, berapa banyaknya dan bagaimana Bergeraknya air di alam ini dapat di tinjau dari peristiwa hidrologinya, dalam hidrologi kita mempelajari tentang kejadian, pembagian pergerakan dan sifat-sifat dari pada air di bumi dalam hubungannya dengan lingkungan sekitarnya.

Untuk lebih jelasnya hal tersebut, dapat kita lihat dari siklus hidrologi, siklus hidrologi adalah suatu kejadian yang terus menerus, bahwa air terbawa dari lautan menuju atmosfer, ke daratan dan kembali lagi ke lautan.

Sirkulasi yang gampang kita lihat adalah dimulai dengan adanya penguapan (evaporasi) air yang menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan, sesudah melalui beberapa proses akan kembali lagi jatuh sebagai hujan di permukaan lautan dan daratan. Pada umumnya sebelum tiba di permukaan bumi sebagian langsung menguap ke udara dan sebagian tiba di permukaan bumi.

Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai permukaan tanah, sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah.

Air hujan yang sampai di permukaan tanah sebagian akan meresap masuk ke dalam tanah (infiltrasi), bagian lain yang merupakan kelebihan akan mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah, kemudian mengalir ke daerah-daerah yang rendah, masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut.

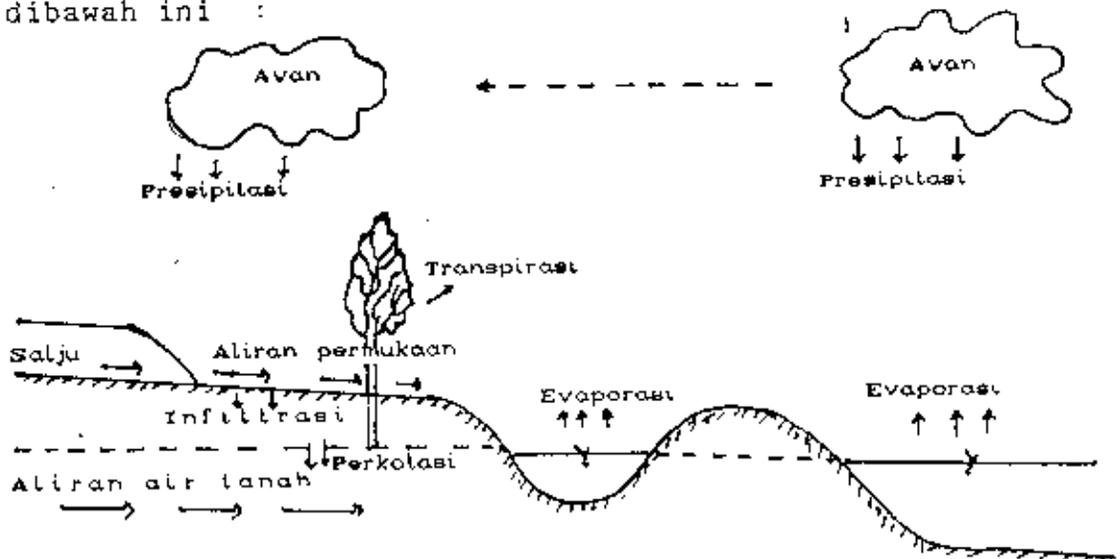
Dalam perjalanannya ke laut sebagian akan menguap dan kembali ke udara, sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar kembali segera ke sungai-sungai (inter flow), dan sebagian besar akan tersimpan sebagai air tanah yang akan keluar sedikit demi sedikit dalam jangka waktu yang lama ke permukaan tanah di daerah-daerah yang rendah, yang disebut limpasan air tanah.

Dari penjelasan di atas maka sungai akan mengumpulkan tiga jenis limpasan yaitu :

- Limpasan permukaan (surface run off)

- Aliran intra (inter flow)
- Limpasan air tanah (groundwater run off) yang akhirnya akan mengalir ke laut.

Untuk lebih jelasnya pengertian tentang siklus hidrologi tersebut dapat kita lihat dari penjelasan gambar dibawah ini :



GAMBAR 2-1 SIKLUS HIDROLOGI

Adapun komponen-komponen dari peristiwa siklus hidrologi tersebut meliputi penguapan (evaporasi), hujan (presipitasi), transpirasi, rembesan ke dalam tanah (infiltrasi/perkolasi), aliran permukaan dan aliran air tanah (groundwater flow).

Untuk memudahkan penjelasan mengenai perjalanan air menuju sungai, seperti yang lazim dibuat adalah dimana aliran total yang masuk ke sungai dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Aliran buangan air hujan langsung.
2. Aliran dasar.

Aliran buangan air hujan langsung dianggap terdiri dari aliran permukaan dan aliran di bawah permukaan (interflow), sedangkan untuk aliran dasar (base flow) adalah yang dianggap sebagai air tanah.

Untuk selanjutnya penjelasan mengenai limpasan permukaan dan limpasan air tanah akan kita bicarakan lebih lanjut.

## 2.2. LIMPASAN PERMUKAAN

Sebagaimana yang kita ketahui bahwa air mencapai sungai melalui tiga buah jalan yang merupakan sumber air di sungai dan disebut komponen-komponen hidrograf, namun dalam hal ini akan kita bahas mengenai limpasan permukaannya.

Adapun komponen-komponen yang berhubungan dengan hal tersebut adalah :

- Curah hujan di sungai

ini adalah curah hujan yang jatuh langsung pada permukaan air di sungai utama dan anak-anak sungai.

- Limpasan permukaan

limpasan permukaan adalah air yang dalam perjalanannya menuju sungai berada di atas permukaan tanah yaitu curah hujan yang dikurangi sebagian dari besarnya infiltrasi (yang menjadi air tanah), besarnya air yang tertahan dan besarnya genangan.

Kadang-kadang limpasan permukaan itu dibagi dalam dua sumber yaitu :

- a. Air yang mengalir di atas permukaan tanah
- b. Air yang menginfiltrasi dan mencapai limpasan yang impermeabel, kemudian sebagiannya mengalir ke sungai. Bagian yang terakhir ini disebut aliran di bawah permukaan (sub surface) atau inter flow. Pada umumnya mengingat aliran di bawah permukaan ini mencapai sungai dalam waktu yang cukup cepat, maka aliran tersebut tidak dipisahkan dari limpasan permukaan.

### 2.3. AIR TANAH

Pembahasan mengenai aliran air tanah pada bagian ini, yang mana dipisahkan dari air permukaan tidaklah harus ditafsirkan sebagai petunjuk bahwa kedua sumber air itu tidak tergantung satu sama lain, namun sebaliknya bahwa banyak sungai-sungai di permukaan tanah menerima sebagian alirannya dari tanah.

Sumber utama air tanah adalah hujan yang di serap oleh permukaan tanah dan meresap lewat lapisan-lapisan di bawahnya sampai lapisan jenuh.

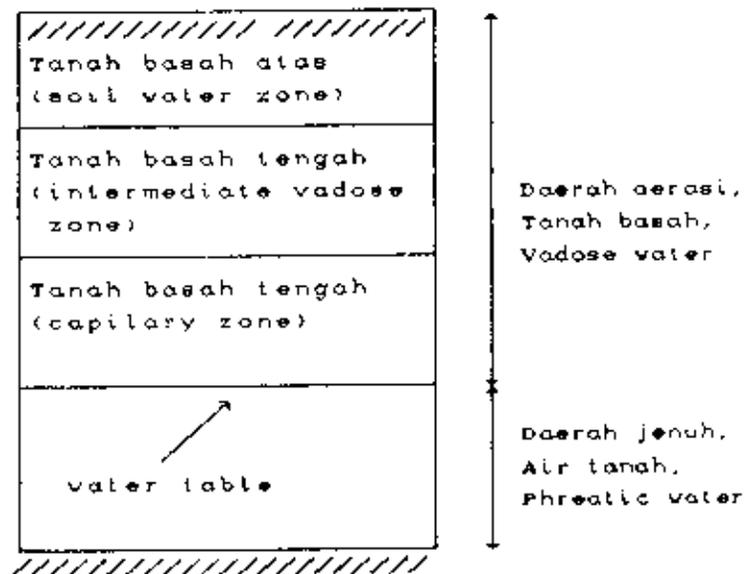
Banyaknya air yang dapat di serap dan di resapkan tergantung dari porositas permukaan lapisan-lapisan dan permeabilitas tanah. Dibawah permukaan tanah, daerah air



dapat dibagi atas dua bagian yaitu daerah tanah yang tidak jenuh air dan daerah jenuh air, dimana batas antara kedua zone tersebut dinamakan muka air tanah.

Pada daerah tidak jenuh air, dibagi dalam tiga lapisan, yang pertama adalah daerah tanah batas atas (soil water zone), daerah ini dibatasi mulai dari permukaan tanah sampai sebatas kedalaman akar tanaman, yang kedua adalah daerah tanah batas tengah, pada daerah ini terdapat pori-pori tanah yang terisi udara, dan yang ke tiga adalah daerah tanah basah bawah yang bersifat kapiler, daerah ini dibatasi mulai dari muka air tanah sampai sebatas daya kapiler menaikkan air. Pada daerah jenuh air (zone of saturation) dimana seluruh pori-pori berisi air yang disebut air tanah.

Pembagian daerah air di bawah muka tanah

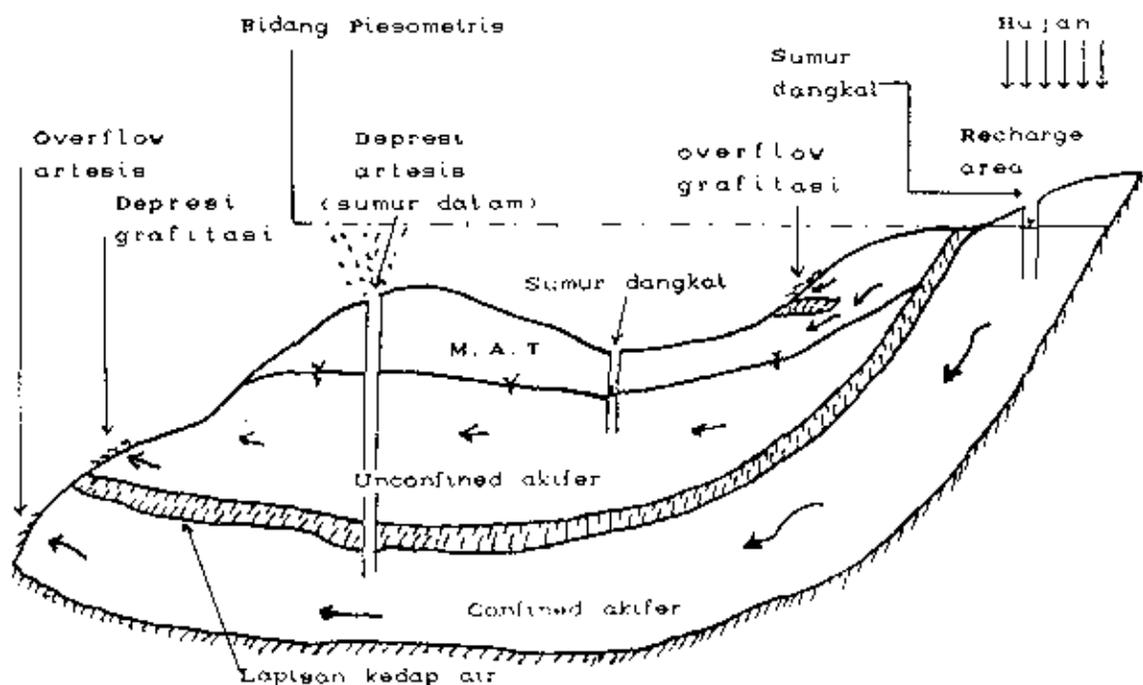


GAMBAR 2-2 : Pembagian daerah aliran di bawah muka tanah

Lapisan tanah (formasi geologi) yang dapat menampung serta melepaskan air dalam jumlah yang cukup disebut akifer, dimana jumlah air tanah yang dapat diperoleh di sembarang daerah tergantung pada sifat-sifat akifer yang ada di bawahnya serta pada luas cakupan dan frekuensi dari imbuhan (recharge).

Air mata air umumnya berasal dari akifer, yaitu dari lapisan batuan pembawa air, atau aliran melalui patahan batuan. Dimana batuan padat kompak atau lapisan lempung (impermeabel/tak lolos air) menghalangi air tanah, maka air akan mengalirkan alirannya ke atas menuju air tanah.

Pemunculan air mata air dapat kita tinjau dari gambar dibawah ini.



GAMBAR 2-3 : Terjadinya mata air dan pengaliran aliran air

Seperti yang kita ketahui ada dua macam akifer yang kita kenal yaitu :

1. Confined akifer adalah akifer yang dibatasi bagian atas dan bawahnya oleh lapisan kedap air.
2. Unconfined akifer adalah akifer yang di bawah dibatasi lapisan kedap air sedang dibagian atas merupakan muka air bebas.

Disamping itu dari gambar (2-3) tersebut dapat juga kita jelaskan disini bahwa pengaliran air tersebut dapat terjadi secara grafitasi dan artesis baik secara depresi atau over flow.

Mata air depresi grafitasi terjadi di akifer unconfined (lapisan tidak di bawah dan di atas lapisan impermeabel), dimana permukaan tanah berada di bawah muka air tanah atau water table (yaitu dicekungan tanah), maka air mengisi cekungan tersebut.

Sedangkan mata air over flow grafitasi adalah air muncul di permukaan sebagai pengeluaran kembali (discharge) air yang masuk (recharge) di area pemasukan (recharge area), tanpa pengeluaran di sepanjang perjalanannya dalam lapisan unconfined.

Mata air depresi artesis berasal dari akifer confined (lapisan batuan diantara lapisan impermeabel), dimana terdapat patahan lapisan impermeabel bagian atas, maka air akan keluar melalui patahan tersebut ke permukaan.

Mata air depresi artesis disebut sebagai mata air depresi artesis, menyerupai mata air depresi grafitasi, namun pengaliran air berlangsung di bawah tekanan.

Untuk mata air over flow artesis menyerupai mata air over flow grafitasi, hanya perbedaannya adalah pada over flow artesis berlangsung di bawah tekanan.

Dari penjelasan di atas kita sudah dapat mengetahui perjalanan air menuju sungai, namun disamping hal tersebut apabila kita meninjau tentang hidrografnya serta pengaruh muka air tanah di sisi kiri kanan suatu alur sungai, maka sungai tersebut dapat dibagi dalam beberapa macam yang umumnya dibagi dalam tiga macam yaitu :

1. Sungai "Ephemeral" dimana air hanya mengalir pada saat hujan saja, karena muka air tanah selalu berada di bawah dasar sungai.
2. Sungai "Intermittent" dimana aliran terjadi selama musim penghujan saja dan tidak mengalir pada musim kemarau, kecuali bila saat hujan, muka air tanah berada di atas dasar sungai pada musim penghujan dan di bawah dasar sungai pada musim kemarau.
3. Sungai "Perennial" dimana air selalu mengalir sepanjang tahun karena muka air tanah selalu berada di atas dasar sungai.



## 2.4. HIDROLIK SUNGAI

### 2.4.1. SISTEM SUNGAI

Sungai adalah suatu sistem saluran yang dibentuk oleh alam untuk mengalirkan air, aliran air akan menuju ketempat yang lebih rendah, yaitu misalnya ke laut atau danau.

Suatu sistem sungai dapat dibayangkan seperti struktur pohon, dimana sungai utama (batang) berhubungan dengan cabang dan ranting (anak-anak sungai). Tempat pertemuan diantara dua sungai disebut junction, dan bagian dari suatu sungai diantara dua junction disebut stretch, demikian pula dengan bagian diantara awal dari suatu sungai dan junction pertama daerah hilir (downstream) disebut stretch.

Seperti yang sudah kita singgung sebelumnya, suatu sistem sungai dipengaruhi oleh siklus hidrologinya dan kondisi lingkungan sekitarnya. Dalam hal pengumpulan aliran air, maka sungai tersebut mengumpulkan tiga jenis limpasan yaitu limpasan permukaan (surface run off), aliran intra (inter flow) dan limpasan air tanah (groundwater run off), dimana jumlah air yang mengalir dalam suatu sistem sungai sangat bervariasi terhadap waktu. Didalam suatu stretch, jumlah air yang mengalir sama dengan jumlah air dari up stream junction dan jumlah dari air permukaan dan aliran dari air tanah ditambah dengan aliran-aliran sepanjang stretch, yang biasanya diasumsikan bahwa aliran

air bertambah secara linier sepanjang stretch.

Kecepatan aliran air di dalam sungai dipengaruhi oleh kekasaran dasar dan dinding sungai, derajat meandering sungai (perbandingan antara panjang sungai sesungguhnya terhadap panjang lintasan lurus), kemiringan dasar sungai dan jari-jari hidrolis, sehingga kecepatan dan debit aliran air bervariasi dari suatu tempat ke tempat lain dari suatu sistem sungai.

Sungai adalah termasuk dalam saluran terbuka, dimana saluran terbuka didefinisikan sebagai suatu saluran yang mengalirkan aliran di bawah tekanan atmosfer.

Ditinjau dari tipe aliran di dalam saluran terbuka aliran tersebut dapat dibedakan dalam beberapa hal yaitu :

1. Aliran tetap (steady flow) adalah aliran tetap terjadi apabila kondisi dari sembarang titik pada aliran tersebut tidak berubah menurut waktu, demikian juga halnya untuk kerapatan, tekanan, dan temperatur.
2. Aliran tidak tetap (unsteady flow) adalah aliran dimana kondisi pada sembarang titik pada aliran berubah menurut waktu.
3. Aliran seragam (uniform flow) adalah terjadi apabila setiap titik pada garis aliran mempunyai vektor kecepatan yang identik (baik besar maupun arahnya).
4. Aliran tidak seragam (non uniform flow) adalah

Kecepatan aliran berbeda dari suatu tempat ke tempat lain. Jari-jari hidrolis, hal-hal inilah yang menyebabkan derajat meandering sungai, kemiringan dasar sungai dan dipengaruhi oleh kekasaran dasar dan dinding sungai. Dengan demikian kecepatan aliran air tersebut tersebut.

Yang mana tergantung dari kekasaran dari dasar sungai antara aliran dan dasar suatu sungai perlu untuk diketahui, meandering suatu sungai, panas, angin. Dimana friction diantaranya oleh turbulensi, friction dari dasar sungai, dalam sungai bervariasi, adanya variasi tersebut disebabkan Kecepatan partikel air di dalam suatu aliran air

#### 2.4.2. KECEPATAN ALIRAN AIR

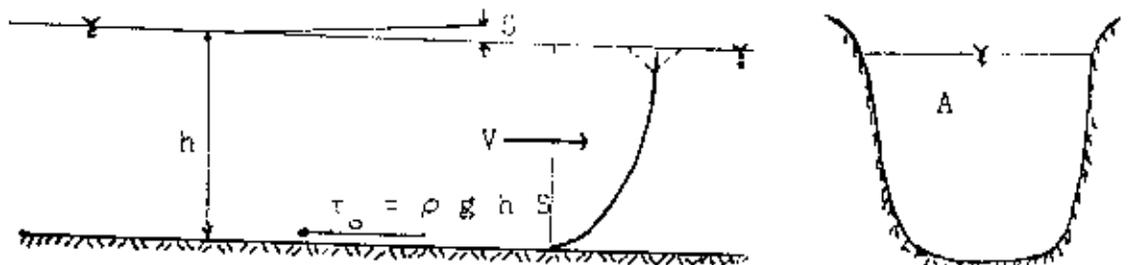
tekanan (incompressible).  
di bawah tekanan (compressible) maupun tidak di bawah di atas pada prinsipnya berlaku baik dalam kondisi aliran Dimana persamaan-persamaan dasar yang disebutkan

1. Persamaan kontinuitas
2. Persamaan energi atau Bernoulli
3. Persamaan momentum.

yaitu :

aliran, pada dasarnya dikenal tiga macam persamaan dasar Dalam penyelesaian persoalan hidrodika pada kecepatannya berubah menurut tempat.  
kebalikan dari aliran seragam yaitu vektor

Untuk menjelaskan phenomena tersebut dapat kita lihat dari gambar di bawah ini :



GAMBAR 2-4 Distribusi kecepatan saluran terbuka

Dimana hubungan kecepatan rata-rata ( $V$ ) dan kecepatan friction ( $V^*$ ) dari beberapa persamaan-persamaan di bawah ini adalah :

$$V^* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = \sqrt{\frac{\rho g h S}{\rho}} = \sqrt{g h S} \quad \dots\dots(2-1)$$

Dimana :

- $V^*$  = Kecepatan friction
- $\tau_0$  = Tegangan geser
- $\rho$  = Massa jenis
- $h$  = Kedalaman rata-rata permukaan air
- $S$  = Kemiringan garis energi
- $g$  = Percepatan grafitasi

Dari persamaan Chezy, kecepatan rata-rata ( $V$ ) adalah :

$$V = C \sqrt{R S} \quad \dots\dots(2-2)$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{h W}{P} \quad \dots\dots(2-3)$$

Dimana :

- $V$  = Kecepatan rata-rata
- $C$  = Koefisien Chezy

R = Jari-jari hidrolis

A = Luas cross section

P = Keliling basah

W = Lebar sungai

h = Kedalaman rata-rata permukaan air

Untuk suatu sungai yang lebar dan dangkal maka  $P \approx W$  dengan demikian maka persamaan (2-3) dan (2-2) berubah menjadi bentuk :

$$R = h \dots\dots\dots(2-4)$$

$$V = C \sqrt{h S} \dots\dots\dots(2-5)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2-1) ke dalam persamaan (2-5), maka kita akan dapatkan suatu persamaan, yaitu hubungan antara kecepatan rata-rata dan kecepatan friction, seperti dalam persamaan dibawah ini yaitu :

$$V = C V^* g^{-1/2} \dots\dots\dots(2-6)$$

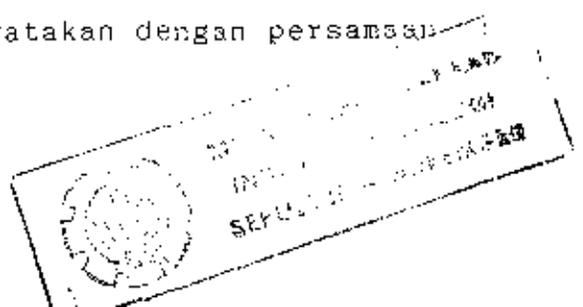
Dimana : V,  $V^*$ , g dan C sama dengan definisi diatas.

Dengan demikian maka kecepatan aliran air bervariasi terhadap jarak, dasar sungai dan dinding sungai, karena adanya kecepatan friction tersebut. Diagram yang menunjukkan berbagai kecepatan disebut diagram distribusi kecepatan.

Berbagai persamaan yang umum dipergunakan untuk menghitung kecepatan aliran air dalam suatu saluran terbuka diantaranya adalah :

a. Persamaan Chezy sudah kita bicarakan di atas.

Koefisien Chezy sering juga dinyatakan dengan persamaan :



$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \dots\dots\dots(2-7)$$

b. Persamaan Manning

Adalah merupakan penggabungan persamaan antara persamaan (2-2) dan persamaan (2-7), yang mana akan menghasilkan persamaan apa yang biasa disebut dengan persamaan Manning yaitu :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2-8)$$

Dimana :

- V = Kecepatan rata-rata aliran air (m/dt)
- n = Koefisien kekasaran dari Manning
- S = Kemiringan garis energi
- R = Jari-jari hidrolis

Dari persamaan Chezy, koefisien Chezy tersebut dapat kita tentukan dengan memperkirakannya berdasarkan persamaan yang telah ditentukan oleh Bazin, Kutter dan Powell dimana :

- Powell

$$C = - 42 \text{ Log } \left\{ \left( \frac{C}{4 \times R_0} \right) + \left( \frac{e}{R} \right) \right\} \dots\dots\dots(2-9)$$

- Bazin

$$C = \frac{157.6}{\left\{ 1 + (m \times R^{-0.5}) \right\}} \dots\dots\dots(2-10)$$

- Kutter

$$C = \frac{41.69 + \frac{0.00281}{S} + \frac{1.881}{n}}{1 + \left( 41.65 + \frac{0.00281}{S} \right) \left( \frac{n}{R^{0.5}} \right)} \dots\dots\dots(2-11)$$

Dimana :

- C = Koefisien Chezy
- h = Kedalaman rata-rata permukaan air
- S = Kemiringan garis energi
- R = Jari-jari hidrolis
- m = Koefisien Bazin, tergantung pada konstruksi saluran
- n = koefisien kekasaran Manning
- Ro = Bilangan reynold
- e = Angka powell.

Di dalam program paket QUAL2E dipergunakan persamaan Manning untuk perhitungan, dimana penggunaan tersebut didasarkan pada beberapa keuntungan yaitu :

- Persamaannya sederhana
- Lebih umum dikenal dari pada persamaan Chezy
- Sistem perhitungan koefisien Chezy banyak dipengaruhi oleh angka kekasaran Manning pada beberapa persamaan
- Persamaan Chezy terlalu komplek dan kurang praktis untuk perhitungan-perhitungan yang praktis.

Dalam menentukan nilai n dalam suatu sistem, satu sama lain berbeda, tergantung dari pada bahan dasarnya, dimana di dalam The Enhanced Stream Water Model QUAL2E and QUAL2E-UNCAS dapat kita lihat beberapa nilai koefisien kekasaran dari Manning pada tabel (2-1).

1

Tabel (2-1) Value of Manning 's roughness coefficient  
(After Henderson 1966)

Artificial channels	n
Glass, plastic, machined metal	0.010
Dressed timber, joint flush	0.011
Sawn timber, joint even	0.014
Cement plaster	0.012
Concrete, timber forms, unfinished	0.014
Untreated gunite	0.015-0.017
Brickwork or dressed masonry	0.014
Rubble set in cement	0.017
Earth, smooth, no weeds	0.020
Earth, some stone, and weeds	0.025
Natural River Channel	n
Clean and straight	0.025-0.030
Winding with pools and shoals	0.033-0.040
Very weedy, winding and overgrown	0.075-0.150
Clean straight alluvial channel	$0.031 * d^{1/6}$
	(d = d-75 size in ft) = diameter that 75% of particles are smaller than)

Source : Documentation of QUAL2E and QUAL2E-UNCAS

### 2.4.3. DEBIT ALIRAN AIR DI DALAM SUNGAI

Untuk menghitung debit aliran air di dalam suatu sungai atau saluran, diperlukan informasi tentang penampang lintang sungai di tempat tertentu pada tinggi muka air tertentu dan kecepatan aliran air tegak lurus pada penampang lintang tersebut dan banyaknya titik pengukuran pada penampang lintang itu.

Dengan mengetahui informasi tersebut, maka penentuan besarnya debit aliran pada suatu tempat tertentu yang sudah kita tentukan dapat kita cari berdasarkan perumusan yang sudah kita ketahui, dimana debit adalah hasil perkalian antara kecepatan aliran dengan luas penampang (cross section) ditempat itu.

Sebagaimana yang didefinisikan bahwa debit adalah suatu volume air yang mengalir persatuan waktu yang melewati suatu penampang melintang alur sungai atau suatu saluran.

Debit sungai tersebut akan berubah-ubah menurut waktu dan tempat, dimana angka sekian  $m^3/dt$  menunjukkan debit sesaat pada suatu pengukuran debit.

Perhitungan debit dalam suatu sungai atau saluran dapat kita tentukan melalui persamaan Chezy dan persamaan Manning.

Persamaan Chezy dan Manning tersebut mengikuti perinsip dari konsep hukum kontinuitas atau kesenantiasaan, dimana hukum tersebut dapat diturunkan dari hukum kekekalan

massa, yaitu massa di dalam sistem tetap tinggal konstan dalam perubahan waktu, apabila kita tuliskan persamaannya adalah sebagai berikut :

$$\frac{dm}{dt} = 0 \dots\dots\dots(2-12)$$

Dimana :

m = Jumlah massa

Maka dengan melalui prinsip control volume persamaannya dapat kita tuliskan sebagai berikut :

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{cv} \rho \, dv + \int_{cs} \rho (V \cdot N) \, dA = 0 \dots\dots(2-13)$$

Oleh karena aliran merupakan aliran tetap (steady flow) maka :

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{cv} \rho \, dv = 0 \dots\dots\dots(2-14)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2-14) ke persamaan (2-13) maka :

$$\int_{cs} \rho V \cdot N \, dA = 0 \dots\dots\dots(2-15)$$

Dengan demikian jumlah netto massa yang keluar dari kontrol volume dan yang masuk ke dalam kontrol volume harus sama dengan nol, maka dari persamaan (2-15) dapat kita sebutkan bahwa :

- Massa cairan yang masuk adalah

$$- \rho V_1 N \, dA = - \rho V_1 \, dA$$

- Massa cairan yang keluar adalah

$$\rho V_2 N \, dA_2 = + \rho V_2 \, dA_2$$

selama tidak ada massa cairan yang mengalir melalui dinding pipa maka :

$$-\rho v_1 dA_1 + \rho v_2 dA_2 = 0 \text{ atau}$$

$$\rho v_1 dA_1 = \rho v_2 dA_2 \dots\dots\dots(2-16)$$

Persamaan (2-16) adalah persamaan kontinuitas pada aliran yang compressible pada dua penampang dari satu pipa arus pada aliran tetap (steady flow) yang mana persamaannya dapat kita tuliskan dengan :

$$m = \rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 \dots\dots\dots(2-17)$$

Rumus kontinuitas tersebut dapat kita tuliskan dalam bentuk persamaan :

$$\rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 \dots\dots\dots(2-18)$$

Untuk aliran incompressible dan tetap (steady flow) persamaannya dapat kita tuliskan dalam bentuk :

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 \dots\dots\dots(2-19)$$

Maka dari persamaan (2-19) dapat kita tentukan debit aliran berdasarkan dari perumusan Chezy dan Manning yaitu :

- Persamaan Chezy

$$Q = A \times V$$

$$Q = A \times C \times (R S)^{0.5} \dots\dots\dots(2-20)$$

- Sedangkan persamaan Manning dapat kita turunkan dari persamaan Chezy dimana :

$$C = \frac{1}{n} (R)^{1/6} \dots\dots\dots(2-21)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2-21) ke persamaan (2-20) maka akan kita dapatkan persamaan Manning sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{0.5} \dots\dots\dots(2-22)$$

Dimana :

- C = Koefiesien Chezy
- S = Kemirungan garis enegi
- n = Koefiesien kekasaran Manning
- R = Jari-jari hidrolis
- A = Luas cross section

Sebagaimana dalam persamaan yang sudah kita sebutkan di atas, bahwa kita tidak mempertimbangkan masalah junction, surface runoff atau groundwater yang masuk dalam sistem sungai, namun apabila kita mempertimbangkan hal tersebut, maka persamaan yang kita sebutkan diatas masih tetap konsisten dan berlaku.

Dalam mempertimbangkan masalah junction, surface runoff, atau groundwater yang masuk pada sistem sungai, maka prinsip yang digunakan berdasarkan mass balance, sebagai contoh jika di dalam suatu sistem sungai terdapat junction dimana aliran dari junction masuk pada sistem sungai tersebut maka berdasarkan mass balance persamaan yang kita dapatkan adalah sebagai berikut :

$$Q = Q_1 + Q_2 \dots\dots\dots(2-23)$$

Dimana :

- Q = Debit total daerah hilir
- Q<sub>1</sub> = Debit aliran daerah hulu
- Q<sub>2</sub> = Debit aliran dari junction

Dengan prinsip yang sama dapat juga kita tentukan debit aliran apabila kita mempertimbangkan debit yang masuk ke

sistem sungai yang berasal dari surface runoff, atau dari groundwater yang terjadi pada suatu stretch, dimana persamaannya adalah :

$$Q = Q_0 + q X \dots\dots\dots(2-24)$$

Dimana :

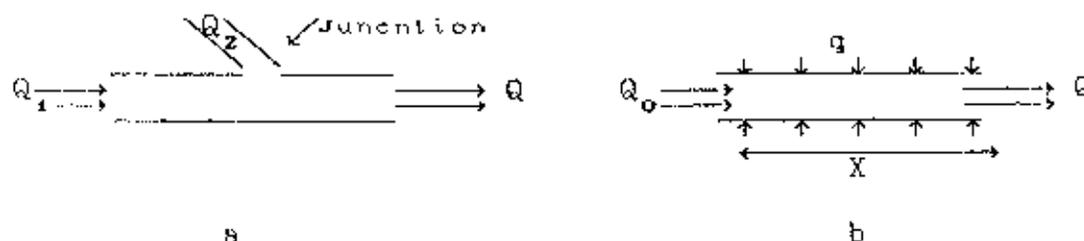
$Q$  = Debit aliran daerah hilir, semua dalam  $m^3/dt$

$Q_0$  = Debit aliran daerah hulu, semua dalam  $m^3/dt$

$q$  = Debit aliran lateral ke sungai,  $m^2/dt$

$X$  = Jarak (m) dari  $Q_0$  sampai  $Q$

Persamaan (2-23) dan (2-24) tersebut dapat kita ilustrasikan seperti dalam gambar dibawah ini :



GAMBAR (2-5) Pemasukan dari junction (a) dan lateral (b)

## 2.5. PENGUKURAN ALIRAN DALAM SUNGAI

Dalam rangka untuk mengetahui seberapa besar potensi dari pada aliran air dalam sungai, maka perlu kiranya kita melakukan pengukuran aliran air di sungai tersebut.

Karena sulitnya membuat suatu pengukuran nilai aliran sungai yang langsung, kontinu tetapi relatif sederhana, guna mendapatkan suatu catatan tentang tinggi muka air, kecepatan aliran, debit aliran yang kontinu, maka

data-data lapangan dikumpulkan pada tempat stasiun pengukuran aliran sungai.

Pengukuran yang biasanya dilakukan adalah pengukuran terhadap tinggi muka air, kecepatan aliran dan penampang lintang dari pada sungai itu.

Pengukuran terhadap tinggi muka air sungai, ada beberapa cara yang dilakukan yaitu secara manual dan secara otomatis

Pengukuran secara manual untuk mengukur tinggi muka air sungai biasanya dilakukan dengan menggunakan alat mistar ukur (staff gage), yaitu suatu perangkat yang berskala. Untuk mendapatkan pengamatan seperti yang dikehendaki, maka pemasangan alat ukur tinggi muka air sungai harus dipilih di tempat yang memungkinkan pengamatan seluruh keadaan permukaan air, yaitu mulai dari batas terendah sampai batas tertinggi.

Dalam hal pemasangan alat ukur tinggi muka air sungai itu, yang harus dihindarkan adalah bagian yang menjadi tempat tekanan yang tinggi atau kecepatan aliran yang tinggi pada permukaan air, karena dapat terjadi kesalahan pengukuran, juga alat cepat rusak oleh aliran, disamping itu pada tempat-tempat dimana terjadi aliran air tanah harus dihindari.

Dengan menggunakan alat ukur tinggi muka air sungai itu, maka setiap perubahan tinggi muka air dapat kita baca sesuai dengan waktu pengamatan yang dikehendaki.

titik pengeluaran yaitu ke Kali Mas dan aliran ke Intake Ngagel yang letaknya dekat dengan pintu Dam Jagir, untuk ini kita jadikan dalam satu titik.

Dengan mengetahui kondisi aliran pada masing-masing reach, maka dengan mudah kita dapat melakukan simulasi terhadap Kali Surabaya.

Sebagaimana yang sudah kita sebutkan dalam bab sebelumnya, yaitu di dalam peruntukan air sungai Kali Surabaya, maka kali tersebut dimasukkan dalam golongan B.

Dengan itu, maka apabila kita melakukan simulasi terhadap Kali Surabaya dengan mengadakan perubahan-perubahan terhadap debit tersebut, maka kita akan dapat melihat kondisi dari Kali Surabaya, dimana hal ini kita gunakan sebagai pengontrol terhadap golongan yang diperuntukkan terhadap badan air itu, dimana dalam hal ini adalah golongan B.

Dan juga sebagaimana yang kita ketahui, bahwa pada dasarnya dalam pengaturan badan air dikenal dua macam peraturan yang kita kenal dengan Stream standard yaitu peraturan yang menata kualitas badan air, dan effluent Standard yaitu peraturan yang menata kualitas air limbah yang akan di buang ke dalam badan air penerima.

Dengan demikian dalam mensimulasikan debit air Kali Surabaya, kita akan berpedoman pada golongan badan air yang diberlakukan yang digunakan sebagai pengontrol, dan



membaginya menjadi beberapa bagian luasan untuk mendapatkan perhitungan luasan yang lebih teliti. Dengan adanya informasi tersebut maka debit aliran dapat kita tentukan.

Pengukuran debit sungai secara tidak langsung dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

1. Luas penampang lintang sungai di ukur, sedangkan kecepatan aliran di ukur secara otomatis.
2. Debit air dihitung dari data-data hujan.
3. Debit sungai dihitung dengan menggunakan rumus-rumus empiris.
4. Debit sungai di ukur dari bangunan-bangunan air yang terdapat di dalam sungai, misalnya jembatan, bangunan terjunan, bendungan dan lain-lain, dimana besarnya debit aliran yang melalui bangunan tersebut dihitung dengan rumus-rumus hidrolika yang berlaku pada bangunan tersebut.

Namun dalam hal semuanya itu, debit juga dapat kita peroleh dari tinggi muka air sungai, apabila sebelumnya sudah kita tentukan terlebih dahulu hubungan antara tinggi muka air dengan debit.

Untuk itu, pada berbagai ketinggian muka air kita ukur debitnya, sehingga dibuatkan grafiknya yang disebut rating curve. Dengan demikian apabila sudah didapatkan rating curvenya maka pada setiap ketinggian tinggi muka air

akan dapat kita baca debit pada curve tersebut.

Persamaan curve debit yang kita kenal diantaranya adalah :

$$1. \sqrt{Q} = a h + b \dots\dots\dots(2-25)$$

$$2. Q = a h^3 + b h + c \dots\dots\dots(2-26)$$

$$3. Q = k (h-a)^b \dots\dots\dots(2-27)$$

Dimana :

Q = Debit aliran

h = Kedalaman rata-rata permukaan air

a, b, c, dan k adalah konstanta numerik.

Dari persamaan curve diatas, persamaan curve debit yang sering dinyatakan adalah dalam bentuk persamaan (2-27). Dalam persamaan tersebut, konstanta-konstanta itu dapat ditentukan dari hasil pengamatan dari nilai h dan Q, dengan cara mengplotkan nilai itu, dimana Q sebagai ordinat dan (h-a) sebagai absis pada kertas semi logaritme, dimana konstanta-konstanta tersebut akan kita ketahui, dengan b menunjukkan kemiringan (slope) pada grafik itu sedangkan k adalah merupakan intercep pada grafik itu, disamping hal tersebut dapat juga kita tentukan dari perhitungan secara statistik yaitu dengan cara korelasi dan regresi yang akan kita bicarakan selanjutnya.

Dengan cara yang sama dapat juga kita tentukan hubungan antara kecepatan dan debit aliran air dalam sungai berdasarkan dari data-data yang diperoleh.

Dari persamaan dasar geometrik hidrolis dapat kita

lihat hubungan antara ketinggian aliran air, kecepatan aliran air dan lebar bagian atas terhadap debit aliran air dalam suatu sungai yaitu :

$$B = a Q^b \dots\dots\dots(2-28)$$

$$D = c Q^f \dots\dots\dots(2-29)$$

$$V = k Q^m \dots\dots\dots(2-30)$$

Dimana :

Q = Debit aliran

B = Lebar bagian atas

V = Kecepatan rata-rata

D = Kedalaman rata-rata permukaan air

dan a, b, c, f, m dan k adalah merupakan konstanta-konstanta. Sebagaimana yang kita ketahui bahwa  $Q = B \times D \times V$  maka nilai-nilai dari a c k = 1 dan  $b + f + m = 1$ . Persamaan-persamaan itu terlihat sebagai garis lurus pada grafik logaritme, dan pangkat tersebut memperlihatkan kemiringan (slope) dari grafik tersebut, sedangkan koefiesien-koefiesiennya adalah merupakan intercep dari persamaan tersebut apabila  $Q = 1$ .

Di dalam program paket QUAL2E dapat kita lihat persamaan yang identik dengan persamaan di atas yaitu :

$$V = a Q^b \dots\dots\dots(2-31)$$

$$D = c Q^d \dots\dots\dots(2-32)$$

$$A_x = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(2-33)$$

Dimana :

Q = Debit aliran

$V$  = Kecepatan rata-rata

$D$  = Kedalaman rata-rata permukaan air

$A_x$  = Luas cross section

$a$ ,  $b$ ,  $c$ , dan  $d$  adalah konstanta empiris

Di dalam program paket QUAL2E terlihat bahwa nilai  $B$  (lebar) otomatis akan kita ketahui apabila  $V$ ,  $Q$  dan  $D$  diketahui. Di dalam persamaan (2-31), (2-32) dan (2-33) nilai  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , dan  $d$  adalah konstanta empiris, yang dapat diperoleh dari rating curve atau berdasarkan cara-cara yang sudah kita sebutkan yaitu dengan cara statistik.

## 2.6. KONSEP DASAR STATISTIK

Statistik adalah suatu cabang ilmu pengetahuan yang semakin bertambah penting, yang banyak digunakan dalam berbagai penyelidikan ilmiah. Statistik tidak hanya terbatas pada pengumpulan data, tapi juga sebagai alat untuk mengambil dan menafsirkan data dengan cara sebaik-baiknya.

Statistik sangat bermanfaat dalam situasi terdapat ketidak pastian dari suatu eksperimen dan sering disebut sebagai ilmu pengambil keputusan dalam keadaan dimana tidak terdapat kepastian.

Berbagai hasil pengamatan yang ada, pada umumnya satu dengan yang lain dalam waktu yang berbeda untuk pengamatan yang sama mempunyai nilai yang berbeda. Untuk gejala ini kita tidak meramalkan secara tepat bagaimana

nilai pengamatan berikutnya.

Dalam situasi demikian, pengetahuan akan statistik sangat diperlukan, dalam statistik hal tersebut dapat kita lakukan dengan metoda pendekatan ketidak pastian, namun disamping itu sebelumnya kita akan meramalkan nilai yang dikehendaki, terlebih dahulu kita sebaiknya melakukan pendekatan dengan mencari pola hubungan yang terdapat diantara variabel-variabel yang diamati.

Setelah hal tersebut kita lakukan, maka selanjutnya akan kita lakukan pengujian-pengujian, apakah model yang kita lakukan tersebut sesuai dengan kenyataan.

Disini kita akan melakukan pendekatan-pendekatan secara teoritis sehubungan dengan apa yang akan kita bicarakan dalam tugas akhir ini untuk menghasilkan pencapaian maksud dan tujuan yang akan kita kehendaki.

#### 2.6.1. ANALISA REGRESI

Analisa regresi adalah suatu metoda yang digunakan untuk mencari pola hubungan antara variabel-variabel bebas (predictor) dengan variabel-variabel respon (dependent), simbol-simbol yang lazim digunakan adalah  $X$  untuk variabel yang sifatnya bebas sedangkan  $Y$  untuk variabel yang sifatnya tak bebas/respon (dependent).

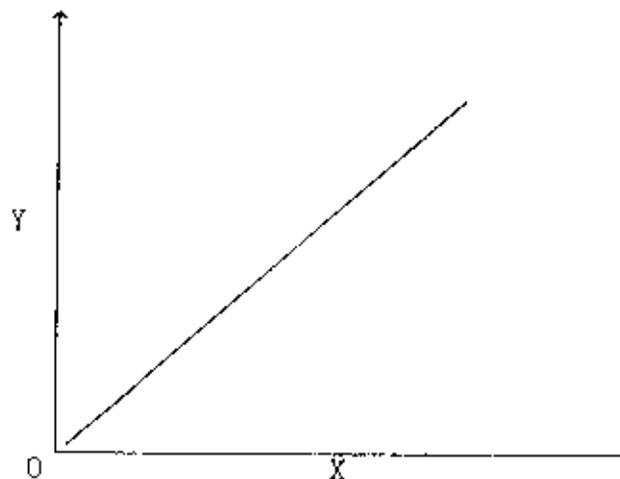
Penyelesaian untuk mengetahui hubungan antara variabel-variabel tersebut, dimulai dengan suatu usaha untuk menemukan bentuk terdekat dari pada hubungan itu

dengan jalan menyajikan data yang diketahui dalam sebuah grafik yang biasa disebut diagram pencar. Diagram ini melukiskan titik-titik pada bidang  $(X_i, Y_i)$  yang tiap titik ditentukan oleh setiap pasangan  $(X_i, Y_i)$ . Dalam pengambilan data, jumlah data biasanya dilakukan sesuai dengan banyaknya jumlah sampel yang diambil.

Dengan menggunakan diagram tersebut kita dapat melihat apakah ada sesuatu hubungan yang berarti diantara variabel-variabel itu. Apakah ada gejala bahwa letak titik-titik itu pada garis tersebut, jika demikian halnya, cukup alasan bagi kita untuk menduga bahwa antara variabel-variabel itu ada hubungan, apakah berhubungan secara linier atau non linier.

Untuk menjelaskan gambaran tersebut di bawah ini kita gambarkan beberapa bentuk hubungan yang ada diantaranya adalah :

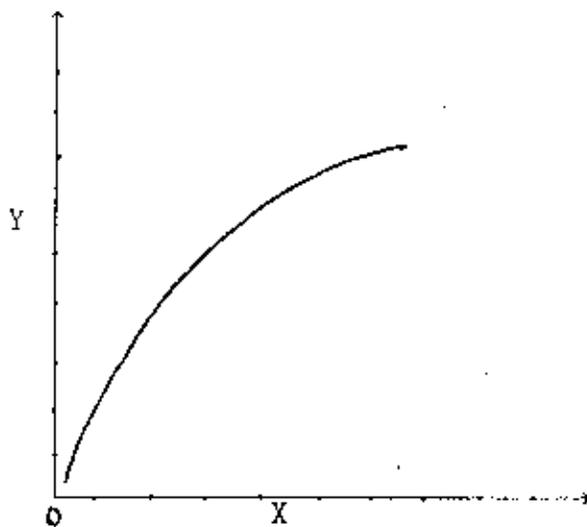
- Jika hasil plot data antara X dan Y adalah :



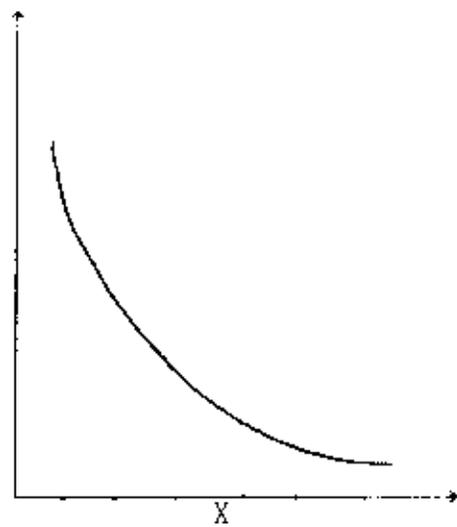
Gambar 2-5

Maka terlihat bahwa hubungan antara X dan Y adalah hubungan linier, dengan demikian sehingga bentuk persamaannya adalah persamaan orde satu.

- Jika hasil plot data antara X dan Y seperti gambar 2-6 maka hubungan antara X dan Y adalah hubungan kuadratik, maka bentuk persamaannya adalah persamaan orde dua.



GAMBAR 2-6



BAMBAR 2-7

- Jika hasil plot data antara X dan Y seperti gambar 2-7 maka hubungan antara X dan Y adalah di tunjukkan dengan persamaan  $Y = a X^b$  berbentuk lengkung logaritme.

Untuk bentuk-bentuk yang lain dapat kita lakukan dengan cara yang sama yaitu dengan mengeplotkan data-data antara X dan Y.

Setelah diketahui bentuk hubungan antara variabel-variabel itu, maka selanjutnya ialah menentukan

hubungan tersebut yang dirumuskan dalam bentuk matematisnya.

Dalam analisa regresi, persamaan regresi itu dibagi dalam dua macam yaitu persamaan regresi linier dan non linier.

### 1. Persamaan regresi linier

Untuk persamaan regresi linier dibagi lagi menjadi dua macam yaitu :

#### a. Regresi linier sederhana

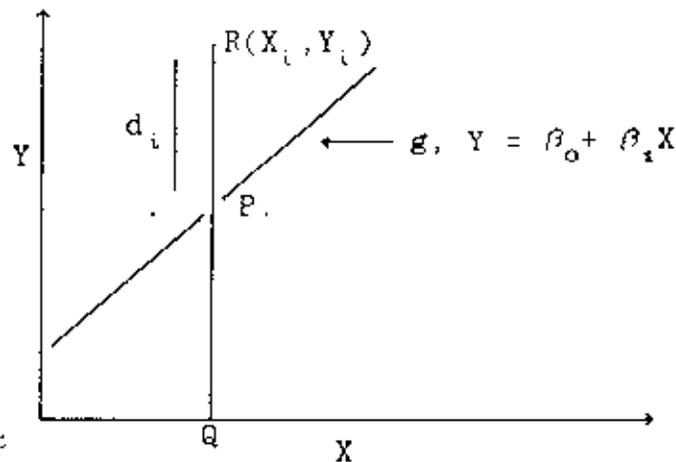
Persamaan regresi linier sederhana adalah persamaan regresi yang hanya terdiri dari satu variabel bebas dan satu variabel respon. Untuk itu kita akan tentukan hubungan  $Y = f(X)$ . Rumus hubungan ini lebih dikenal dengan nama regresi Y atas X, dimana bentuk persamaan linier Y atas X dapat kita tuliskan dalam bentuk linier :

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X \dots\dots\dots(2-34)$$

Dimana :

$\hat{Y}$  adalah merupakan taksiran nilai Y untuk harga X yang diketahui, sedangkan  $\beta_0$  dan  $\beta_1$  adalah koefisien-koefisien dalam persamaan tersebut, dimana  $\beta_1$  adalah koefisien arah pada garis regresi tersebut, dalam matematik dikatakan bahwa  $\beta_1$  menyatakan berubahnya nilai Y untuk setiap perubahan nilai X, sedangkan  $\beta_0$  menyatakan intercep dari persamaan garis regresi tersebut ( $\beta_0$  adalah bilangan konstan, merupakan nilai  $\hat{Y}$  apabila  $X = 0$ ).

Untuk menentukan koefisien-koefisien dari  $\beta_0$  dan  $\beta_1$  akan digunakan metoda kuadrat terkecil (least squares). Metoda tersebut dapat dijelaskan dengan memperhatikan sampel pasangan data  $(X_i, Y_i)$ , dimana diagram pencernya dapat kita ilustrasikan seperti pada gambar dibawah ini :



GAMBAR 2-8

Misalnya garis  $g$  merupakan garis regresi  $Y$  atas  $X$  yang akan ditentukan persamaannya seperti persamaan (2-34), dari setiap titik yang ada, kita buat garis-garis yang sejajar sumbu  $Y$ , dengan demikian akan terdapat titik potong antara garis  $g$  dengan garis-garis tegak yang dibuat tadi. Untuk jelasnya, perhatikanlah titik  $R(X_i, Y_i)$  dimana  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ . Dimana garis  $QR$  memotong garis  $g$  di  $P$  sehingga diperoleh potongan garis  $PR = d_i$ , dari grafik di atas dapat kita lihat bahwa :

$QR - PQ = PR = d_i$ , dimana  $PQ = \hat{Y}$  yang merupakan taksiran nilai  $Y$  untuk harga  $X$ . Apabila kita kuadratkan



garis  $d_i$  tersebut lalu dijumlahkan, maka akan kita peroleh bentuk :

$$JKK = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2 \dots\dots\dots(2-35)$$

Dimana :

- JKK = Jumlah kwadrat terkecil
- $Y_i$  = Nilai pengamatan  $i = 1, 2, 3, \dots, n$
- $\hat{Y}$  = Nilai taksiran persamaan regresi tersebut
- $n$  = Jumlah hasil pengamatan

Selama garis  $g$  bersifat sedemikian rupa, sehingga letak titik dalam diagram pencar harus berkerumun sedekat mungkin pada garis itu, maka tentulah setiap potongan garis  $d_i$  harus sependek mungkin, maka setiap  $d_i^2$  harus sekecil mungkin. Hal ini akan mengakibatkan bentuk  $\sum d_i$  juga sekecil mungkin. Potongan garis  $d_i$  dapat dinyatakan oleh  $X_i$  dan  $Y_i$  lalu hasilnya dikuadratkan kemudian dijumlahkan. Berdasarkan hasil perhitungan matematik dapat kita lakukan dari persamaan (2-34) dan (2-35) sebagai berikut :

$$JKK = \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i)^2$$

Harga JKK akan minimal jika turunan pertama dari  $JKK = 0$

Maka :

$$\frac{\partial(JKK)}{\partial \beta_0} = 0 \text{ dan } \frac{\partial(JKK)}{\partial \beta_1} = 0$$

Dengan demikian maka :

$$\frac{\partial(JKK)}{\partial \beta_0} = \sum_{i=1}^n 2(Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i)(-1) = 0 \dots\dots(2-36)$$

$$\frac{\partial(\text{JKK})}{\partial \beta_1} = \sum_{i=1}^n 2(Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i)(-X_i) = 0 \dots\dots(2-37)$$

Dari persamaan (2-36) dan (2-37) dapat kita tuliskan menjadi bentuk :

$$n \beta_0 + \beta_1 \sum_{i=1}^n X_i = \sum_{i=1}^n Y_i \dots\dots\dots(2-38)$$

$$\beta_0 \sum_{i=1}^n X_i + \beta_1 \sum_{i=1}^n X_i^2 = \sum_{i=1}^n X_i Y_i \dots\dots\dots(2-39)$$

Kedua persamaan serentak tersebut yaitu (2-38) dan (2-39) disebut persamaan-persamaan normal, yang penyelesaiannya adalah :

$$\beta_1 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \dots\dots\dots(2-41)$$

$$\beta_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} - \beta_1 \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(2-42)$$

Dari persamaan (2-41) dan (2-42) akan dicari harga-harga dari pada  $\beta_0$  dan  $\beta_1$ , setelah harga tersebut kita dapatkan maka persamaan regresinya adalah :

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X \dots\dots\dots(2-43)$$

Dimana :

$\hat{Y}$  = Adalah taksiran regresi Y terhadap X.

**b. Regresi berganda (multiple regresi)**

Regresi berganda adalah suatu pengembangan dari regresi sederhana (dapat kita lihat dari bentuk persamaannya), yaitu persamaan regresi yang dibentuk oleh

lebih dari satu variabel bebas terhadap variabel respon.

Hubungan antara variabel bebas dengan variabel responnya, di dalam hal ini kita hanya tinjau garis regresi Y atas  $X_1, X_2, \dots, X_m$  yang kita kenal dengan nama regresi linier berganda. Adapun persamaan umum untuk regresi linier berganda tersebut adalah :

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m \dots\dots\dots(2-44)$$

Dimana :

$\hat{Y}$  = Taksiran regresi Y terhadap X

$X_i$  = Variabel bebas,  $i = 0, 1, 2, \dots, m$

Koefisien-koefisien  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$  harus ditentukan dari data hasil pengamatan. Penentuan koefisien-koefisien tersebut dapat kita tentukan dengan metoda yang sudah kita bicarakan sebelumnya yaitu dengan metoda kuadrat terkecil. Misalnya sebagai contoh, kita tinjau dengan dua buah variabel bebas, dengan demikian maka bentuk penyelesaian dari koefisien tersebut adalah :

$$JKK = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{1i} - \beta_2 X_{2i})^2 \dots\dots\dots(2-45)$$

Bentuk dari persamaan (2-45) dapat dibuat sekecil mungkin dengan mengambil :

$$\frac{\partial JKK}{\partial \beta_0} = 0, \quad \frac{\partial JKK}{\partial \beta_1} = 0 \quad \text{dan} \quad \frac{\partial JKK}{\partial \beta_2} = 0$$

Dengan demikian akan kita peroleh persamaan serentak sebagai berikut :

$$n \beta_0 + \beta_1 \sum_{i=1}^n X_{1i} + \beta_2 \sum_{i=1}^n X_{2i} = \sum_{i=1}^n Y_i \dots\dots\dots(2-46)$$

$$\beta_0 \sum_{i=1}^n X_{1i} + \beta_1 \sum_{i=1}^n X_{1i}^2 + \beta_2 \sum_{i=1}^n X_{1i} X_{2i} = \sum_{i=1}^n X_{1i} Y_i \dots\dots(2-47)$$

$$\beta_0 \sum_{i=1}^n X_{2i} + \beta_2 \sum_{i=1}^n X_{2i}^2 + \beta_1 \sum_{i=1}^n X_{1i} X_{2i} = \sum_{i=1}^n X_{2i} Y_i \dots\dots(2-48)$$

Ketiga bentuk persamaan (2-46), (2-47) dan (2-48) disebut persamaan normal, untuk mendapatkan  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  dan  $\beta_2$  dapat kita gunakan dengan cara yang sama sebagai mana yang kita lakukan sebelumnya.

## 2. Persamaan regresi non linier

Setelah kita mempelajari seperlunya tentang bentuk hubungan antara dua variabel X dan Y, dalam hal ini kita perhatikan bentuk hubungan yang non linier antara dua variabel.

Meskipun terdapat banyak sekali bentuk-bentuk regresi non linier, disini akan kita lihat beberapa bentuk regresi non linier. Beberapa bentuk dari persamaan regresi non linier tersebut dapat kita lihat antara lain :

1. Parabola kuadrat dengan persamaan

$$Y = \alpha + \beta X + \gamma X^2$$

2. Semi logaritme dengan persamaan

$$Y = \alpha \beta^X$$

3. Logaritme dengan persamaan

$$Y = \alpha X^\beta$$

Dari ke tiga bentuk persamaan tersebut di atas yang akan kita bicarakan adalah pada butir tiga, dengan bentuk persamaannya adalah  $Y = \alpha X^\beta$ , hal ini kami kaitkan

dengan pembahasan yang akan kami hubungkan dengan penulisan tugas akhir ini.

Di dalam persamaan yang terdapat pada butir tiga di atas yaitu  $Y = \alpha X^\beta$ , yang mana persamaan tersebut akan terpenuhi oleh sekumpulan pasangan data  $(X,Y)$  apabila digambarkan pada sebuah grafik dengan skala logaritme, yaitu sumbu-sumbu tegak dan datarnya berbentuk skala perbandingan, dimana apabila titik-titik yang diperoleh terletak pada atau hampir pada sebuah garis lurus.

Untuk menentukan koefisien-koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$  tersebut dapat kita lakukan dengan metoda kwadrat terkecil seperti yang sudah kita bicarakan sebelumnya. Bentuk persamaan  $Y = \alpha X^\beta$  adalah merupakan bentuk persamaan regresi linier dalam bentuk logaritme.

Persamaan logaritme dari  $Y = \alpha X^\beta$  terlebih dahulu kita ubah menjadi bentuk persamaan linier dengan jalan melogaritmekannya, maka bentuk persamaannya akan kita dapatkan dalam bentuk :

$$\text{Log } Y = \text{Log } \alpha + \beta \text{ Log } X \dots\dots\dots(2-49)$$

Persamaan (2-49) adalah persamaan regresi linier dalam bentuk logaritme, yaitu Log Y dan Log X.

Dengan demikian nilai-nilai dari  $\alpha$  dan  $\beta$  dapat kita cari seperti dalam regresi linier yaitu turunan pertama dari  $JKK = 0$  maka :

$$JKK = \sum_{i=1}^n d_i^2$$

$$JKK = \sum_{i=1}^n (\text{nilai pengamatan } \log Y_i - \text{nilai taksiran } \log Y)^2$$

$$JKK = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n (\log Y_i - \log Y)^2$$

$$JKK = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n (\log Y_i - \log \alpha - \beta \log X_i)^2 \dots \dots (2-50)$$

Dengan demikian dari persamaan (2-50) secara matematik didapatkan :

$$\frac{\partial(JKK)}{\partial \alpha} = 0 \quad \text{dan} \quad \frac{\partial(JKK)}{\partial \beta} = 0$$

adalah :

$$\frac{\partial(JKK)}{\partial \alpha} = \sum_{i=1}^n 2(\log Y_i - \log \alpha - \beta \log X_i)(-1) = 0 \dots \dots (2-51)$$

$$\frac{\partial(JKK)}{\partial \beta} = \sum_{i=1}^n 2(\log Y_i - \log \alpha - \beta \log X_i) \log (-X_i) = 0 \dots (2-52)$$

Dari persamaan (2-51) dan (2-52) dapat kita tuliskan menjadi :

$$n \log \alpha + \beta \sum_{i=1}^n \log X_i = \sum_{i=1}^n \log Y_i \dots \dots (2-53)$$

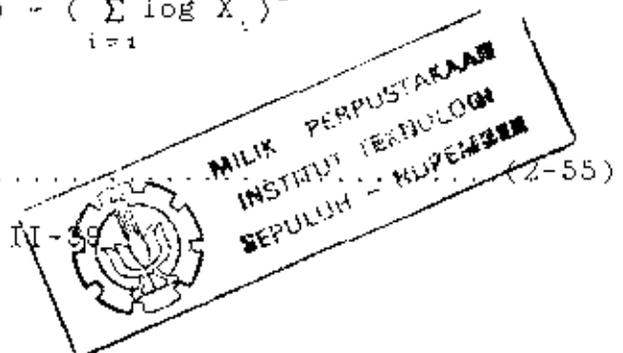
$$\log \alpha \sum_{i=1}^n \log X_i + \beta \sum_{i=1}^n \log^2 X_i = \sum_{i=1}^n \log X_i Y_i \dots (2-54)$$

Dari kedua bentuk persamaan (2-53) dan (2-54) dapat kita tentukan nilai dari koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$  yaitu dalam bentuk :

$$K = \frac{(\sum_{i=1}^n \log Y_i)(\sum_{i=1}^n \log^2 X_i) - (\sum_{i=1}^n \log X_i)(\sum_{i=1}^n \log X_i \log Y_i)}{n(\sum_{i=1}^n \log^2 X_i) - (\sum_{i=1}^n \log X_i)^2}$$

Dimana :

$$K = \log \alpha \dots \dots (2-55)$$



$$\beta = \frac{n(\sum_{i=1}^n \log X_i \log Y_i) - (\sum_{i=1}^n \log X_i)(\sum_{i=1}^n \log Y_i)}{n(\sum_{i=1}^n \log^2 X_i) - (\sum_{i=1}^n \log X_i)^2} \dots\dots(2-56)$$

Dengan mensubstitusikan harga-harga dari X dan Y dari data hasil pengamatan kedalam persamaan (2-55) dan (2-56), maka akan kita dapatkan nilai dari Log  $\alpha$  dan  $\beta$ , maka nilai dari koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$  akan didapatkan, dimana  $\alpha$  didapatkan dari anti log dari Log  $\alpha$  sedangkan  $\beta$  tetap sesuai dengan apa yang didapatkan dari perumusan di atas. Dengan demikian persamaan seperti pada butir tiga untuk taksiran dapat ditentukan yaitu :

$$\hat{Y} = \alpha X^\beta \dots\dots\dots(2-57)$$

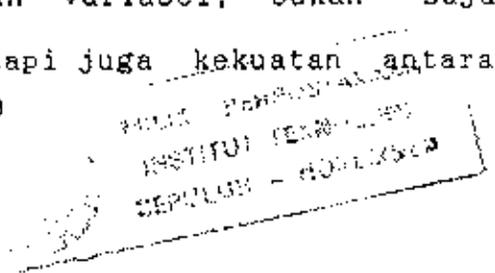
Dimana :

$$\hat{Y} = \text{taksiran regresi Y terhadap X}$$

### 2.6.2. ANALISA KORELASI

Seperti yang kita ketahui sebelumnya bahwa hubungan antara dua variabel atau lebih ditentukan, dimana hubungan yang diperoleh dinyatakan dalam bentuk persamaan matematis yang dalam statistik dikenal dengan garis regresi. Jika X merupakan variabel bebas dan Y variabel tak bebas, regresi Y atas X dapat digunakan untuk meramalkan nilai dari pada Y apabila nilai dari X diketahui.

Dalam banyak hal, jika nilai-nilai pengamatan terdiri atas lebih dari sebuah variabel, bukan saja garisnya yang perlu dihitung, tetapi juga kekuatan antara



variabel-variabel itu berhubungan yang dikenal dengan korelasi.

Ukuran yang dipakai untuk menentukan derajat atau kekuatan korelasi antara variabel-variabel dinamakan koefisien korelasi.

Karena ternyata korelasi dan regresi berhubungan erat maka untuk menentukan ukuran derajat asosiasi atau koefisien korelasi, perlu dipenuhi syarat-syarat berikut

- a. Koefisien korelasi harus besar apabila derajat asosiasi tinggi dan harus kecil apabila derajat asosiasi rendah.
- b. Koefisien korelasi harus bebas daripada satuan yang digunakan untuk mengukur variabel.

Untuk mencapai kedua syarat tersebut, maka digunakan koefisien korelasi berdasarkan momen perkalian yaitu :

$$r = \frac{(n \sum_{i=1}^n X_i Y_i) - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] [n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}} \dots (2-58)$$

Dimana :

$r$  = Koefisien korelasi

$X_i$  = Variabel bebas dari pengamatan

$Y_i$  = Variabel tak bebas dari pengamatan

$n$  = Jumlah pengamatan,  $i = 1, 2, \dots, n$

Adapun batas-batas koefisien korelasi tersebut ditentukan dengan :

$$-1 \leq r \leq +1$$

Dimana tanda positif menyatakan bahwa antara variabel terdapat korelasi positif atau korelasi langsung, yang berarti apabila nilai variabel yang satu besar, maka nilai variabel yang lain cenderung besar pula, sedangkan apabila variabel yang satu besar berpadanan dengan variabel yang lain kecil atau sebaliknya maka akan diperoleh korelasi yang negatif atau inversnya.

Perlu ditekankan disini bahwa koefisien korelasi yaitu  $r$  adalah ukuran untuk menentukan kuatnya korelasi linier dan bukan menentukan ada atau tidak adanya korelasi antara variabel-variabel tersebut.

Disamping koefisien korelasi, yang menentukan kuatnya korelasi linier adalah koefisien determinasi yang tidak lain daripada kuadrat dari koefisien korelasi yang kita tentukan sebagai berikut :

$$\text{Koefisien determinasi} = r^2$$

Dengan demikian koefisien determinasi ini tidak pernah negatif dan paling besar sama dengan satu maka nilainya adalah :

$$0 \leq r^2 \leq 1$$

Penggunaan dari pada koefisien determinasi ini dinyatakan dalam persen, jadi perlu dikalikan dengan 100 %, dimana hasilnya diartikan sebagai variasi dari variabel yang satu disebabkan oleh perubahan variabel yang lain, untuk lebih tepatnya dapat kita katakan bahwa jika koefisien korelasi antara dua variabel yaitu antara

variabel X dan Y sama dengan r, maka  $100 r^2 \%$  dari variasi dalam variabel Y disebabkan oleh variasi dalam X.

## 2.7. KEBIJAKSANAAN PEMERINTAH DALAM PENGELOLAAN SUMBER DAYA ALAM

Di dalam GBHN ditegaskan bahwa, sumber daya alam dan budaya adalah merupakan sebagai modal dasar dalam pembangunan yang harus dimanfaatkan secara maksimal dengan cara-cara yang tidak merusak.

Dimana sumber daya alam adalah merupakan sebuah ekosistem dengan lingkungan tempat berlangsungnya hubungan timbal balik antara seluruh makhluk hidup dengan alam. Sebuah ekosistem dikatakan mantap apabila terciptanya hubungan timbal balik yang menghasilkan daya dukung lingkungan hidup yang mantap pula bagi pertumbuhan pembangunan. Kebijakan pembangunan yang berwawasan lingkungan hidup adalah merupakan salah satu dimensi penting dari pembangunan itu sendiri. Dimana tujuannya bukan hanya meningkatkan taraf hidup masyarakat dalam artian materialnya saja tetapi juga lingkungan hidup yang semakin menyenangkan bagi kehidupan.

Sebagaimana kebijaksanaan pemerintah dibidang pengembangan sumber daya alam dan lingkungan hidup seperti diuraikan dalam GBHN, yang dilaksanakan dengan garis-garis pokok sebagai berikut :

1. Inventarisasi dan evaluasi sumber alam perlu

ditingkatkan, dengan tujuan lebih diketahuinya potensi sumber alam, baik di darat, laut maupun udara sebaik-baiknya

2. Dalam penggalan dan pemanfaatan sumber alam dan pengembangan lingkungan hidup, perlu diteliti teknologi yang sesuai hingga bisa dipertahankan kelestaria sumber alam dan lingkungan hidup yang mantap
3. Pelaksanaan pembangunan dan pengembangan lingkungan hidup hendaknya berjalan secara terpadu baik sektoral maupun regional dan perlu dikembangkannya kriteria baku suatu lingkungan hidup yang sehat dan mantap
4. Rehabilitasi sumber alam berupa hutan, tanah dan air yang rusak perlu ditingkatkan semaksimal mungkin melalui pendekatan terpadu antara DAS dengan wilayah
5. Peningkatan pendayagunaan daerah pantai, wilayah laut dan kawasan udara masih bisa dikembangkan tanpa merusak kualitas dan kelestarian lingkungan hidupnya.

Dengan demikian, dari landasan dasar sebagaimana yang disebutkan di atas, maka dalam hal ini Pemerintah Daerah tingkat I Jawa Timur telah mengeluarkan berbagai kebijaksanaan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur berupa instruksi, edaran dan surat keputusan.

## 2.8. WEWENANG DAN PENGUASAAN AIR

Di dalam UUD 1945 pada pasal 33 ayat 3 disebutkan bahwa bumi dan air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat. Dengan demikian maka penguasaan dan pengaturan air beserta sumber-sumbernya, lebih lanjut Pemerintah Republik Indonesia dengan persetujuan DPR telah membuat UU NO 11 Tahun 1974 tentang pengairan. Dimana di dalam Undang-Undang tentang pengairan tersebut digariskan berbagai ketentuan-ketentuan bagaimana Negara menguasai air serta sumber-sumbernya, sebagaimana yang telah ditetapkan dalam Undang-Undang dasar Negara kita.

Tentang hak menguasai oleh Negara dalam Undang-Undang No 11 Tahun 1974 memberi wewenang kepada pemerintah untuk :

1. Mengolah serta mengembangkan pemanfaatan air atau sumber-sumbernya.
2. Menyusun, mengesahkan dan atau memberi izin berdasarkan perencanaan dan perencanaan teknis tata pengaturan dan tata pengairan.
3. Mengatur, mengesahkan dan atau memberi izin peruntukan, penggunaan penyediaan air, dan atau sumber-sumber air.
4. Mengatur, mengesahkan dan atau memberi izin pengusahaan air, dan atau sumber-sumber air.

5. Menentukan dan mengatur perbuatan-perbuatan hukum dan hubungan-hubungan hukum antara orang dan atau badan hukum dalam persoalan air dan atau sumber-sumber air.

Dalam hal ini, pelaksanaan wewenang penguasaannya dilimpahkan kepada Pemerintah baik Pusat maupun Daerah.

Maka dari itu, Pemerintah Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Timur telah mengeluarkan beberapa peraturan atau kebijaksanaan yang berhubungan dengan air, dimana dalam hal ini air adalah semua air yang terdapat di dalam dan atau berasal dari sumber-sumber air, baik yang terdapat di atas maupun yang terdapat di bawah permukaan tanah, tidak termasuk dalam pengertian ini adalah yang terdapat di laut, di antaranya adalah :

1. Peraturan Daerah Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Timur No 15 Tahun 1966 tentang irigasi di Jawa Timur.
2. Surat Keputusan Gubernur No 43 Tahun 1967 tanggal 5 Desember tentang penggolongan dan Baku mutu air di Jawa Timur.
3. Surat Keputusan Gubernur No 414 Tahun 1967 tanggal 5 Desember 1967 tentang penggolongan dan Baku mutu air limbah di Jawa Timur.
4. Surat Keputusan Gubernur No 187 Tahun 1968

tanggal 18 Mei 1967 tentang peraturan peruntukan air di Jawa Timur.

## 2.9. PRIORITAS PENGGUNAKAN AIR

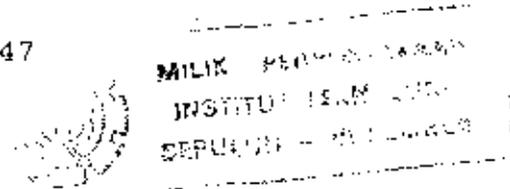
Dewasa ini masalah kebutuhan akan air baik tinjauan dari segi kualitas maupun kuantitas sudah sangat dirasakan keberadaannya, sehingga perlu mendapat perhatian, namun berbeda dengan sebelumnya dimana air belum dirasakan sebagai benda ekonomis dan juga kualitas dan kuantitasnya masih dapat diperoleh kelayakannya.

Untuk itu, karena saat ini banyaknya kebutuhan akan air begitu meningkat, sehingga harus diusahakan serta di atur sedemikian rupa, agar semua keperluan dan dalam waktu, tempat serta jumlah tertentu, baik untuk keperluan ekonomi, maupun sosial budaya dapat dipenuhi secara baik, teratur serta lestari. Sehingga kita dapat memelihara kemakmuran serta kesejahteraan dan ketentraman masyarakat untuk mengadakan peraturan pemanfaatan air beserta sumber-sumbernya dengan sebaik-baiknya.

Dalam usaha penggunaan atau pemanfaatan air untuk keperluan rakyat disegala bidang, kita perlu memperhstikan pasal delapan (8) tentang perencanaan dan perencanaan teknis dari Undang-Undang No 11 Tahun 1974 yaitu :

Ayat satu (1) :

Tata pengaturan air dan tata pengairan serta pembangunan pengairan disusun atas dasar



perencanaan dan perencanaan teknis yang ditujukan untuk kepentingan umum.

Ayat dua (2) :

Hasil perencanaan dan perencanaan teknis yang berupa rencana-rencana dan rencana-rencana teknis tata pengaturan air dan tata pengairan serta pembangunan pengairan tersebut dalam ayat satu (1) pasal ini, disusun untuk keperluan rakyat disegala bidang dengan memperhatikan urutan prioritas.

Ayat tiga (3) :

Rencana-rencana dan rencana-rencana teknis dimaksudkan dalam ayat dua (2) pasal ini, disusun guna memperoleh tata air yang baik berdasarkan pola dasar Pembangunan Nasional dan dilaksanakan untuk kepentingan yang bersifat Nasional, Regional dan Lokal.

#### 2.10. MODEL COMPUTER QUALITE

Model-model kualitas air banyak sekali macamnya, namun model tersebut dapat juga dibedakan menurut jumlah dan jenis parameter-parameter yang ditinjau, serta menurut teknis penyelesaian matematisnya, dan dimensi pemodelannya. Beberapa model hanya ditujukan bagi satu fase siklus hidrologi saja, misalnya aliran air buangan air hujan permukaan, air yang diterima atau air tanah, dan model

lainnya mensimulasikan kombinasi dari fase tersebut.

Dengan adanya tinjauan terhadap parameter yang akan dibuat modelnya dan banyak asumsi yang dilakukan dikarenakan sangat kompleksnya permasalahan yang saling keterkaitan maka setiap model akan mempunyai aturan-aturan dan batasan-batasan yang sangat perlu diperhatikan apabila kita melakukan simulasi terhadap suatu parameter yang dikehendaki.

Demikian juga halnya dengan QUALZE, dimana di dalam QUALZE tinjauan dari hal-hal tersebut diatas juga berlaku.

#### 2.10.1. PARAMETER-PARAMETER DALAM QUALZE

QUALZE mampu membuat model dimulasi baik untuk single simulasi maupun kombinasi beberapa bahkan semua parameter kualitas yang terdapat dalam option title data. Di dalam QUALZE, parameter-parameter yang mampu untuk dibuat simulasinya adalah :

1. DO (dissolved oxygen)
2. BOD (biochemical oxygen demand)
3. Temperatur
4. Siklus nitrogen (organik, amonia, nitrate dan nitrite)
5. Siklus phosphor (organik dan terlarut)
6. Chlorophyl a
7. Coliform

8. Sebuah unsur non conservative constituent

9. Tiga unsur conservative constituent.

Semua parameter tersebut dapat disimulasikan baik secara steady state maupun non steady state.

#### 2.10.2. BATASAN-BATASAN DALAM QUAL2E

Didalam QUAL2E terdapat batasan-batasan yang berlaku secara umum yang harus diperhatikan apabila kita akan mensimulasikan suatu parameter untuk dapat terlaksananya program tersebut dengan baik. Adapun batasan-batasan yang terdapat dalam QUAL2E adalah :

1. Jumlah reach maksimum adalah 25 buah
2. Jumlah computation element tidak lebih dari 20 tiap reach atau total computation element kurang dari 250
3. Element headwater maximum 7 buah
4. Element junction maximum 6 buah
5. Element input dan withdrawal maximum 25 buah.

Dalam suatu sistem sungai, maka sungai tersebut terlebih dahulu dibagi dalam beberapa reach pada suatu stretch, dimana masing-masing reach dibagi dalam computational element dengan panjang yang sama dalam suatu reach tersebut.

### 2.10.3. INPUT DATA

Disamping hal-hal tersebut diatas, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sehubungan dengan input data, dimana di dalam QUAL2E dikenal beberapa jenis penambahan/pengurangan debit terhadap badan air yang ditinjau yaitu :

1. Incremental flow, yaitu penambahan/pengurangan debit air sungai secara teratur disepanjang stretch, misalnya pembuangan dari buangan domestik yang tersebar disepanjang DAS, peresapan air sungai ke dalam tanah (infiltrasi/perkolasi)
2. Point source dan atau Withdrawal, yaitu titik pembebanan atau pengambilan, beban yang terkonsentrasi pada suatu titik, dimana dalam suatu reach diperbolehkan ada beberapa point load. Point load yang ada pada suatu sistem sungai misalnya anak-anak sungai dari berbagai kondisi (dimana junction tidak disimulasikan) pembuangan dari industri.  
Khusus untuk withdrawal tidak menurunkan konsentrasi parameter tetapi secara umum menurunkan beban (loading) yang ada di sungai.
3. Junction, di dalam QUAL2E pengertian junction hanya digunakan jika anak-anak sungai bertemu dengan sungai utama yang apabila akan dibuat

model. Jika anak-anak sungai tersebut tidak dibuatkan model simulasinya, maka junction tersebut dimasukkan dalam kriteria point load

4. Input di head water (bagian hulu dari sungai) dimana input ini sangat mempengaruhi perhitungan berikutnya, karena di dalam perhitungannya berdasarkan mass balance, sehingga perhitungan berikutnya didasarkan pada input data sebelumnya
5. Downstream Boundary, option ini dipilih apabila ada pemberian suatu constituent di daerah hilir dari sungai
6. No flow augmentation, option ini dipilih jika tidak dikehendaki adanya batas DO tertentu dalam badan air. Artinya jika konsentrasi DO menjadi lebih rendah dari DO yang diharapkan, maka perlu dilakukan penambahan debit sebagai pengencer
7. Plot DO dan BOD, dalam hal ini akan menggambarkan kondisi dari DO dan BOD dalam badan air sesuai dengan yang kita kehendaki (daerahnya) yaitu :
  - a. BEGIN RCH n, artinya plot dilakukan mulai dari reach ke n
  - b. Plot RCH a, b, artinya plot hanya dilakukan terhadap Reach a dan b

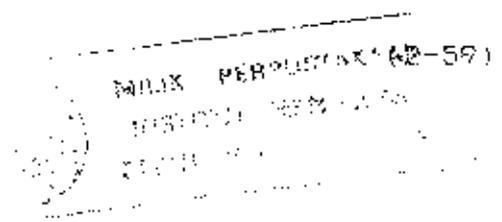
c. DO observed, ini diluar dari file data entry dimana file tersebut khusus berisikan konsentrasi DO pada titik-titik tertentu dalam suatu badan air.

Didalam QUAL2E ada pilihan yang berhubungan dengan perhitungan debit, kecepatan, dimana dengan hanya mengetahui debit sungai maka dapat dinyatakan kecepatan dari sungai disetiap titik, hal ini dapat dilakukan apabila pada data type 1 dalam QUAL2E dipilih NO TRAPEZOIDAL atau DISCHARGE COEFFICIENT. Sedangkan apabila dipilih TRAPEZOIDAL, maka data-data mengenai bentuk/profil dari sungai tersebut harus diketahui, misalnya lebar dasar sungai, kemiringan dasar sungai, dan lain-lain. Disamping itu, hal yang berhubungan dengan kecepatan maupun kedalaman adalah koefisien reairasi yang mana di dalam QUAL2E terdapat dalam type 6. Pada type 6 tersebut terdapat delapan (8) pemilihan yang berhubungan dengan koefisien reairasi, hal ini berhubungan dengan persamaan yang ada. Nomor dari pemilihan yang ada maka, persamaan yang paling umum digunakan untuk berbagai kondisi adalah persamaan O'Connor dan Dobbins yang mana persamaannya berdasarkan pada karakteristik turbulensi dari suatu sungai.

Adapun persamaan O'Connor dan Dobbins tersebut adalah sebagai berikut :

$$K_2 = \frac{(D \times \bar{V})^{0.5}}{d^{1.50}}$$

II-53



$$D_m = 1.91 \times 10^9 (1.037)^{T-20} \quad (2-60)$$

Dimana :

$K_2$  : Koefisien reairasi, 1/hari

$\bar{V}$  : Kecepatan rata-rata, ft/hari

$D_m$  : Koefisienl diffusi,  $ft^2$ /hari

T : Tempratur,  $^{\circ}C$

d : Kedalaman rata-rata, ft

Adapun pemilihan yang disebutkan di atas, tergantung dari pada data-data yang ada dilapangan sebagaimana yang diperlukan untuk mensimulasikan sesuatu parameter yang dikehendaki.

## BAB III

### ANALISA PEMBAHASAN

#### 3.1. ANALISA PEMBAHASAN

Untuk mencapai penentuan alternatif rencana dan penyusunan kebijaksanaan pelaksanaan, haruslah dilalui beberapa tahap kegiatan dalam proses perencanaan.

Dalam kenyataannya, proses perencanaan merupakan suatu kegiatan yang tidak pernah selesai, karena memerlukan peninjauan ulang atau pengkajian guna memberikan umpan balik dalam suatu penilaian. Setelah proses ini, tidak mustahil harus diambil langkah penyempurnaan rencana guna pelaksanaan lebih lanjut.

Dalam proses penentuan alternatif, pemilihan alternatif dan penilaian inilah diperlukan analisa secara seksama.

Analisa adalah uraian atau usaha untuk mengetahui arti suatu keadaan. Dengan analisa, dapat pula diketahui dan dinilai potensi dan masalah yang dihadapi, sehingga dengan demikian dapat dipilih serangkaian alternatif tindakan guna memecahkan masalah yang dihadapi. Disamping itu dapat diperhitungkan akibat yang berarti yang akan terjadi karena pelaksanaan suatu tindakan.

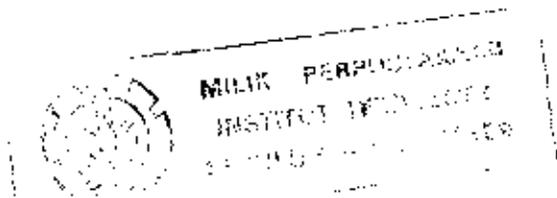
Dalam analisa tersebut data-data atau keterangan-keterangan mengenai suatu keadaan diuraikan dan

diselidiki hubungan antara satu dengan yang lain.

Dari apa yang kita sebutkan di atas adalah merupakan salah satu langkah awal dalam mengambil suatu keputusan. Dengan demikian maka, sebagaimana yang kita maksudkan dalam penulisan tugas akhir ini adalah untuk mensimulasikan debit Kali Surabaya, dengan kata lain yang kita lakukan hanya pada sungai utamanya saja, mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir Wonokromo dengan panjang  $\pm$  41km.

Untuk mencapai maksud dan tujuan dari apa yang kita inginkan, dan di dalam metodologi pembahasan sudah kita bicarakan bahwa langkah awal yang perlu kita lakukan adalah mempelajari sistem dari pada sungai tersebut yang akan kita hubungkan terhadap maksud dan tujuan dari pada penulisan tugas akhir ini. Di dalam suatu sistem sungai, terdapat sekumpulan objek yang tergabung dalam beberapa bentuk yang saling berinteraksi atau interdependensi secara teratur untuk mencapai suatu tujuan tertentu, maka dengan mempelajari sistem tersebut kita dapat mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi atau faktor-faktor yang menunjang untuk mencapai suatu sasaran.

Dalam mempelajari sistem tersebut perlu kiranya kita melakukan suatu sigi terhadap lapangan, yang bertujuan untuk mengetahui kondisi lapangan secara pasti, disamping itu dengan mengetahui kondisi lapangan kita dapat mengetahui hubungan antara data lapangan dengan data yang



kita dapatkan secara sekunder.

Untuk langkah berikutnya adalah menetapkan tujuan dari pada bahasan yang kita inginkan, setelah itu baru kita menginjak pada penentuan parameter-parameter atau variabel-variabel yang kita perlukan yang kita sesuaikan dengan maksud dan tujuan dari apa yang kita inginkan. Setelah kita menentukan variabel-variabel tersebut, maka akan kita cari bentuk atau pola hubungan diantara variabel yang kita dapatkan itu, setelah kita dapatkan hubungannya maka kita akan membuat model matematisnya yang bertujuan untuk menjelaskan hubungan yang diantara variabel-variabel itu, dalam hal ini mungkin di dalam model tersebut terdapat koefisien-koefisien yang tidak diketahui yang mana harus kita taksir dari data-data yang kita dapatkan.

Dengan mengetahui model matematis dari pada sistem tersebut, maka dengan mudah persoalan-persoalan yang ada di dalam sistem tersebut dapat kita selesaikan dengan mudah.

Dari model yang kita dapatkan itu perlu kiranya kita melakukan pengujian terhadap model itu, yang bertujuan untuk mengetahui bahwa, apakah dari model yang kita dapatkan sudah sesuai dengan kondisi lapangan yang kita amati, maka untuk itu kita perlukan pengujian terhadap model tersebut. Pengujian terhadap model biasanya dilakukan dengan metoda statistik, karena dalam statistik kita dapat melakukan analisa ketidak pastian, disamping hal-hal lain yang berhubungan dengan masalah pengumpulan data-data,

Pengujian terhadap model kita lakukan dari hasil output dari model tersebut.

Seperti yang kita jelaskan di atas, maka yang perlu kita perhatikan dan pelajari adalah sistem sungai, menentukan parameter atau variabel yang diperlukan disesuaikan dengan maksud dan tujuan, kemudian menentukan model matematisnya yang bertujuan untuk memudahkan penyelesaian persoalan yang akan kita bahas. Maka untuk itu analisa pembahasan yang akan kita bicarakan adalah :

1. Analisa daerah aliran sungai
2. Debit Kali Surabaya
3. Peruntukan air Kali Surabaya
4. Pembagian daerah pada Kali Surabaya
5. Pengumpulan data dan penyajian data
6. Analisa data-data

### 3.2. ANALISA DAERAH ALIRAN SUNGAI

Sebelum kita membicarakan tentang Kali Surabaya, alangkah baiknya kita mengetahui beberapa pengertian dan faktor-faktor yang berhubungan dan yang berpengaruh dalam suatu sistem sungai.

Pengertian tentang daerah aliran atau daerah pengaliran atau dapat juga disebut dengan catchment area adalah suatu daerah tangkapan hujan, dimana' dari luasan daerah tersebut air akan di alirkan ke suatu daerah aliran tertentu.

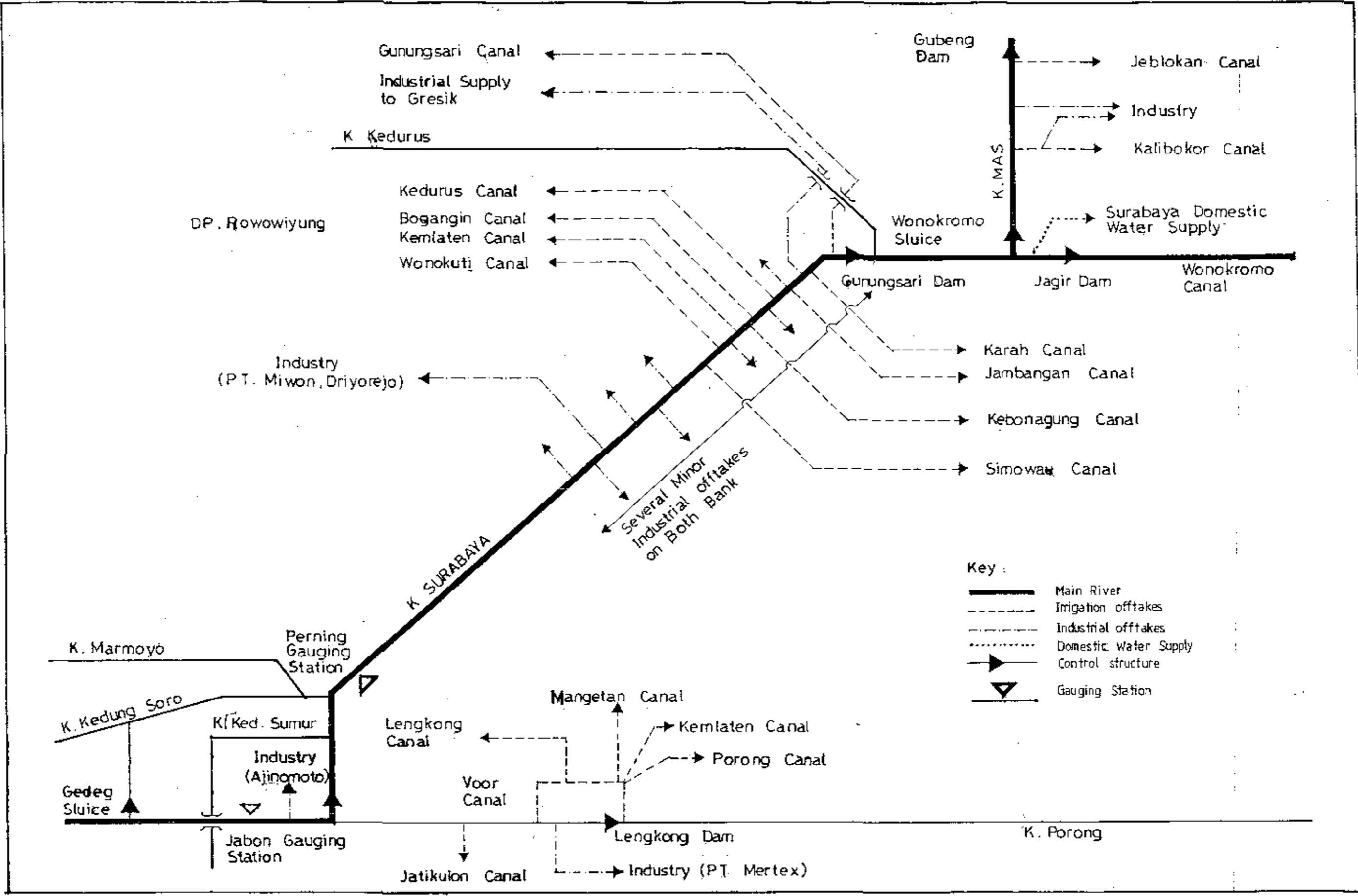
Hidrograf adalah grafik yang menyatakan hubungan antara debit atau tinggi muka air sungai dengan waktu.

Sebagaimana yang sudah kita bicarakan sebelumnya bahwa suatu sistem sungai mengumpulkan tiga jenis limpasan yaitu limpasan permukaan (surface run off), aliran intra (inter flow) dan limpasan air tanah (groundwater run off).

Sehubungan dengan itu, maka dapat kita ketahui bahwa hidrograf suatu sungai sangat dipengaruhi oleh kondisi dari pada tata guna lahan daerah aliran, luas daerah pengaliran, kondisi topografi dalam daerah pengaliran yang meliputi corak, elevasi, gradien, arah dan lain-lain yang mempunyai pengaruh terhadap sungai dan hidrologi daerah pengaliran itu. Dimana corak daerah pengaliran adalah merupakan faktor bentuk, yakni perbandingan panjang sungai utama terhadap lebar rata-rata daerah pengaliran, sedangkan gradien mempunyai hubungan yang penting dengan infiltrasi limpasan permukaan, kelembaban dan pengisian air tanah, dimana gradien tersebut adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi waktu mengalirnya air permukaan, waktu konsentrasi ke sungai dari curah hujan dan mempunyai hubungan langsung dengan debit, sedangkan arah daerah pengaliran adalah mempunyai pengaruh terhadap kehilangan evaporasi karena mempengaruhi kapasitas panas yang diterima dari matahari. Disamping itu adalah jenis tanah, mengingat bentuk dari butir tanah, coraknya dan cara mengendapnya adalah faktor-faktor yang menentukan



GAMBAR 3-2 SKEMA DIAGRAM KALI SURABAYA



kapasitas infiltrasi, maka karakteristik limpasan itu dipengaruhi oleh jenis tanah daerah pengaliran, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi limpasan misalnya adanya saluran-saluran buatan perlu untuk diperhatikan.

Dari apa yang kita bicarakan di atas, maka disini akan kita hubungkan dengan kondisi yang terdapat pada Kali Surabaya, sesuai dengan apa yang kita inginkan dalam pembahasan dalam penulisan tugas akhir ini, yaitu untuk mensimulasikan debit Kali Surabaya, dalam hal ini hanya pada sungai utama.

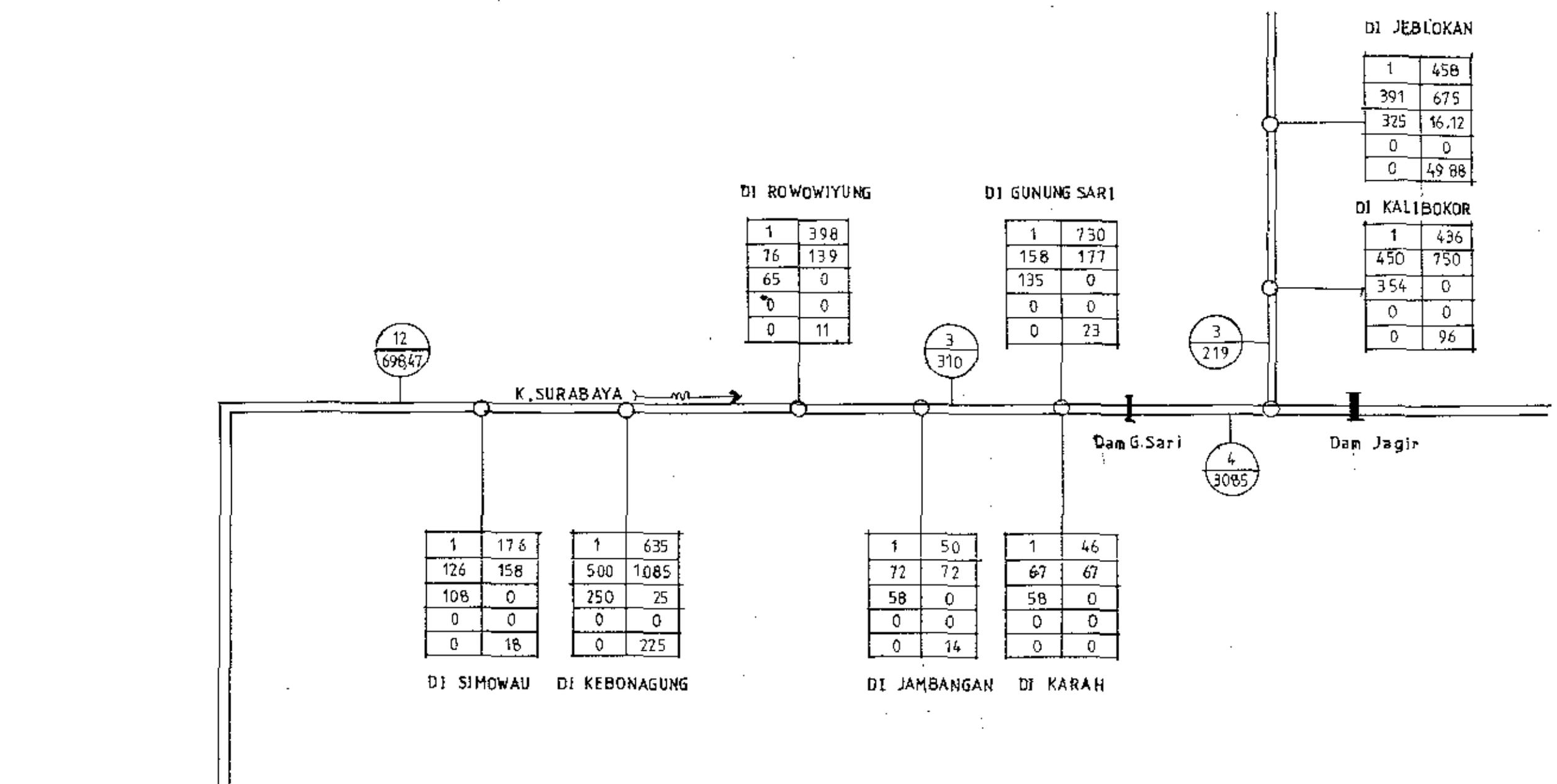
Seperti yang sudah kita ketahui bahwa Kali Surabaya itu dimanfaatkan untuk berbagai macam penggunaan, baik digunakan untuk keperluan domestik, industri, dan pertanian.

Untuk melihat kondisi daerah aliran Kali Surabaya, dapat kita lihat dari gambar (3-1) yaitu peta lokasi pos pengambilan sampel Kali Surabaya, dimana dari gambar tersebut dapat kita lihat bahwa Kali Surabaya adalah merupakan cabang dari Kali Brantas, dan kali tersebut mempunyai berbentuk yang berbelok-belok (meander) dan disepanjang kali tersebut terdapat anak-anak sungai yang masuk ke Kali Surabaya yaitu Kali Marmoyo, Kali Lamong, Kali Tengah dan Kali Kedurus, dan aliran yang keluar dari Kali Surabaya adalah Kali Mas.

Dari gambar (3-2) adalah suatu skema diagram dari Kali Surabaya, dimana dari skema tersebut dapat kita lihat

GAMBAR 3-3 SKEMA POTENSI AIR KALI SURABAYA

D A S SURABAYA



KETERANGAN :

a	b
c	d
e	f
g	h
i	j

- a : Jumlah O.I (bh)
- b : Baku sawah (ha)
- c : Debit minimum (l/s)
- d : Debit rata-rata MH (l/s)
- e : Irigasi (l/s)
- f : Industri (l/s)
- g : Air minum (l/s)
- h : Perikanan / Perkebunan (l/s)
- i : Fasilitas umum (l/s)
- j : Sisa potensi yang ada (l/s)

a
b

- a : jumlah industri (bh)
- b : Debit kemampuan (l/s)

bahwa Kali Surabaya digunakan untuk keperluan industri, pertanian (irigasi) dan sumber air baku bagi sistem pengolahan air minum. Dan dari gambar (3-3) peta skema potensi air dapat kita lihat mengenai letak dan jumlah debit pemakaian yang diperlukan yang diambil dari Kali Surabaya, dan seperti yang kita ketahui bahwa disepanjang Kali Surabaya tersebut penduduk mengambil air dari Kali Surabaya untuk keperluan rumah tangga.

Dari gambaran tersebut di atas dapat kita simpulkan bahwa tata guna lahan di sekitar daerah aliran sungai Kali Surabaya digunakan untuk pemukiman penduduk, industri dan pertanian.

Untuk hal-hal yang lebih terperinci tentang besarnya debit pengambilan dan pemasukan terhadap Kali Surabaya akan kita bahas pada bagian selanjutnya.

### 3.2.1. INDUSTRI

Dari hasil sigi dan penelitian yang sudah dilakukan oleh PT. Encona. Eng. Inc disepanjang Kali Surabaya diperoleh data-data sebagai berikut :

- 20 pabrik limbah industrinya dibuang secara langsung ke Kali Surabaya
- 6 pabrik tidak menghasilkan limbah atau dianggap tidak berarti
- 9 pabrik membuang limbahnya ke saluran irigasi atau pembuangannya melalui tangki ke hilir jagir

wonokromo

- 4 pabrik membuang ke badan air lain.

Besarnya debit yang diperlukan oleh industri berdasarkan dari data yang diperoleh dari dinas pengairan sebesar  $\pm 1100$  l/dt , yang terdiri dari 41 perusahaan yang diberikan oleh dinas pengairan kepada perusahaan tersebut.

### 3.2.2. DOMESTIK

Jumlah air yang diperlukan untuk kebutuhan domestik yang diambil dari kali surabaya sangat sulit untuk ditentukan, karena penduduk disekitar daerah Kali Surabaya juga mengambil air dari Kali Surabaya untuk keperluan sehari-hari, namun besarnya debit pengambilan yang dilakukan oleh pihak PDAM terhadap Kali Surabaya sebagai sumber air baku bagi sistem pengolahan air minum sebesar 3000 l/dt untuk saat ini pada instalasi Ngagel dan 1000 l/dt untuk instalasi Karang pilang pada tahap pertama sedangkan kebutuhan akan air bersih diperkirakan 13.350 l/dt pada tahun 2010, yang sebagian besar air baku tersebut diambil dari Kali Surabaya.

### 3.2.3. PERTANIAN

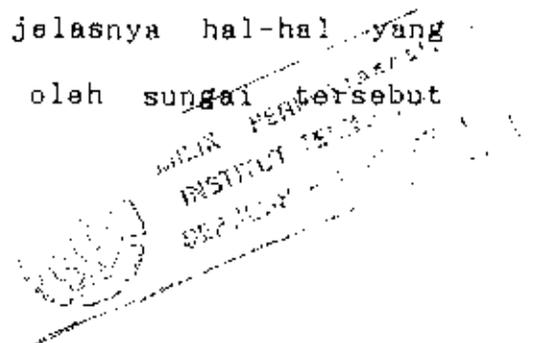
Air yang diambil untuk pertanian diperlukan untuk mengairi daerah pertanian. Disepanjang kali surabaya, mulai dari dan mlirip sampai dengan pintu air jagir wonokromo, dimana dari gambar (3-2) dapat kita lihat bahwa terdapat

sebelas (11) kanal yang mengambil airnya dari kali surabaya.

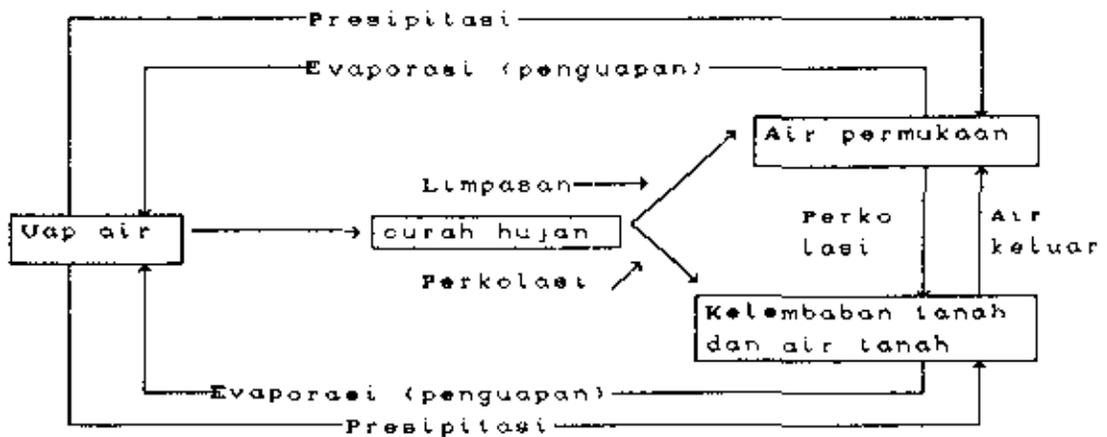
Berdasarkan dari data yang diperoleh dari dinas pengairan bahwa besarnya kebutuhan yang diperlukan untuk mengairi daerah pertanian tidak sama sepanjang tahun. Hal ini dikarenakan adanya kanal yang berubah fungsi. Perubahan tersebut dapat terjadi karena lahan yang sedianya diperuntukkan untuk pertanian dijadikan untuk daerah pemukiman penduduk maupun industri, sehingga kanal tersebut berubah fungsi sebagai penerima buangan domestik maupun industri, oleh karena itu maka kebutuhan air untuk pertanian dapat berkurang sepanjang tahun.

### 3.3. DEBIT KALI SURABAYA

Untuk mengetahui berapa besarnya debit suatu sungai, terlebih dahulu kita harus mengetahui sumber air yang dikumpulkan oleh sungai tersebut, hal ini sudah kita bicarakan sebelumnya, bahwa sungai itu mengumpulkan airnya melalui tiga buah jenis limpasan yaitu limpasan permukaan (surface run off), aliran intra (inter flow) dan limpasan air tanah (groundwater run off) atau aliran dasarnya (base flow), perlu kita tekankan disini bahwa air hujan yang menguap, yang meresap kedalam tanah, yang tertahan tumbuh-tumbuhan dan transpirasi tidak ikut menjadi aliran air di dalam sungai, untuk lebih jelasnya hal-hal yang berhubungan dengan pengumpulan air oleh sungai tersebut



dapat kita lihat pada gambar di bawah ini :



DAMBAR 3-4 SIKLUS HIDROLOGI

Dari gambar tersebut dapat kita tentukan besarnya debit aliran yang terdapat pada setiap limpasan. Juga pada bagian sebelumnya sudah kita sebutkan bahwa pengukuran debit aliran dapat kita tentukan dengan secara langsung maupun secara tidak langsung.

Berdasarkan dari perumusan di bawah ini, dimana besarnya volume aliran adalah :

$$R = P - E - G \dots\dots\dots(3-1)$$

Dimana :

R = Limpasan langsung

P = Presipitasi

E = Evapotranspirasi

G = Penambahan air tanah

Semua dalam satuan tebal air di atas DAS-nya. Di dalam analisa hidrograf, dimana ciri-ciri dari limpasan langsung

dan aliran air tanah sangat berbeda satu sama lain, sehingga masing-masing harus ditangani secara sendiri-sendiri, namun apabila keduanya sudah bercampur di dalam sungai maka tidak ada cara yang praktis untuk memisahkan kedua limpasan tersebut.

Sebagaimana yang kita ketahui bahwa, sungai tersebut apabila kita tinjau dari hidrografnya serta pengaruh muka air tanah di sisi kiri kanan alurnya, maka sungai tersebut dibagi dalam tiga bagian yaitu ephemerial, intermitten dan perennial (sudah kita bahas dalam bab dua), untuk itu maka Kali Surabaya terdapat dalam kategori perennial atau intermitten, hal ini mengingat bahwa kali tersebut tidak pernah kering atau hal ini disebabkan karena Kali Surabaya adalah merupakan cabang dari Kali Brantas, namun untuk jelasnya perlu kiranya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang hal ini karena mungkin saja bahwa kali tersebut dapat berada pada kategori ephemerial atau intermitten yang mengakibatkan aliran keluar dari badan air (peresapan ke dalam tanah). Maksud dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui besarnya aliran air tanah dan daerah-daerahnya disepanjang daerah aliran sungai.

Seperti yang kita ketahui bahwa apabila pengukuran debit dilakukan di dalam sungai dengan menggunakan alat ukur tinggi muka air, maka besarnya debit yang terukur sudah mencakup debit yang berasal

dari aliran air tanah yang ada, untuk ini dapat kita ketahui dengan melakukan pengukuran terhadap debit di daerah hulu dan debit di daerah hilir dimana besarnya aliran yang masuk atau keluar disepanjang DAS adalah merupakan selisih dari debit yang terukur di daerah hilir ditambah dengan aliran yang keluar disepanjang DAS terhadap debit yang terukur di daerah hulu. Apabila hasilnya lebih kecil maka adanya peresapan ke dalam tanah dan apabila hasilnya lebih besar berarti adanya peresapan dari air tanah ke dalam badan air.

Sebagaimana yang dilakukan bahwa debit Kali Surabaya ditentukan dengan pengukuran tinggi muka air pada beberapa stasiun pengamatan, dimana dari pengamatan tinggi muka air tersebut akan didapatkan nilai atau besarnya debit aliran yang di dasarkan dari grafik rating curve yang ada untuk setiap stasiun pengamatan.

Apabila kita ingin mengetahui seberapa besarnya debit yang ada pada Kali Surabaya, maka beberapa hal yang perlu untuk kita ketahui yaitu :

- Debit yang masuk ke Kali Surabaya (daerah hulu), dimana pengukurannya dilakukan di Dam Mlirip
- Debit yang masuk ke Kali Surabaya yang berasal dari anak-anak sungai maupun dari domestik, industri dan pertanian
- Dan debit yang keluar dari Kali Surabaya baik yang digunakan untuk domestik, industri dan

pertanian

Dengan mengetahui hal-hal tersebut di atas, maka pada dasarnya besarnya debit Kali Surabaya dapat kita ketahui dengan mengetahui besarnya debit di pintu air jagir (daerah hilir) ditambah dengan besarnya debit yang keluar dari Kali Surabaya baik yang digunakan untuk domestik, industri dan pertanian.

Sebagaimana yang dilakukan bahwa pengamatan debit aliran Kali Surabaya diukur pada Dam Mlirip, Pening, Sepanjang dan pada daerah dinas pengairan Wonokromo. Untuk hal itu maka dari hasil pengamatan yang dilakukan oleh dinas pengairan Daerah Wonokromo bahwa penentuan besarnya debit Kali Surabaya dihitung berdasarkan dari :

Jumlah debit yang digunakan dan yang melimpah pada kanal somowau, kebun agung, jambangan, karah, gunung sari, wonokuli, kemlaten, bogangin, kedurus, kali bokor, limpasan gubeng, pintu air jagir, kebutuhan untuk industri dan air baku bagi sistem pengolahan air minum baik untuk instalasi Ngagel dan Karang Pilang.

#### 3.4. PERUNTUKAN AIR KALI SURABAYA

Di dalam pelaksanaan pembangunan yang berwawasan lingkungan hidup, yang merupakan salah satu dimensi penting dari pembangunan perlu untuk kita perhatikan. Maka dari itu, sebagaimana yang telah kita sebutkan sebelumnya, bahwa Pemerintah Daerah Tingkat I Jawa Timur sudah membuat

berbagai kebijaksanaan berupa instruksi, edaran, surat keputusan yang berlandaskan UUD 45 dan GBHN, diantaranya adalah :

- Surat Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur Nomor 413 Tahun 1987 tentang Penggolongan dan Baku Mutu Air di Jawa Timur
- Surat Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur Nomor 414 Tahun 1987 tentang Penggolongan dan Baku Mutu Air Limbah di Jawa Timur
- Surat Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur Nomor 187 Tahun 1988 tentang Peruntukan air sungai di Jawa Timur.

Di dalam hal ini, mengenai peruntukan air sungai di Jawa Timur (No 187 tahun 1988) pada Bab I mengenai ketentuan umum pasal satu (1) dalam keputusan tersebut yang dimaksud dengan :

- a. Air, adalah semua air yang terdapat di dalam atau berasal dari sumber air, baik yang terdapat di atas maupun di bawah tanah, tidak termasuk air yang terdapat di laut.
- b. Air sungai, adalah semua air yang terdapat di dalam dan atau berasal dari sungai.
- c. Sungai, adalah perpaduan antara alur sungai dengan aliran air di dalamnya.

d. Alur sungai, adalah suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air.

Dan berdasarkan peruntukannya di dalam pasal dua (2) disebutkan bahwa air tersebut digolongkan menjadi :

- a. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu
- b. Golongan B, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku untuk diolah menjadi air minum dan keperluan rumah tangga lainnya
- c. Golongan C, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan
- d. Golongan D, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha di perkantoran, industri dan listrik tenaga air
- e. Golongan E, yaitu air yang tidak sesuai untuk keperluan tersebut pada peruntukan air golongan A, B, C, dan D.

Dan di dalam Bab II peruntukan air sungai pasal tiga (3) ayat satu (1) menyebutkan bahwa air sungai yang alurnya melalui lebih dari satu wilayah daerah tingkat II dan di dalam ayat dua (2) dalam pasal ini termasuk di dalamnya adalah Kali Surabaya, sedangkan dalam pasal tiga (3) dalam ayat dua (2) disebutkan bahwa, dimana Kali Surabaya yang mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir

dengan panjang ± 41 km menurut peruntukannya ditetapkan sebagai air golongan B.

Dan di dalam Penggolongan dan Baku Mutu Air Limbah di Jawa Timur (No 414 tahun 1988) pada pasal dua (2) ayat satu (1) disebutkan bahwa :

Air limbah menurut tempat pembuangannya digolongkan menjadi :

- a. Golongan I, yaitu air limbah yang dibuang ke dalam air golongan B
- b. Golongan II, yaitu air limbah yang dibuang ke dalam air golongan C
- c. Golongan III, yaitu air limbah yang dibuang ke dalam air golongan D
- d. Golongan IV, yaitu air limbah yang dibuang ke dalam air golongan E

dan di dalam pasal tiga (3) ayat satu (1) dan ayat dua (2) disebutkan bahwa :

ayat satu (1)

Air limbah yang dapat dibuang ke dalam air oleh setiap kegiatan yang mengeluarkan limbah harus memenuhi syarat :

- a. Tidak melampaui baku mutu air limbah yang telah ditetapkan
- b. Tidak mengakibatkan penurunan golongan air yang telah ditetapkan peruntukannya sesuai dengan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No 413 Th 1987.

ayat dua (2)

Menyebutkan bahwa jumlah dan mutu air limbah yang diizinkan untuk dibuang ke dalam air harus dicantumkan dalam rencana pengelolaan lingkungan suatu kegiatan usaha/perusahaan industri.

### 3.5. PEMBAGIAN DAERAH PADA KALI SURABAYA

Pada bagian ini, kita akan membahas tentang pembagian daerah aliran Kali Surabaya.

Apabila kita berbicara tentang pembagian daerah aliran suatu sungai, maka kita tidak dapat melepaskannya dengan sistem sungai itu sendiri. Dari apa yang kita maksudkan disini yaitu sehubungan dengan apa yang sudah kita bicarakan pada bab sebelumnya yaitu pada analisa daerah aliran sungai dan penentuan debit Kali Surabaya. Dimana hal ini perlu untuk kita ketahui, karena satu dengan yang lain saling berhubungan dan saling menunjang berkenaan dengan maksud dan tujuan yang kita inginkan dalam mensimulasikan debit Kali Surabaya.

Dengan mengetahui sistem sungai tersebut, maka dengan mudah kita dapat melakukan pembagian daerah terhadap Kali Surabaya, karena itu kita dapat mengetahui kondisi atau kejadian-kejadian apa yang akan terjadi apabila kita melakukan simulasi terhadap Kali Surabaya tersebut.

Dari apa yang kita ketahui bahwa Kali Surabaya tersebut apabila kita tinjau dari bentuk alurnya, maka kali tersebut dapat kita masukkan dalam bentuk yang

berbelok-belok (meander), dan pemanfaatan terhadap badan airnya terjadi disepanjang daerah alirannya baik yang digunakan untuk domestik, industri maupun digunakan untuk pertanian.

Dengan melakukan pembagian daerah terhadap Kali Surabaya itu, maka beberapa keuntungan yang bisa kita dapatkan diantaranya adalah :

1. Kita dapat mengetahui kondisi sungai tersebut pada suatu daerah pembagian, karena adanya pengambilan atau pemasukan yang terjadi pada daerah itu
2. Memungkinkan diperolehnya gambaran yang lebih terperinci akan kondisi sungai tersebut, karena itu dapat kita melakukan mendekati kondisi lapangan sehingga apa yang diharapkan dalam penulisan tugas akhir ini dapat dicapai
3. Memudahkan dalam monitoring dimana dalam hal ini terhadap pemanfaatan yang dilakukan terhadap Kali Surabaya, sehingga pengalokasian dari pemanfaatan terhadap badan air itu dapat kita atur sesuai dengan peruntukannya dengan melihat peraturan atau kebijaksanaan yang diberlakukan
4. Memudahkan dalam pelaksanaan simulasi yang kita inginkan

Berdasarkan dari uraian yang kita sebutkan di

atas, maka hal-hal yang perlu untuk kita perhatikan adalah debit aliran yang masuk maupun yang keluar baik yang berasal dari domestik, industri dan pertanian, untuk ini dapat kita lihat pada gambar (3-1) peta lokasi lokasi pengambilan sampel dan lokasi industri disepanjang Kali Surabaya, dapat kita lihat bahwa debit yang masuk disamping yang berasal dari domestik maupun industri adalah yang berasal dari :

- Kali marmoyo
- Kali lamong
- Kali tengah
- Kali kedurus

dan dari gambar (3-2) Skema diagram dari Kali Surabaya, dimana disepanjang Kali Surabaya dapat kita lihat bahwa debit yang keluar disamping yang berasal dari domestik maupun industri adalah pada kanal-kanal :

- Kanal simowau
- Kanal kebon agung
- Kanal jambangan
- Kanal karah
- Kanal kemlaten
- Kanal bogangin
- Kanal kedurus
- Kanal gunung sari
- dan ke Kali Mas

Untuk itu dari uraian yang sudah kita buat, maka

kita akan melakukan pembagian daerah, namun sebelumnya perlu kita sebutkan disini bahwa hal-hal yang mendasari dari pada pembagian reach yang akan kita buat adalah sebagai berikut :

1. Bahwa setiap reach mempunyai kondisi tanah, tumbuh-tumbuhan, topografi, atau dengan kata lain yang mempunyai karakteristik hidrolis yang hampir sama, misalnya kecepatan aliran, kekasaran Manning, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi aliran dalam alurnya. Dalam hal ini angka kekasaran Manning kita dasarkan pada nilai yang dibuat oleh Henderson
2. Dengan memperhatikan hal-hal yang berhubungan dengan pengukuran yang dilakukan terhadap Kali Surabaya
3. Dengan memperhatikan letak dari pada pemanfaatan yang dilakukan terhadap badan air Kali Surabaya, dalam hal ini aliran yang keluar
4. Dengan memperhatikan aliran yang masuk ke dalam badan air Kali Surabaya.
5. Dengan memperhatikan kepadatan dari pada letak titik pemasukan maupun pengeluaran dari badan air dalam suatu reach yang akan kita tentukan
6. Dengan memperhatikan batasan-batasan yang terdapat dalam QUAL2E. Dimana didalam suatu reach, jumlah computation element tidak lebih

dari 20 dan harus bilangan bulat baik dalam tiap reach maupun sepanjang DAS yang akan dibuat modelnya, dan jumlah total computation element tidak lebih dari 250. Hal ini akan kita hubungkan dengan jarak diantara reach dan jarak (panjang) element yang kita tentukan.

Dengan demikian, maka atas dasar pertimbangan yang kita lakukan seperti yang sebutkan di atas, maka dalam hal ini Kali Surabaya akan kita bagi-bagi ke dalam beberapa reach, yang mana kita mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir Wonokromo dengan panjang  $\pm 41$  km.

Adapun reach-reach dari pada pembagian yang kita lakukan dan panjang atau jarak diantara reach yang satu dengan reach yang lainnya dimana untuk hal ini kita dasarkan dari gambar (3-1), (3-2) dan gambar (3-3) yang meliputi antara lain adalah :

- REACH I : yang kita mulai dari Dam Mlirip sampai ke Kali Marmoyo dengan panjang  $\pm 6$  km.
- REACH II : dari Kali Marmoyo sampai dengan Wringin Anom dengan panjang  $\pm 7$  km.
- REACH III : dari Wringin Anom sampai dengan Kali Lamong dengan panjang  $\pm 7.5$  km.
- REACH IV : dari Kali Lamong sampai dengan Kali Tengah dengan panjang  $\pm 8.5$  km.
- REACH V : dari Kali Tengah sampai dengan sepanjang dengan

panjang  $\pm$  3.5 km

REACH VI : dari sepanjang sampai dengan Kali Kedurus dengan jarak  $\pm$  6.0 km.

REACH VII : dari Kali Kedurus sampai dengan dan Jagir dengan panjang  $\pm$  2.5 km

Di dalam masing-masing reach terdapat aliran berupa titik pemasukan/keluar dan aliran yang terdistribusi secara merata yang di dalam QUAL2E masing-masing dikenal dengan point source input/withdrawal dan incremental inflow/outflow, dimana pada masing-masing reach tersebut adalah :

REACH I : pada reach ini aliran yang masuk adalah berasal dari Kali Brantas, dan disepanjang reach ini tidak ada titik pemasukan/keluar.

REACH II : pada reach ini, titik pemasukan berupa pemasukan yang berasal dari Kali Marmoyo dengan jarak  $\pm$  35 km dari Dam Jagir, dan disepanjang reach ini tidak ada aliran titik pengeluaran.

REACH III : pada reach ini tidak ada aliran titik pemasukan/pengeluaran.

REACH IV : pada reach ini terdapat titik pemasukan berupa pemasukan yang berasal dari Kali Lamong dengan jarak  $\pm$  20.5 km dari Dam Jagir, dan titik pengeluaran/pemasukan untuk industri, yang

pertama dengan jarak  $\pm 20$  km dan yang ke dua  $\pm 19$  km yang ke tiga  $\pm 14$  km yang ke empat  $\pm 13$  km yang ke lima  $\pm 12.5$  km yang masing-masing jarak di ukur dari Dam jagir.

REACH V : pada reach ini terdapat titik pemasukan berupa pemasukan yang berasal dari Kali Tengah dengan jarak  $\pm 12$  km, dan titik pengeluaran/pemasukan pertama untuk industri dengan jarak  $\pm 11$  km, yang ke dua merupakan intake Karang Pilang dengan jarak  $\pm 10$  km, dan yang ke tiga adalah industri dengan jarak  $\pm 8.5$  km, semua jarak tersebut di ukur terhadap Dam Jagir.

REACH VI : pada reach ini, dimana titik pengeluaran berupa DI Simowau dan DI Kebun Agung kita jadikan satu titik pengeluaran dengan jarak  $\pm 8$  km, industri pertama pengeluaran/pemasukan  $\pm 7.5$  km, DI Jambangan dan DI Rowowiyung dijadikan dalam satu titik dengan jarak  $\pm 6.5$  km, titik pengeluaran/pemasukan untuk industri ke dua dengan jarak  $\pm 4.5$  dan DI jambangan, Karah dan Gunung sari dijadikan dalam satu titik dengan jarak  $\pm 3.5$  km, semua jarak tersebut di ukur terhadap Dam Jagir.

REACH VII : pada reach ini, titik pemasukan berupa pemasukan yang berasal dari Kali Kedurus dengan jarak  $\pm 2.5$  km dari Dam Jagir dan

titik pengeluaran yaitu ke Kali Mas dan aliran ke Intake Ngagel yang letaknya dekat dengan pintu Dan Jagir, untuk ini kita jadikan dalam satu titik.

Dengan mengetahui kondisi aliran pada masing-masing reach, maka dengan mudah kita dapat melakukan simulasi terhadap Kali Surabaya.

Sebagaimana yang sudah kita sebutkan dalam bab sebelumnya, yaitu di dalam peruntukan air sungai Kali Surabaya, maka kali tersebut dimasukkan dalam golongan B.

Dengan itu, maka apabila kita melakukan simulasi terhadap Kali Surabaya dengan mengadakan perubahan-perubahan terhadap debit tersebut, maka kita akan dapat melihat kondisi dari Kali Surabaya, dimana hal ini kita gunakan sebagai pengontrol terhadap golongan yang diperuntukkan terhadap badan air itu, dimana dalam hal ini adalah golongan B.

Dan juga sebagaimana yang kita ketahui, bahwa pada dasarnya dalam pengaturan badan air dikenal dua macam peraturan yang kita dikenal dengan Stream standard yaitu peraturan yang menata kualitas badan air, dan effluent Standard yaitu peraturan yang menata kualitas air limbah yang akan di buang ke dalam badan air penerima.

Dengan demikian dalam mensimulasikan debit air Kali Surabaya, kita akan berpedoman pada golongan badan air yang diberlakukan yang digunakan sebagai pengontrol, dan

berdasarkan hal tersebut maka aliran yang terdapat dalam badan air digolongkan dalam golongan B, juga dalam hal ini termasuk aliran yang keluar baik yang diperuntukkan untuk keperluan industri, domestik maupun untuk keperluan pertanian, sedangkan aliran yang masuk berupa aliran yang berasal dari air buangan yang sudah digunakan kita sesuaikan dengan ketentuan yang diberlakukan dalam Baku Mutu Air Limbah di Jawa Timur. Perlu kita tekankan disini bahwa aliran masuk/keluar yang berasal dari domestik atau aliran air tanah dalam program yang kita gunakan di asumsikan bahwa aliran tersebut terdistribusi secara merata disepanjang daerah aliran sungai. Untuk hal-hal ini lebih jelasnya akan kita bicarakan dalam implementasi QUAL2E.

### 3.6. PENGUMPULAN DAN PENYAJIAN DATA

Sebelum kita memasuki pada tahap analisa data, maka sebelumnya kita harus melakukan pengumpulan data, dimana data yang kita perlukan disesuaikan dengan maksud dan tujuan dari yang kita bahas untuk mencapai sasaran yang kita harapkan.

Di dalam pengumpulan data, maka data tersebut harus representatif, dimana dari segi waktu harus cukup panjang untuk dapat mencakup kisaran yang cukup dari informasi yang akan digunakan, disamping itu data tersebut juga harus homogen, bahwa data itu harus mempunyai arti yang homogen sepanjang masa rekaman, dimana ketidak

seragaman tersebut dapat terjadi baik secara alamiah maupun disebabkan oleh aktivitas manusia, dengan demikian hal-hal tersebut harus benar-benar untuk diperhatikan.

Setelah kita melakukan pengumpulan data, maka untuk selanjutnya kita akan memasuki pada tahap pengolahan data yang kemudian akan kita sajikan untuk tujuan analisa data. Dalam tahap pengolahan data, kita menentukan variabel yang hendak kita analisa dari data-data yang kita kumpulkan.

Di dalam penulisan tugas akhir ini, data-data yang diperlukan untuk mensimulasikan debit Kali Surabaya adalah data-data debit aliran, tinggi muka air dan kecepatan aliran. Adapun data-data yang diperlukan tersebut, kita peroleh dari hasil pengamatan yang sudah dilakukan oleh dinas pengairan Brantas Hilir Surabaya, dimana data debit aliran diperoleh dari pengamatan tinggi muka air, sedangkan data kecepatan aliran diperoleh dari hasil pengukuran yang dilakukan dengan alat ukur current meter.

Data-data yang diperoleh dari hasil pengamatan lapangan, akan kita kumpulkan selama lima tahun tahun terakhir, dimana pengumpulan data-data tersebut meliputi data debit aliran, tinggi muka air dan data kecepatan aliran.

Dari data-data tersebut akan kita olah dan akan kita sajikan, dimana bentuk data-data yang akan kita olah adalah merupakan data rata-rata perbulan, hal ini sudah

dapat memberikan informasi tentang kondisi dari setiap kejadian yang ada dan juga bahwa data-data hidrologi adalah merupakan data yang bersifat berulang.

### 3.7. ANALISA DATA-DATA HIDROLOGI

Setelah kita melakukan pengumpulan data, pengolahan data dan penyajian data, maka untuk tahap selanjutnya kita akan akan melakukan analisa data.

Sebagaimana yang kita ketahui, bahwa tujuan dari analisa data adalah untuk menyederhanakan data dalam bentuk yang lebih sederhana, sehingga memudahkan kita dalam membaca dan menginterpretasikan data tersebut.

Dalam proses analisa data, seringkali kita gunakan metoda statistik, dimana hal ini merupakan salah satu fungsi dari statistik adalah untuk menyederhanakan data, disamping itu statistik juga dapat membandingkan hasil yang diperoleh dengan hasil yang terjadi secara kebetulan, sehingga memungkinkan kita untuk menguji apakah hubungan yang diamati memang betul-betul terjadi adanya hubungan secara sistematis antara variabel-variabel yang diambil atau hanya terjadi secara kebetulan.

Setelah kita melakukan analisa data dan diperoleh informasi yang lebih sederhana, maka dari hasil analisa tersebut kita interpretasikan untuk mencapai makna atau pengertian yang lebih luas dan implikasi dari hasil-hasil analisa yang artinya diadakan inferensi tentang hubungan

yang diamati.

Dalam penulisan tugas akhir ini, akan kita lakukan sebagaimana yang disebutkan di atas.

Seperti yang sudah kita sebutkan bahwa dalam mensimulasikan debit Kali Surabaya kita akan menggunakan QUAL2E, dimana dalam analisa yang akan kita lakukan, kita harus berpedoman pada apa yang terdapat pada QUAL2E tersebut agar dalam pencapaian maksud dan tujuan tidak menyimpang dari yang kita inginkan.

Sebagaimana yang kita ketahui bahwa didalam QUAL2E dapat kita lihat hubungan antara debit aliran, tinggi muka air dan kecepatan aliran yang sudah dirumuskan sebagai berikut :

$$V = a Q^b \dots\dots\dots(3-2)$$

$$D = c Q^d \dots\dots\dots(3-3)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran

D = Tinggi muka air

Q = Debit aliran

a = Koefisien kecepatan

b = Eksponen kecepatan

c = Koefisien kedalaman

d = Eksponen kedalaman

Dimana persamaan (3-2) dan (3-3) itu adalah termasuk dalam persamaan non linier, dimana apabila kita bawa ke statistik, maka persamaan tersebut termasuk dalam

regresi non linier yang berbentuk lengkung logaritme dengan persamaan umumnya adalah :

$$Y = a X^b \dots\dots\dots(3-4)$$

dimana persamaan (3-2) dan (3-3) dapat kita samakan (identik) dengan persamaan (3-4) sehingga persamaannya menjadi :

$$Y_1 = a X_1^b \dots\dots\dots(3-5)$$

$$Y_2 = c X_1^d \dots\dots\dots(3-6)$$

Dimana :

$$Y_1 = \text{Kecepatan aliran}$$

$$Y_2 = \text{Tinggi muka air}$$

a, b, c dan d = Sesuai dengan definisi diatas

Dari apa yang kita inginkan, yaitu untuk menentukan nilai-nilai dari pada a, b, c, dan d. Koefisien-koefisien tersebut dapat kita tentukan dari data pengamatan yang kita peroleh.

Penentuan nilai dari pada a, b, c, dan d kita lakukan dengan cara yang sama seperti yang sudah kita bicarakan dalam bab dua pada konsep dasar statistik. Pertama-tama yang kita lakukan adalah, dari persamaan (3-5) dan (3-6) itu kita jadikan persamaannya ke bentuk persamaan linier dengan jalan melogaritmekan persamaan tersebut, hal ini kita lakukan hanya semata-mata untuk memudahkan dalam penyelesaian persamaan itu, dengan demikian maka persamaan (3-5) dan(3-6) akan menjadi linier dalam bentuk logaritme yaitu :

$$\text{Log } Y_1 = \text{Log } a + b \text{ Log } X_1 \dots\dots\dots(3-7)$$

$$\text{Log } Y_2 = \text{Log } c + d \text{ Log } X_1 \dots\dots\dots(3-8)$$

Agar logaritme tersebut hilang maka kita lakukan pemisalan yaitu :

$$\text{Log } Y_1 = Y_1$$

$$\text{Log } Y_2 = Y_2$$

$$\text{Log } a = a$$

$$\text{Log } c = c$$

$$\text{Log } X_1 = X_1$$

Dengan mensubstitusikan pemisalan yang kita buat itu kedalam persamaan (3-7) dan (3-8) maka bentuk persamaan liniernya akan menjadi :

$$Y_1 = a + b X_1 \dots\dots\dots(3-9)$$

$$Y_2 = c + d X_1 \dots\dots\dots(3-10)$$

Dimana :

$Y_1, Y_2, X_1, a, b, c,$  dan  $d =$  Sesuai dengan definisi diatas.

Dari persamaan (3-9) dan (3-10) tersebut akan kita cari nilai-nilai koefisien  $a, b, c$  dan  $d$  dengan cara metoda kuadrat terkecil yaitu :

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_{i-1} - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right) \left( \sum_{i=1}^n Y_{i-1} \right)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2} \dots\dots\dots(3-11)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{i-1}}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(3-12)$$

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_{i-2} - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right) \left( \sum_{i=1}^n Y_{i-2} \right)}{\sum_{i=1}^n X_i - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2} \dots\dots\dots(3-13)$$

$$c = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{i-2}}{n} - d \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(3-14)$$

Dimana :

- n = Jumlah pengamatan data, dan i = 1, 2, 3,.....,n
- $Y_{i-1}$  = Kecepatan aliran yang ke i
- $X_i$  = Debit aliran yang ke i
- $Y_{i-2}$  = Tinggi muka air yang ke i

Data-data yang ada terlebih dahulu dilogaritmekan baru kita substitusikan ke persamaan di atas, Dengan mensubstitusikan data-data ke persamaan di atas maka nilai-nilai dari a, b, c dan d akan kita peroleh, namun nilai-nilai dari a dan c masih dalam bentuk logaritme.

Dengan demikian apabila kita akan mensubstitusikan nilai yang kita dapatkan tersebut ke persamaan (3-5) dan (3-6) maka nilai dari a dan c tersebut harus dicari dahulu anti logaritmenya, dengan demikian maka persamaan dari lengkung logaritmenya akan didapatkan.

Setelah kita dapatkan persamaan lengkung logaritmenya, maka akan kita gunakan dalam program QUAL2E untuk mensimulasikan debit aliran sebagaimana yang kita inginkan dalam tugas akhir ini.

Dari pembagian dan pembebanan pada masing-masing reach tersebut kita akan mengimplementasikannya pada program QUAL2E. Dari tabel tersebut dapat kita lihat bahwa jumlah dari point load sebanyak 18 buah. Aliran incremental inflow atau outflow yang berasal dari domestik, run-off dan aliran air tanah adalah aliran yang terdistribusi secara merata disepanjang DAS. Dalam tahap selanjutnya adalah merupakan pengoperasian, untuk itu diperlukan data input yang berasal dari pada apa yang kita dapatkan dari hasil analisa yang dilakukan. Adapun data-data input yang kita perlukan dalam menjalankan program tersebut adalah :

- Data type 1 yang berguna untuk mengontrol program dan karakteristik dari sistem sungai, juga menggambarkan kondisi dari geografi/meteorologi dari sistem sungai
- Data type 2 yang menggambarkan pembagian reach
- Data type 4 adalah data yang mengidentifikasikan masing-masing reach
- Data type 5 adalah data hidrolis, dimana dari hasil analisa diperoleh nilai-nilai koefisien untuk kecepatan dan kedalaman, dan kekasaran manning kita asumsikan sebesar 0.04
- Data type 7 adalah merupakan kondisi awal dari masing-masing reach, dimana kita sesuaikan dengan kondisi dari pada peruntukan sungai tersebut

- Data type 8 yaitu aliran yang terdistribusi secara merata pada masing-masing reacad
- Data type 10 adalah merupakan data awal dari sistem sungai yang terdapat pada daerah hulu yaitu pada dam Klirip
- Data type 11 yaitu point load, dimana dalam hal ini terdapat sebanyak 18 buah disepanjang daerah aliran sungai, untuk ini dimana aliran yang keluar kondisinya sama dengan kondisi dari badan air sedangkan aliran yang masuk kita sesuaikan dengan dari apa yang dimaksudkan dalam peraturan atau kebijaksanaan yang berlaku
- Data-data tambahan yang diperlukan sebagai kontrol yang kita gunakan adalah menyangkut dengan golongan yang diperuntukkan terhadap Kali Surabaya.

Dari apa yang kita sebutkan di atas maka, tahap berikutnya adalah memasukkan data-data yang kita peroleh kedalam program yang kita gunakan (QUAL2E), yang merupakan langkah awal dari pada pelaksanaan program. Untuk selanjutnya adalah mengadakan simulasi dengan melakukan perubahan-perubahan terhadap besarnya debit untuk berbagai kondisi.

Adapun tahapan-tahapan yang kita lakukan terhadap pelaksanaan dari pada simulasi tersebut adalah dengan melakukan perubahan terhadap :

1. Besarnya debit yang berada pada headwater (daerah hulu), yang kita mulai dari debit minimum ( $\pm 10 \text{ m}^3/\text{dt}$ ) pada Dam Mlirip dan akan kita naikkan setiap  $10 \text{ m}^3/\text{dt}$ .
2. Demikian juga halnya terhadap aliran yang masuk maupun aliran yang keluar, dimana untuk hal ini kita berpedoman pada fungsi dari pemakaian dan pemasukan yang terjadi disepanjang DAS, sebagaimana yang dapat kita lihat pada tabel (4-1) dan gambar (4-2) yaitu pembagian dan pembebanan pada masing-masing reach, sedangkan besarnya dapat kita lihat pada gambar (3-3).
3. Disamping hal-hal tersebut dalam butir 1 dan 2 di atas, juga kita memasukkan parameter-parameter yang kita gunakan sebagai kontrol terhadap peraturan/kebijaksanaan yang diberlakukan terhadap Kali Surabaya karena adanya perubahan yang terjadi disepanjang DAS.

Dengan demikian, dari apa yang kita lakukan sebagaimana yang dimaksudkan di atas, maka sudah dapat kiranya memberi gambaran tentang simulasi tentang debit aliran dalam hubungannya dengan fungsi dasar dari Kali Surabaya.

Disamping hal tersebut, kita akan dapat mengetahui seberapa besar potensi Kali Surabaya untuk dapat mengantisipasi terhadap perubahan yang terjadi dengan

tinjauan terhadap :

1. Besarnya pemakaian yang terjadi disepanjang DAS
2. Golongan yang diberlakukan terhadap Kali Surabaya, baik yang terdapat pada badan air sendiri maupun aliran yang masuk ke dalam badan air.

Dari tinjauan yang kita lakukan tersebut di atas, dimana pada dasarnya kita akan melihat seberapa besar pengaruh faktor alamiah terhadap perubahan yang terjadi. Maka dari itu pertama-tama yang kita lakukan adalah :

- Dengan debit minimum sebesar  $10 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada Dam Mlirip akan kita buat bahwa DO minimum sebesar 4 mg/l disepanjang DAS. Untuk ini tidak ada aliran yang masuk/keluar.
- Mempertimbangkan aliran yang masuk/keluar disepanjang DAS.
- Mempertimbangkan besarnya parameter yang masuk/keluar berdasarkan stream standard dan effluent standard dalam hubungannya dengan debit minimum.

Untuk lebih jelasnya, hal tersebut di atas dapat kita lihat dari hasil simulasi yang kita lakukan. Untuk itu dapat kita lihat pada analisa masalah pada bab berikutnya.

## BAB V

### ANALISA MASALAH

#### 5.1. ANALISA MASALAH

Pada implementasi QUAL2E, sudah kita bicarakan bahwa dalam mensimulasikan debit aliran kita akan memanfaatkan kondisi alamiah dari sungai tersebut, yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang ditimbulkannya terhadap simulasi debit yang kita lakukan.

Sebagai kontrol untuk melihat keadaan tersebut di atas kita gunakan parameter DO, yang mana besarnya dipengaruhi oleh koefisien reaerasi.

Untuk koefisien reaerasi tersebut, pemilihan yang kita lakukan terhadap perumusan yang digunakan adalah persamaan O'Connor dan Dobbins.

Di dalam perumusan tersebut dapat kita lihat bahwa koefisien reaerasi adalah merupakan fungsi dari temperatur, koefisien difusi, kecepatan dan kedalaman. Dari simulasi yang kita lakukan bahwa temperatur dan koefisien difusi dianggap sama disepanjang DAS, dengan demikian maka koefisien reaerasi adalah fungsi dari pada kecepatan dan kedalaman.

Perhitungan besarnya debit aliran, perhitungannya dihitung berdasarkan hukum kontinuitas, dimana

variabel-variabel yang terdapat di dalam hukum kontinuitas tersebut adalah debit, kecepatan dan luas penampang basah. Pada QUAL2E dengan hanya mengetahui debit aliran maka akan dapat diketahui kecepatan, kedalaman dan luas cros section pada masing-masing element. Hal ini juga berlaku apabila kita mempertimbangkan aliran yang masuk/keluar baik yang terjadi secara point load (misalnya dari anak-anak sungai) maupun yang terdistribusi secara merata, untuk itu perhitungannya berdasarkan mass balance.

Sebagai mana yang kita lakukan bahwa sebagai kontrol yang kita gunakan adalah parameter DO, dimana hal ini juga tidak lepas dengan peraturan yang ada pada suatu daerah baik skala regional maupun nasional dimana pada dasarnya kita ketahui bahwa ada dua macam peraturan yang mengatur badan air yaitu :

1. Stream standard, yaitu peraturan yang mengatur badan air. Dalam hal ini Kali Surabaya sudah ditetapkan sesuai dengan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur Nomor 187 Tahun 1988 tentang peruntukan air sungai di Jawa Timur bahwa Kali Surabaya berada dalam golongan B
2. Dan yang ke dua adalah effluent standard, yaitu peraturan yang menata kualitas air limbah yang akan di buang ke dalam badan air. Untuk ini sudah dikeluarkan surat keputusan Gubernur

Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur Nomor 414 Tahun 1987 tentang penggolongan dan baku mutu air limbah di Jawa Timur, yang berarti air limbah yang masuk ke dalam badan air harus berasal dari golongan I.

Hal-hal inilah yang mendasari kita dalam melakukan kontrol terhadap badan air tersebut.

Dari apa yang kita maksudkan dengan memanfaatkan faktor alamiah dari sungai tersebut, maka debit dasar yang kita lakukan adalah pada kondisi debit minimum.

Besarnya debit minimum pada Dam Mlirip adalah sebesar  $10 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Dan kita harapkan besarnya DO disepanjang DAS adalah lebih besar atau sama dengan  $4 \text{ mg/l}$  untuk debit minimum tersebut.

Untuk mempertahankan DO sebagaimana yang kita harapkan dan dengan melihat faktor alamiah dari sungai, maka untuk ini tujuan yang akan kita lakukan adalah :

1. Dengan debit sebesar  $10 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada Dam Mlirip dan DO disepanjang DAS lebih besar atau sama dengan  $4 \text{ mg/l}$ , untuk ini kita buat tidak ada aliran yang masuk/keluar di sepanjang DAS. Adapun maksud dari pada butir ini adalah kita gunakan sebagai dasar untuk melihat pengaruh yang akan terjadi apabila kita mempertimbangkan adanya aliran yang masuk/keluar dalam hubungannya dengan faktor alamiah dari sungai

dan DO disepanjang DAS tersebut.

2. Dengan mempertimbangkan aliran yang masuk/keluar, dimana DO yang masuk/keluar sama yaitu sebesar 4 mg/l dan debit pada Dam Mlirip sebesar  $10 \text{ m}^3/\text{dt}$  (kondisi I). Adapun maksud dari pada butir ini adalah untuk melihat pengaruh yang terjadi dengan adanya aliran yang masuk/keluar disepanjang DAS. Dimana, apabila pada kondisi tersebut DO disepanjang DAS terpenuhi yaitu lebih besar atau sama dengan 4 mg/l maka kita akan menerapkan efluent standard dengan BOD yang masuk ke badan air sebesar 30 mg/l dan DO sama dengan 4 mg/l (kondisi II). Apabila tidak terpenuhi berarti kita akan melakukan penambahan debit sampai mencapai DO yang kita harapkan yaitu sebesar 4 mg/l disepanjang DAS baik untuk kondisi I maupun untuk kondisi II.

3. Penambahan debit aliran

Penambahan debit aliran akan kita lakukan pada Dam Mlirip dan pada point load.

Berdasarkan dari tinjauan yang kita lakukan di atas, maka dari hasil run-out yang diperoleh dapat kita lihat pengaruh yang terjadi pada masing-masing keadaan. Untuk itu akan kita lihat pada analisa masalah di bawah ini.

Mengenai hasil run-out dari tinjauan yang dilakukan tersebut kami pisahkan tersendiri, hal ini dapat dilihat pada buku II.

## 5.2. ANALISA TERHADAP TINJAUAN PADA ANALISA MASALAH

### 5.2.1. ANALISA TERHADAP TINJAUAN PADA BUTIR SATU

Didalam hal ini, dimana debit aliran pada Dam Mlirip sebesar  $10 \text{ m}^3/\text{dt}$ , dan diharapkan DO lebih besar atau sama dengan  $4 \text{ mg/l}$  disepanjang DAS, dan tidak ada aliran yang masuk/keluar disepanjang DAS.

Maka dari hasil run-out, sebagaimana yang sudah kita lakukan, dapat kita lihat bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi disepanjang DAS, namun untuk setiap element pada suatu reach besarnya sama
- Besarnya waktu tempuh/perjalanan dalam suatu computation element dengan panjang  $250 \text{ m}$  berbeda dalam suatu reach dengan reach yang lain. Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar  $1.186$  hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari  $33.98 \text{ m}^2/\text{dt}$  sampai dengan  $51.11 \text{ m}^2/\text{dt}$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari  $0.30/\text{hari}$  sampai dengan  $0.33/\text{hari}$ , demikian juga

dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.

- BOD menurun mulai dari 5.99 mg/l pada Dam Mlirip sampai dengan 4.85 mg/l pada Dam Jagir.

#### 5.2.2. ANALISA TERHADAP TINJAUAN BUTIR DUA KONDISI I

Dengan mempertimbangkan adanya aliran yang masuk/keluar, dimana DO dan BOD yang masuk/keluar sama yaitu sebesar 4 mg/l untuk DO dan 6 mg/l untuk BOD.

Maka berdasarkan hasil run-out dapat kita lihat bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, cross section area dan koefisien dispersi bervariasi dalam suatu reach.
- Besarnya waktu tempuh/perjalanan aliran dalam suatu computation element dengan panjang 250 m, berbeda dalam suatu reach dengan reach yang lain. Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar 1.118 hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari 33.98  $m^2/dt$  sampai dengan 52.80  $m^2/dt$ .
- Koefisien regenerasi bervariasi mulai dari 0.3/hari sampai dengan 0.34/hari, demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.

- BOD menurun mulai dari 5.89 mg/l pada Dam Mlirip sampai dengan 5.17 mg/l pada Dam Jagir. Sama halnya dengan DO, untuk kondisi ini DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 11 element ke 154 dengan jarak  $\pm$  38.5 km dari Dam Mlirip (grafik 5-1a) dan (grafik 5-1b).

Dengan demikian, dari hasil yang diperoleh di atas maka perlu kita melakukan penambahan debit untuk mencapai DO sebagaimana yang diharapkan.

### 5.2.3. ANALISA TERHADAP TINJAUAN PADA BUTIR TIGA KONDISI I

Dengan tidak tercapainya DO sebagaimana yang diharapkan disepanjang DAS pada kondisi I, maka kita akan melakukan penambahan debit aliran.

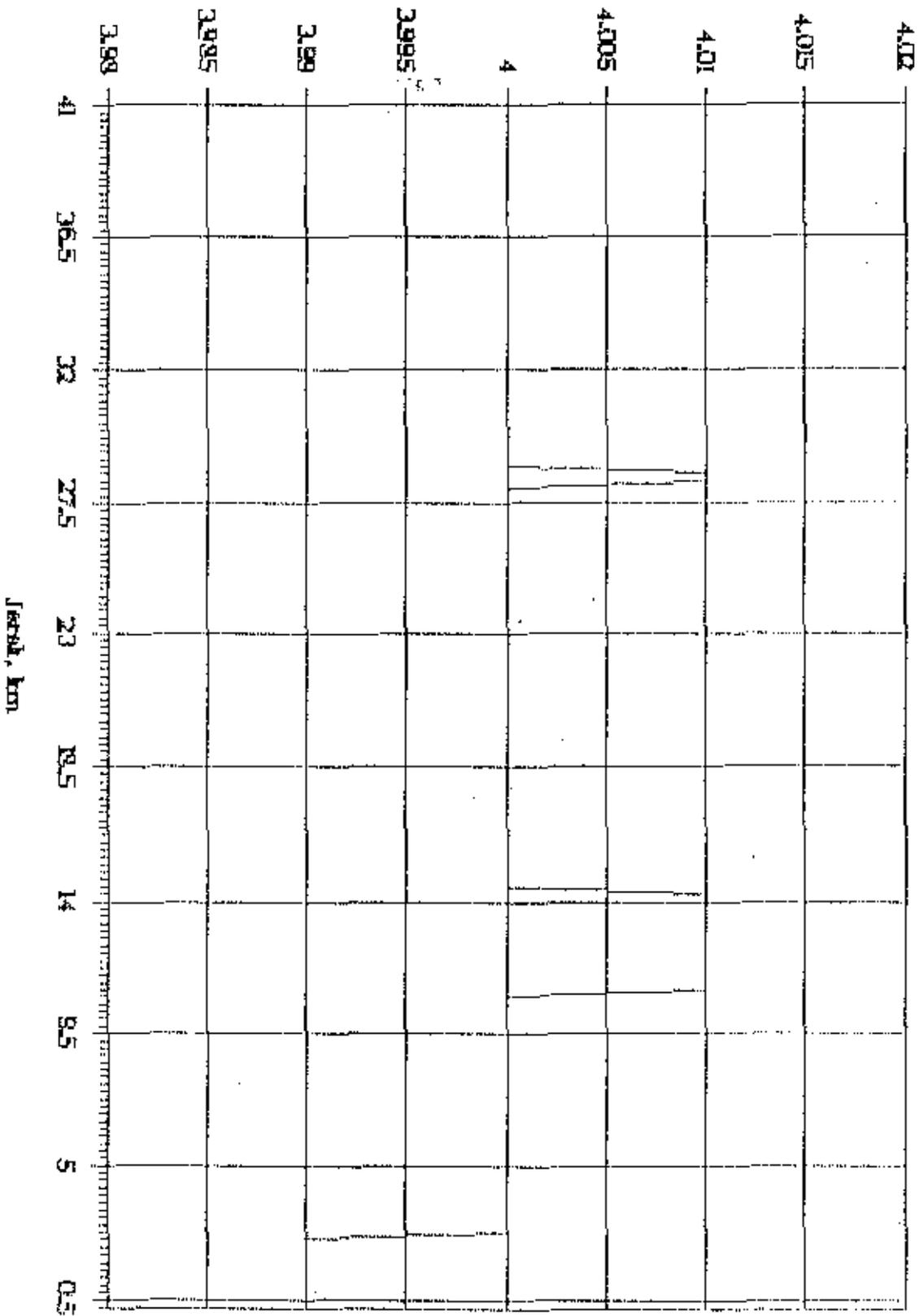
Penambahan debit aliran tersebut akan kita lakukan pada point load 1, 2, 8 dan 17 (pada anak-anak sungai) dan pada Dam Mlirip.

Dengan cara coba-coba, maka besarnya penambahan debit aliran yang kita dapatkan sebesar  $2 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada Dam Mlirip sudah dapat mencapai DO sebagaimana yang kita harapkan .

Untuk selanjutnya kita akan lihat pengaruh yang akan terjadi apabila kita melakukan penambahan yang dilakukan pada point load sebagaimana yang kita sebutkan di atas. Untuk ini debit awal pada Dam Mlirip adalah sebesar  $10 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

DO, mg/l

$Q$  equal  $10 \text{ m}^3/\text{dt}$



Grafik (5-1a)

V-8a

DEBIT (M<sup>3</sup>/DT)

DEBIT AVAL 10 M<sup>3</sup>/DT



Grafik (5-1b)

V-8b

Dengan demikian dari penambahan yang dilakukan pada :

POINT LOAD 1 (Kali Marmoyo) dengan jarak  $\pm 6$  km dari Dam Mlirip, maka dari hasil run-out diperoleh bahwa :

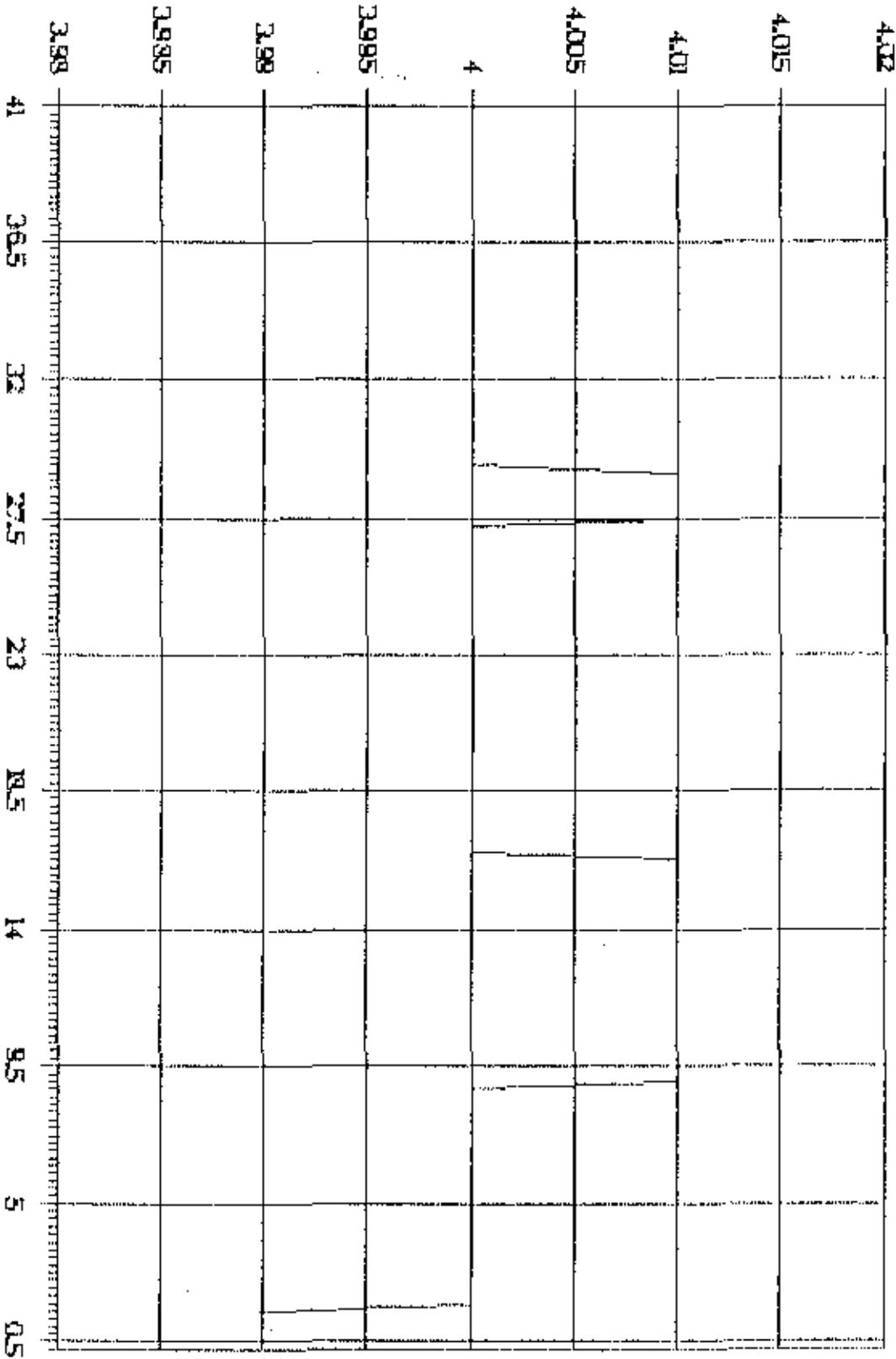
- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai Dam Jagir sebesar 1.081 hari
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari 33.98  $m^2/dt$  sampai dengan 58.19  $m^2/dt$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari 0.3/hari sampai dengan 0.34/hari, demikian juga dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.
- Besarnya DO menurun dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir, dimana DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 12 element ke 158 dengan jarak  $\pm 39.5$  km dari Dam Mlirip (grafik 5-2a) dan (grafik 5-2b).

POINT LOAD 2 (Kali Lamong) dengan jarak  $\pm 20.5$  km dari Dam Mlirip, maka dari hasil run-out yang diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam

DO, mg/l

Q. awal 10 m<sup>3</sup>/dt  
Pencampuran pada 5 km dari Dam Hilirip



Grafik (5-2a)

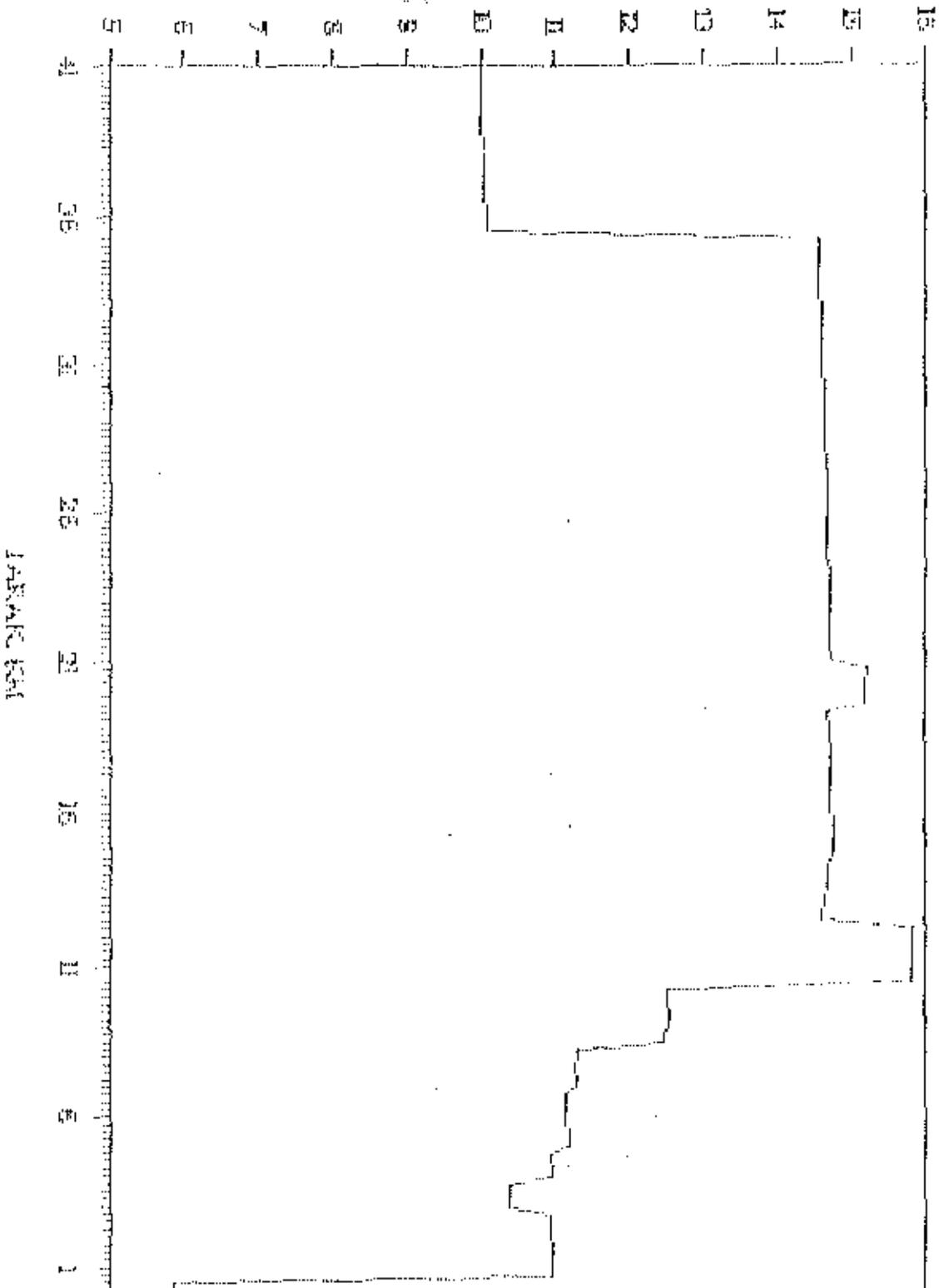
V-10a

Jarak, km

Ditambah 2 m<sup>3</sup>/dt

DEBIT M3/DT

DEBIT AWAL TO M3E/DT



Grafik (5-2b)  
V-10b

Mlirip sampai Dam Jagir sebesar 1.089 hari.

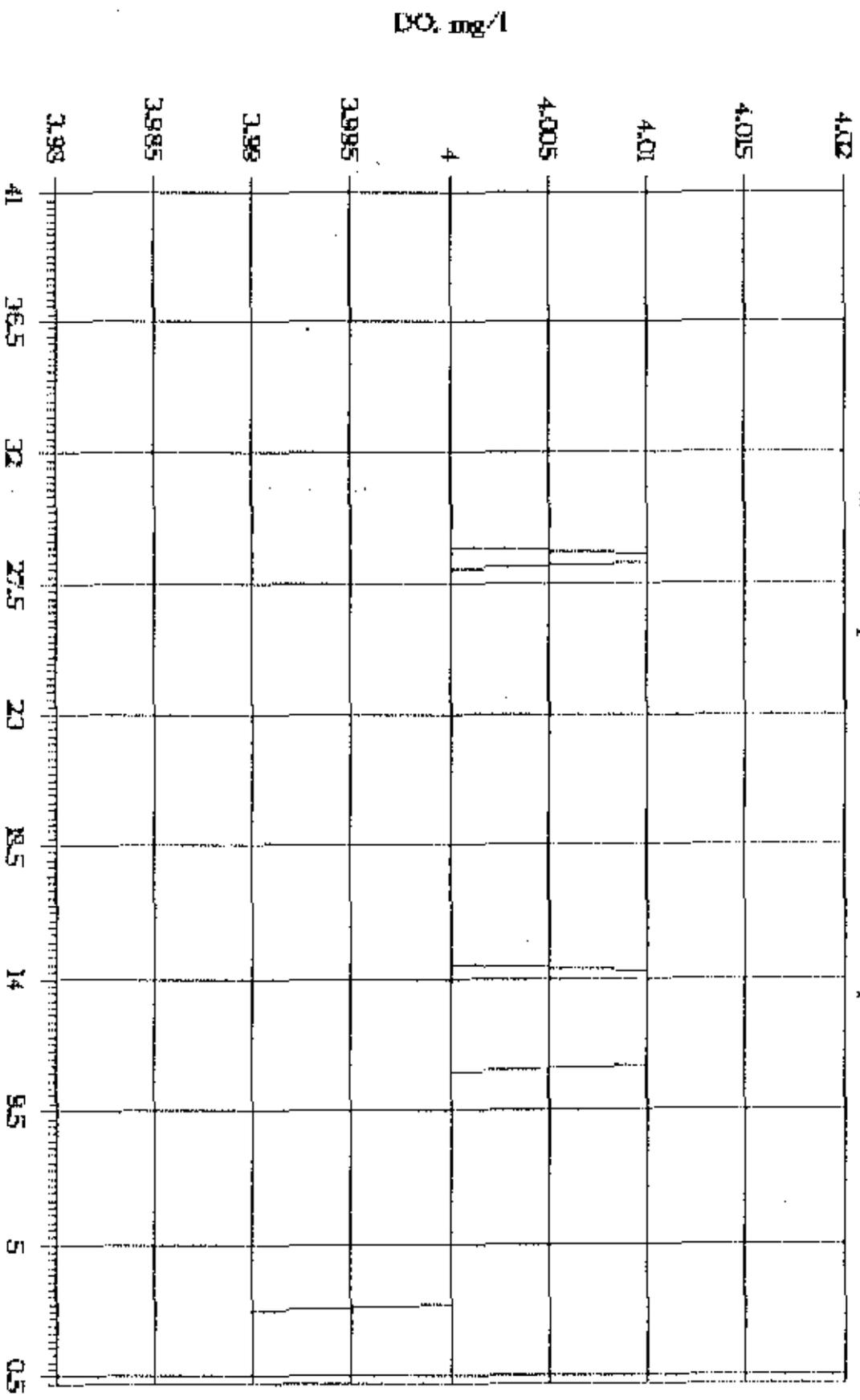
- Koefisient dispersi bervariasi mulai dari 33.98  $m^2/dt$  sampai dengan 56.19  $m^2/dt$ .
- Koefisient reaerasi bervariasi mulai dari 0.30/hari sampai dengan 0.34/hari, demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.
- Besarnya DO menurun mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir, dimana DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 11 element ke 153 dengan jarak  $\pm$  38.25 km dari Dam Mlirip (grafik 5-3a) dan (grafik 5-3b).

POINT LOAD B (Kali Tengah) dengan jarak  $\pm$  29 km dari Dam Mlirip, maka dari hasil run-out diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisient dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach.
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai Dam Jagir sebesar 1.089 hari.
- Koefisient dispersi bervariasi mulai dari 33.98  $m^2/dt$  sampai dengan 56.19  $m^2/dt$ .
- Koefisient reaerasi bervariasi mulai dari 0.30/hari sampai dengan 0.34/hari, demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.
- Besarnya DO menurun mulai dari Dam Mlirip sampai

# Q QUAL TO M<sup>3</sup>/dt

Pembelahan pada 20.5 km dari Desa Mlurip

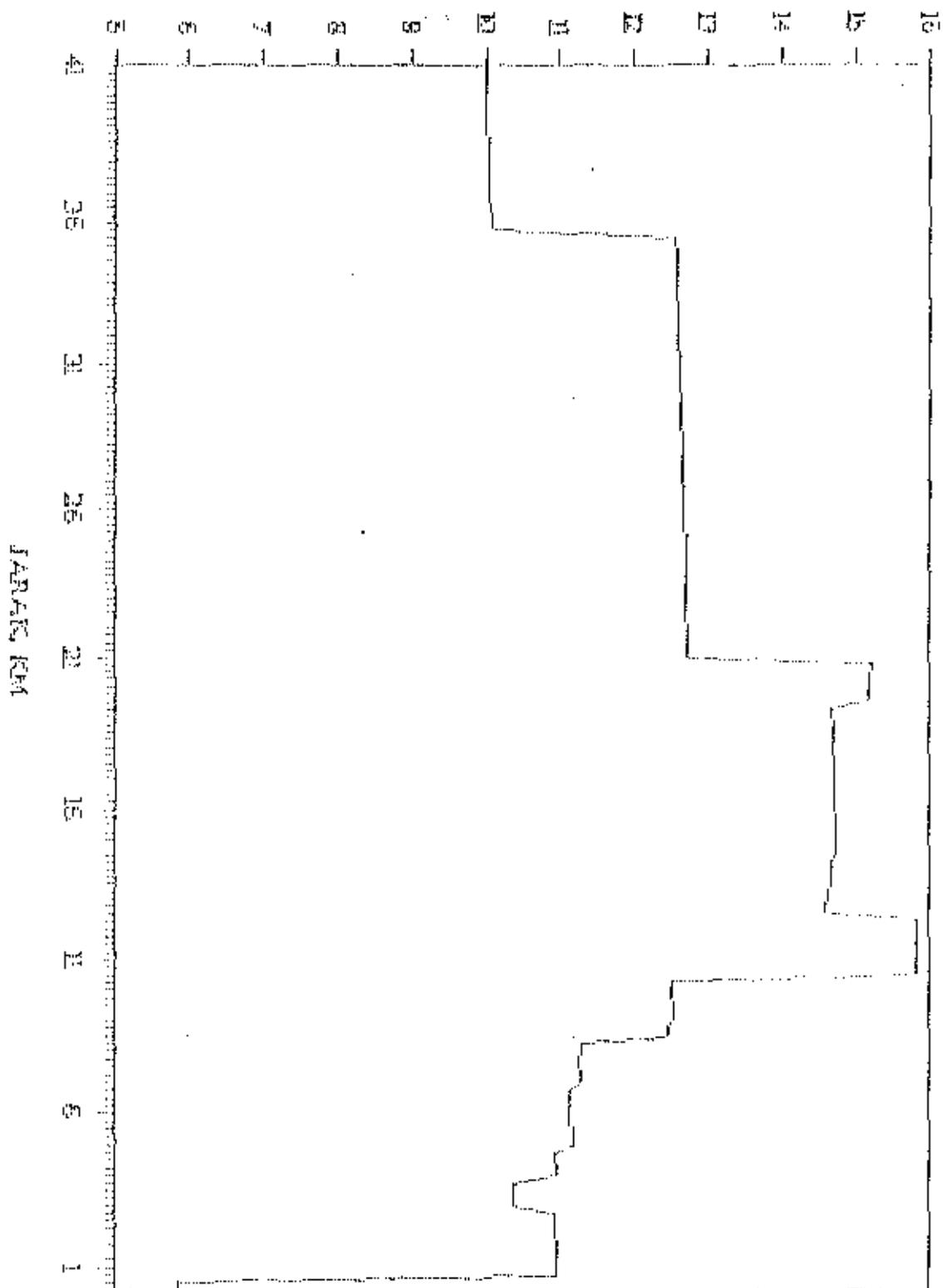


Grafik (5-3a)

V-12a

Jarak, km  
Dibuat pada 2 m<sup>3</sup>/dt

DEBT M 3/DT



DEBT M 3/DT

Grafik (5-3b)

V-12b

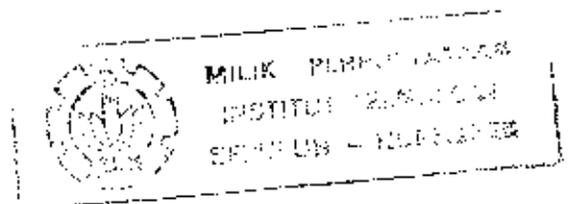
dengan Dam Jagir, dimana DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 11 element ke 145 dengan jarak  $\pm$  38.25 km dari Dam Mlirip (grafik 5-4a) dan (grafik 5-4b).

POINT LOAD 17 (Kali Kedurus) dengan jarak  $\pm$  38.25 km dari Dam Mlirip, maka dari hasil run-out diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai Dam Jagir sebesar 1.115 hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari 33.98  $m^2/dt$  sampai dengan 52.80  $m^2/dt$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari 0.30/hari sampai dengan 0.34/hari, demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.
- Besarnya DO menurun mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir, dimana DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 12 element ke 155 dengan jarak  $\pm$  38.75 km dari Dam Mlirip (grafik 5-5a) dan (grafik 5-5b).

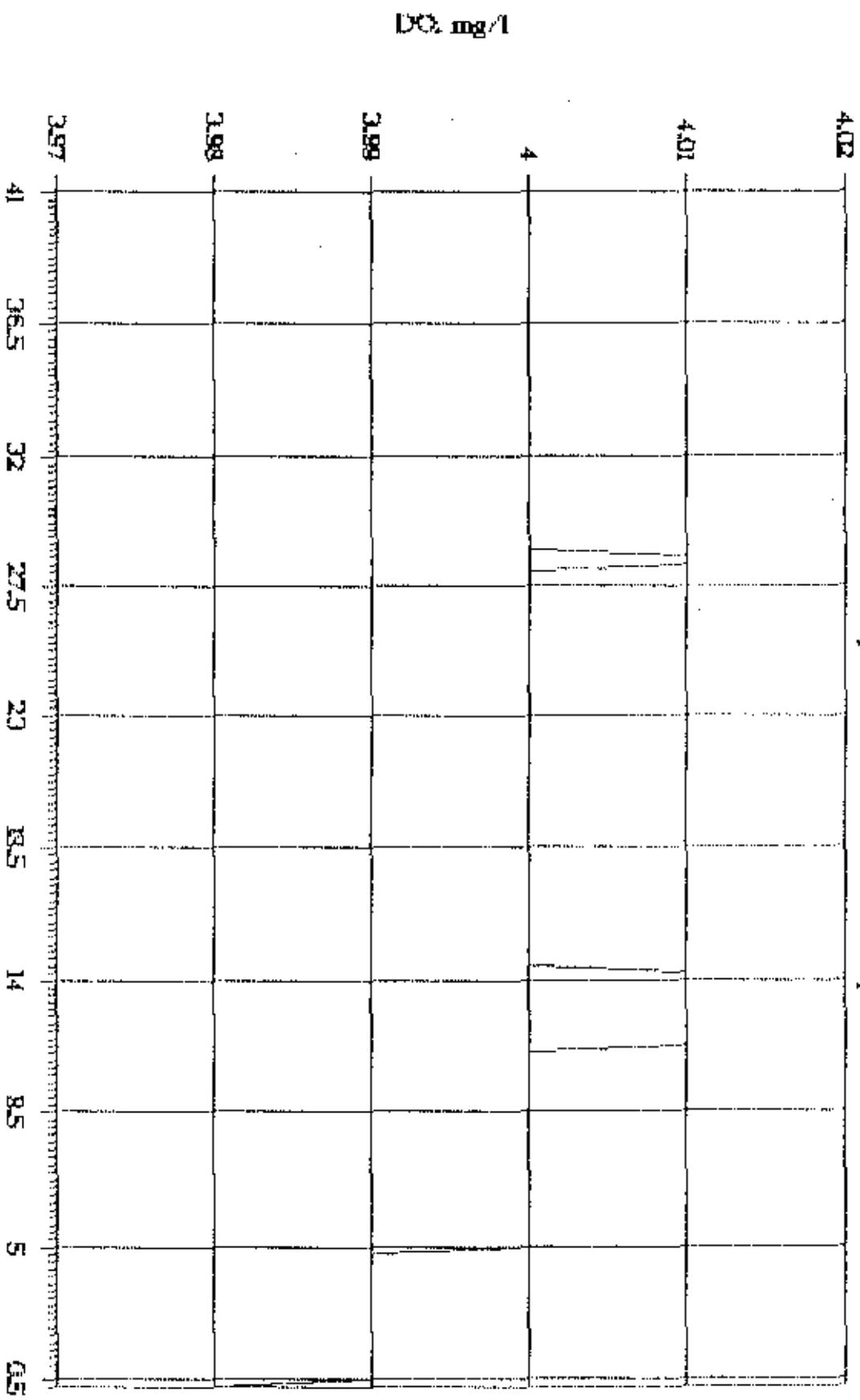
PADA DAM MLIRIP dengan debit sebesar 12  $m^3/dt$ , maka dari hasil run-out diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam



$Q_{\text{DIBAWA}} 10 \text{ m}^3/\text{dt}$

Pengaliran pada 29 km dari Desa Millip



Grafik (5-4a)

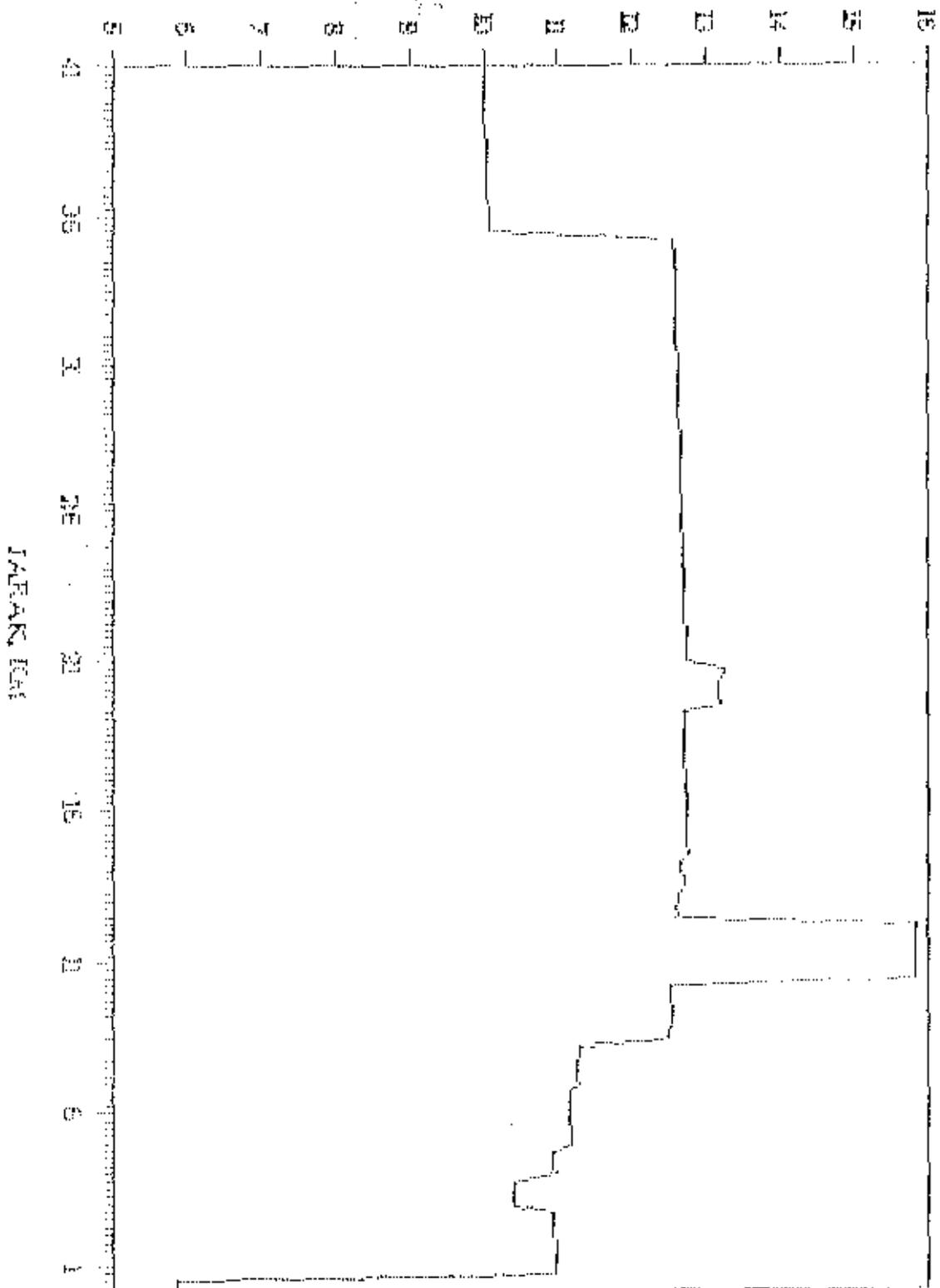
V-14a

jarak, km  
Dibawah 2 m³/dt

point load of 10 tons

1/25/50

DEBT METERS

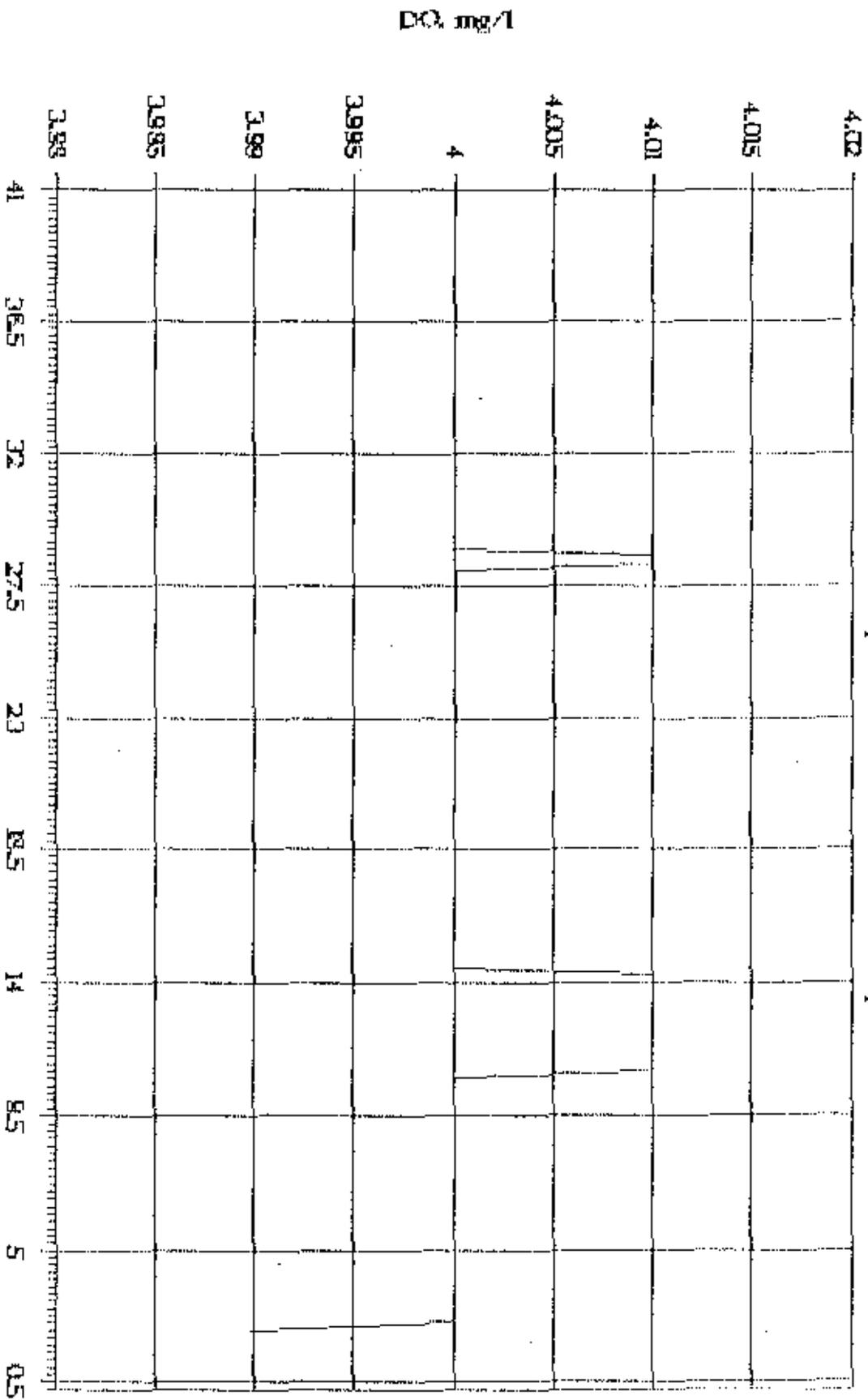


Grafik (5-4b)

V-14b

*Q QUAL 10 m<sup>3</sup>/dt*

Pemeriksaan pada 38,5 km dari Desa Mirip



Grafik (5-5a)

V-15a

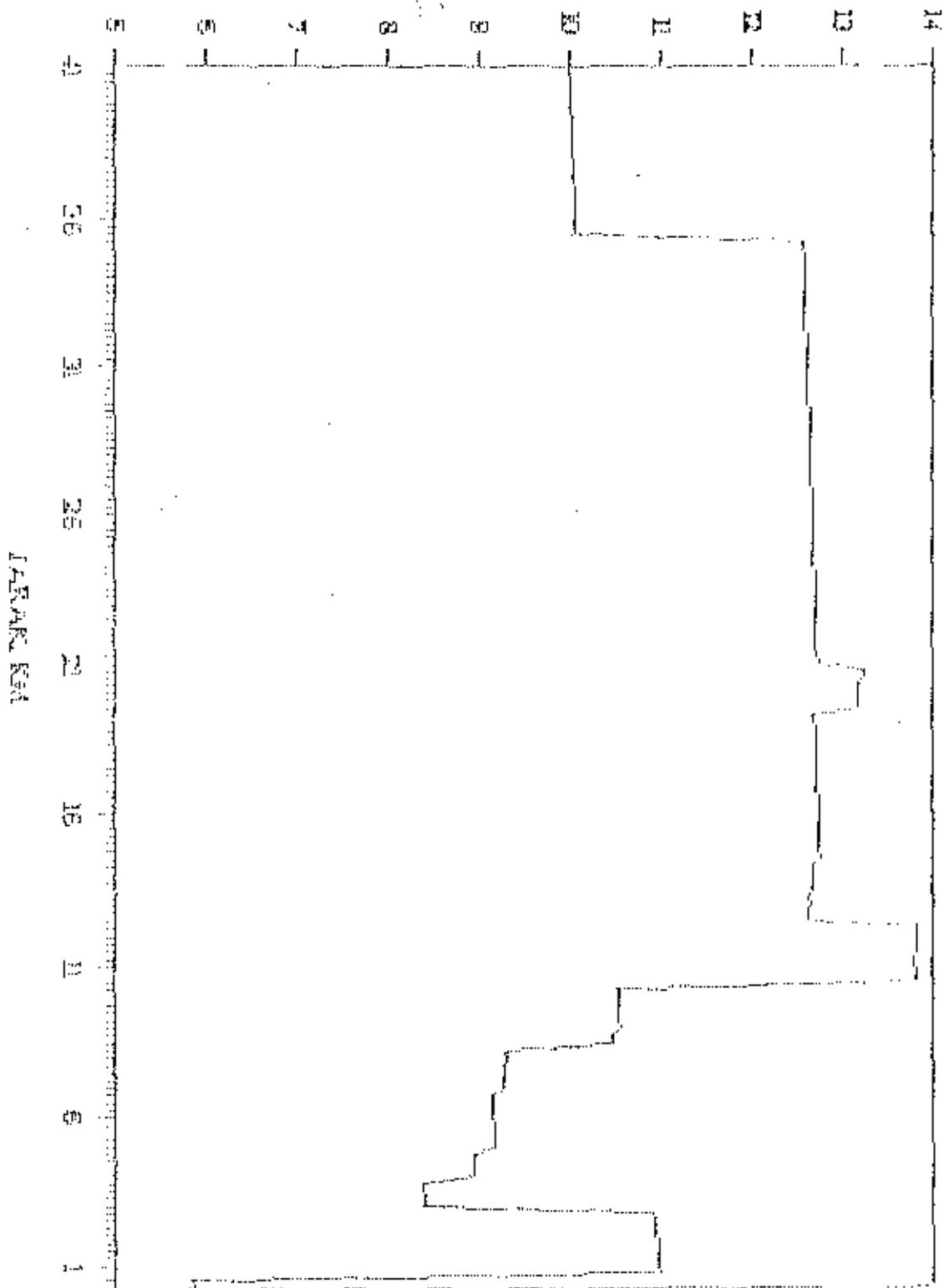
Jarak, km  
Distribusi 2 m<sup>3</sup>/dt

perut lead 18

13

3875

CEBUT M 3/13



Grafik (5-5b)

V-15b

suatu reach

- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai Dam Jagir sebesar 1.038 hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari 37.08  $m^2/dt$  sampai dengan 56.18  $m^2/dt$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari 0.31/hari sampai dengan 0.34/hari, demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.
- Besarnya DO disepanjang DAS dapat terpenuhi yaitu lebih besar atau sama dengan 4 mg/l grafik (5-6a) dan grafik (5-6b). Disamping itu apabila kita tinjau terhadap BOD nya, maka dari hasil run-out dapat kita lihat bahwa besarnya BOD disepanjang DAS masih berada di bawah dari maksimum yang diperbolehkan terhadap golongan yang diperuntukkan terhadap Kali Surabaya yaitu sebesar 6 mg/l.

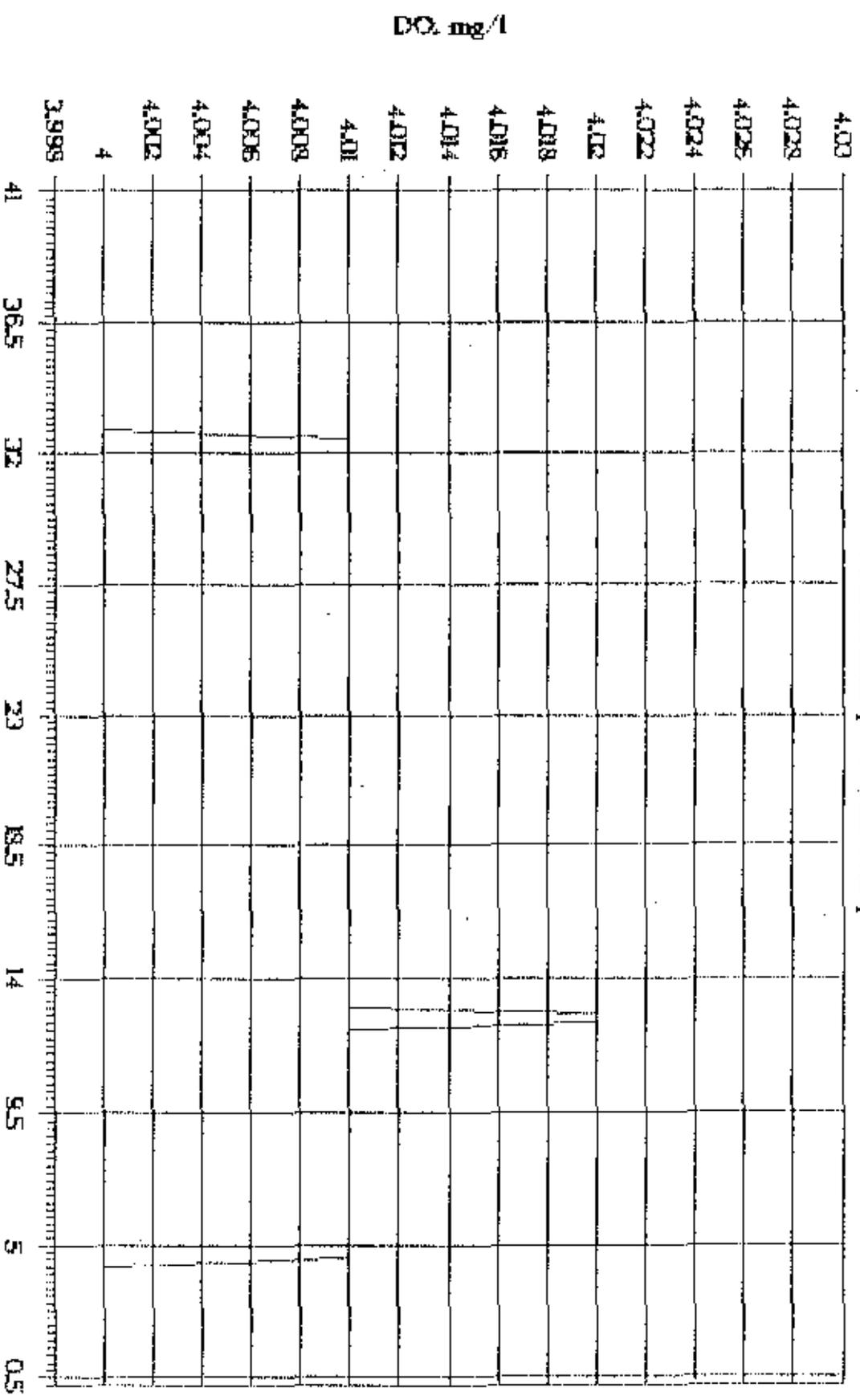
Untuk selanjutnya kita akan melihat tinjauan yang dilakukan pada butir dua untuk kondisi II.

#### 5.2.4. ANALISA TERHADAP TINJAUAN BUTIR DUA KONDISI II

Dengan mempertimbangkan adanya aliran yang masuk/keluar, dimana DO yang masuk/keluar sebesar 4 mg/l sedangkan BOD yang masuk ke badan air sebesar 30 mg/l dan yang keluar diharapkan sebesar 6 mg/l.

Q 22001 12 m<sup>3</sup>/dt

Pembuangan pada Dam Millip

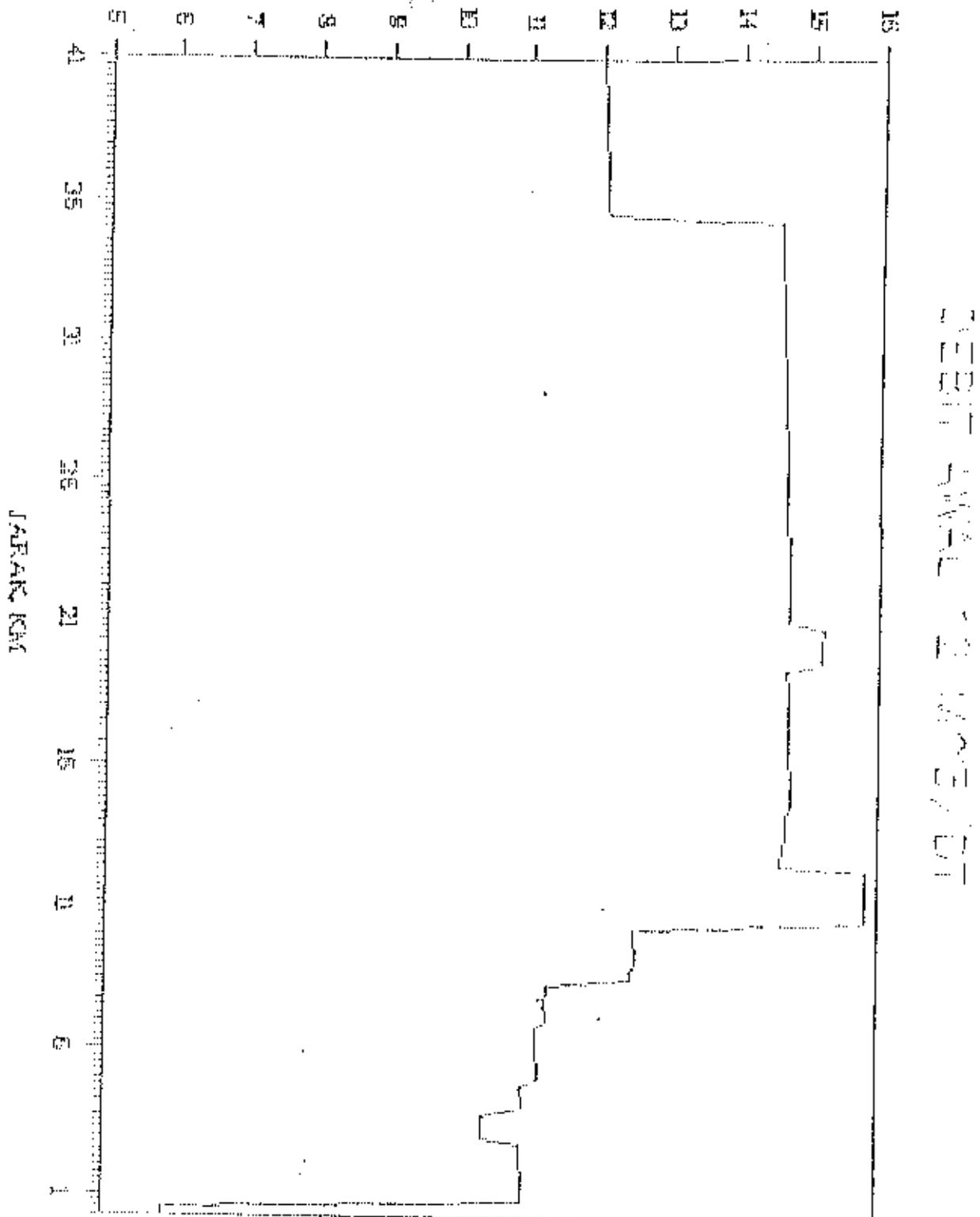


Grafik (5-6a)

V-17a

Jarak, km  
Ditambah 2 m<sup>3</sup>/dt

DEBIT M<sup>3</sup>/DT



Grafik (5-6b)

V-17b

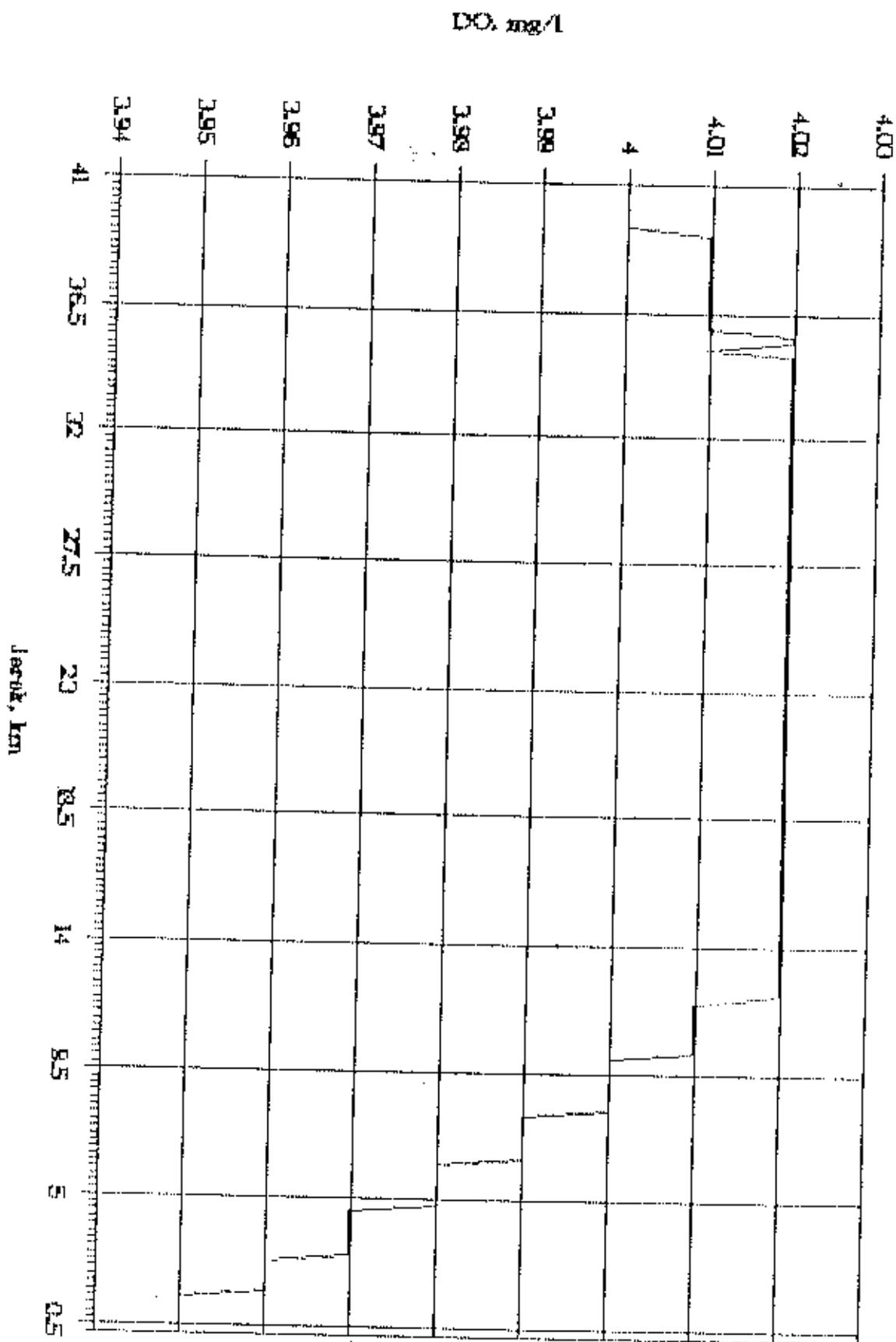
Pertama-tama kita mencoba untuk debit aliran sebesar  $20 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada Dam Mlirip, maka dari hasil run-out yang kita dapatkan adalah :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar 0.874 hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari  $47.33 \text{ m}^2/\text{dt}$  sampai dengan  $69.73 \text{ m}^2/\text{dt}$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari 0.33/hari sampai dengan 0.35/hari, demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 10 element ke 132 dengan jarak  $\pm 33 \text{ km}$  dari Dam Mlirip grafik (5-7a) dan (5-7b).

Sehubungan dengan tidak terpenuhinya DO, maka untuk selanjutnya kita akan mencoba untuk debit sebesar  $30 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada Dam Mlirip. Maka dari hasil run-out yang diperoleh adalah :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam

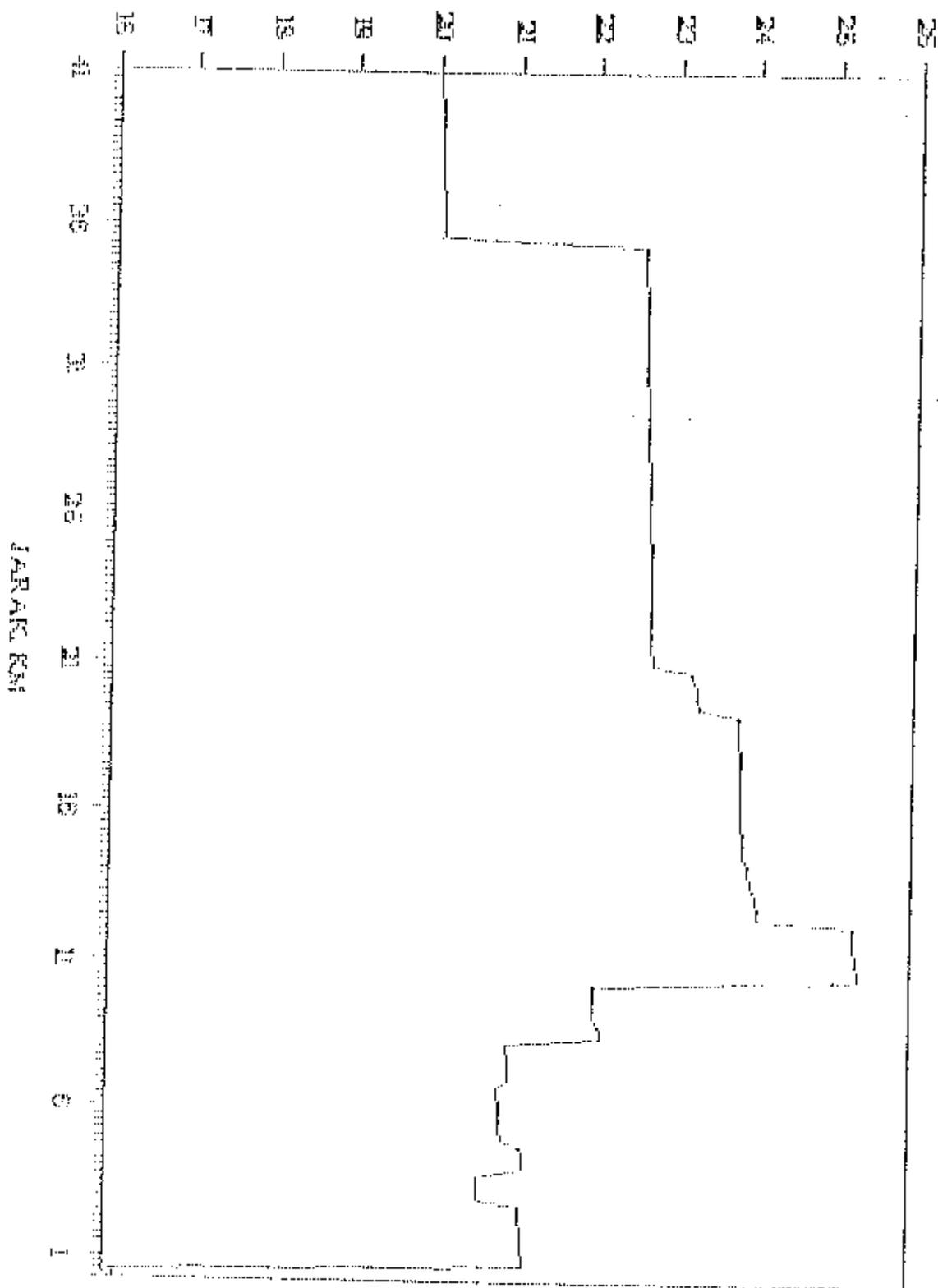
Q awal 20 m<sup>3</sup>/dt



Grafik (5-7a)

V-19a

ENERGI (M3/MTD)



DEPT. PERTANIAN  
KEMENTERIAN PERTANIAN  
KEMENTERIAN PERUMAHAN DAN KAWASAN  
KOTA

Grafik (5-7b)  
V-19b

MILIK PERSERIKATAN  
INSTITUT TEKNIK  
SURABAYA - SURABAYA

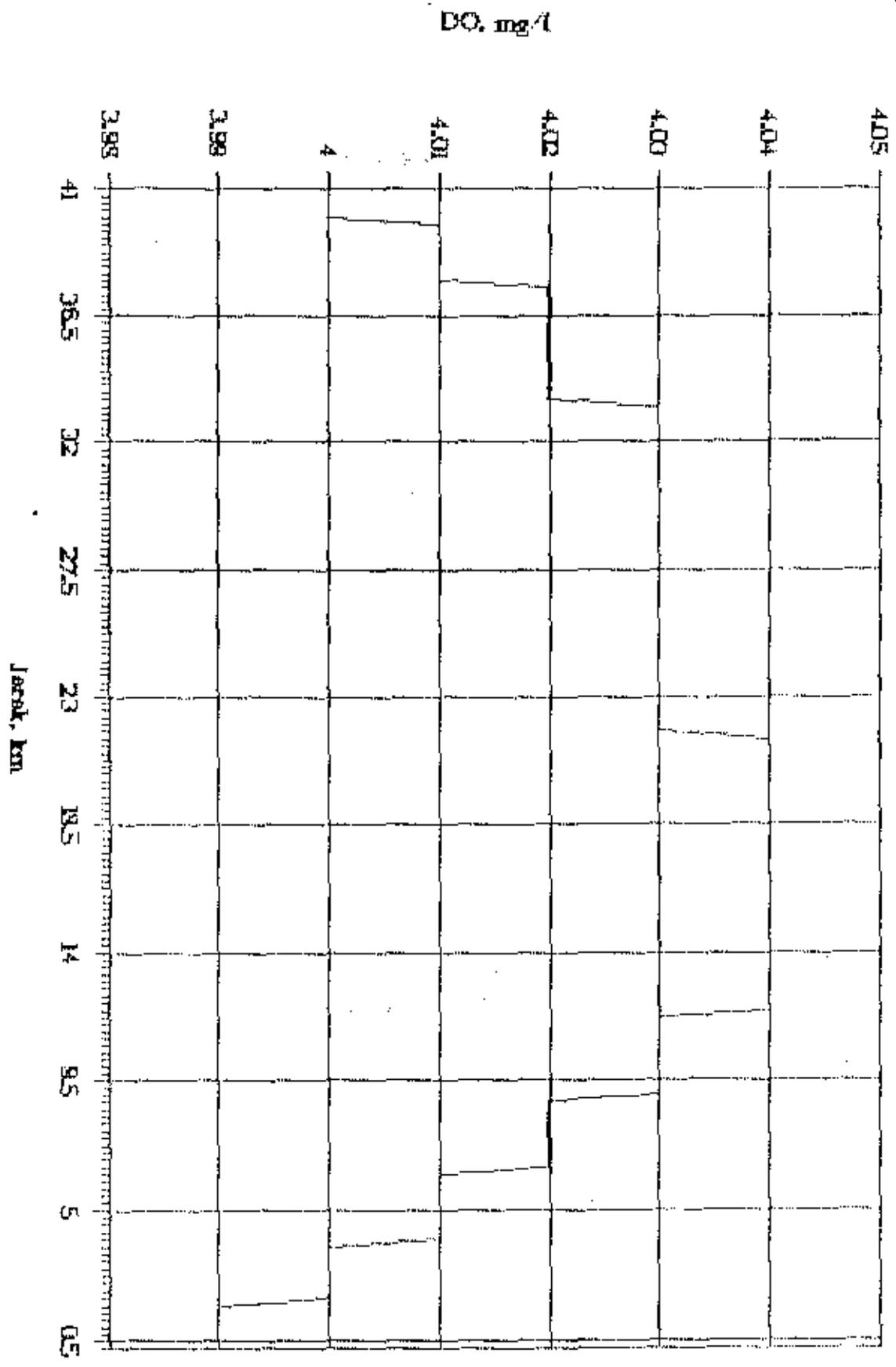
Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar 0.75 hari.

- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari 57.45  $m^2/dt$  sampai dengan 81.29  $m^2/dt$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari 0.33/hari sampai dengan 0.35/hari, demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 12 element ke 157 dengan jarak  $\pm 39.25$  km dari Dam Mlirip grafik (5-8a) dan (5-8b).

Dari apa yang kita dapatkan di atas bahwa DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 12 element ke 157 dengan jarak  $\pm 39.25$  km dari Dam Mlirip, maka sebagaimana yang sudah kita lakukan pada bagian lain yaitu penambahan debit aliran. Maka sehubungan dengan itu, hal tersebut juga kita lakukan disini, dimana dengan cara coba-coba bahwa besarnya penambahan debit yang kita lakukan untuk kondisi II adalah sebesar 3.5  $m^3/dt$  pada Dam Mlirip sudah dapat mencapai DO sebagaimana yang kita harapkan yaitu lebih besar atau sama dengan 4mg/l.

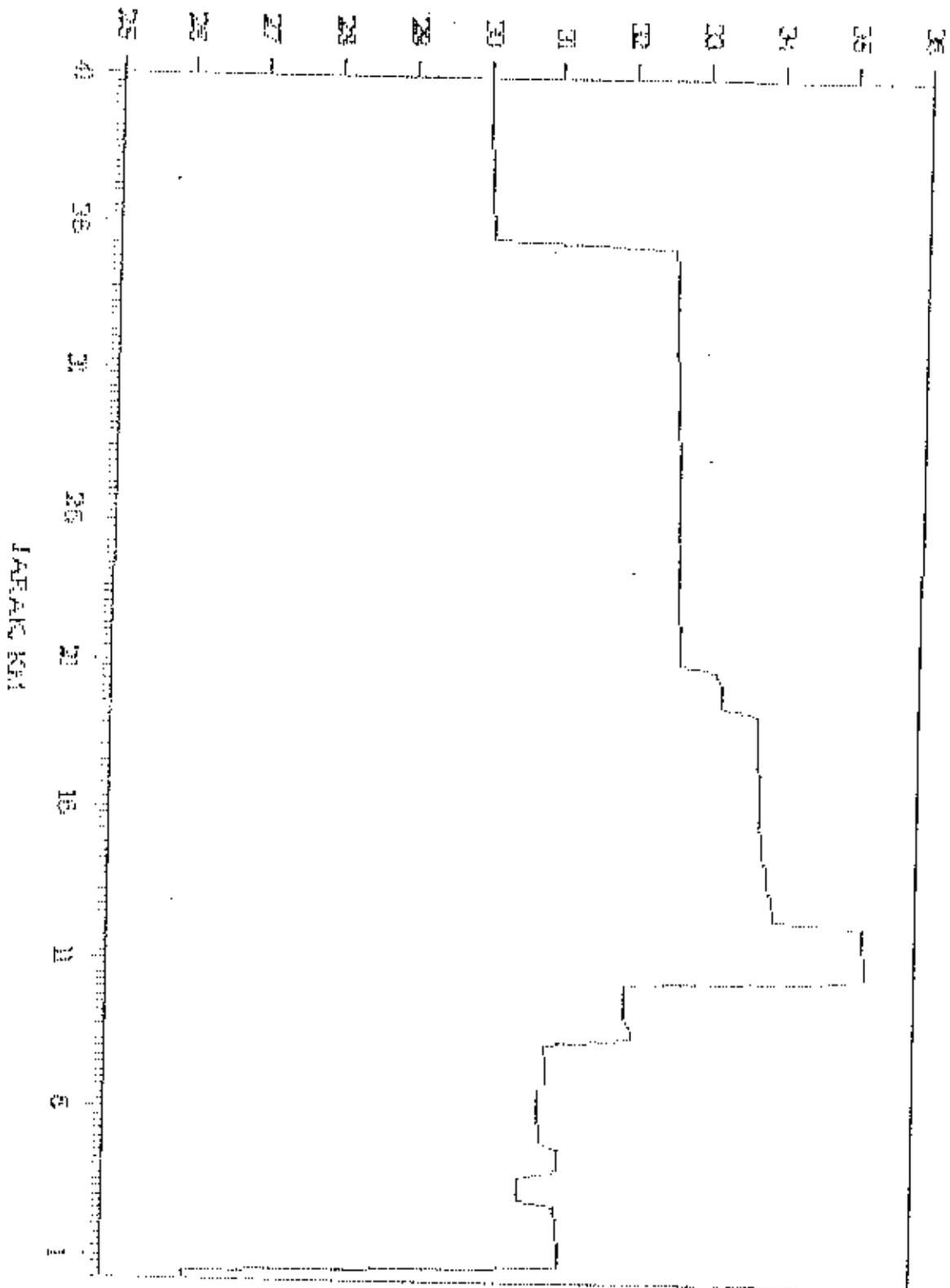
Untuk selanjutnya, kita akan lihat pengaruh yang terjadi terhadap penambahan yang dilakukan sebesar 3.5  $m^3/dt$  dan debit awal pada Dam Mlirip sebesar 30  $m^3/dt$  pada point load 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 17 dan pada Dam Mlirip. Hal ini dapat kita lihat pada analisa di

*Q awal 30 m<sup>3</sup>/dt*



Grafik (5-8a)  
V-21a

DEBT (M 3/DP)



DEBT (M 3/DP)

Grafik (5-8b)  
V-21b

bawah ini.

#### 5.2.5. ANALISA TERHADAP TINJAUAN BUTIR TIGA KONDISI II

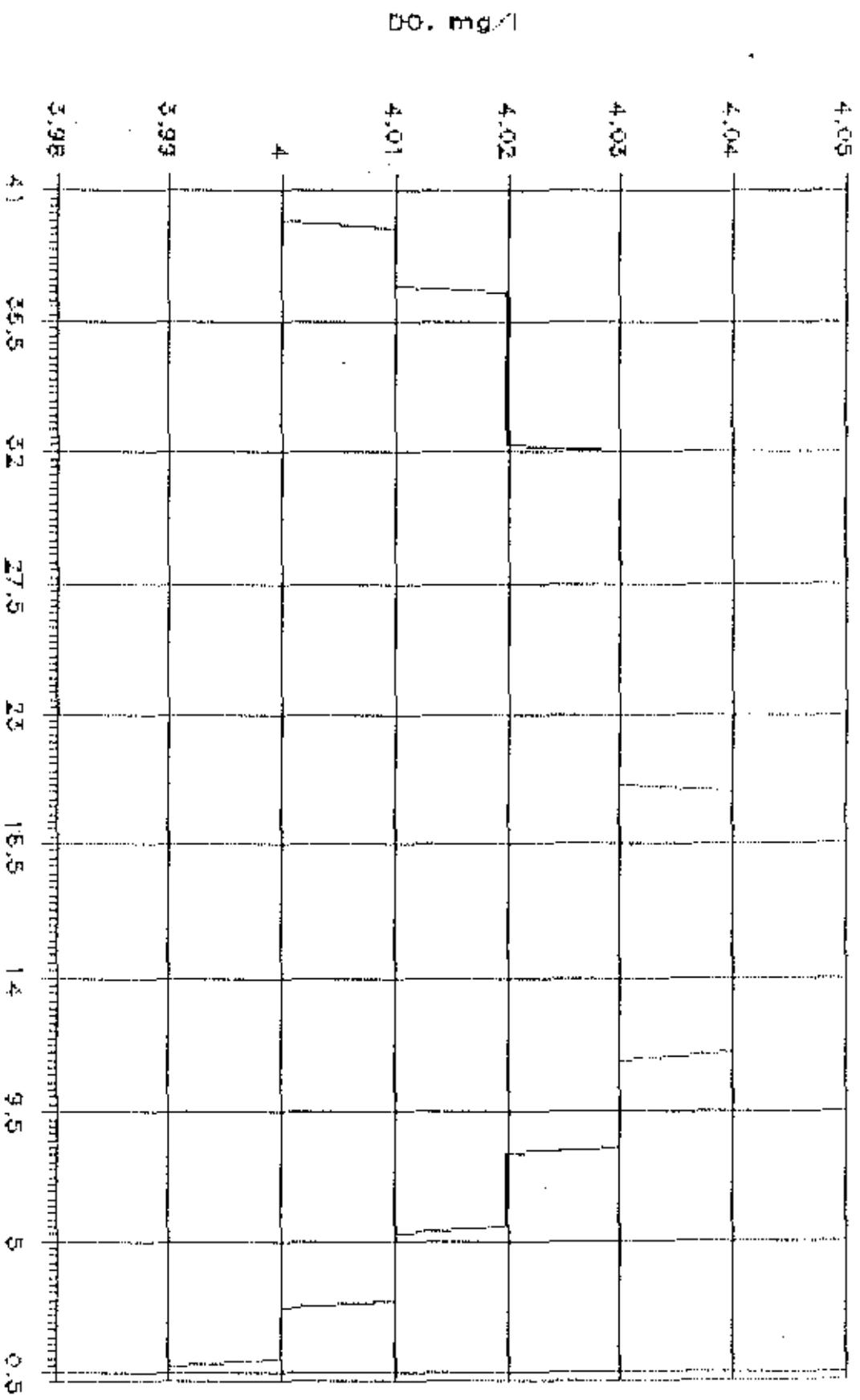
Dari apa yang sudah kita lakukan dan kita lihat untuk kondisi II dengan debit sebesar  $30 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada Dam Mlirip bahwa DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 12 element ke 157 dengan jarak  $\pm 39.25 \text{ km}$  dari Dam Mlirip. Sehubungan dengan itu maka penambahan akan kita lakukan pada :

POINT LOAD 1 (Kali Marmoyo) dengan jarak  $\pm 6 \text{ km}$  dari Dam Mlirip, maka dari hasil run-out diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar 0.748 hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari  $57.45 \text{ m}^2/\text{dt}$  sampai dengan  $84.81 \text{ m}^2/\text{dt}$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari 0.33/hari sampai dengan 0.36/hari, demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 12 element ke 161 dengan jarak  $\pm 40.25 \text{ km}$  dari Dam Mlirip grafik (5-9a) dan (5-9b).

# D. DWAJ 30 m<sup>3</sup>/dt

Pengambilan pada 6 km dari Dam Millip

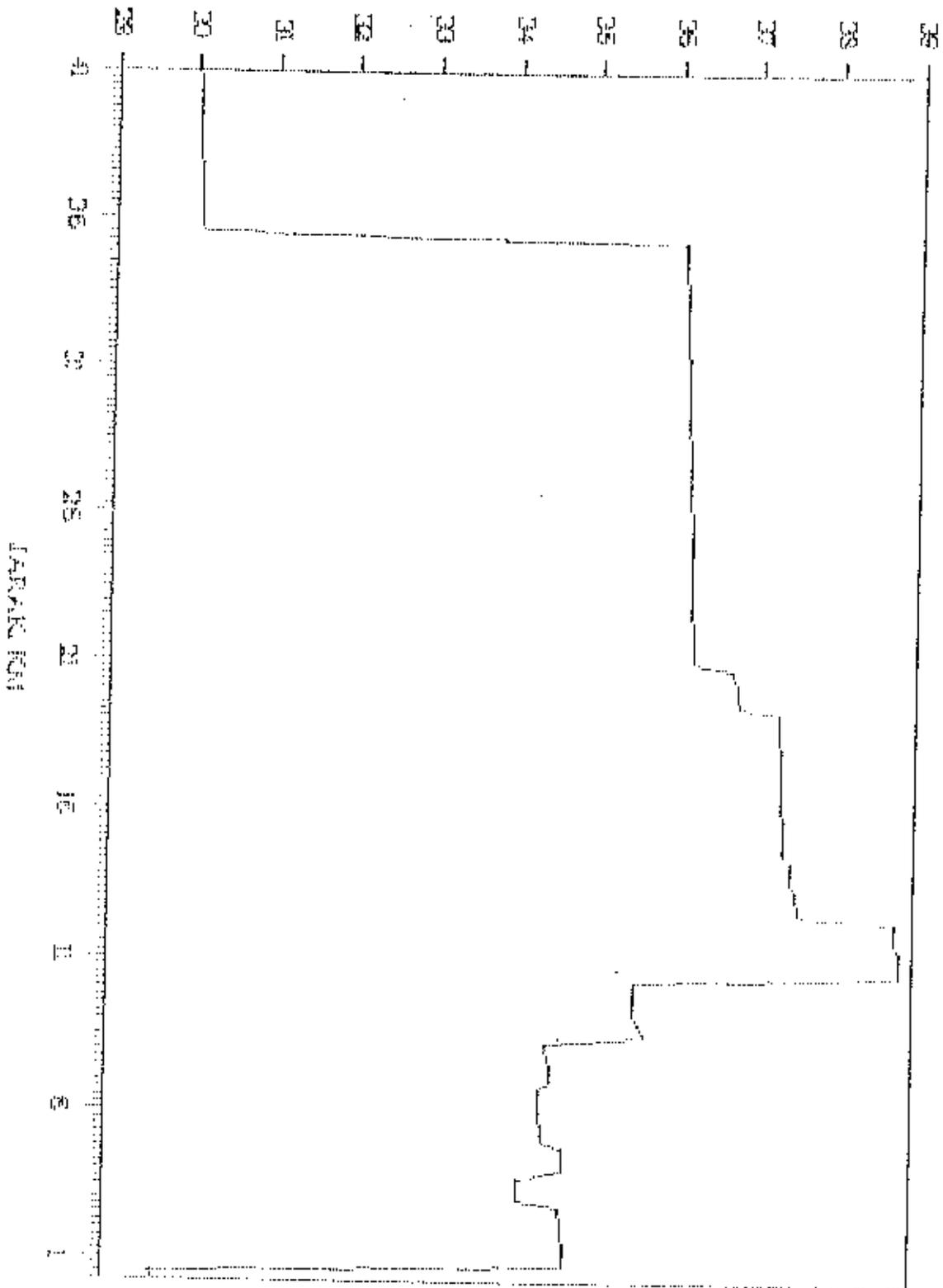


Grafik (5-9a)  
V-23a

Ditambah 3.5 m<sup>3</sup>/dt

menal 100 d 1  
313

DEBIT AWAL 30 M 3/13



DEBIT AWAL 30 M 3/13

Grafik (5-9b)

V-23b

POINT LOAD 2 (Kali Lamong) dengan jarak  $\pm$  20.5 km dari Dam Mlirip dimana dari hasil run-out diperoleh bahwa :

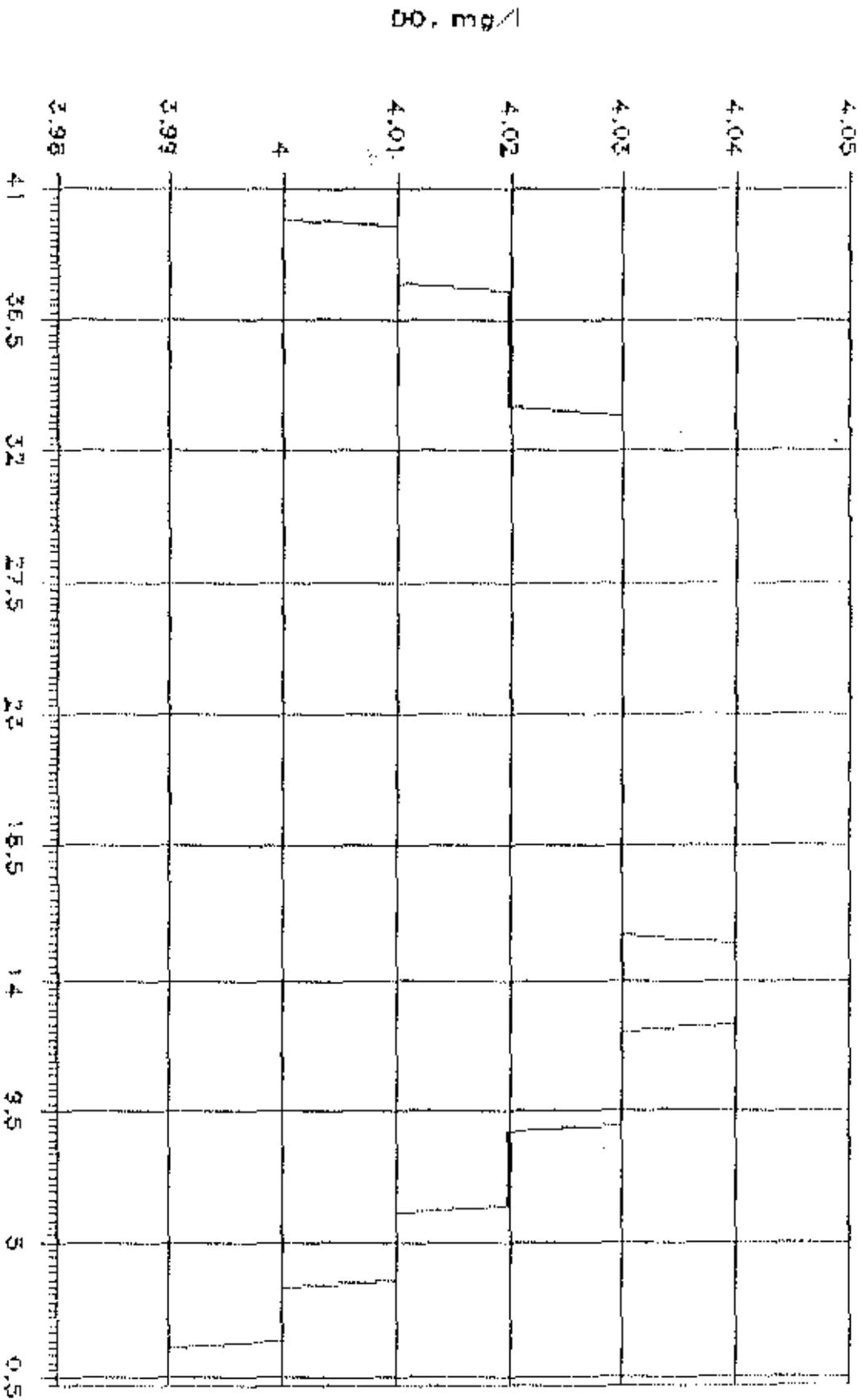
- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar 0.748 hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari 57.45  $m^2/dt$  sampai dengan 84.91  $m^2/dt$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari 0.33/hari sampai dengan 0.36/hari, demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 12 element ke 158 dengan jarak  $\pm$  39.50 km dari Dam Mlirip grafik (5-10a) dan (5-10b).

POINT LOAD 3 dengan jarak  $\pm$  21 km dari Dam Mlirip, dimana dari hasil run-out diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar 0.748 hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari 57.45

# UOWG1 50 m<sup>3</sup>/dt

Pengambilan pada 20.8 km dari GOR Miris



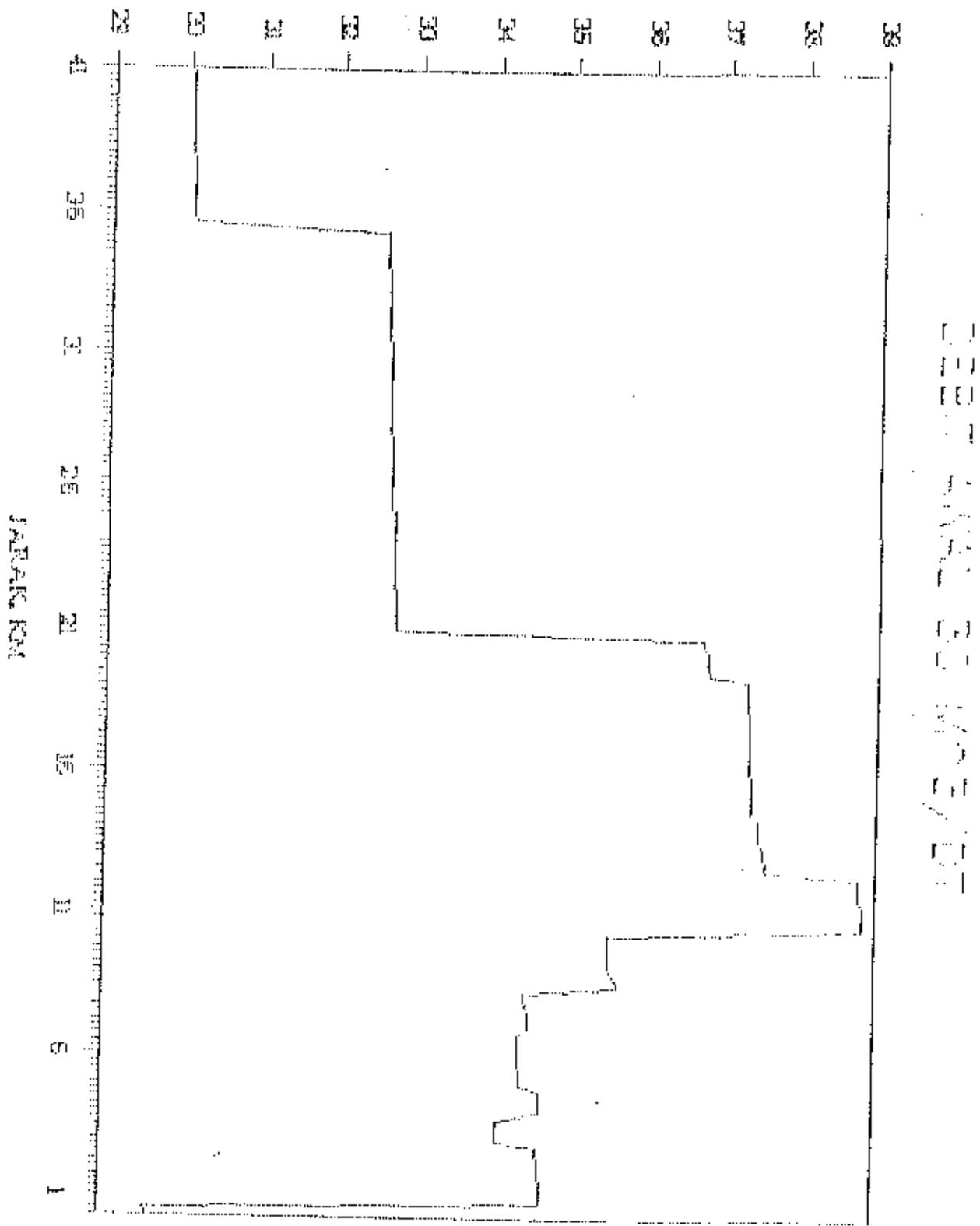
Grafik (5-10a)

V-25a

Jarak, km

— Diambil pada 20.8 km dari GOR Miris

jenis land 2  
2015  
DEBIT M<sup>3</sup>/DT



Grafik (5-10b)  
V-25b

$m^2/dt$  sampai dengan  $84.91 m^2/dt$ .

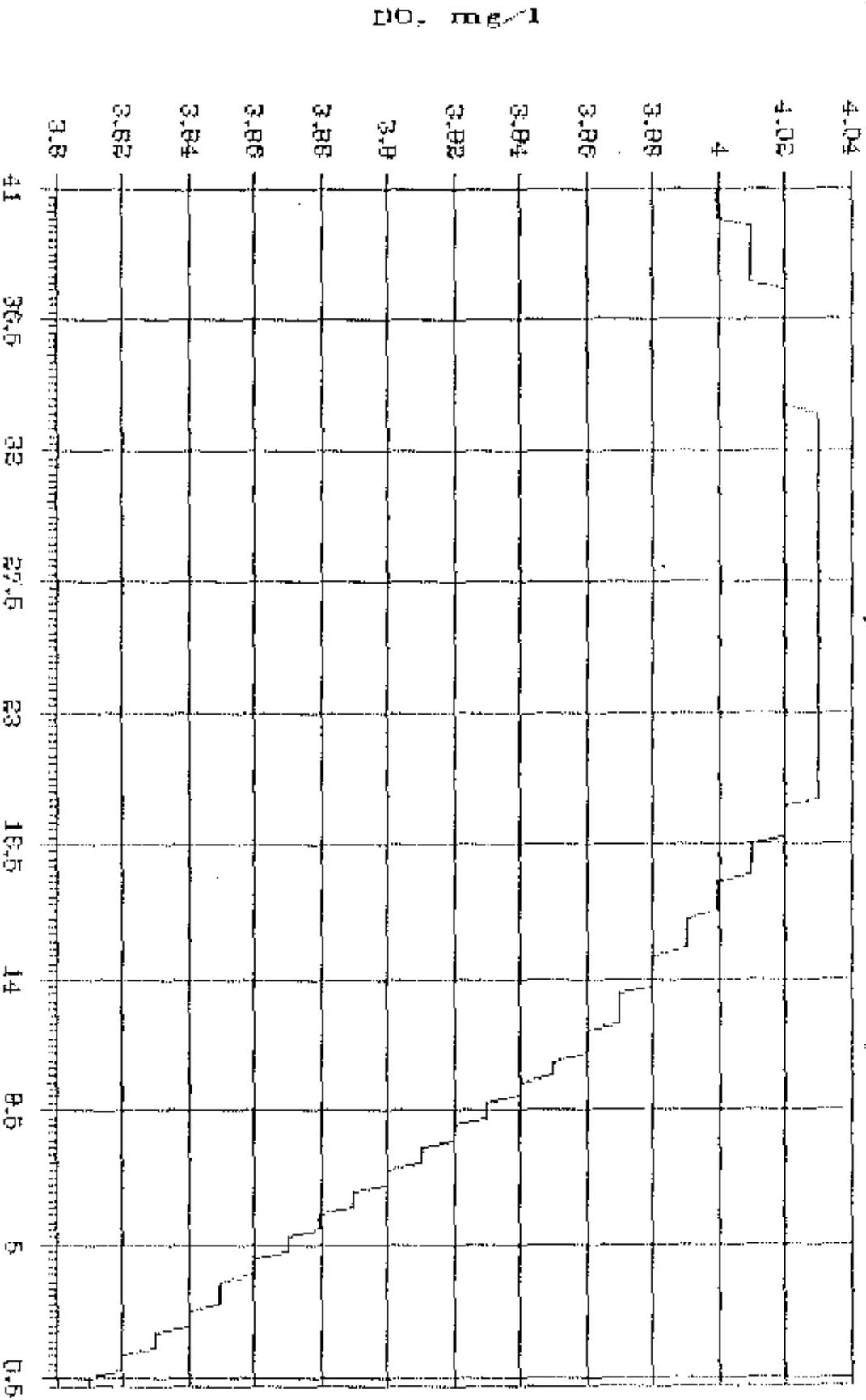
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari  $0.33/hari$  sampai dengan  $0.36/hari$ , demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari  $0.14/hari$  sampai dengan  $0.20/hari$ .
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 7 element ke 100 dengan jarak  $\pm 25.0 km$  dari Dam Mlirip grafik (5-11a) dan (5-11b).

POINT LOAD 4 dengan jarak  $\pm 22 km$  dari Dam Mlirip, dimana dari hasil run-out diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar  $0.743 hari$ .
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari  $57.45 m^2/dt$  sampai dengan  $84.91 m^2/dt$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari  $0.33/hari$  sampai dengan  $0.35/hari$ , demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari  $0.14/hari$  sampai dengan  $0.20/hari$ .
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 8 element ke 105 dengan jarak  $\pm 26.25 km$  dari Dam Mlirip grafik (5-12a) dan (5-12b).

# Q awal 80 m<sup>3</sup>/dt

Pemambahan pada 21 km dari Desa Murti

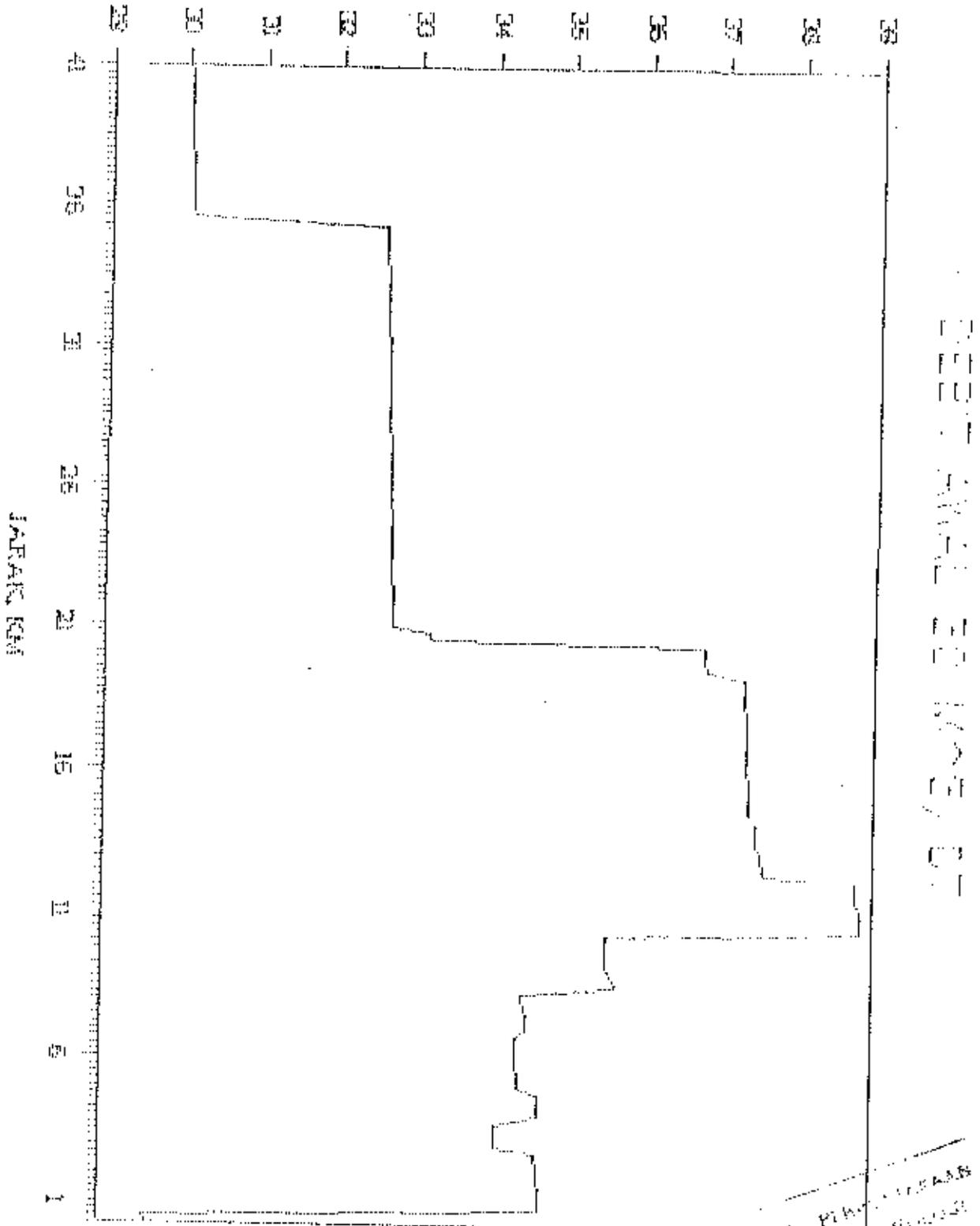


Grafik (5-11a)  
V-27a

— Jerok, km  
— Ditembah 3.5 m<sup>3</sup>/dt

joint load 3  
210

DEBT M3/DT



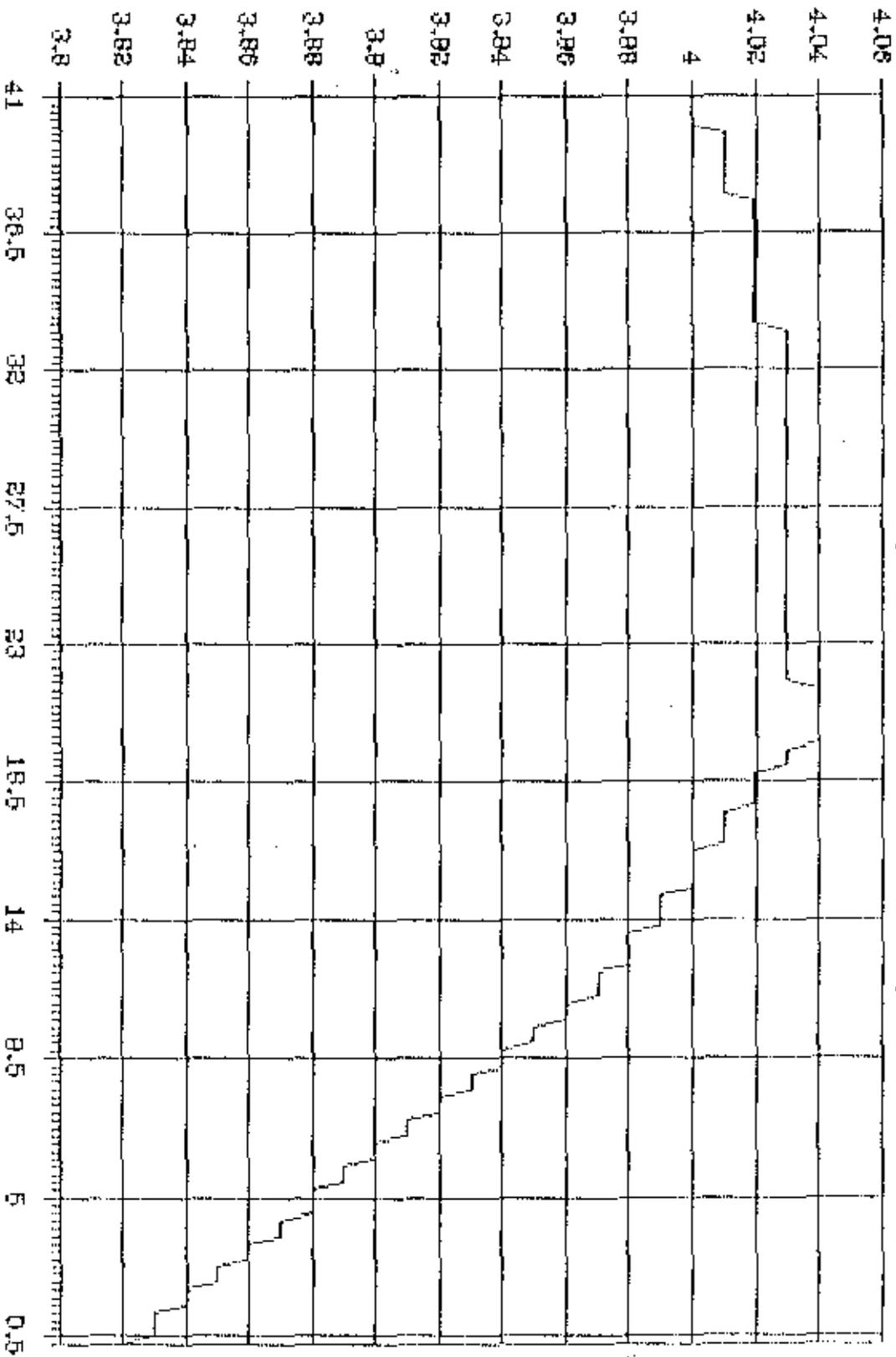
Grafik (5-11b)  
V-27b

LEK. PRATIYASA  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH - BUKITINGGI

DO, mg/l

$Q$  awal  $30 \text{ m}^3/\text{dt}$

Pemampohan pada 22 km dari Dam Mampir



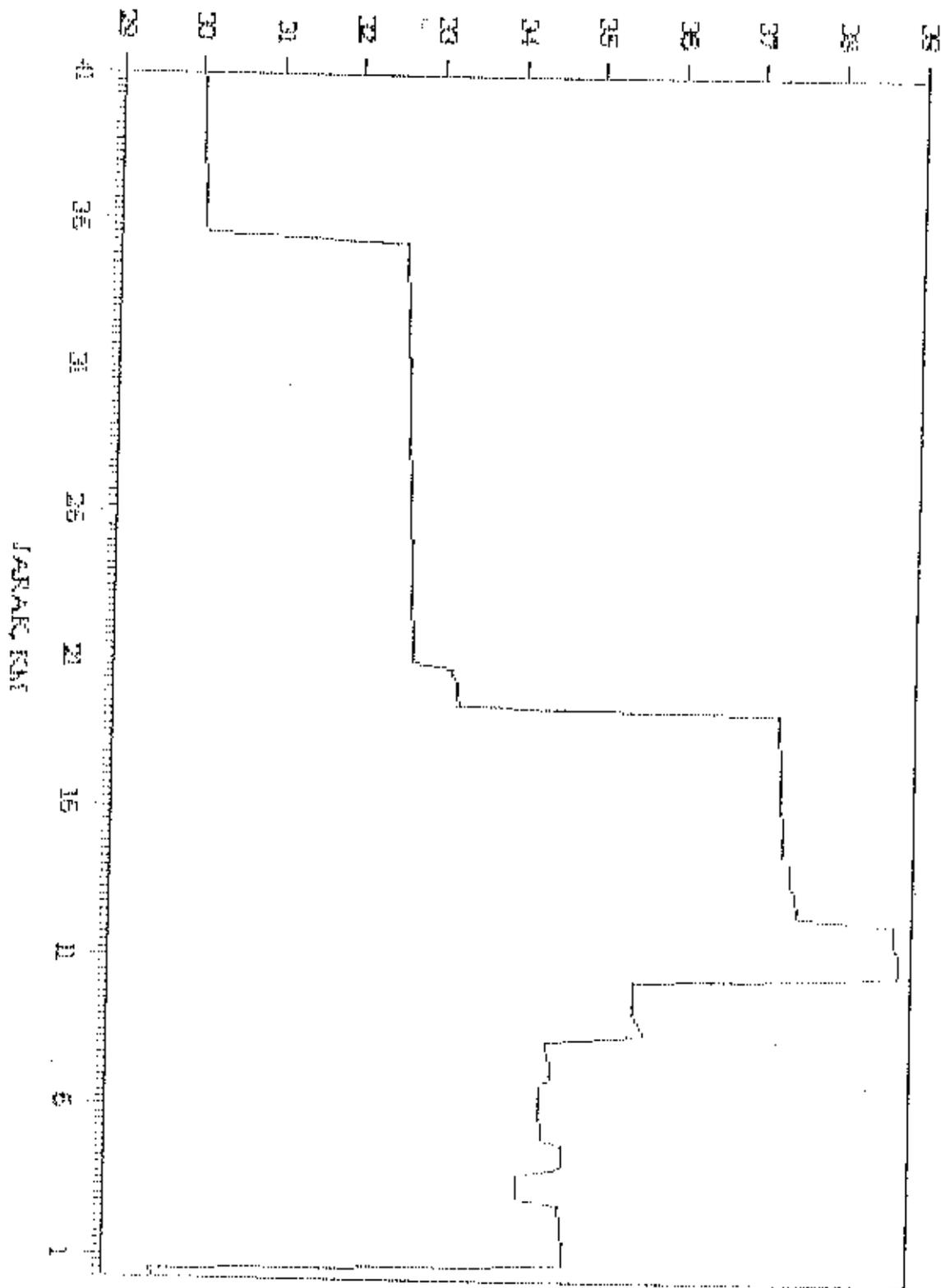
Grafik (5-12a)

V-28a

— Ditembaha  $3.5 \text{ m}^3/\text{dt}$  jerole, lem

170.34 (m) 11  
22.

DEBIT M3/MT



DEBIT M3/MT

Grafik (5-12b)

V-28b

POINT LOAD 5 dengan jarak  $\pm$  27 km dari Dam Mlirip, dimana dari hasil run-out diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar 0.748 hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari 57.45  $m^2/dt$  sampai dengan 84.91  $m^2/dt$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari 0.33/hari sampai dengan 0.35/hari, demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 9 element ke 121 dengan jarak  $\pm$  30.25 km dari Dam Mlirip grafik (5-13a) dan (5-13b).

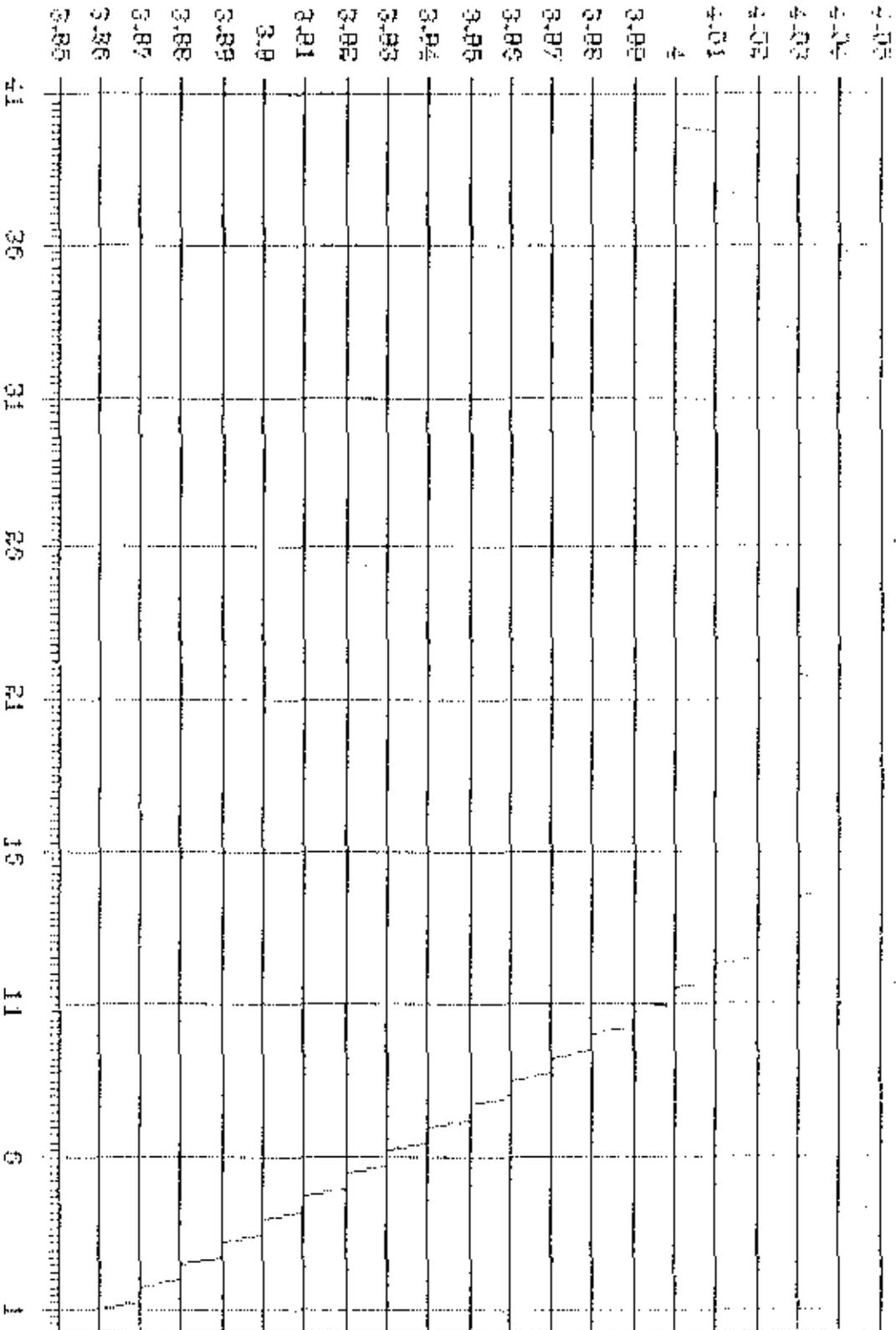
POINT LOAD 6 dengan jarak  $\pm$  28 km dari Dam Mlirip, dimana dari hasil run-out diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar 0.748 hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari 57.45

DO, mg/l

02.06.01 80 m. 8/04

Perambatan pada 02.06.01 80 m. 8/04



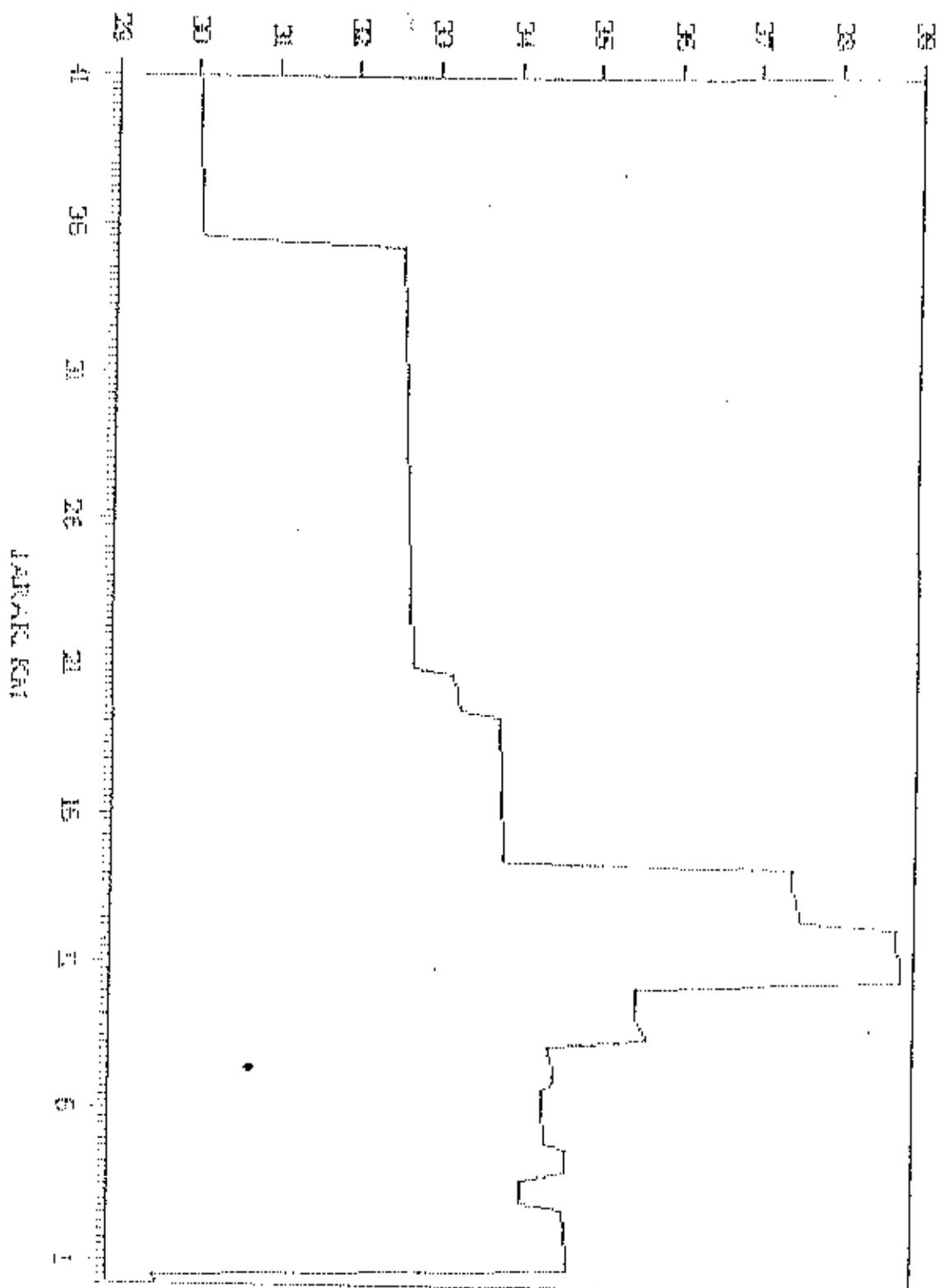
Grafik (5-13a)

V-30a

Jersek, kmp  
Ditembuh 3.5 m. 8/04

10101 10101  
27 K.

LOEHT W 3/11



DEBIT 11/11/11 DT

Grafik (5-13b)  
Y-30b

- $m^2/dt$  sampai dengan  $84.91 m^2/dt$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari  $0.33/hari$  sampai dengan  $0.35/hari$ , demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari  $0.14/hari$  sampai dengan  $0.20/hari$ .
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 9 element ke 123 dengan jarak  $\pm 30.75 km$  dari Dam Mlirip grafik (5-14a) dan (5-14b).

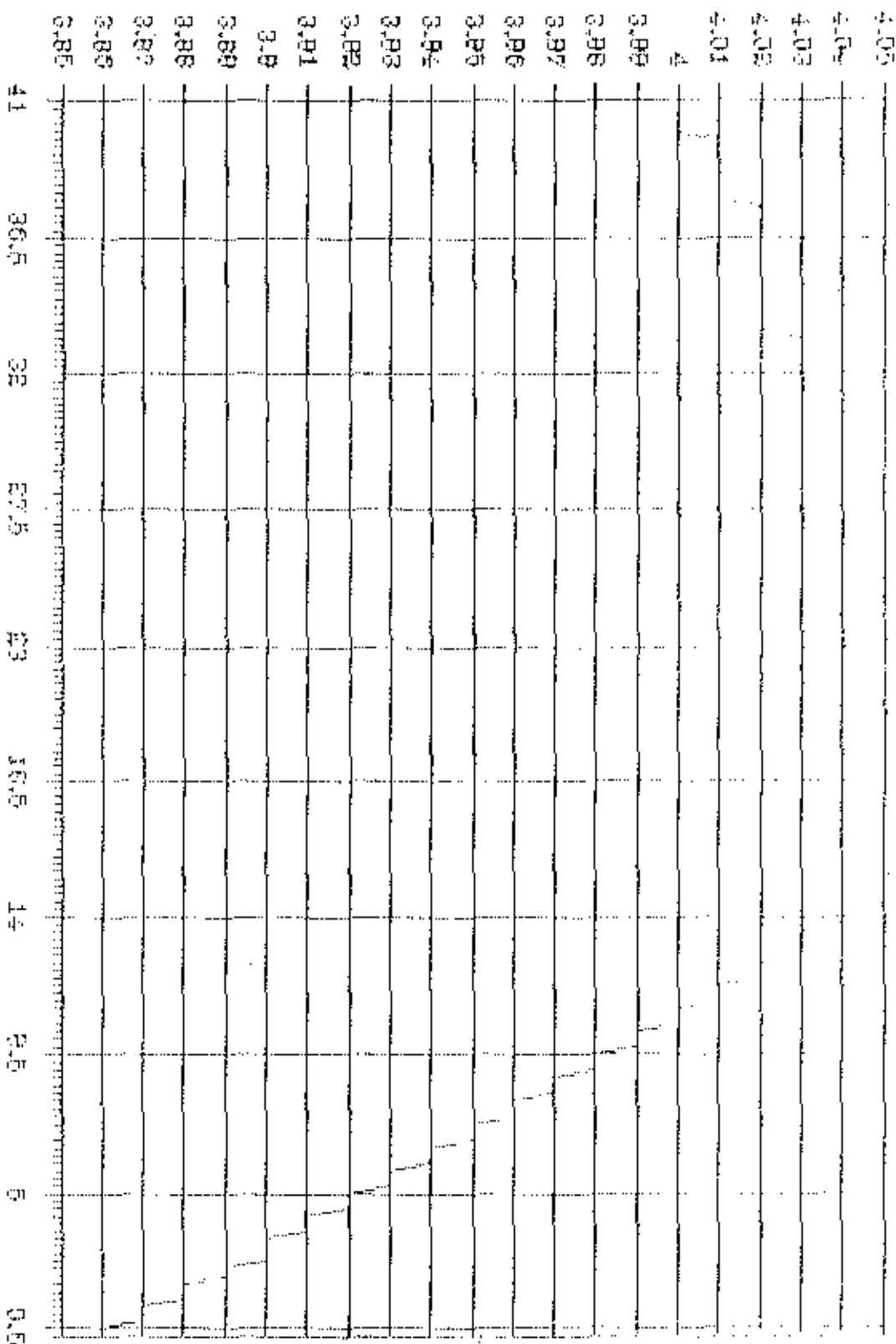
POINT LOAD 7 dengan jarak  $\pm 28.5 km$  dari Dam Mlirip, dimana dari hasil run-out diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar  $0.748 hari$ .
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari  $57.45 m^2/dt$  sampai dengan  $84.91 m^2/dt$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari  $0.33/hari$  sampai dengan  $0.35/hari$ , demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari  $0.14/hari$  sampai dengan  $0.20/hari$ .
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 9 element ke 125 dengan jarak  $\pm 31.25 km$  dari Dam Mlirip grafik (5-15a) dan (5-15b).

DO, mg/l

0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4

PERIODUS ORAR SI SAU DERU DATA TERSEBUT

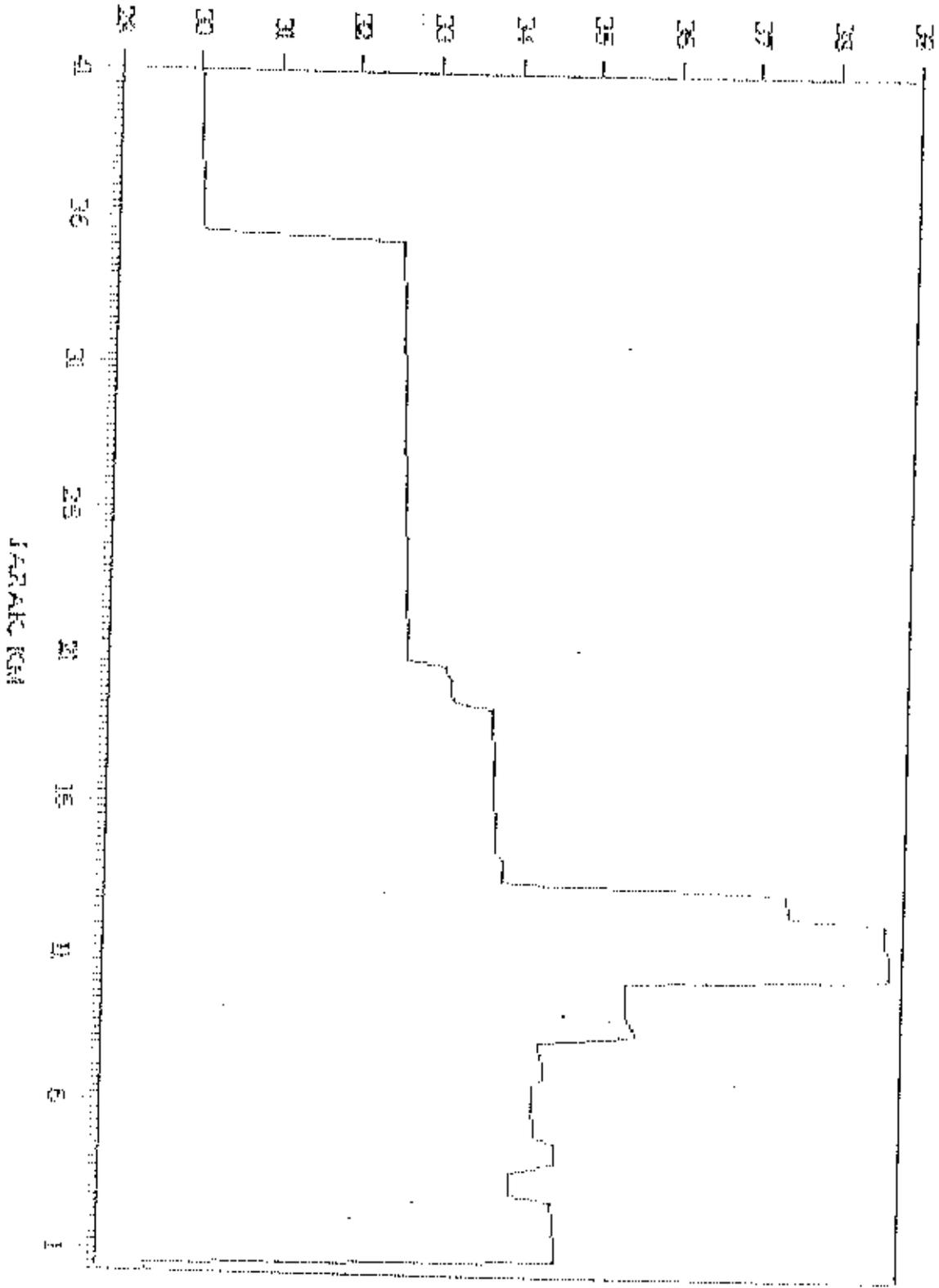


jarak, km  
Ditemukan 3.5 m<sup>3</sup>/dt

Grafik (5-14a)  
V-32a

part 6  
28

DEBIT M3/D1



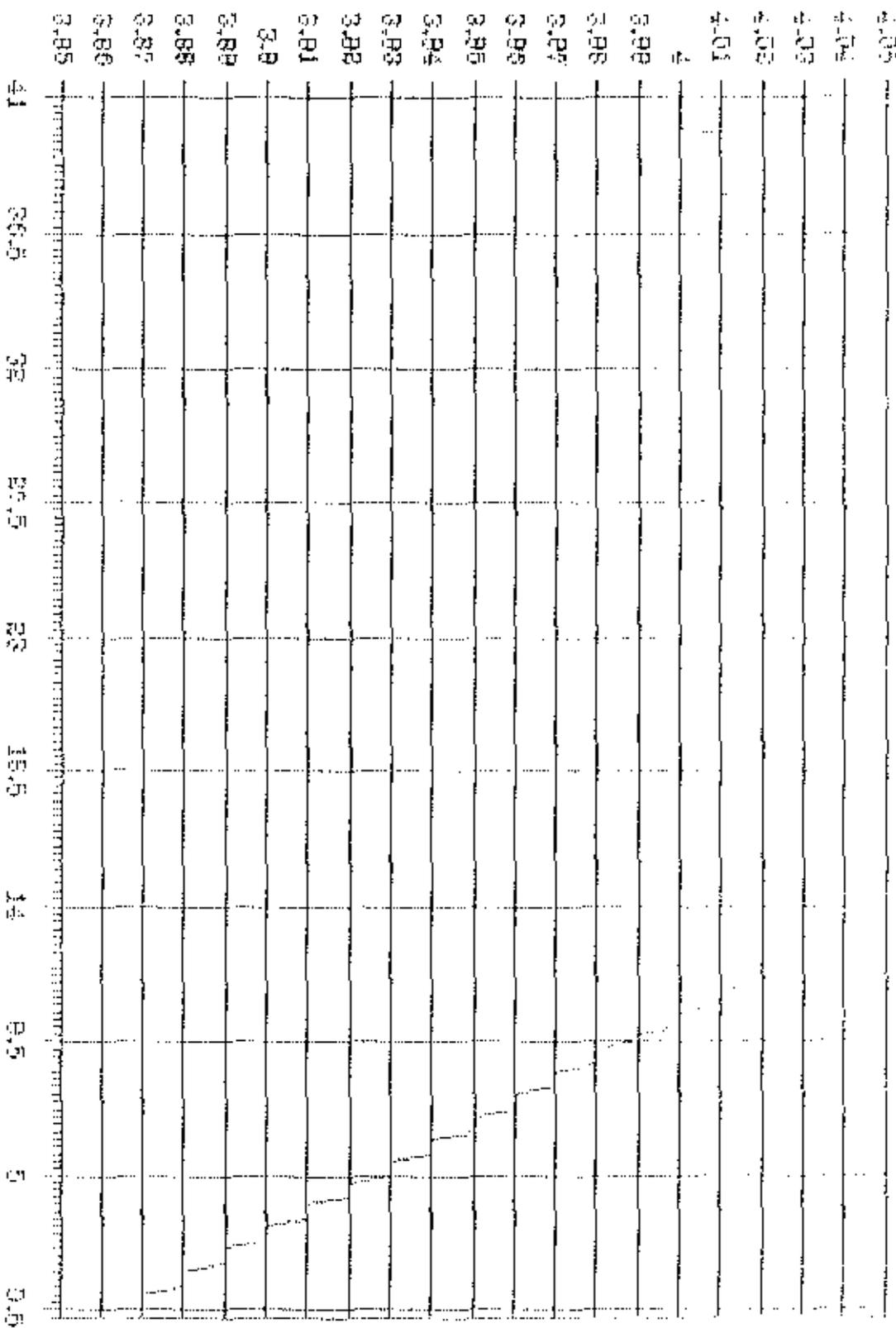
DEBIT M3/D1

Grafik (5-14b)  
V-32b

DO, mg/l

1) 0.01 20 m<sup>3</sup>/d

2) 0.01 20 m<sup>3</sup>/d



Grafik (5-15a)

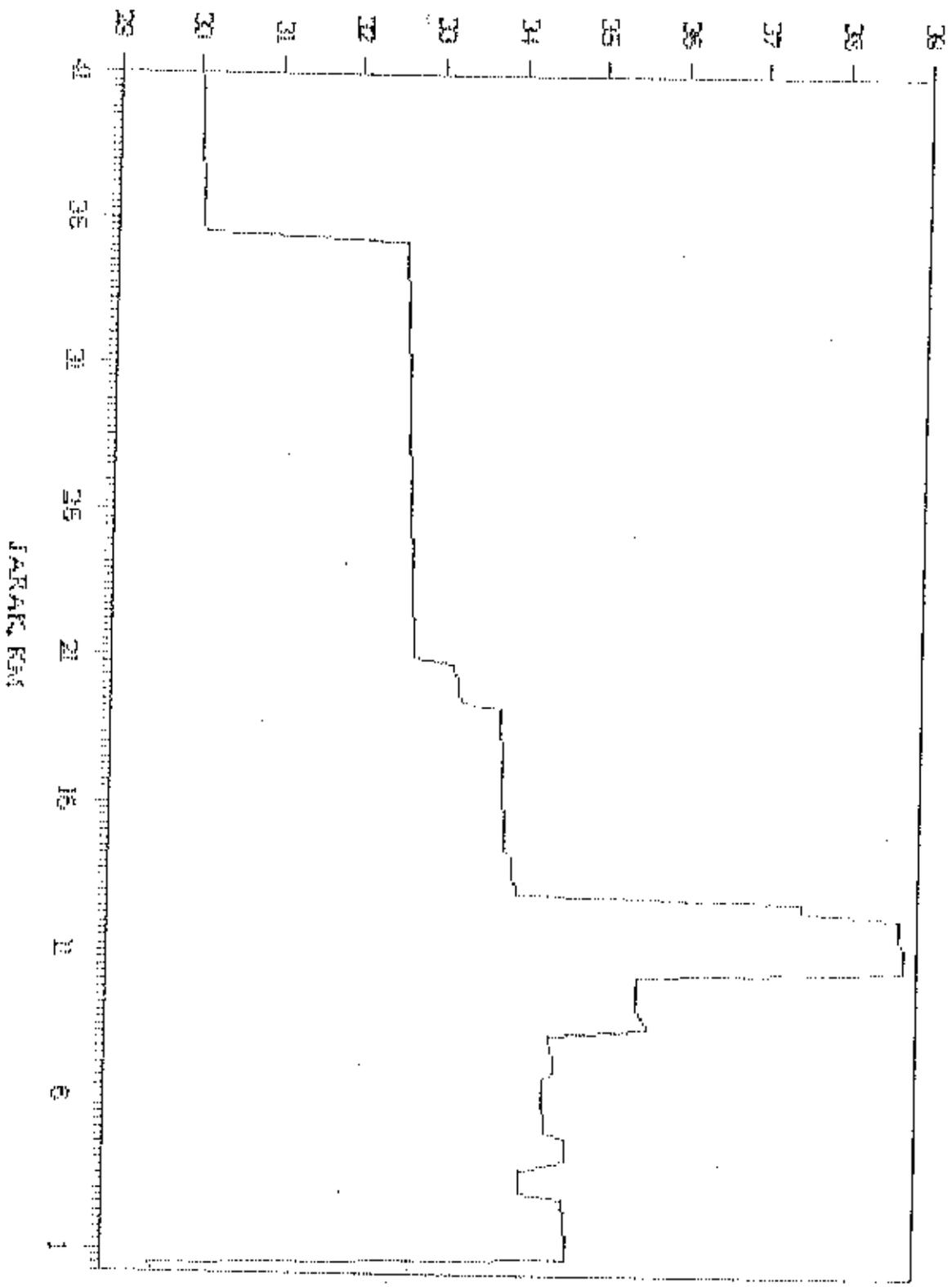
V-33a

— Jarak, km  
- - - Ditambah 3,5 m<sup>3</sup>/d

2016.1.26.7  
28,5

DEBIT M<sup>3</sup>/DT

DEBIT ANUAL 50M<sup>3</sup>/DT



Grafik (5-15b)  
V-33b

POINT LOAD 8 dengan jarak  $\pm$  29 km dari Dam Mlirip, dimana dari hasil run-out diperoleh bahwa :

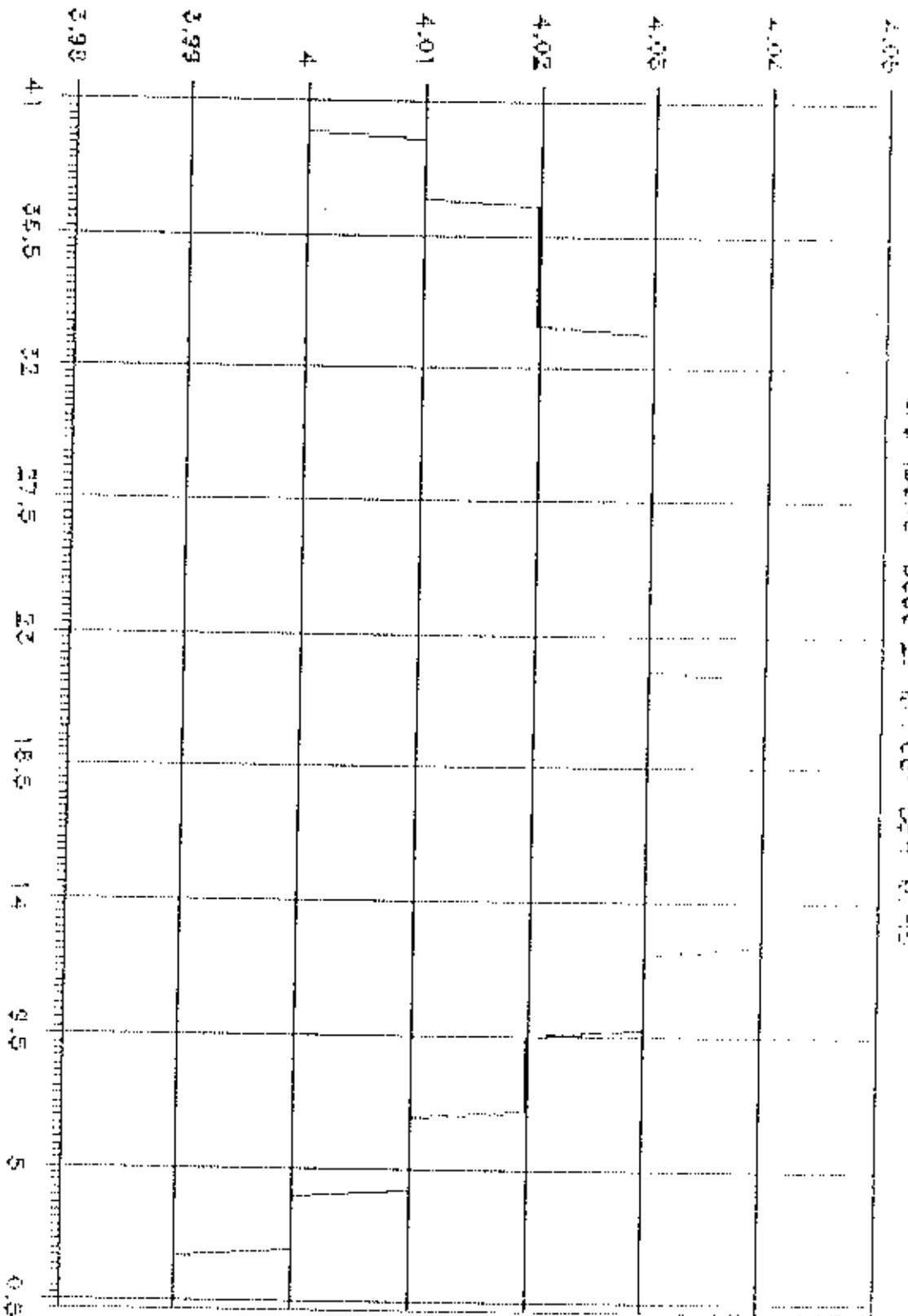
- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar 0.748 hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari 57.45  $m^2/dt$  sampai dengan 84.91  $m^2/dt$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari 0.33/hari sampai dengan 0.35/hari, demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 12 element ke 156 dengan jarak  $\pm$  39.0 km dari Dam Mlirip grafik (5-18a) dan (5-18b).

POINT LOAD 9 dengan jarak  $\pm$  30 km dari Dam Mlirip, dimana dari hasil run-out diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar 0.748 hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari 57.45

DO, mg/l

REKORD DOA 25 MAREK 1978



Grafik (5-16a)

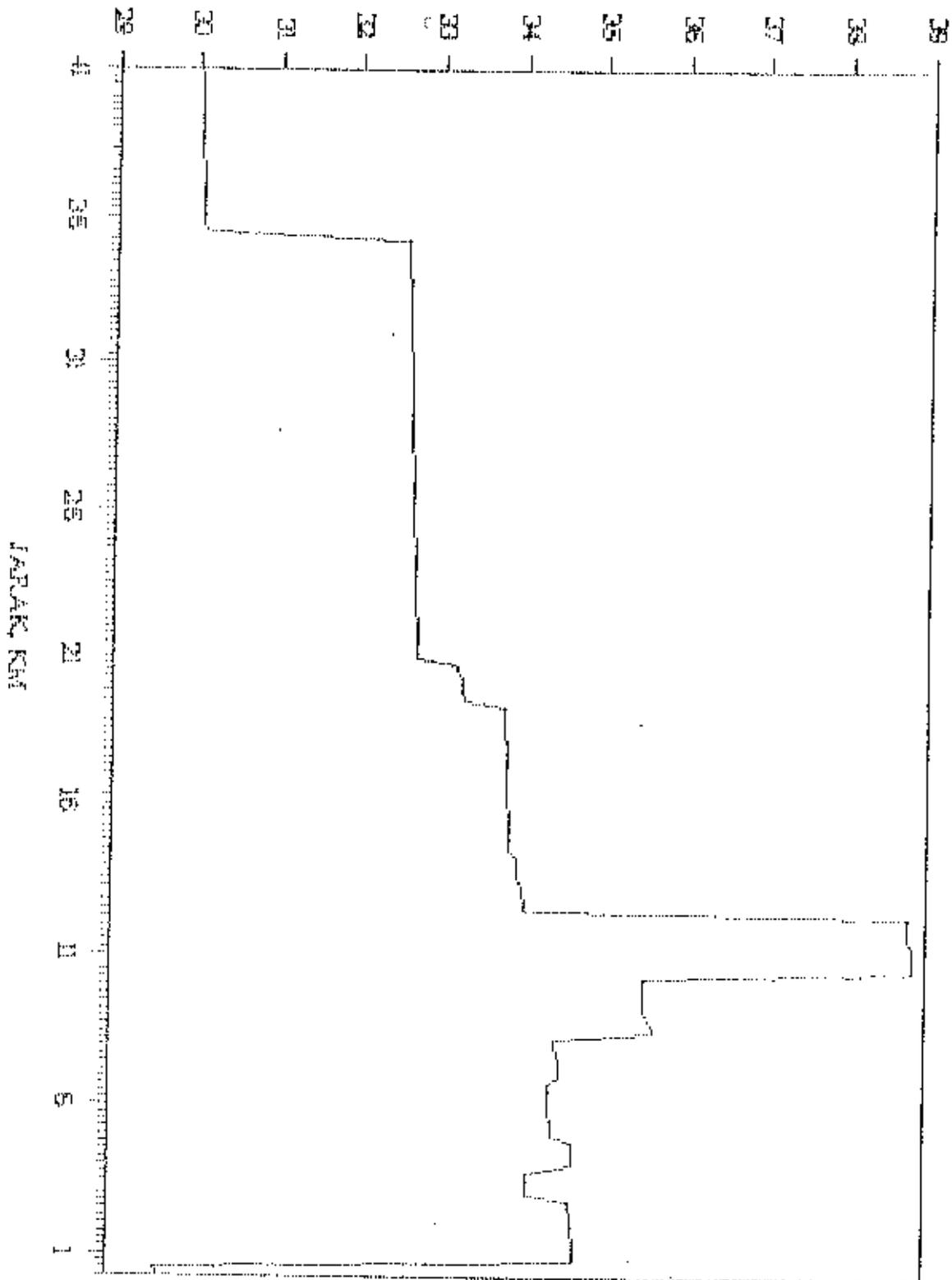
V-35a

Jarak, km  
Ditembak 2.5 m<sup>2</sup>/di

page 8

25

DEBIT M<sup>3</sup>/DT



DEBIT AWAL 30 M<sup>3</sup>/DT

Grafik (5-16b)

V-35b

$m^2/dt$  sampai dengan  $81.29 m^2/dt$ .

- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari  $0.33/hari$  sampai dengan  $0.35/hari$ , demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari  $0.14/hari$  sampai dengan  $0.20/hari$ .

- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 9 element ke 128 dengan jarak  $\pm 32.0 km$  dari Dam Mlirip grafik (5-17a) dan (5-17b).

POINT LOAD 11 dengan jarak  $\pm 23.5 km$  dari Dam Mlirip, dimana dari hasil run-out diperoleh bahwa :

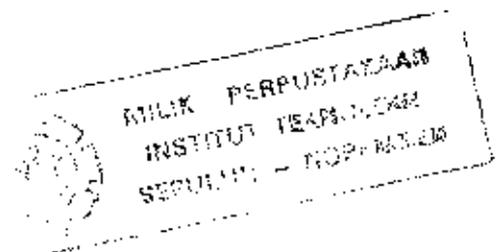
- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach

- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar  $0.748 hari$ .

- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari  $57.45 m^2/dt$  sampai dengan  $81.29 m^2/dt$ .

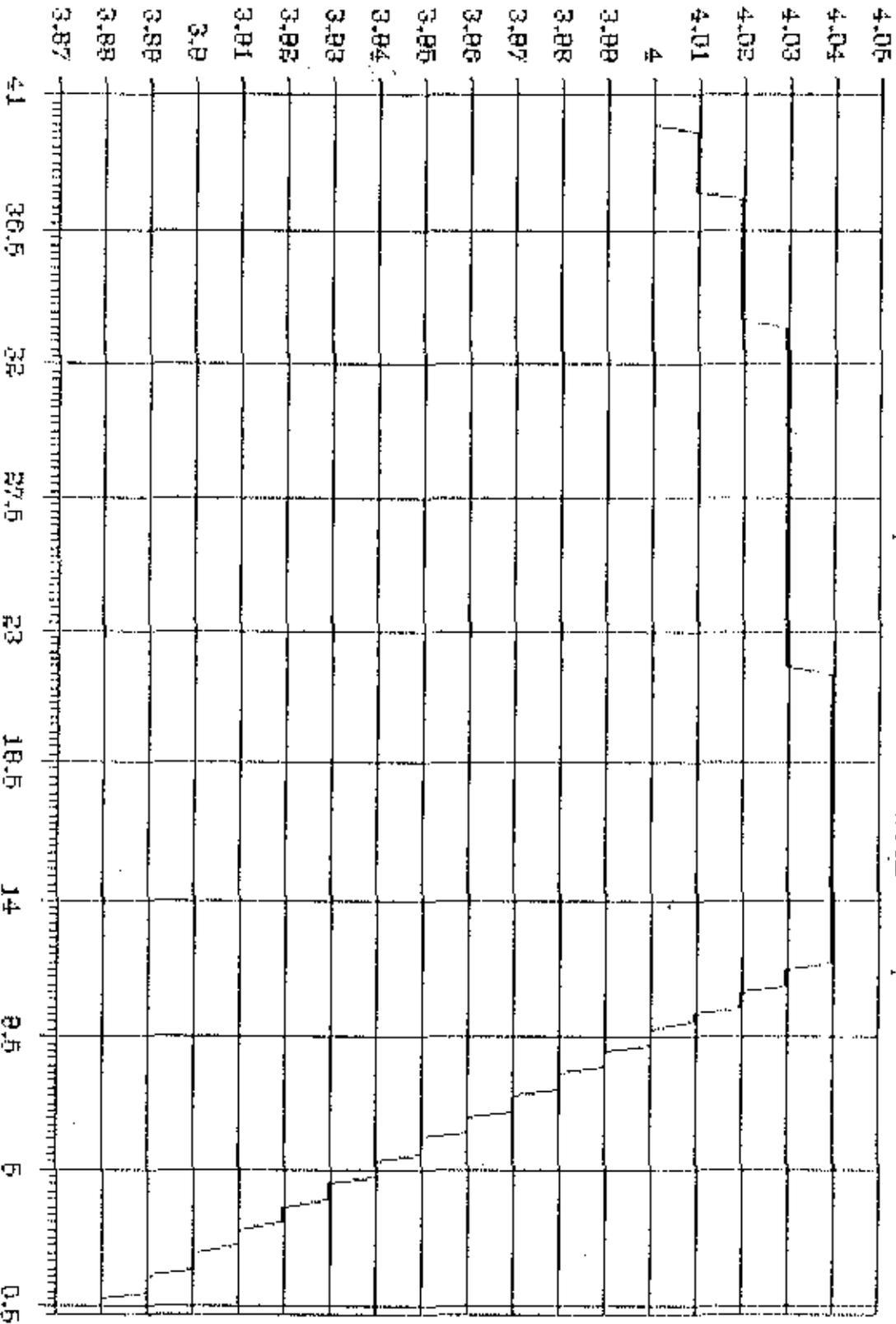
- Koefisien reaerasi bervariasi mulai dari  $0.33/hari$  sampai dengan  $0.35/hari$ , demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari  $0.14/hari$  sampai dengan  $0.20/hari$ .

- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 10 element ke 135 dengan jarak  $\pm 33.75 km$  dari Dam Mlirip grafik (5-18a) dan (5-18b).



*Q awal 30 m<sup>3</sup>/dt*

Pemembahan Pede 30 km dari Demu Mirip



Grafik (5-17a)

— jarak, km  
— Ditambah 3,5 m<sup>3</sup>/dt

1200 ( )  
30

DEBIT M<sup>3</sup>/DT



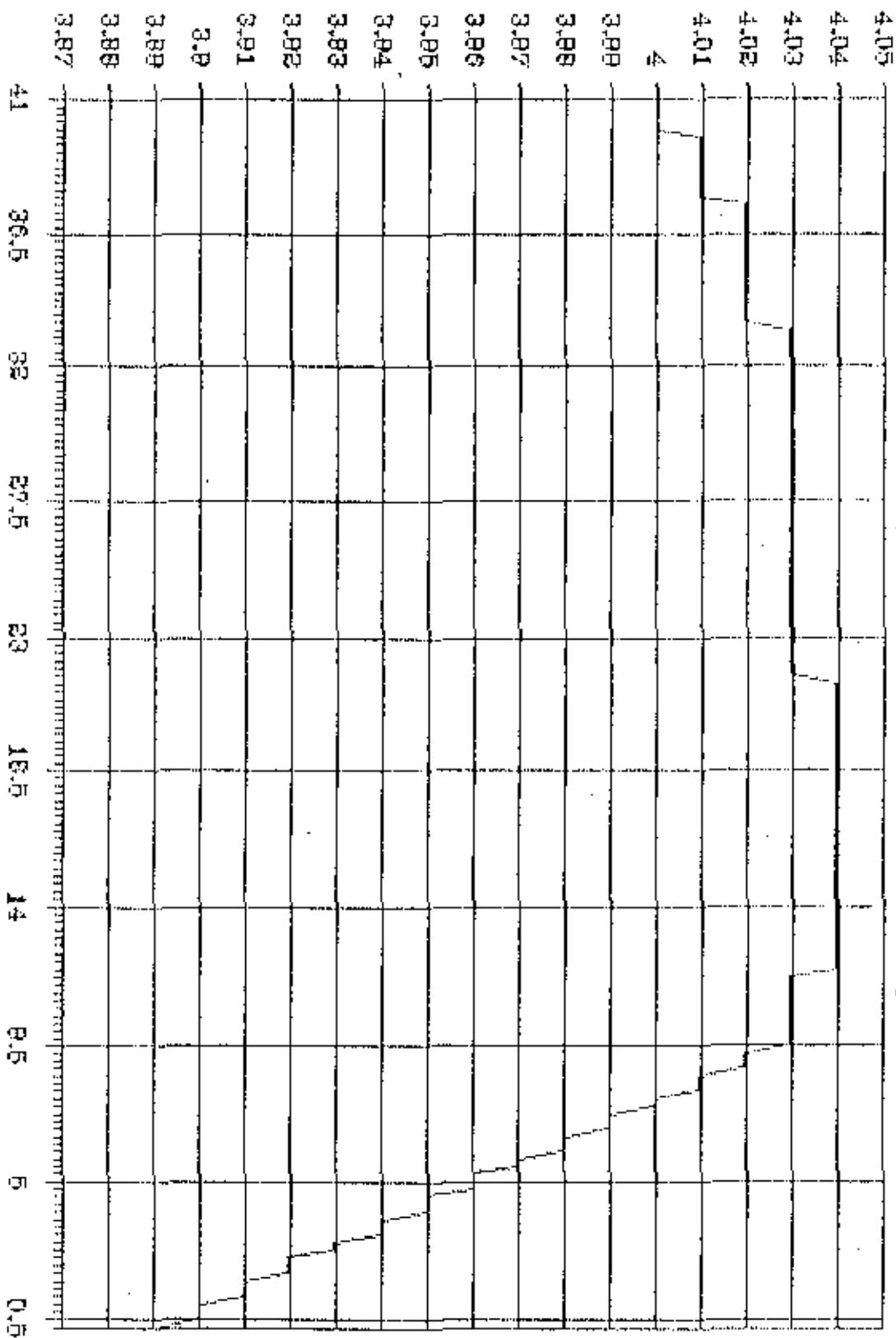
DEBIT AWAL 50 M<sup>3</sup>/DT

Grafik (5-17b)  
V-37b

DO, mg/l

# Q awal 30 m<sup>3</sup>/dt

Peningkatan pada 32,5 km dari Dam Mhrup



Grafik (5-18a)

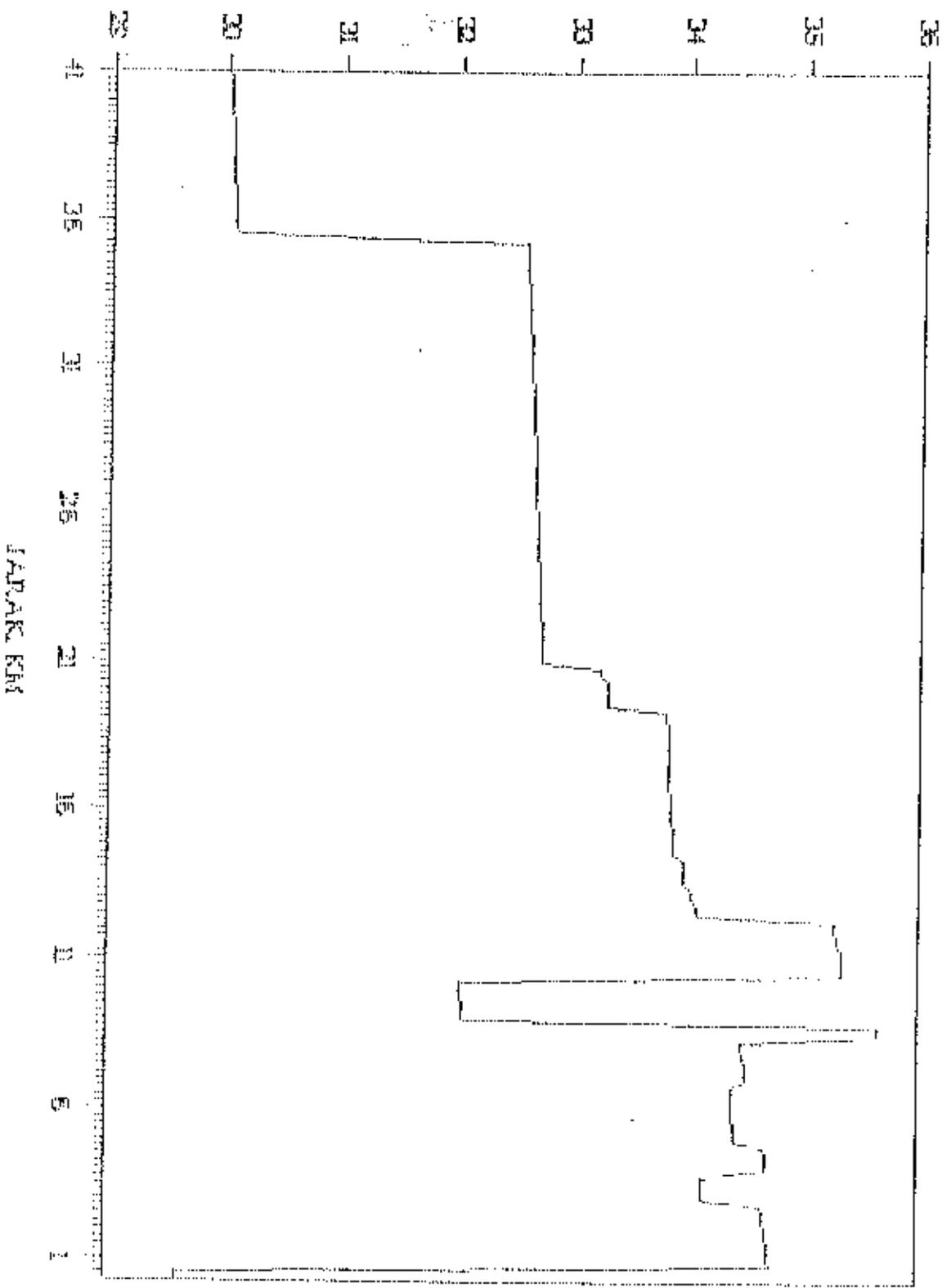
V-38a

jarak, km  
Ditambah 3,5 m<sup>3</sup>/dt

1202-1-11  
325 k

DEBIT M<sup>3</sup>/DT

DEBIT AWAL 30 M<sup>3</sup>/DT



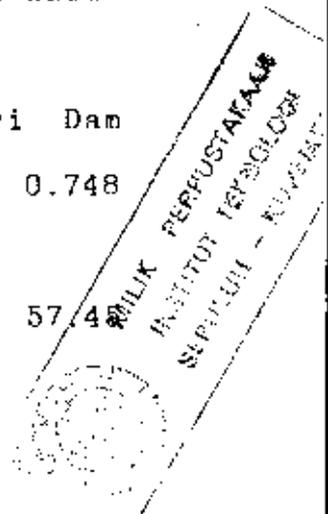
Grafik (5-18b)  
V-38b

POINT LOAD 13 dengan jarak  $\pm$  33.5 km dari Dam Mlirip, dimana dari hasil run-out diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisient dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar 0.748 hari.
- Koefisient dispersi bervariasi mulai dari 57.45  $m^2/dt$  sampai dengan 81.29  $m^2/dt$ .
- Koefisient reaerasi bervariasi mulai dari 0.33/hari sampai dengan 0.35/hari, demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai dengan 0.20/hari.
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 10 element ke 138 dengan jarak  $\pm$  34.50 km dari Dam Mlirip grafik (5-19a) dan (5-19b).

POINT LOAD 15 dengan jarak  $\pm$  36.5 km dari Dam Mlirip, dimana dari hasil run-out diperoleh bahwa :

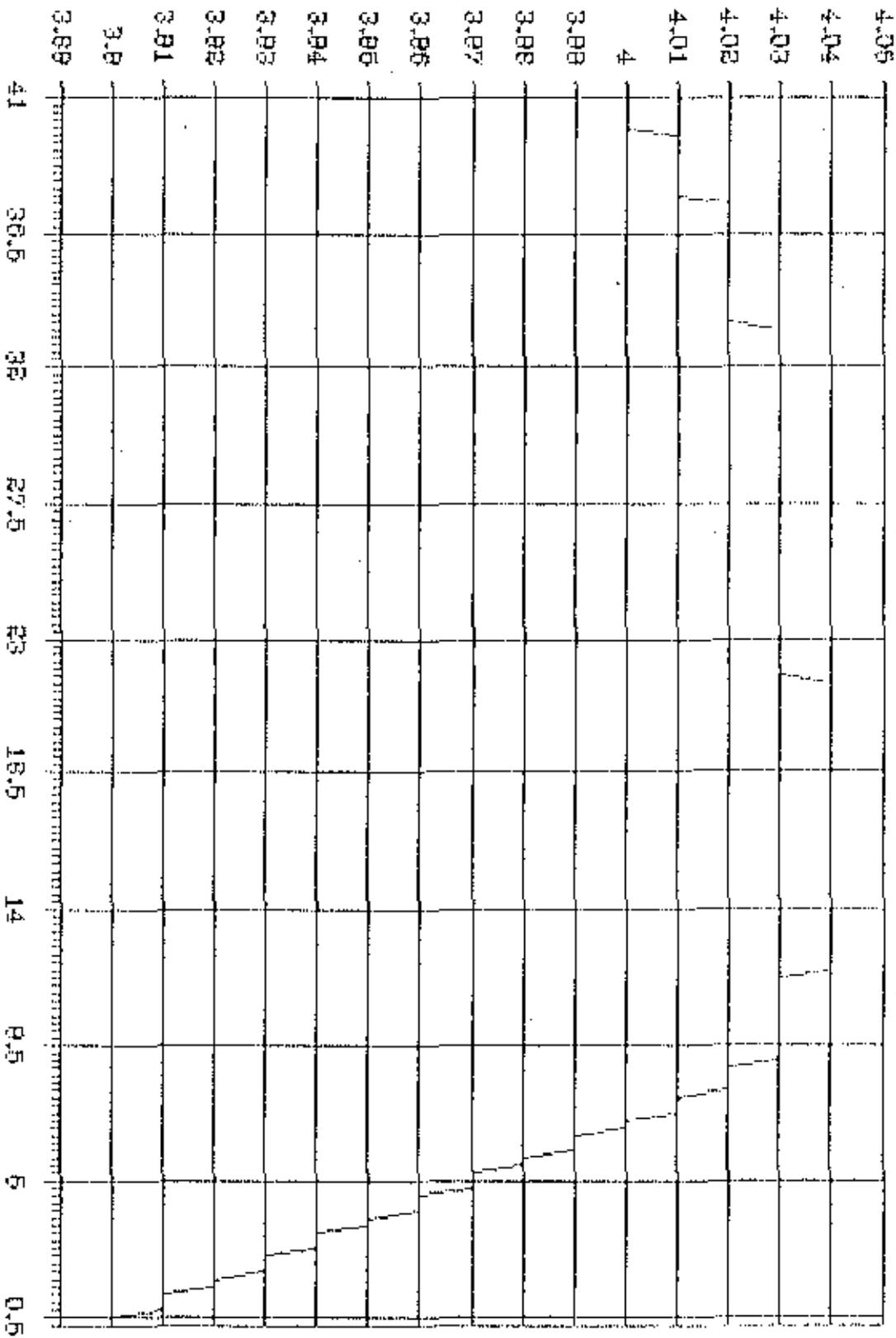
- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisient dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar 0.748 hari.
- Koefisient dispersi bervariasi mulai dari 57.4



DO, mg/l

*Q actual 30 m<sup>3</sup>/dt*

Penambahan Pado 33,5 km dari Dem Mburip



Grafik (5-19a)

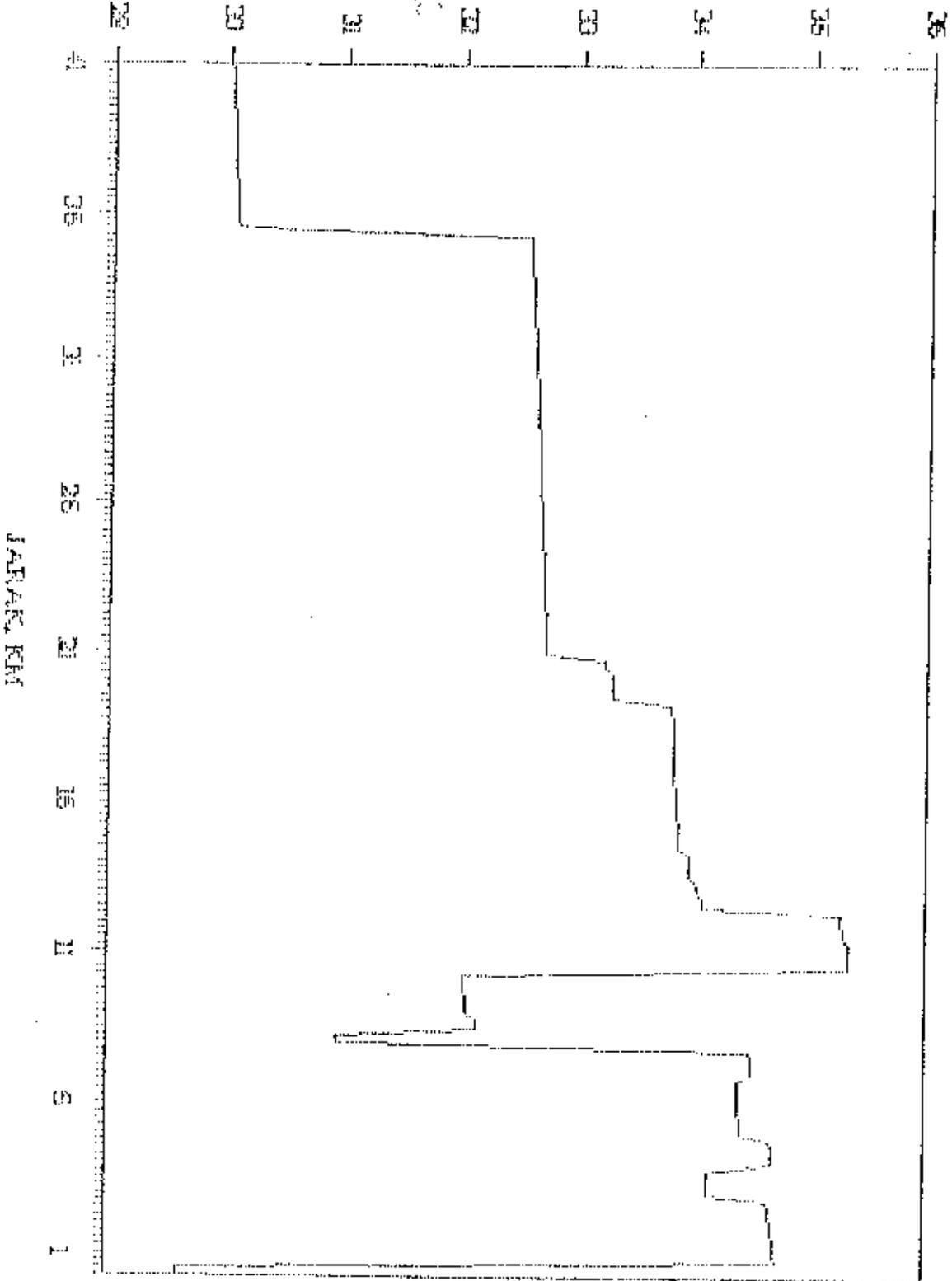
V-40a

jarak, km  
Ditambah 3,5 m<sup>3</sup>/dt

2011.13  
33,5

DEBIT M<sup>3</sup>/DIT

DEBIT AKUARI 30 M<sup>3</sup>/DIT



Grafik (5-19b)  
V-40b

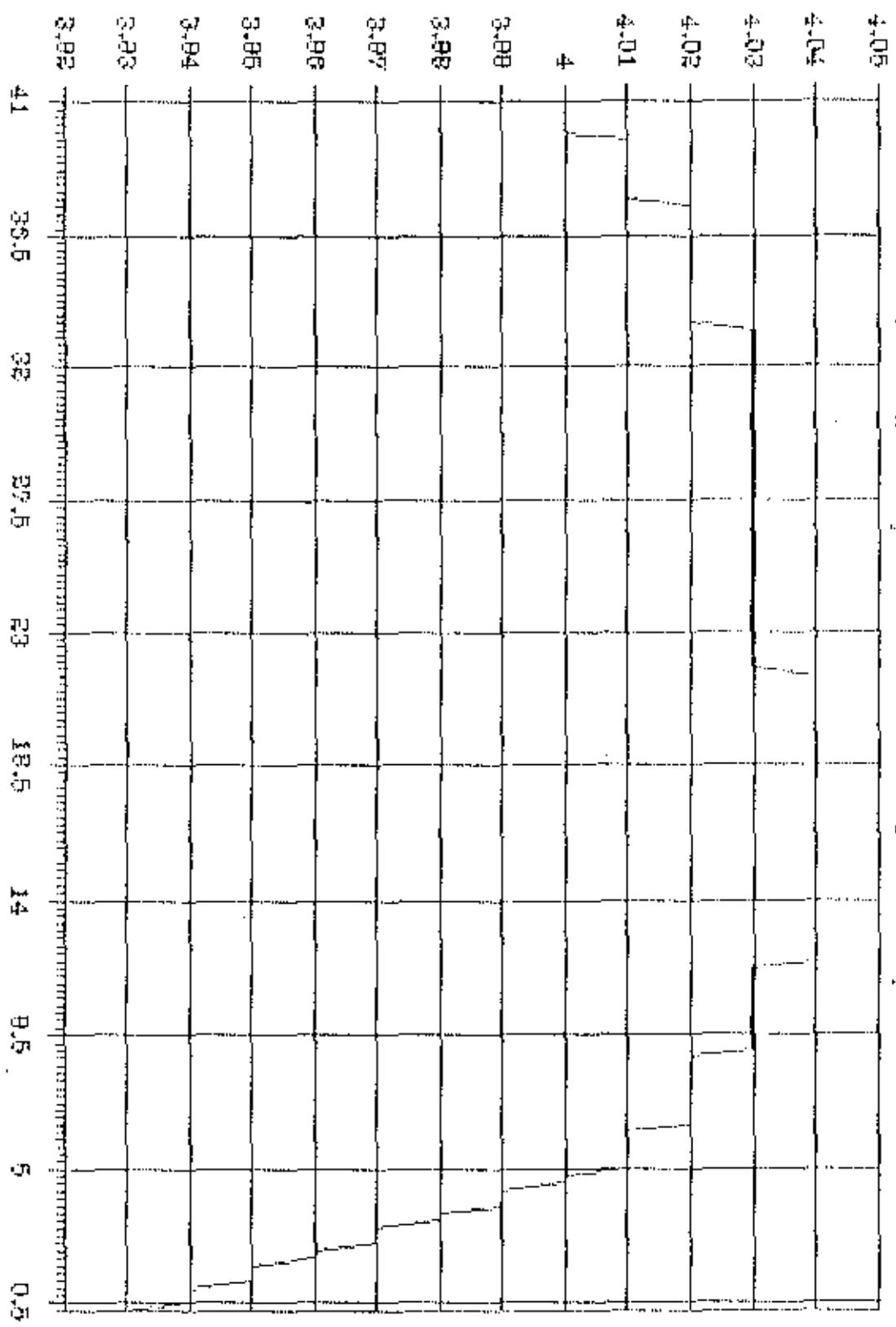
$m^2/dt$  sampai dengan  $81.29 m^2/dt$ .

- Koefisien reaserasi bervariasi mulai dari  $0.33/hari$  sampai dengan  $0.35/hari$ , demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari  $0.14/hari$  sampai dengan  $0.20/hari$ .
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 11 element ke 147 dengan jarak  $\pm 38.75$  km dari Dam Mlirip grafik (5-20a) dan (5-20b).

POINT LOAD 17 dengan jarak  $\pm 38.5$  km dari Dam Mlirip, dimana dari hasil run-out diperoleh bahwa :

- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai dengan Dam Jagir sebesar  $0.748$  hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari  $57.45 m^2/dt$  sampai dengan  $81.29 m^2/dt$ .
- Koefisien reaserasi bervariasi mulai dari  $0.33/hari$  sampai dengan  $0.35/hari$ , demikian juga halnya dengan BOD decay mulai dari  $0.14/hari$  sampai dengan  $0.20/hari$ .
- Besarnya DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 12 element ke 157 dengan jarak  $\pm 39.25$  km dari Dam Mlirip grafik (5-21a) dan (5-21b).

*Q awal 30 m<sup>3</sup>/dt*  
 Peningkatan pada 30.5 km dari Perm Mhirip



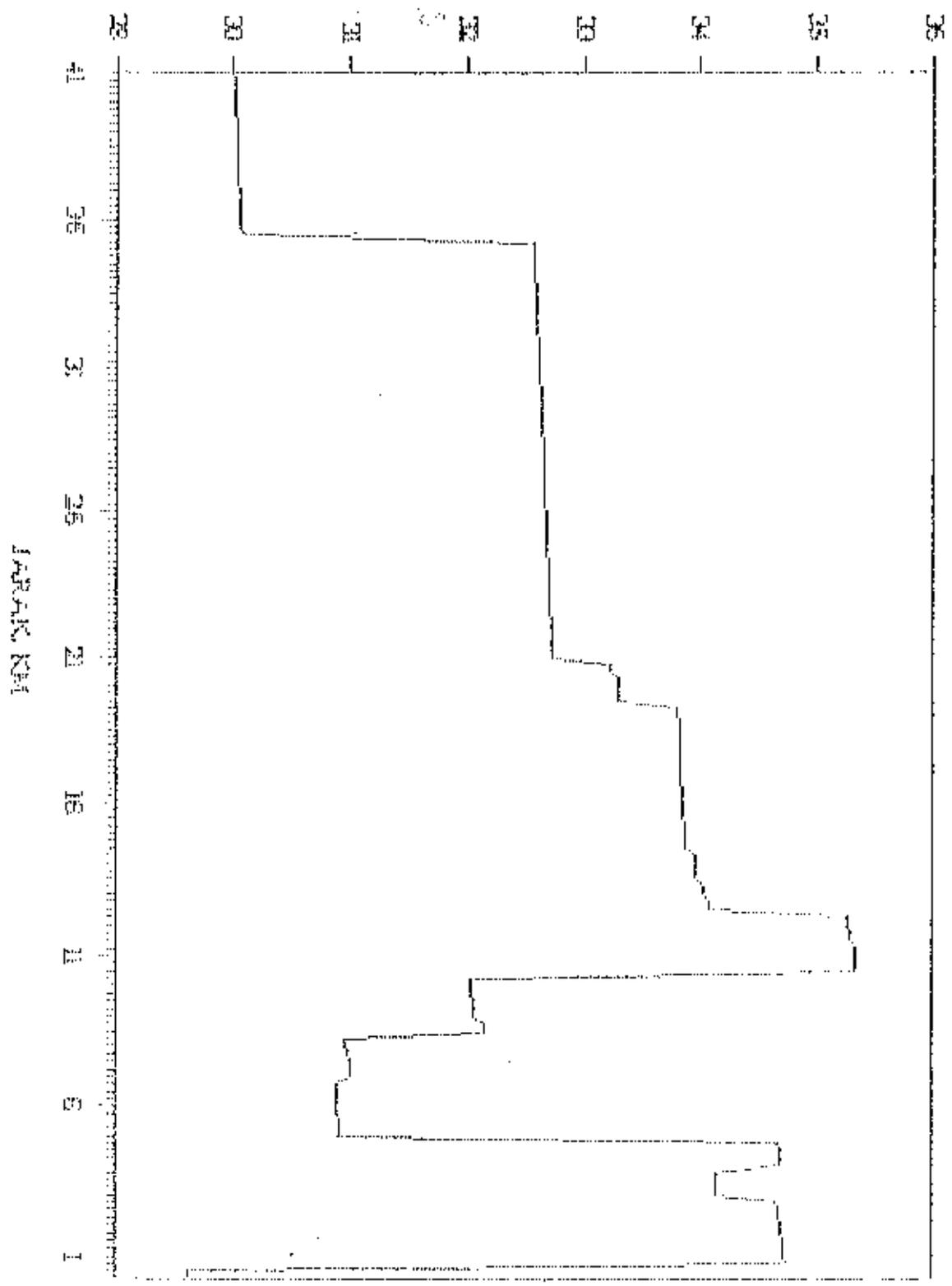
Grafik (5-20a)  
 V-42a

— Ditembak 3.5 m<sup>3</sup>/dt  
 jarak, km

2001 15  
36,5

### DEBIT M<sup>3</sup>/DT

### DEBIT AWAL 30 M<sup>3</sup>/DT

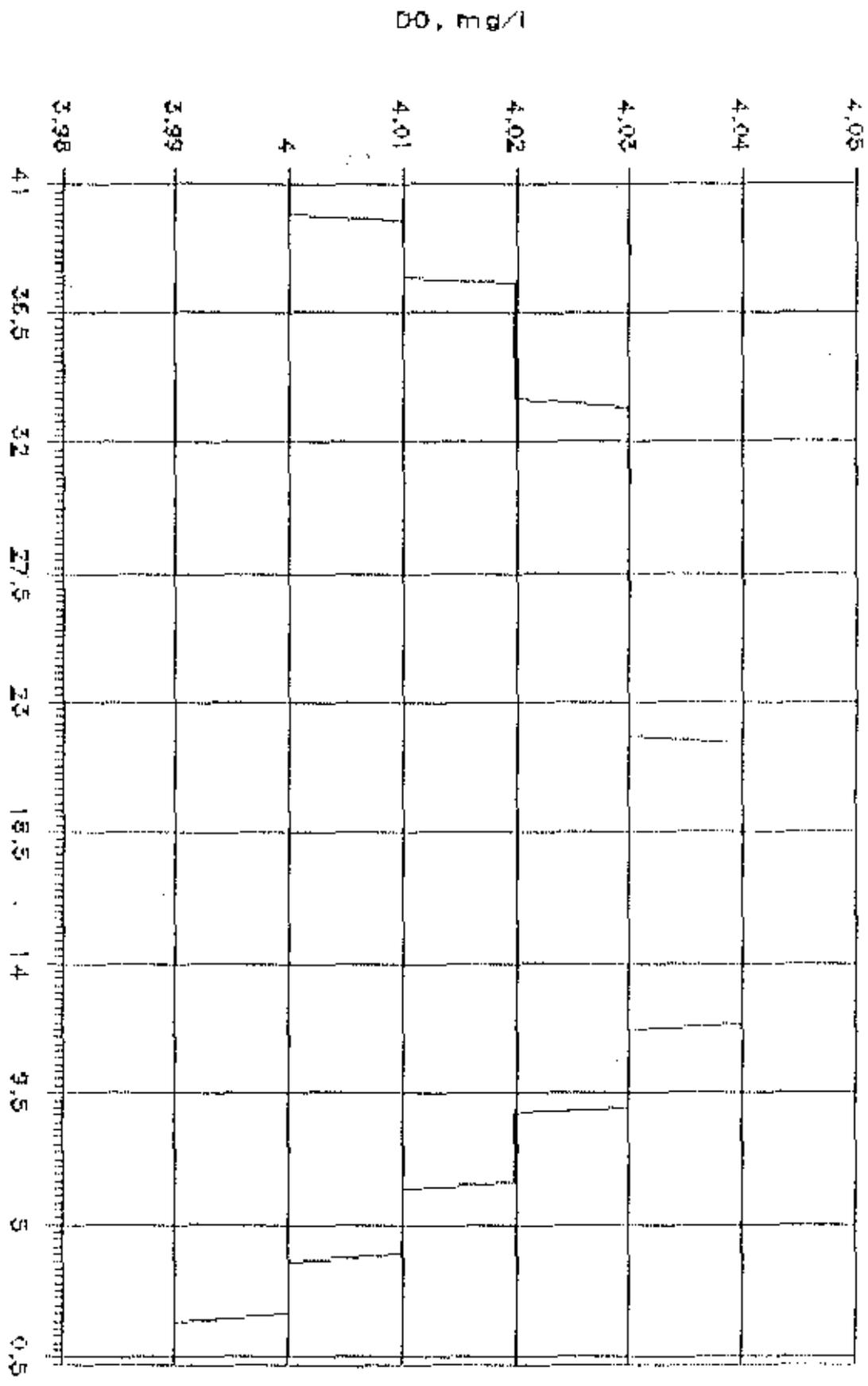


Grafik (5-20b)

V-42b

# D. Data 30 m<sup>3</sup>/dt

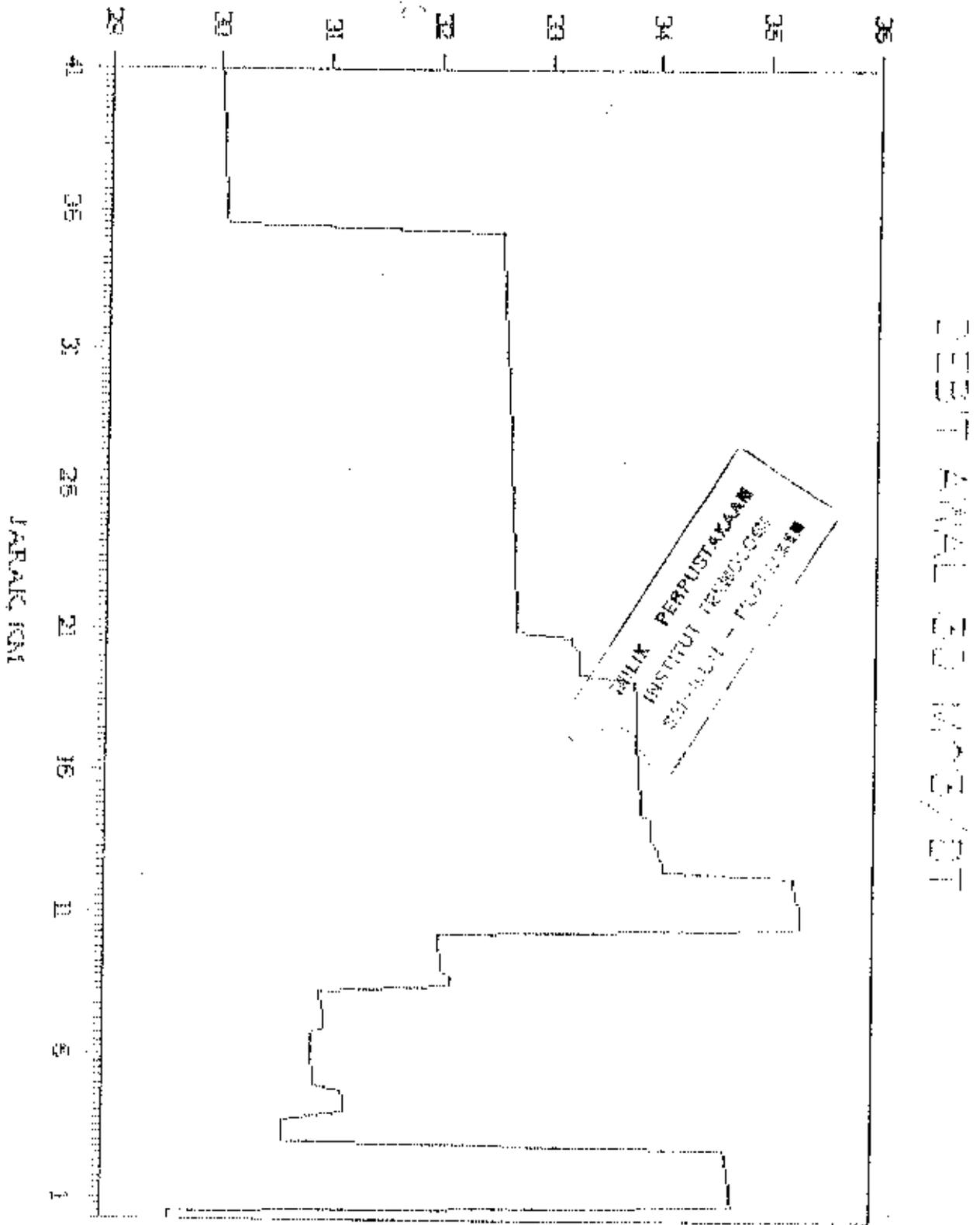
Pembelian pada 38.5 km dari Duta Miring



Grafik (5-21a)  
V-43a

p. 211/12  
35 r.

### DEBIT M3/DT



Grafik (5-21b)  
V-43b

PADA DAM MLIRIP dengan debit sebesar  $33.5 \text{ m}^3/\text{dt}$ , maka dari hasil run-out diperoleh bahwa :

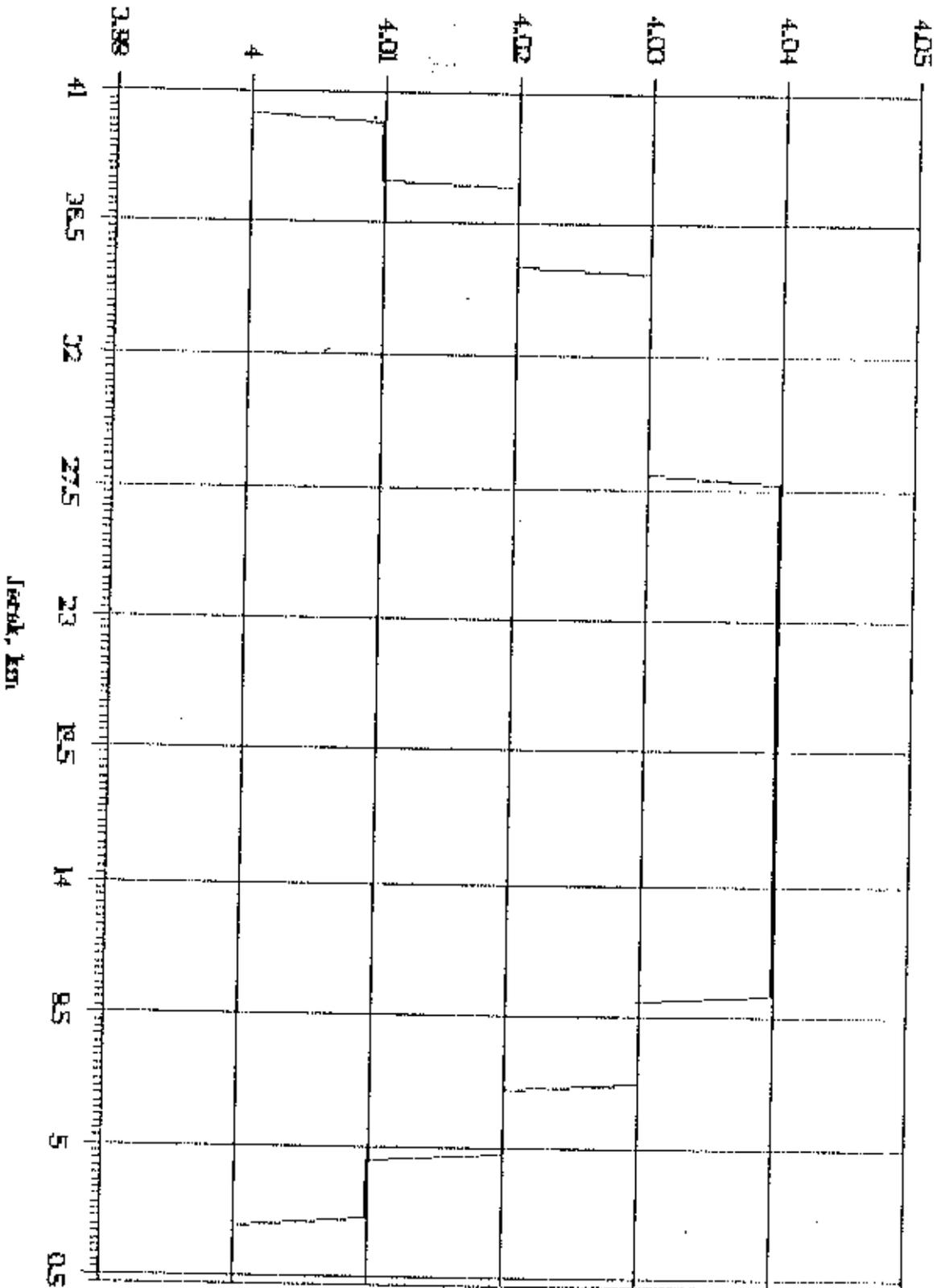
- Besarnya kecepatan, kedalaman, koefisien dispersi dan cross section area bervariasi dalam suatu reach
- Waktu tempuh/perjalanan aliran mulai dari Dam Mlirip sampai Dam Jagir sebesar 0.748 hari.
- Koefisien dispersi bervariasi mulai dari  $60.56 \text{ m}^2/\text{dt}$  sampai dengan  $84.91 \text{ m}^2/\text{dt}$ .
- Koefisien reaerasi bervariasi dari 0.33/hari sampai 0.36/hari, demikian juga dengan BOD decay mulai dari 0.14/hari sampai 0.20/hari.
- Besarnya DO disepanjang DAS dapat terpenuhi yaitu lebih besar atau sama dengan 4 mg/l grafik (5-22a) dan (5-22b). Disamping itu apabila kita tinjau terhadap BOD nya, maka dari hasil run-out dapat kita lihat bahwa besarnya BOD disepanjang DAS masih berada di atas dari maksimum yang diperbolehkan terhadap golongan yang diperuntukkan terhadap Kali Surabaya yaitu sebesar 6 mg/l.

Untuk mencapai kedua hal tersebut yaitu DO dan BOD dapat memenuhi peraturan yang diperuntukkan terhadap Kali Surabaya, maka dengan debit rata-rata yaitu sebesar  $60 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada Dam Mlirip hal tersebut dapat dicapai.

Dari apa yang sudah kita lakukan dan yang kita

DO, mg/l

Q awal 33.5 m<sup>3</sup>/dt

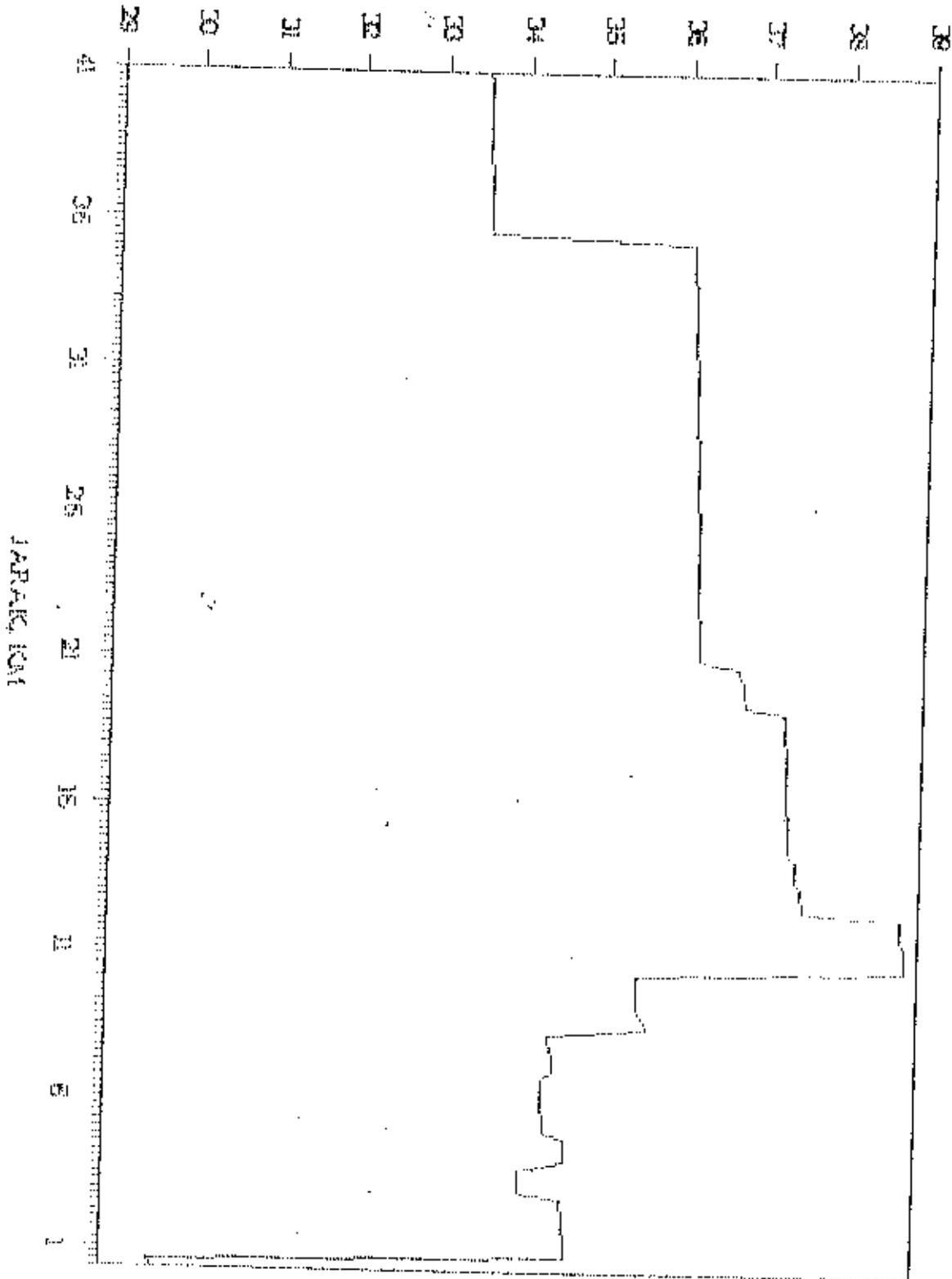


Grafik (5-22a)

V-45a

DEBIT M<sup>3</sup>/DT

DEBIT AVEKLE ERE M<sup>3</sup>/DT



Grafik (5-22b)

V-45b

sebutkan di atas terlihat bahwa dari simulasi debit tersebut didapatkan hasil yang bervariasi, yaitu pada koefisien dispersi, koefisien reaerasi, kecepatan, kedalaman, cross section area dan lain-lain. Untuk variasi koefisien dispersi, kecepatan, kedalaman dan cross section area dapat kita lihat pada bagian "Hydraulic summary" pada buku dua, demikian juga halnya dengan koefisien reaerasi dapat kita lihat pada bagian "Reaction coefficient summary" pada buku dua.

Dimana koefisien dispersi tersebut adalah merupakan fungsi dari debit dan bentuk aliran, maka nilainya tidaklah konstan, karena tergantung pada arah aliran, geometrik sungai dan karakteristik dasar dari sungai.

Koefisien dispersi tersebut akan tinggi apabila turbulensi semakin tinggi demikian juga sebaliknya.

Akibat dari variasi pada koefisien reaerasi, juga menyebabkan variasi terhadap oxygen reaerasi, untuk hal ini dapat kita lihat pada bagian "Dissolved oxygen data" pada buku dua.

Dan mengenai arti dari pada tinjauan yang sudah kita lakukan maka, untuk lebih jelasnya akan kita bicarakan pada bab berikutnya yaitu pada bagian kesimpulan dan saran yang mana kita akan mencoba untuk menarik suatu kesimpulan dari tinjauan tersebut.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Tugas akhir ini adalah merupakan suatu studi pendahuluan mengenai simulasi debit aliran Kali Surabaya.

Adapun pemilihan yang kami lakukan terhadap penulisan tersebut, berkaitan erat dengan bidang studi penulis.

Debit adalah merupakan salah satu parameter yang sangat penting di dalam sungai, dimana hal ini apabila kita hubungkan dengan pengelolaan yang akan kita lakukan terhadap sungai tersebut baik dari segi kuantitasnya maupun dari segi kualitasnya.

Debit aliran disepanjang aliran sungai berfluktuasi, hal ini dapat terjadi secara alamiah maupun disebabkan karena adanya pemakaian yang terjadi oleh aktivitas manusia disepanjang daerah aliran sungai tersebut.

Sebagaimana yang kita ketahui bahwa fluktuasi secara alami disebabkan oleh karena adanya perubahan musim sepanjang tahun, yaitu adanya musim kemarau dan musim penghujan. Sedangkan fluktuasi oleh aktivitas manusia

disebabkan oleh karena adanya pemaksaan untuk keperluan industri, domestik dan pertanian disepanjang daerah aliran sungai tersebut.

Adanya fluktuasi tersebut baik yang disebabkan secara alami maupun disebabkan oleh aktivitas manusia akan menyebabkan terjadinya perubahan pada alirannya misalnya terhadap besarnya debit aliran sehingga kecepatan dan kedalaman/ketinggian muka air juga turut berubah. Disamping itu dapat pula menimbulkan perubahan terhadap fungsi dasar dari pada sungai tersebut, dimana Kali Surabaya dikategorikan dalam golongan B, maka buangan yang masuk ke dalam badan air tersebut harus berasal dari golongan I.

Sehubungan dengan itu maka, dari apa yang sudah kita lakukan adalah melakukan simulasi terhadap debit aliran di dalam sungai utamanya.

Dengan demikian maka, berdasarkan dari simulasi tersebut, kita akan mencoba untuk mengetahui seberapa besar potensi dari Kali Surabaya untuk dapat mengantisipasi dengan adanya perubahan yang terjadi disepanjang daerah aliran sungai tersebut yang hubungannya dengan fungsi dasar dari Kali Surabaya.

Berdasarkan dari apa yang sudah kita lakukan pada simulasi debit aliran tersebut maka, dari hasil run-out simulasi, kita akan mencoba untuk mengambil suatu kesimpulan sehubungan dengan tinjauan yang sudah kita

lakukan pada analisa masalah. Dengan demikian disini kita akan menyimpulkan beberapa hal diantaranya adalah :

#### 6.1. KESIMPULAN DEBIT MINIMUM BERDASARKAN STREAM STANDARD

Yang kita maksudkan dengan stream standard disini adalah, dimana kualitas yang masuk dan yang keluar (kualitas badan air) dibuat sama.

Hal ini kita maksudkan untuk mengetahui sejauh mana sungai tersebut dapat mengantisipasi kualitas yang ditetapkan padanya saat debit minimum.

Dimana pada dasarnya arti dari stream standard sendiri adalah peraturan kualitas badan air yang sudah ditetapkan, dengan demikian tidak peduli berapa besar beban buangan yang dikandungnya yang masuk ke badan air, yang penting adalah setelah menerima air buangan yang bersangkutan, badan air tersebut harus memenuhi peraturan yang ditetapkan.

Dengan demikian maka kesimpulan yang kita dapatkan adalah :

- Dengan debit minimum pada Dam Mlirip sebesar  $10 \text{ m}^3/\text{dt}$ , dan dengan mempertimbangkan adanya aliran yang masuk atau keluar disepanjang daerah aliran sungai maka DO minimum hanya dapat tercapai sampai pada reach 11 element ke 154 dengan jarak  $\pm 38.5 \text{ km}$  dari Dam Mlirip (hampir mencapai

seluruh DAS).

Dengan cara coba-coba, maka dengan penambahan debit sebesar  $2 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada Das Hilirip sudah dapat mencapai nilai DO minimum sebagaimana yang diharapkan terjadi disepanjang DAS.

- Penambahan debit aliran yang dilakukan pada point load (anak-anak sungai).

Dari hasil run-out yang diperoleh, didapatkan hasil yang berbeda-beda satu dengan yang lain. Terlihat bahwa makin jauh penambahan debit aliran yang dilakukan terhadap DO yang akan kita naikkan nilainya, maka makin besar harapan kita untuk mencapai nilai DO minimum tersebut, dan sebaliknya bahwa makin dekat penambahan yang dilakukan terhadap nilai DO yang akan dinaikkan nilainya, maka makin besar harapan kita untuk mencapai nilai DO minimum tersebut.

- Dari penambahan debit aliran yang dilakukan terhadap point load tersebut di atas, maka tidak satupun yang dapat mencapai nilai DO minimum yang ditetapkan.

Dengan demikian maka dapat kita lihat, bahwa makin ke atas penambahan yang dilakukan makin besar harapan kita untuk mencapai nilai DO minimum sebagaimana yang kita tentukan

tersebut.

- Dari apa yang sudah disebutkan di atas bahwa nilai DO minimum tersebut dapat dicapai apabila penambahan yang dilakukan pada Dam Mlirip.

Dalam hal ini dapat kita sebutkan bahwa hal tersebut terjadi dikarenakan penambahan debit tersebut dapat melakukan fungsinya sebagai pengencer yang dapat mengurangi konsentrasi, sehingga nilai DO yang diharapkan dapat dicapai. Disamping itu, karena adanya akumulasi debit aliran secara teratur dan merata menyebabkan terjadinya turbulensi disepanjang daerah aliran sungai lebih merata. Untuk itu proses reaerasi disepanjang aliran sungai tersebut juga merata dan akumulasi dari debit tersebut dapat melakukan pengenceran terhadap buangan yang berada di daerah hilirnya.

Disamping terpenuhinya nilai DO tersebut, nilai BOD juga dapat terpenuhi, dimana berdasarkan dari golongan yang diperuntukkan terhadap Kali Surabaya dimasukkan dalam kategori golongan B, maka maksimum BOD yang diperbolehkan sebesar 6 mg/l. Dengan demikian, debit minimum berdasarkan stream standard didapatkan sebesar 12 m<sup>3</sup>/dt pada Dam Mlirip.

## MINIMUM BERDASARKAN EFLUENT

Hal yang perlu juga kita lakukan pada efluent adalah untuk memanfaatkan faktor alamiah dari sungai tersebut dengan maksud untuk mengetahui sejauh mana DAS tersebut dapat mengantisipasi terhadap pengaruh dari efluent standard. Dengan demikian maka kesimpulan yang kita dapatkan adalah :

Dengan debit aliran sebesar  $30 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada Dam Mlirip maka, berdasarkan hasil run-out diperoleh bahwa DO minimum yang diharapkan hanya dapat dicapai sampai pada reach 12 element ke 158 dengan jarak ± 39.5 km dari Dam Mlirip (hampir mencapai disepanjang DAS).

Dengan cara coba-coba kita dapatkan bahwa debit tambahan sebesar  $3.5 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada Dam Mlirip, maka DO minimum dapat dicapai sebagaimana yang diharapkan disepanjang DAS.

- Penambahan yang dilakukan pada point load 1, 2, 8 dan 17 (anak anak sungai).

Dari hasil run-out yang diperoleh didapatkan hasil yang berbeda satu sama lain, dimana makin jauh penambahan debit aliran yang dilakukan terhadap DO yang akan dinaikkan nilainya, maka makin besar harapan kita untuk mencapai DO

minimum sebagaimana yang diharapkan, dan sebaliknya makin dekat penambahan yang dilakukan terhadap DO yang akan dinaikkan nilainya, maka terlihat bahwa fungsi dari penambahan debit tersebut sedikit sekali pengaruh yang ditimbulkannya.

- Penambahan dilakukan pada point load 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, dan 15.

Dimana pada point load ini DOE yang masuk ke badan air sebesar 30 mg/l.

Dari hasil run-out yang diperoleh didapatkan hasil yang berbeda satu sama lain. Pada penambahan ini, makin jauh penambahan yang dilakukan (yang terjauh point load 3) terhadap DO yang akan dinaikkan nilainya, maka makin kecil harapan kita untuk mencapai nilai DO minimum tersebut.

Dengan kata lain penambahan yang dilakukan pada point point load tersebut memperburuk keadaan dibandingkan dengan apabila kita tidak melakukan penambahan sama sekali.

Hal ini dapat kita lihat dari penambahan pada point load 3, dimana DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 7 element ke 100 dengan jarak  $\pm$  25 km dari Dam Klirip, sedangkan apabila tidak

minimum sebagaimana yang diharapkan, dan sebaliknya makin dekat penambahan yang dilakukan terhadap DO yang akan dinaikkan nilainya, maka terlihat bahwa fungsi dari penambahan debit tersebut sedikit sekali pengaruh yang ditimbulkannya.

Penambahan dilakukan pada point load 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, dan 15.

Dimana pada point load ini BOD yang masuk ke badan air sebesar 30 mg/l.

Dari hasil run out yang diperoleh didapatkan hasil yang berbeda satu sama lain. Pada penambahan ini, makin jauh penambahan yang dilakukan (yang terjauh point load 3) terhadap DO yang akan dinaikkan nilainya, maka makin kecil harapan kita untuk mencapai nilai DO minimum tersebut.

Dengan kata lain penambahan yang dilakukan pada point point load tersebut memperburuk keadaan dibandingkan dengan apabila kita tidak melakukan penambahan sama sekali.

Hal ini dapat kita lihat dari penambahan pada point load 3, dimana DO hanya dapat terpenuhi sampai pada reach 7 element ke 133 dengan jarak = 25 km dari Dam Klirip, sedangkan apabila tidak

terhadap Kali Surabaya adalah termasuk dalam kategori golongan D, dengan demikian maka maksimum BOD yang diperbolehkan yaitu sebesar 6 mg/l (pada badan air). Untuk itu walaupun nilai DO minimum dapat dicapai tetapi nilai BOD tidak dapat dipenuhi.

Untuk mencapai kedua nilai tersebut maka dengan debit rata-rata sebesar  $60 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada Dam Mlirip ke dua hal tersebut dapat dicapai.

#### 6.4. KESIMPULAN TERHADAP KOEFISIEN REAERASI

Semakin besar debit aliran yang terjadi dalam suatu reach atau element maka, kecepatan aliran dan kedalaman/ketinggian muka air akan naik sehingga turbulensi meningkat. Dengan meningkatnya turbulensi tersebut maka koefisien reaerasi juga akan bertambah besar.

- Bertambah besarnya koefisien reaerasi maka, oxygen reaerasi akan semakin besar.
- Dengan temperatur tetap, koefisien reaerasi adalah merupakan fungsi dari kecepatan dan kedalaman.

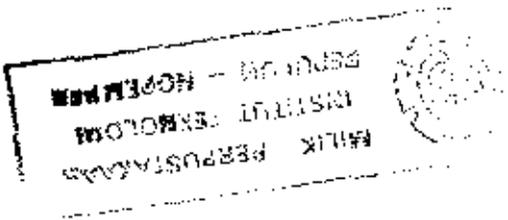
Dengan bervariasinya koefisien reaerasi menyebabkan oxygen reaerasi juga bervariasi, hal ini disebabkan variasinya kecepatan dan

kedalaman yang terjadi disepanjang DAS.

Dari kesimpulan yang kita lakukan di atas terlihat perbedaan yang sangat besar diantara penambahan debit yang dilakukan pada Dam Mlirip (daerah hulu) dengan penambahan yang dilakukan pada point load (anak-anak sungai) dan pada point load yang mempunyai BOD influent sebesar 30 mg/l. Untuk lebih jelasnya penyebab dari perbedaan tersebut dapat kita lihat dari variasi kecepatan dan oxygen reairasi pada tabel (6-1a) dan (6-1b) yaitu variasi kecepatan sedangkan tabel (6-2a) dan (6-2b) yaitu variasi oxygen reairasi yang terjadi pada masing-masing keadaan, dapat kita lihat pada halaman terakhir dalam bab ini.

Semakin meratanya oxygen reairasi disepanjang DAS maka, DO minimum disepanjang DAS dapat dicapai. Untuk ini dapat kita lihat pada point load yang mempunyai BOD influent sebesar 30 mg/l, oxygen reairasinya sangat bervariasi dalam suatu reach atau dengan kata lain proses reairasi untuk menaikkan DO tidak merata sepanjang DAS apabila dibandingkan dengan point load yang lain.

Dari apa yang sudah kita lakukan dan simpulkan, dapat kita katakan bahwa Kali Surabaya mempunyai daya pemulih untuk menerima dan mengolah pencemaran yang masuk ke dalam badan air tersebut. Untuk itu maka sangat diperlukan pengamatan terhadap sistem sungai, dimana diantaranya adalah besarnya debit aliran, kecepatan aliran,



sehingga pada suatu saat akan dapat melampaui kemampuan  
Maka, Kali Surabaya harus menerima beban lebih besar,  
Dari kemajuan yang didapatkan tersebut di atas  
beragam.

dihasilkan juga akan meningkat dengan berbagai bentuk yang  
kebutuhan akan air, disamping itu adalah buangan yang  
Sebagai konsekuensi yang nyata adalah meningkatnya  
dengan perkembangan industri yang meningkat terus.

akan mencapai 4 juta jiwa, dimana hal ini juga diikuti  
dimana pada tahun 2000 mendatang penduduk Kota Surabaya  
Meningkat perkembangan penduduk yang begitu besar.

6.5. SARAN TERHADAP PEMURNIAN ALAMIAH DARI KALI SURABAYA

pada besarnya debit aliran yang ada.  
terjadi, karena beban yang ada melampaui kemampuan dari  
lain pemurnian secara alamiah yang diharapkan tidak  
pengencer tidak dapat melakukan fungsinya atau dengan kata  
penambahan debit aliran yang sedemikian dimaksudkan sebagai  
meningkat dari apa yang sudah kita lakukan bahwa,  
terdapat pada aliran tersebut, hal ini sangat diperlukan  
terkonsentrasi pada suatu titik, dan juga beban yang  
aliran yang terjadi secara terdistribusi atau secara  
perluasnya diketahui debit aliran yang masuk atau keluar baik  
hidraulik dari pada sungai itu sendiri. Disamping itu  
tinggi muka air atau dengan kata lain karakteristik

self purification. Untuk ini sebagai gambaran dapat kita lihat pada analisa masalah dan kesimpulan yang sudah kita dapatkan bahwa, penambahan debit aliran yang dilakukan pada point load yang mempunyai COD influent sebesar 20 mg/l. tidak dapat melakukan fungsinya sebagai pengencer.

Untuk itu perlulah kiranya bahwa pemulihan alamiah Kali Surabaya untuk dievaluasi secara menyeluruh agar kondisi dari Kali Surabaya tersebut dapat dipertahankan sesuai dengan peruntukannya.

#### 6.6. SARAN TERHADAP PERATURAN ATAU KEBIJAKSANAAN YANG DIBERLAKUKAN TERHADAP KALI SURABAYA

Dari apa yang sudah kita sebutkan di atas bahwa proyeksi penduduk Surabaya sekitar 4 juta jiwa pada tahun 2000 maka, dengan penduduk sebesar itu kebutuhan akan air bersih kota akan mencapai 12600 l/dl, dimana sebagian besar air bakunya diambil dari Kali Surabaya. Mengingat surat keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur nomor 413 tahun 1987 tentang penggolongan dan baku mutu air di Jawa Timur bahwa, Kali Surabaya di kategorikan dalam golongan 3 dan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur nomor 414 tahun 1987 tentang penggolongan dan baku mutu air limbah di Jawa Timur bahwa, buangan yang masuk ke dalam badan air golongan B harus berasal dari golongan 7.

Dengan demikian, apabila kita akan menerapkan hal tersebut pada Kali Surabaya maka, perlu kiranya kita melakukan pengkajian terhadap :

- Melihat dari besarnya debit yang diperlukan untuk mencapai golongan berdasarkan effluent standard tersebut maka, perlu kiranya kita untuk melakukan peninjauan terhadap skala prioritas yang dilakukan oleh instansi yang bertanggung jawab terhadap pengelolaan Kali Brantas dan Kali Surabaya, dimana Kali Surabaya adalah merupakan cabang dari kali Brantas.
- Dengan peninjauan yang dilakukan terhadap skala prioritas tersebut maka, hal tersebut menuntut adanya perhatian dan kerjasama yang terpadu diantara instansi-instansi yang berwenang dan pemakai air itu sendiri.
- Perlunya dilakukan monitoring terhadap debit aliran yang masuk/keluar dan juga perlunya diketahui besarnya beban buangan yang masuk ke badan air. Dimana monitoring yang dilakukan dikumpulkan untuk dijadikan sebagai data-data yang diperlukan untuk mengevaluasi keadaan sungai tersebut.
- Perlu juga untuk diketahui pola aliran yang masuk/keluar yang terjadi disepanjang DAS yang

berfungsi untuk memudahkan dalam memonitoring aliran.

- Perlunya dilakukan monitoring terhadap debit aliran, tinggi muka air terutama pada daerah yang mempunyai potensi besar terhadap pengambilan air Kali Surabaya secara kontinyu, dimana pengamatan terhadap debit, tinggi muka air dapat memberikan gambaran tentang karakteristik fisik, yang mana hal tersebut mempengaruhi pada turbulensi aliran pada sungai itu sendiri. Disamping itu kita dapat mengetahui potensi aliran yang terdapat pada daerah tersebut yang berfungsi sebagai monitoring terhadap besarnya beban buangan yang harus diterima pada daerah tersebut.
- Perlunya penelitian sosial budaya untuk mendapatkan cara agar masyarakat mengerti tentang manfaat Kali Surabaya. Dimana Kali tersebut adalah merupakan suatu sumber daya alami yang berharga yang harus dijaga dan dilindungi oleh semua pemakai dan digunakan dengan cara-cara yang menguntungkan semua pihak.
- Perlunya pengkajian kembali tentang peraturan yang diberlakukan, yaitu hubungan diantara stream standard dan ofluent standard, mengingat

dari apa yang sudah kita lakukan bahwa, dengan menerapkan efluent standard maka apabila kita ingin mencapai kondisi sebagaimana yang ditentukan dalam golongan B maka, debit minimum pada Dam Mlirip sebesar  $60 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Untuk itu perlu untuk diketahui korelasi antara efluent standard dan stream standard dalam hubungannya dengan debit badan air sebelum peraturan tersebut digunakan dalam skala regional maupun nasional.

Dalam hal semua itu dari apa yang kita sebutkan di atas bahwa dalam melakukan suatu pengelolaan dalam artian menjaga dan melindungi agar tetap lestari memang membutuhkan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Namun sebagaimana dengan keadaan Surabaya yang mempunyai penduduk hampir 4 juta jiwa maka, investasi tersebut akan memberikan keuntungan dalam jangka waktu yang panjang dalam pengertian bahwa, manfaat yang diberikan tidak dapat dibandingkan dengan nilai investasi yang ditanam tersebut.

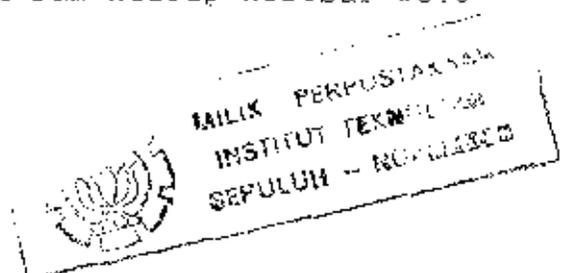
Dari apa yang sudah kita sebutkan sebelumnya, yaitu mengenai variasi kecepatan dan oksigen reairasi disepanjang DAS, maka untuk lebih jelasnya, di bawah ini akan kita sebutkan mengenai keterangan-keterangan dari pada tabel tersebut yaitu :

Keterangan Tabel (6-1a) dan (6-2a) yaitu variasi kecepatan dan variasi oksigen reairasi untuk kondisi I

- A : yaitu debit awal pada Dam Mlirip sebesar 10  $m^3/dt$  dengan mempertimbangkan aliran yang masuk/keluar disepanjang DAS.
- B : sama dengan A di atas namun debit awal pada Dam Mlirip sebesar 12  $m^3/dt$
- P1 : sama dengan A di atas namun debit ditambah sebesar 2  $m^3/dt$  pada point load 1 (P1) dengan jarak 6 km dari Dam Mlirip
- P2 : sama dengan A di atas namun debit ditambah sebesar 2  $m^3/dt$  pada point load 2 (P2) dengan jarak 20.5 km dari Dam Mlirip
- P8 : sama dengan A di atas namun debit ditambah sebesar 2  $m^3/dt$  pada point load 8 (P8) dengan jarak 29 km dari Dam Mlirip
- P17 : sama dengan A di atas namun debit ditambah sebesar 2  $m^3/dt$  pada point load 17 (P17) dengan jarak 38.5 km dari Dam Mlirip

Keterangan Tabel (6-1b) dan (6-2b) yaitu variasi kecepatan dan oksigen reairasi untuk kondisi II.

- A : yaitu debit awal pada Dam Mlirip sebesar 30  $m^3/dt$ , mempertimbangkan aliran masuk/keluar disepanjang DAS dan menerapkan efluent standard.
- B: yaitu debit awal pada Dam Mlirip sebesar 33.5



- $m^3/dt$ , mempertimbangkan aliran masuk/keluar disepanjang DAS dan menerapkan efluent standard.
- P1 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 m^3/dt$  dilakukan pada P1 dengan jarak 6 km dari Dam Mlirip
  - P2 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 m^3/dt$  dilakukan pada P2 dengan jarak 20.5 km dari Dam Mlirip
  - P3 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 m^3/dt$  dilakukan pada P3 dengan jarak 21 km dari Dam Mlirip
  - P4 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 m^3/dt$  dilakukan pada P4 dengan jarak 22 km dari Dam Mlirip
  - P5 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 m^3/dt$  dilakukan pada P5 dengan jarak 27 km dari Dam Mlirip
  - P6 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 m^3/dt$  dilakukan pada P6 dengan jarak 28 km dari Dam Mlirip
  - P7 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 m^3/dt$  dilakukan pada P7 dengan jarak 28.5 km dari Dam Mlirip
  - P8 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 m^3/dt$  dilakukan pada P8 dengan

jarak 29 km dari Dam Mlirip

- P9 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 \text{ m}^3/\text{dt}$  dilakukan pada P9 dengan jarak 30 km dari Dam Mlirip
- P11 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 \text{ m}^3/\text{dt}$  dilakukan pada P11 dengan jarak 32.5 km dari Dam Mlirip
- P13 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 \text{ m}^3/\text{dt}$  dilakukan pada P13 dengan jarak 33.5 km dari Dam Mlirip
- P15 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 \text{ m}^3/\text{dt}$  dilakukan pada P15 dengan jarak 36.5 km dari Dan Mlirip
- P17 : sama dengan A diatas, namun penambahan debit sebesar  $3.5 \text{ m}^3/\text{dt}$  dilakukan pada P17 dengan jarak 38.5 km dari Dan Mlirip.

TABLE 16-1a) VARIASI EKSPANSI KONDISI 1

A		B		P1		P2		P6		P17	
V	ELEMENT										
0.327	1 - 12	0.354	1 - 12	0.327	1 - 12	0.327	1 - 12	0.327	1 - 12	0.327	1 - 12
0.327	13 - 14	0.355	13 - 23	0.327	13 - 14	0.327	13 - 14	0.327	13 - 14	0.327	13 - 14
0.328	15 - 23	0.355	24	0.328	15 - 23	0.328	15 - 23	0.328	15 - 23	0.328	15 - 23
0.361	24			0.355	24	0.361	24	0.361	24	0.361	24
0.439	25 - 38	0.466	25 - 31	0.466	25 - 31	0.439	25 - 38	0.439	25 - 38	0.439	25 - 38
		0.467	35 - 38	0.462	35 - 38						
0.439	39	0.467	39 - 52	0.467	39 - 52	0.439	39	0.439	39	0.439	39
0.440	40 - 52					0.440	40 - 52	0.440	40 - 52	0.440	40 - 52
0.450	53 - 66	0.47	53 - 66	0.47	53 - 66	0.450	53 - 66	0.450	53 - 66	0.450	53 - 66
0.450	67 - 81	0.47	67 - 81	0.47	67 - 81	0.450	67 - 81	0.450	67 - 81	0.450	67 - 81
0.456	82	0.475	82	0.475	82	0.475	82	0.456	82	0.456	82
0.474	83	0.501	83	0.501	83	0.501	83	0.474	83	0.474	83
0.473	84 - 87	0.500	84 - 87	0.500	84 - 87	0.500	84 - 87	0.473	84 - 87	0.473	84 - 87
0.466	88 - 100	0.494	88 - 100	0.494	88 - 100	0.474	88 - 100	0.466	88 - 100	0.466	88 - 100
0.466	101	0.495	101 - 104	0.494	101 - 104	0.494	101 - 104	0.466	101	0.466	101
0.467	102 - 107	0.495	105 - 107	0.495	105 - 107	0.495	105 - 107	0.467	102 - 107	0.467	102 - 107
0.466	108 - 111	0.494	108 - 111	0.494	108 - 111	0.494	108 - 111	0.466	108 - 111	0.455	108 - 111
0.465	112 - 115	0.493	112 - 115	0.493	112 - 115	0.493	112 - 115	0.465	112 - 115	0.465	112 - 115
0.482	116	0.503	116	0.503	116	0.503	116	0.503	116	0.482	116
0.465	117 - 123	0.481	117 - 123	0.481	117 - 123	0.481	117 - 123	0.481	117 - 123	0.466	117 - 123
0.434	124 - 130	0.454	124 - 129	0.454	124 - 129	0.454	124 - 129	0.455	124 - 129	0.434	124 - 130
		0.453	130	0.453	130	0.453	130	0.453	130		
0.444	131	0.465	131	0.465	131	0.465	131	0.465	131	0.444	131
0.430	132 - 133	0.453	132 - 137	0.453	132 - 137	0.453	132 - 137	0.453	132 - 137	0.430	132 - 133
0.429	134	0.451	138	0.451	138	0.451	138	0.451	138	0.429	134
0.430	135 - 137	0.452	139 - 142	0.452	139 - 142	0.452	139 - 142	0.452	139 - 142	0.430	135 - 137
0.428	138 - 142									0.428	138 - 142
0.428	143 - 144	0.452	143 - 145	0.452	143 - 145	0.452	143 - 145	0.452	143 - 145	0.428	143 - 144
0.429	145	0.449	146 - 149	0.449	146 - 149	0.449	146 - 149	0.449	146 - 149	0.429	145
0.425	146	0.443	150 - 153	0.443	150 - 153	0.443	150 - 153	0.443	150 - 153	0.425	146
0.426	147 - 149	0.449	154	0.449	154	0.449	154	0.449	154	0.425	147 - 149
0.418	150 - 152									0.418	150 - 152
0.419	153									0.419	153
0.425	154									0.449	154
0.454	155 - 158	0.483	155 - 158	0.483	155 - 158	0.483	155 - 158	0.483	155 - 158	0.483	155 - 158
0.455	161 - 162	0.484	159 - 162	0.484	159 - 162	0.484	159 - 162	0.484	159 - 162	0.484	159 - 162
0.350	163	0.399	163 - 164	0.399	163 - 164	0.399	163 - 164	0.399	163 - 164	0.399	163 - 164
0.351	164										

TABLE (6-2a) VARIAS OXYGEN REAIRASI KONDISI :

	A		B		P1		P2		P6		P17	
SEAC/	OXYGN	ELEMENT	OXYGN	ELEMENT	OXYGN	ELEMENT	OXYGN	ELEMENT	OXYGN	ELEMENT	OXYGN	ELEMENT
	REAIR		REAIR		REAIR		REAIR		REAIR		REAIR	
1	1.23 1.24	1 2 - 12	1.27 1.29	1 - 12	1.23 1.24	1 2 - 12	1.23 1.24	1 2 - 12	1.23 1.24	1 2 - 12	1.24 1.25	1 2 - 12
2	1.24 1.25	13 - 23 24	1.27 1.29	13 - 23 24	1.24 1.27	13 - 23 24	1.24 1.26	13 - 24 24	1.24 1.26	13 - 24 24	1.24 1.25	13 - 24 24
3	1.33 1.38	25 26 - 38	1.35 1.39	25 26 - 38	1.33 1.39	25 26 - 38	1.33 1.38	25 26 - 38	1.33 1.38	25 26 - 38	1.33 1.38	25 26 - 38
4	1.38	39 - 52	1.39	39 - 52	1.39	39 - 52	1.38	39 - 52	1.38	39 - 52	1.38	39 - 52
5	1.37 1.36	53 54 - 66	1.38 1.37 1.38	53 54 - 66 57 - 86	1.38 1.38	53 66	1.37 1.36	53 54 - 66	1.37 1.36	53 54 - 66	1.37 1.36	53 54 - 66
6	1.35 1.37	67 - 81 82	1.36	67 - 82	1.38	67 - 82	1.36 1.37	67 - 81 82	1.36 1.37	67 - 81 82	1.36 1.37	67 - 81 82
7	1.36 1.35	83 - 85 89 - 100	1.38 1.37	83 84 - 100	1.38 1.37	83 - 87 88 - 100	1.38 1.37	83 - 87 88 - 100	1.35 1.35	83 - 90 91 - 100	1.36 1.35	83 - 88 89 - 100
8	1.35 1.36	101 - 115 116	1.37	101 - 116	1.37	101 - 116	1.37	101 - 116	1.35 1.37	101 - 115 116	1.35 1.36	101 - 115 116
9	1.32	117 - 130	1.36 1.35 1.34 1.33	117 118 - 123 125 125 - 130	1.36 1.35 1.35 1.33	117 118 - 123 125 125 - 130	1.36 1.35 1.35 1.33	117 118 - 123 129 125 - 130	1.36 1.35 1.35 1.33	117 118 - 123 129 125 - 130	1.34 1.33 1.32	117 - 123 124 125 - 130
10	1.33	131 - 142	1.33 1.34	131 132 - 142	1.34	131 - 142	1.34	131 - 142	1.34	131 - 142	1.33	131 - 142
11	1.33	143 - 154	1.34 1.33 1.34	143 - 149 150 - 153 154	1.34	143 - 154	1.34	143 - 154	1.34	143 - 154	1.35	143 - 154
12	1.35 1.36 1.33 1.30	155 156 - 162 163 164	1.35 1.37 1.35 1.34	155 156 - 162 163 164	1.35 1.37 1.35 1.33	155 156 - 162 163 164	1.36 1.37 1.35 1.35	155 156 - 161 162 163 164	1.36 1.37 1.33 1.35	155 156 - 159 162 - 162 163 164	1.36 1.37 1.38 1.35	155 156 - 161 162 163 164

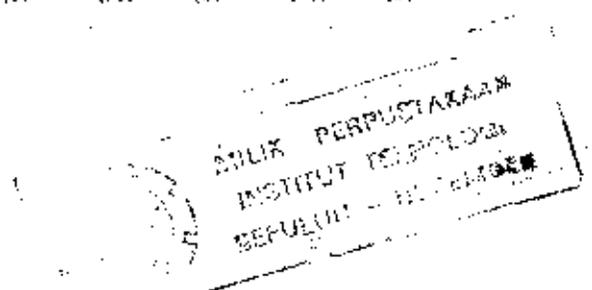


TABLE (B-12) VARIAS I DESEKSIAN BODHIS II

Kd	A		B		P1		P2		P3		P4		P5		P6	
	V	ELEMENT														
	0.529	1 - 12	0.556	1 - 12	0.529	1 - 12	0.529	1 - 12	0.529	1 - 12	0.529	1 - 12	0.529	1 - 12	0.529	1 - 12
	0.529	13 - 23	0.556	13 - 23	0.529	13 - 23	0.529	13 - 23	0.529	13 - 23	0.529	13 - 23	0.529	13 - 23	0.529	13 - 23
	0.428	24	0.573	24	0.573	24	0.428	24	0.428	24	0.428	24	0.428	24	0.428	24
	0.647	25 - 38	0.675	25 - 38	0.675	25 - 38	0.647	25 - 38	0.647	25 - 38	0.647	25 - 38	0.647	25 - 38	0.647	25 - 38
	0.647	39 - 41	0.675	39 - 52	0.675	39 - 52	0.647	39 - 41	0.647	39 - 41	0.647	39 - 41	0.647	39 - 41	0.647	39 - 41
	0.616	42 - 52					0.648	42 - 52	0.648	42 - 52	0.646	42 - 52	0.648	42 - 52	0.648	42 - 52
	0.594	53 - 66	0.612	53 - 66	0.612	53 - 66	0.594	53 - 66	0.594	53 - 66	0.594	53 - 66	0.594	53 - 66	0.594	53 - 66
	0.594	67 - 74	0.612	67 - 72	0.612	67 - 72	0.595	67 - 74	0.594	67 - 75	0.594	67 - 75	0.594	67 - 74	0.594	67 - 74
	0.595	75 - 81	0.613	73 - 81	0.613	73 - 81	0.595	75 - 81	0.595	75 - 81	0.595	75 - 81	0.595	75 - 81	0.595	75 - 81
	0.597	82	0.615	82	0.615	82	0.615	82	0.597	82	0.597	82	0.597	82	0.597	82
	0.683	83					0.683	83	0.683	83	0.683	83	0.683	83	0.683	83
	0.684	84 - 87	0.711	83 - 86	0.711	83 - 86	0.711	84 - 86	0.711	84 - 86	0.684	84 - 87	0.684	84 - 87	0.684	84 - 87
	0.688	88 - 100	0.712	86 - 87	0.712	86 - 87	0.712	86 - 87	0.712	86 - 87	0.715	88 - 92	0.688	88 - 100	0.688	88 - 100
			0.715	88 - 92	0.715	88 - 92	0.715	88 - 92	0.715	88 - 92	0.716	93 - 100				
			0.716	93 - 100	0.716	93 - 100	0.716	93 - 100	0.716	93 - 100						
	0.688	101 - 107	0.716	101 - 107	0.716	101 - 107	0.716	101 - 107	0.716	101 - 107	0.688	101 - 107	0.688	101 - 107	0.688	101 - 107
	0.689	108 - 111	0.717	108 - 115	0.717	108 - 115	0.717	108 - 115	0.717	108 - 115	0.717	108 - 115	0.717	108 - 115	0.689	108 - 111
	0.690	112 - 115	0.726	116	0.726	116	0.726	116	0.726	116	0.726	116	0.717	112 - 115	0.717	112 - 115
	0.700	116											0.726	116		
	0.590	117 - 123	0.604	117 - 123	0.604	117 - 123	0.594	117 - 123	0.604	117 - 123	0.604	117 - 123	0.594	117 - 123	0.594	117 - 123
	0.575	124 - 129	0.591	124 - 130	0.591	124 - 130	0.591	124 - 130	0.591	124 - 130	0.591	124 - 130	0.591	124 - 130	0.591	124 - 130
	0.576	130														
	0.601	131	0.618	131	0.618	131	0.618	131	0.618	131	0.618	131	0.618	131	0.618	131
	0.695	132 - 137	0.612	132 - 136	0.612	132 - 136	0.617	132 - 136	0.612	132 - 136	0.612	132 - 136	0.612	132 - 136	0.612	132 - 136
	0.594	138 - 141	0.613	137	0.613	137	0.613	137	0.613	137	0.613	137	0.613	137	0.613	137
	0.595	142	0.612	138 - 142	0.612	138 - 142	0.612	138 - 142	0.612	138 - 142	0.612	138 - 142	0.612	138 - 142	0.612	138 - 142
	0.595	143 - 145	0.612	143 - 145	0.612	143 - 145	0.612	143 - 145	0.612	143 - 145	0.612	143 - 145	0.612	143 - 145	0.612	143 - 145
	0.596	146 - 149	0.613	146 - 149	0.613	146 - 149	0.613	146 - 149	0.613	146 - 149	0.613	146 - 149	0.613	146 - 149	0.613	146 - 149
	0.597	150 - 153	0.611	150 - 153	0.611	150 - 153	0.611	150 - 153	0.611	150 - 153	0.611	150 - 153	0.611	150 - 153	0.611	150 - 153
	0.596	154	0.613	154	0.613	154	0.613	154	0.613	154	0.613	154	0.613	154	0.613	154
	0.688	155 - 162	0.691	155 - 162	0.691	155 - 162	0.691	155 - 162	0.691	155 - 162	0.691	155 - 162	0.691	155 - 162	0.691	155 - 162
	0.659	163 - 164	0.658	163 - 164	0.658	163 - 164	0.658	163 - 164	0.658	163 - 164	0.658	163 - 164	0.658	163 - 164	0.658	163 - 164
	0.633	163 - 164														

Lanjutan TABEL 16 (b) VARIASI KEDEFATAN FUNGSI (1)

REACH	P7		P8		P9		P11	
	V	ELEMEN	V	ELEMEN	V	ELEMEN	V	ELEMEN
1	0,529	1 - 12	0,529	1 - 12	0,529	1 - 12	0,529	1 - 12
2	0,529	13 - 23	0,529	13 - 23	0,529	13 - 23	0,529	13 - 23
	0,428	24	0,428	24	0,428	24	0,428	24
3	0,647	25 - 39	0,647	25 - 39	0,647	25 - 39	0,647	25 - 39
4	0,647	39 - 41	0,647	39 - 41	0,647	39 - 41	0,647	39 - 41
	0,646	42 - 52	0,646	42 - 52	0,646	42 - 52	0,646	42 - 52
5	0,594	53 - 66	0,594	53 - 66	0,594	53 - 66	0,594	53 - 66
6	0,594	67 - 74	0,594	67 - 74	0,594	67 - 74	0,594	67 - 74
	0,595	75 - 81	0,595	75 - 81	0,595	75 - 81	0,595	75 - 81
	0,597	82	0,597	82	0,597	82	0,597	82
7	0,683	83	0,683	83	0,683	83	0,683	83
	0,684	84 - 97	0,684	84 - 97	0,684	84 - 97	0,684	84 - 97
	0,689	98 - 100	0,689	98 - 100	0,689	98 - 100	0,689	98 - 100
8	0,688	101 - 107	0,688	101 - 107	0,688	101 - 107	0,688	101 - 107
	0,689	108 - 111	0,689	108 - 111	0,689	108 - 111	0,689	108 - 111
	0,690	112 - 113	0,690	112 - 113	0,690	112 - 113	0,690	112 - 113
	0,717	114 - 115	0,717	114 - 115	0,717	114 - 115	0,717	114 - 115
	0,728	116	0,728	116	0,728	116	0,728	116
9	0,694	117 - 122	0,694	117 - 122	0,694	117 - 122	0,694	117 - 122
	0,691	123 - 130	0,691	123 - 130	0,694	123 - 123	0,695	124 - 129
					0,691	124 - 131	0,691	132
10	0,618	133	0,618	133	0,618	133	0,618	133
	0,612	134 - 136	0,612	134 - 136	0,612	137 - 138	0,612	139 - 142
	0,613	137	0,613	137	0,617	137	0,617	137
	0,612	138 - 142	0,612	138 - 142	0,612	128 - 142	0,612	135 - 142
11	0,612	143 - 145	0,612	143 - 145	0,612	143 - 145	0,617	143 - 145
	0,612	146 - 149	0,612	146 - 149	0,612	146 - 147	0,612	148 - 149
	0,611	150 - 152	0,611	150 - 152	0,611	150 - 152	0,611	153 - 153
	0,613	154	0,613	154	0,617	154	0,613	154
12	0,691	155 - 162	0,691	155 - 162	0,691	155 - 162	0,691	155 - 162
	0,658	163 - 164	0,658	163 - 164	0,658	163 - 164	0,658	163 - 164

TABEL (6-1b) VARIASI KECERDASAN KONDISI 1.

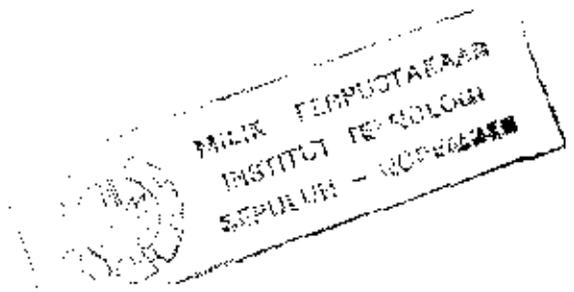
P13		P15		P17	
V	ELEMENT	V	ELEMENT	V	ELEMENT
0.529	1 - 12	0.529	1 - 12	0.529	1 - 12
0.529	13 - 23	0.529	13 - 23	0.529	13 - 23
0.428	24	0.428	24	0.428	24
0.647	25 - 38	0.647	25 - 38	0.647	25 - 38
0.647	39 - 41	0.647	39 - 41	0.647	39 - 41
0.648	42 - 52	0.648	42 - 52	0.648	42 - 52
0.594	53 - 66	0.594	53 - 66	0.594	53 - 66
0.594	67 - 74	0.594	67 - 74	0.594	67 - 74
0.595	75 - 81	0.595	75 - 81	0.595	75 - 81
0.597	82	0.597	82	0.597	82
0.683	83	0.683	83	0.683	83
0.684	84 - 87	0.684	84 - 87	0.684	84 - 87
0.688	88 - 100	0.688	88 - 100	0.688	88 - 100
0.688	101 - 107	0.688	101 - 107	0.688	101 - 107
0.689	108 - 111	0.689	108 - 111	0.689	108 - 111
0.690	112 - 113	0.690	112 - 113	0.690	112 - 113
0.700	114	0.700	114	0.700	114
0.590	117 - 123	0.590	117 - 123	0.590	117 - 123
0.575	124 - 129	0.575	124 - 129	0.575	124 - 129
0.576	130	0.576	130	0.576	130
0.601	131	0.601	131	0.601	131
0.695	132 - 133	0.695	132 - 133	0.695	132 - 133
0.612	134 - 136	0.594	136 - 141	0.594	136 - 141
0.613	137	0.595	142	0.595	142
0.612	138 - 142				
0.612	143 - 145	0.595	143 - 145	0.595	143 - 145
0.613	146 - 149	0.613	146 - 149	0.596	146 - 149
0.611	150 - 153	0.611	150 - 153	0.593	150 - 153
0.613	154	0.613	154	0.613	154
0.691	155 - 162	0.691	155 - 162		155 - 162
0.658	163 - 164	0.658	163 - 164		163 - 164

TABLE (A-10) MODEL OF INTERPOLAR BELTLINE 11

P11		P11		P11	
V	ORIGIN	V	ORIGIN	V	ORIGIN
0.529	12	0.529	12	0.529	12
0.529	13 - 23	0.529	13 - 23	0.529	13 - 23
0.428	24	0.428	24	0.428	24
0.647	25 - 36	0.647	25 - 36	0.647	25 - 36
0.647	37 - 41	0.647	37 - 41	0.647	37 - 41
0.648	42 - 52	0.648	42 - 52	0.648	42 - 52
0.594	53 - 63	0.594	53 - 63	0.594	53 - 63
0.594	64 - 74	0.594	64 - 74	0.594	64 - 74
0.595	75 - 81	0.595	75 - 81	0.595	75 - 81
0.597	82	0.597	82	0.597	82
0.693	83	0.693	83	0.693	83
0.687	84 - 90	0.687	84 - 90	0.687	84 - 90
0.688	91 - 100	0.688	91 - 100	0.688	91 - 100
0.688	101 - 107	0.688	101 - 107	0.688	101 - 107
0.429	108 - 111	0.429	108 - 111	0.429	108 - 111
0.690	112 - 115	0.690	112 - 115	0.690	112 - 115
0.700	116	0.700	116	0.700	116
0.590	117 - 124	0.590	117 - 124	0.590	117 - 124
0.575	125 - 132	0.575	125 - 132	0.575	125 - 132
0.576	133	0.576	133	0.576	133
0.601	134	0.601	134	0.601	134
0.695	135 - 138	0.695	135 - 138	0.695	135 - 138
0.610	139 - 136	0.610	139 - 136	0.610	139 - 136
0.613	137	0.613	137	0.613	137
0.612	138 - 142	0.612	138 - 142	0.612	138 - 142
0.617	143 - 145	0.617	143 - 145	0.617	143 - 145
0.616	146 - 149	0.616	146 - 149	0.616	146 - 149
0.611	150 - 152	0.611	150 - 152	0.611	150 - 152
0.613	153	0.613	153	0.613	153
0.691	154 - 157	0.691	154 - 157	0.691	154 - 157
0.658	158 - 164	0.658	158 - 164	0.658	158 - 164

TABEL (8-26) VARIASI OKSIGEN REAKTASE KONDISI 11

BATCH	A		B		P1		P2		P3		P4		P5		P6	
	OKSIGEN REAIR	ELEMENIT														
	1.45	1 - 12	1.47	1 - 12	1.45	1 - 12	1.45	1 - 12	1.45	1 - 12	1.45	1 - 12	1.45	1 - 12	1.45	1 - 12
	1.45	13 - 18			1.45	13 - 18	1.45	13 - 18	1.45	13 - 18	1.45	13 - 18	1.45	13 - 18	1.45	13 - 18
2	1.44	19 - 23	1.47	13 - 24	1.45	19 - 23	1.44	19 - 23	1.44	19 - 24	1.44	19 - 23	1.44	19 - 23	1.44	19 - 23
	1.45	24			1.46	24	1.45	24	1.45	24	1.45	24	1.45	24	1.45	24
	1.45	25	1.46	25	1.46	25	1.45	25	1.45	25	1.45	25	1.45	25	1.45	25
3	1.44	26 - 38	1.45	26 - 38	1.44	26 - 38	1.44	26 - 38	1.44	26 - 38	1.45	26 - 38	1.44	25 - 38	1.45	26 - 38
	1.44	39 - 42			1.44	39 - 42	1.44	39 - 42	1.44	39 - 42	1.44	39 - 42	1.45	39 - 42	1.44	39 - 42
4	1.43	43 - 52	1.44	39 - 52	1.44	39 - 52	1.43	53 - 52	1.43	43 - 52	1.43	43 - 52	1.43	43 - 52	1.43	43 - 52
	1.44	53	1.45	53	1.45	53	1.44	53	1.44	53	1.44	53	1.45	53	1.44	53
5	1.45	54 - 66	1.46	54 - 66	1.46	54 - 66	1.45	54 - 66	1.45	54 - 66	1.45	54 - 66	1.45	54 - 66	1.45	54 - 66
	1.45	67 - 82	1.46	67 - 82	1.46	67 - 82	1.45	67 - 82	1.45	67 - 82	1.45	67 - 82	1.45	67 - 82	1.45	67 - 82
	1.45	83	1.46	83	1.47	83 - 100	1.47	83 - 100	1.46	83	1.45	83	1.45	83	1.45	83
7	1.46	84 - 100	1.47	84 - 100					1.47	84	1.46	85 - 87	1.46	84 - 100	1.46	84 - 100
									1.46	85 - 95	1.47	86				
									1.49	96 - 100	1.48	89 - 100				
	1.46	101 - 116	1.47	101 - 116	1.47	101 - 115	1.47	101 - 115	1.49	101 - 109	1.49	101 - 113	1.46	101 - 107	1.46	101 - 111
					1.48	116	1.48	116	1.50	110 - 116	1.50	115 - 116	1.47	106	1.47	112
												1.48	109 - 116	1.48	113 - 116	
	1.43	117	1.44	117	1.44	117	1.44	117	1.47	117	1.45	117	1.45	117	1.45	117
9	1.40	118 - 124	1.40	118 - 130	1.40	118 - 130	1.40	118 - 120	1.43	118 - 122	1.43	118 - 130	1.41	118 - 119	1.41	118 - 121
	1.39	125 - 130					1.41	121 - 123	1.41	123			1.42	120 - 124	1.42	122 - 123
							1.40	124 - 130	1.43	124 - 126			1.41	125	1.41	124 - 127
									1.44	129 - 130			1.42	126 - 130	1.42	128 - 130
	1.38	131	1.38	131	1.38	131	1.38	131	1.40	131 - 133	1.42	131	1.41	131	1.40	131
10	1.38	132 - 136	1.37	132 - 142	1.37	132 - 142	1.37	132 - 142	1.41	134 - 142	1.43	132 - 136	1.38	132 - 136	1.39	132 - 140
	1.37	137 - 142									1.41	137 - 142	1.40	139 - 142	1.40	141 - 142
	1.37	143 - 154	1.37	143 - 154	1.37	143 - 154	1.37	143 - 154	1.42	143 - 152	1.41	143 - 145	1.40	143 - 147	1.40	143 - 149
									1.43	153 - 154	1.42	156 - 154	1.41	150 - 154	1.41	150 - 154
	1.41	155	1.41	156	1.46	156 - 162	1.42	156	1.47	156	1.47	156	1.46	156	1.45	156
12	1.45	156 - 163	1.45	156 - 162	1.45	163 - 164	1.46	156 - 162	1.51	156	1.51	156 - 159	1.50	156 - 160	1.50	156 - 163
	1.44	164	1.45	163 - 164			1.45	163 - 164	1.52	157 - 163	1.52	160 - 162	1.51	161 - 162	1.49	164
									1.51	164	1.51	163 - 164	1.50	163 - 164		



Lanjutan Tabel. (6-2b) VARIASI OKSYGEN RESATURASI ZONDISI II

P1 WADJ OKSYGEN RESATUR	P1 ELEMENIT	P8 OKSYGEN RESATUR	P8 ELEMENIT	P9 OKSYGEN RESATUR	P9 ELEMENIT	P11 OKSYGEN RESATUR	P11 ELEMENIT	P13 OKSYGEN RESATUR	P13 ELEMENIT	P15 OKSYGEN RESATUR	P15 ELEMENIT	P17 OKSYGEN RESATUR	P17 ELEMENIT
1.45	1 - 12	1.45	1 - 12	1.45	1 - 12	1.45	1 - 12	1.45	1 - 12	1.45	1 - 12	1.45	1 - 12
1.45	13 - 18	1.45	13 - 18	1.45	13 - 18	1.45	13 - 18	1.45	13 - 18	1.45	13 - 18	1.45	13 - 18
1.44	19 - 23	1.44	19 - 23	1.44	19 - 23	1.44	19 - 23	1.44	19 - 23	1.44	19 - 23	1.44	19 - 23
1.45	24	1.45	24	1.45	24	1.45	24	1.45	24	1.45	24	1.45	24
1.45	25	1.45	25	1.45	25	1.45	25	1.45	25	1.45	25	1.45	25
1.44	26 - 38	1.44	26 - 38	1.44	26 - 38	1.44	26 - 38	1.44	26 - 38	1.44	26 - 38	1.44	26 - 38
1.44	39 - 42	1.44	39 - 42	1.44	39 - 42	1.44	39 - 42	1.44	39 - 42	1.44	39 - 42	1.44	39 - 42
1.43	43 - 52	1.43	43 - 52	1.43	43 - 52	1.43	43 - 52	1.43	43 - 52	1.43	43 - 52	1.43	43 - 52
1.44	53	1.44	53	1.44	53	1.44	53	1.44	53	1.44	53	1.44	53
1.45	54 - 66	1.45	54 - 66	1.45	54 - 66	1.45	54 - 66	1.45	54 - 66	1.45	54 - 66	1.45	54 - 66
1.45	67 - 82	1.45	67 - 82	1.45	67 - 82	1.45	67 - 82	1.45	67 - 82	1.45	67 - 82	1.45	67 - 82
1.45	83	1.45	83	1.45	83	1.45	83	1.45	83	1.45	83	1.45	83
1.46	84 - 100	1.46	84 - 100	1.46	84 - 100	1.46	84 - 100	1.46	84 - 100	1.46	84 - 100	1.46	84 - 100
1.46	101 - 113	1.46	101 - 113	1.46	101 - 113	1.46	101 - 113	1.46	101 - 113	1.46	101 - 113	1.46	101 - 113
1.47	114	1.47	114	1.47	114	1.47	114	1.47	114	1.47	114	1.47	114
1.48	115 - 116	1.48	115 - 116	1.48	115 - 116	1.48	115 - 116	1.48	115 - 116	1.48	115 - 116	1.48	115 - 116
1.45	117	1.44	117	1.43	117	1.44	117	1.45	117	1.43	117	1.43	117
1.41	118 - 122	1.40	118	1.40	118 - 120	1.40	118 - 124	1.40	118 - 124	1.40	118 - 124	1.40	118 - 124
1.42	123	1.41	119 - 123	1.41	121 - 130	1.39	125 - 129	1.39	125 - 130	1.39	125 - 130	1.39	125 - 130
1.41	124 - 128	1.40	121 - 130			1.40	130						
1.42	129 - 130												
1.40	131	1.39	131	1.40	131	1.39	131	1.38	131	1.38	131	1.38	131
1.38	132	1.37	132 - 142	1.38	132 - 136	1.37	132 - 134	1.36	132 - 133	1.36	132 - 136	1.36	132 - 136
1.39	133 - 141			1.39	137 - 142	1.38	135 - 142	1.37	134 - 137	1.37	137 - 142	1.37	137 - 142
1.40	142							1.38	138 - 142				
1.40	143 - 150	1.37	143 - 154	1.39	143 - 145	1.38	143	1.38	143 - 145	1.37	143 - 146	1.37	143 - 154
1.41	151 - 154			1.40	146 - 154	1.39	144 - 151	1.39	146 - 153	1.38	147 - 154		
						1.40	152 - 154	1.40	154				
1.45	155	1.42	155	1.45	155	1.44	155	1.44	155	1.43	155	1.42	155
1.50	156 - 163	1.46	156 - 163	1.49	156 - 159	1.48	156	1.48	156 - 158	1.47	156 - 159	1.46	156 - 163
1.49	164	1.45	164	1.50	160 - 162	1.49	157 - 163	1.49	159 - 163	1.48	160 - 162	1.45	164
				1.49	163 - 164	1.48	164	1.48	164	1.47	163 - 164		

11. Sholeh, M. : "Diktat Hidrologi I", ITS, Surabaya, 1985
12. Shariff, A. : "Hydraulics and Fluid Mechanics",  
Kapoor, J.C., New Delhi, 1981.
13. Soemarto, CD. : "Hidrologi Teknik ", Penerbit Usaha  
Nasional, Surabaya, 1987.
14. Supranto, J. : "Statistik Teori dan Aplikasi I",  
Penerbit Erlangga, Jakarta, 1981.
15. ----- : "Jawa Timur Menanggkal Limbah",  
Diterbitkan bersama Biro BKLH dan Biro Humas  
Tingkat I Jawa Timur, Surabaya, 1988.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anwar, N. : "Rekayasa Pengembangan Sumber Daya Air",  
Kartika Yudha, Surabaya, 1988.
2. Anggrahini : "Hidrolika", Surabaya, 1983
3. Andriyanto, U.A. & Basuki, A. "Metoda dan Aplikasi  
Peramalan", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1988.
4. De Smedt, F. : "Introduction to River Water Modeling",  
Laboatory of Hydrology Vrije Universitiet  
Brussel, Belgium, 1988.
5. Haryono : "Diktat Metoda Statistik", ITS, Surabaya,  
1984.
6. Linsley, R.K. ; Frannzini, J.B. & Sasongko, J. :  
"Teknik Sumber Daya Air I", edisi ke tiga,  
McGrow Hill Book Company, 1985.
7. Linsley, R.K. ; Paulhus, J.L.H. & Hermawan, Y. :  
"Hidrologi Untuk Insinyur", edisi ke tiga,  
McGrow Hill Book Company, 1986.
8. Nemerow, N.L. : "Scientific Stream Pollution Analysis",  
Scripta Book Company, New York City, 1974.
9. Subarkah, I. : "Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan  
Air", Penerbit Idea Dharma, Bandung, 1980.
10. Sosrodarsono, S. & Takeda, K. : "Hidrologi untuk  
Pengairan", PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1978.