

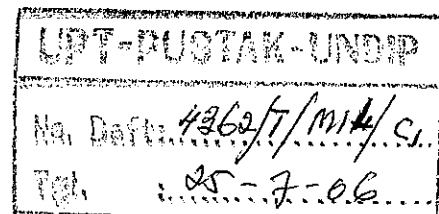
**MODEL IDENTIFIKASI DAYA TAMPUNG BEBAN  
CEMARAN SUNGAI DENGAN QUAL2E  
(Study Kasus Sungai Babon)**



**Tesis**

**Wiwoho**  
**L4K003025**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
2005**



**TESIS**

**MODEL IDENTIFIKASI DAYA TAMPUNG BEBAN  
CEMARAN SUNGAI DENGAN QUAL2E  
(Study Kasus Sungai Babon)**

**Disusun oleh**

**W i w o h o**

**L4K003025**

**Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada tanggal 21 Desember 2005  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima**

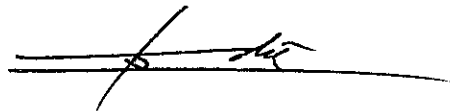
**Menyetujui.**

**Pembimbing I**



**Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA**

**Pembimbing II**



**Ir. Syafrudin, CES, MT**

**Ketua Program**

**Magister Ilmu Lingkungan**



**Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**MODEL IDENTIFIKASI DAYA TAMPUNG BEBAN**  
**CEMARAN SUNGAI DENGAN QUAL2E**  
**(Study Kasus Sungai Babon)**

Disusun oleh

W i w o h o  
L4K003025

Menyetujui dan Mengesahkan

Penguji I

Ir. Agus Hadiyanto, MT

Penguji II

Ir. Danny Sutrisnanto, M.Eng

Mengetahui Komisi Pembimbing

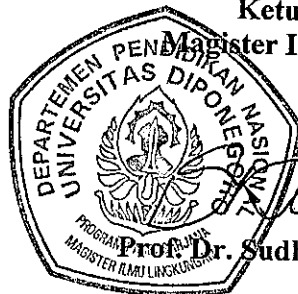
Pembimbing I

Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA

Pembimbing II

Ir. Syafrudin, CES, MT

Ketua Program  
Magister Ilmu Lingkungan



Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu lembaga perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan didalam tulisan dan daftar pustaka

Semarang, 21 Desember 2005



Wiwoho

L4K003025

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Tesis ini kupersembahkan untuk :*

*Almarhum Bapakku tercinta*

*Ibuku tercinta*

*Istri dan anakku serta*

*Keluargaku tercinta*

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur allhamdulillah atas karunia dan kebesarannya yang telah mengijinkan penulis untuk menyelesaikan tesis hasil penelitian yang berjudul “Model Identifikasi Daya tampung Beban Cemaran Sungai dengan Qual2e (Studi Kasus Sungai Babon) “

Dengan tersusunnya hasil penelitian ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan dan seluruh Pengelola Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro;
2. Dr. Ir. Setiabudi Sasongko, DEA selaku Pembimbing I yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan Tesis hasil penelitian;
3. Ir. Syafrudin, CES, MT selaku Pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan Tesis hasil penelitian;
4. Ir. Gatot Priono, Water Quality Consultant Uni Eropah;
5. Pro-LH GTZ Indonesia - Jerman yang telah memberi beasiswa, sehingga penulis diberi kesempatan untuk melanjutkan studi;
6. Pemerintah Daerah Kabupaten Semarang, khususnya Dinas Lingkungan Hidup Pertambangan dan Energi Kabupaten Semarang yang telah memberikan ijin belajar;
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tesis hasil penelitian.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tesis hasil penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala masukan dan saran yang membangun selalu penulis harapkan.

Semarang, Desember 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
ABSTRAK.....	xi
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	1
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Kegunaan Penelitian.....	2
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Landasan Teori.....	3
2.1.1. Stratifikasi Sungai.....	3
2.1.2. Oksigenasi.....	4
2.1.3. Self Purifikasi.....	5
2.1.4. Baku Mutu Limbah Cemaran.....	5
2.1.5. Beban Cemaran.....	5
2.1.6. DayaTampung .....	6
2.1.7. Perhitungan beban cemaran dengan program Qual2e.....	6
2.1.8. Model Kualitas Air.....	7
2.2. Originalitas Penelitian.....	10
2.3. Hipotesis Penelitian.....	10
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>11</b>
3.1. Rancangan Penelitian.....	11
3.2. Ruang Lingkup Penelitian.....	11
3.3. Lokasi Penelitian.....	14
3.4. Variabel Penelitian.....	16
3.5. Jenis dan sumber data.....	16
3.6. Instrumen Penelitian.....	16
3.7. Teknik Pengumpulan Data.....	17
3.8. Teknik Analisa Data.....	17
3.8.1. Pemodelan dengan Program Qual2e.....	18
3.8.2. Kalibrasi Model.....	42
3.8.3. Validasi Model.....	44

**DAFTAR ISI  
(Lanjutan)**

	<b>Halaman</b>
<b>IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>45</b>
4.1. Rona Lingkungan.....	45
4.2. Hasil Penelitian .....	50
4.2.1. Debit Air Sungai Babon .....	50
4.2.2. Kualitas Air Sungai Babon.....	52
4.2.3. Pemodelan dengan Program Qual2e.....	60
4.2.3. Kalibrasi Model.....	72
4.2.4. Validasi Model.....	73
4.3. Analisis Hasil Penelitian.....	75
4.3.1. Beban Cemar Sungai Babon.....	75
4.3.2. Daya Tampung Beban Cemar Sungai Babon.....	78
4.3.3. Rekomendasi Kelas Sungai Babon.....	86
4.4. Pembahasan.....	98
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>102</b>
5.1. Simpulan.....	102
5.2. Saran.....	103

**Daftar Pustaka**

**Lampiran**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Angka Manning (angka kekasaran permukaan sungai).....	30
2. Wilayah Desa/Kelurahan yang dilewati Sungai Babon.....	43
3. Debit Andalan Sungai Babon yang sering terjadi antara tahun 1980 – 2004.....	51
4. Data debit inflow dan out flow di Sungai Babon.....	52
5. Kualitas Air Sungai Babon .....	52
6. Kualitas air sumber pencemar yang masuk ke Sungai Babon.....	53
7. Kisaran Harga Koefisien BOD decay, BOD settling berdasarkan Penelitian USEPA.....	67
8. Koefisien Peluruhan parameter BOD sepanjang sungai Babon.....	72
9. Perbandingan hasil simulasi model dengan data lapangan untuk uji Model .....	74
10. Beban cemaran dari sumber pencemar sepanjang sungai Babon.....	77
11. Baku mutu beban cemaran BOD pada debit terkecil sungai Babon pada setiap kelas berdasarkan PP 82/2001.....	78
12. Daya Tampung beban Cemaran Sungai Babon pada debit minimum...	80
13. Daya Tampung Beban Cemaran Sungai Babon pada debit maksimum.	85
14. Penurunan beban cemaran hasil simulasi pada debit minimum.....	88
15. Daya tampung Sungai Babon setelah simulasi penurunan beban cemaran pada target kelas 1, 2, 3 dan 4 pada debit minimum.....	89
16. Tabulasi Hasil Perhitungan Daya Tampung Beban Cemaran Sungai Babon dari simulasi beban cemaran pada debit minimum.....	91
17. Penurunan beban cemaran hasil simulasi pada debit maksimum.....	93
18. Daya tampung Sungai babon setelah simulasi penurunan beban cemaran pada target kelas 1, 2, 3 dan 4 pada debit maksimum.....	94
19. Tabulasi Hasil Perhitungan Daya Tampung Beban Cemaran Sungai Babon hasil simulasi beban cemaran pada debit maksimum.....	95

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Interaksi Nutrient Model Qual2e.....	8
2. Diagram Alir Penelitian.....	12
3. Diagram alir Pembuatan Model beban cemaran.....	13
4. Diagram alir perhitungan daya tampung.....	13
5. Diagram alir simulasi daya tampung untuk rekomendasi kelas.....	14
6. Peta Wilayah Penelitian Sungai Babon.....	16
7. Kotak Dialog Pembukaan File Input.....	18
8. Menu Utama Qual2e.....	18
9. Sub Menu Reach System.....	20
10. Sub Menu Element Computational.....	21
11. Sub Menu Water Quality Simulation.....	22
12. Sub Menu Geographical and Climatological Data.....	23
13. Sub Menu Reach numbers DO/BOD to be plotted.....	24
14. Sub Menu Observed Dissolved Oxygen Data.....	25
15. Sub Menu Global Kinetics.....	26
16. Temperatur Correction Factors.....	28
17. Sub Menu Hydraulic Data.....	29
18. Penampang melintang sungai untuk mencari side slope 1 dan slope 2 .....	31
19. Sub Menu BOD and DO Reaction Rate.....	31
20. Sub Menu Incremental Inflow.....	32
21. Sub Menu Head Water Source Data .....	33
22. Sub Menu Point Loads and Withdrawals.....	34
23. Sub Menu Global Values of Climatology Data.....	35
24. Sub Menu Dam Reaeration.....	36
25. Sub Menu Sub Menu Downstream Boundary.....	37
26. Dialog Box Yang Menyatakan Simulasi Selesai, Dan Tawaran Untuk melihat Hasil Program.....	38
27. Combo Box Untuk memilih File Output yang akan dibuat grafik.....	39
28. Screen nama file grafik.....	39
29. Grafik Hasil Running Program.....	40
30. Menu Graphic dan sub menu reaches untuk melihat skema ruas .....	41
31. Skema ruas sungai yang ditampilkan oleh program Qual2e.....	41
32. Peta Kawasan Sungai Babon.....	46
33. Debit Sungai Babon yang sering terjadi antara tahun 1980 – 2004 digambarkan dengan diagram balok.....	51
34. Skema debit input (point source) dan out put (withdrawal) sungai Babon pada Bulan Mei 2005 dan Kualitas air.....	54
35. Bagian Hulu Sungai Babon pada Ruas 1 (Penggaron).....	55
36. Ruas 2 (Njleper), wilayah Bagian hulu sungai babon.....	56

**DAFTAR GAMBAR**  
**(Lanjutan)**

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
37. Sungai Pengkol, merupakan anak sungai Babon yang berada pada ruas 3 (Jabungan-Bukit Kencana).....	56
38. Bendung Pucang gading terdapat pada ruas 5 sungai Babon.....	57
39. Sungai Babon yang terdapat pada wilayah Kelurahan Plamongan Sari	58
40. Jembatan Kudu yang terdapat pada sungai Babon.....	58
41. Bendung Karangroto pada ruas 8 Sungai Babon.....	59
42. Sungai Babon Bagian hilir.....	59
43. Skema sungai Babon dalam bentuk ruas-ruas.....	60
44. Skema Ruas Sungai Babon hasil simulasi Program Qual2e.....	61
45. Hasil input dalam menu System Ruas di Sungai Babon.....	62
46. Hasil input pada Menu Computational Element.....	62
47. Hasil input pada Menu Water Simulasi untuk memilih parameter yang akan di simulasi.....	63
48. Hasil input pada menu Geographical and Climatological Data.....	64
49. Hasil input pada menu Hidraulic data pada Program Qual2e.....	65
50. Hasil input pada menu BOD and DO reaction rate Constant.....	66
51. Hasil input debit, BOD dan DO awal pada menu headwater.....	68
52. Hasil input pada menu Point Loads and Withdrawal, untuk point source dan withdrawal di sepanjang sungai Babon.....	69
53. Hasil input pada menu Dam Reaeration, untuk Input reaerasi yang terjadi pada Dam (bendungan).....	70
54. Hasil input pada menu Global Value of Climatologi data, untuk data iklim sungai Babon.....	71
55. Model Beban Cemaran Hasil Program Qual2e.....	71
56. Grafik hasil kalibrasi beban cemaran BOD .....	73
57. Grafik simulasi cemaran BOD dalam satu tahun berdasarkan debit sungai Babon.....	75
58. Grafik hasil simulasi beban cemaran pada tampilan debit versus konsentrasi BOD setiap bulan.....	76
59. Grafik hasil simulasi pada Bulan Agustus (debit terkecil).....	76
60. Daya tampung beban cemaran Sungai Babon pada debit terkecil bila dibandingkan dengan kelas 1 sungai.....	81
61. Daya tampung beban cemaran Sungai Babon pada debit terkecil bila dibandingkan dengan kelas 2 sungai.....	81
62. Daya tampung beban cemaran Sungai Babon pada debit terkecil bila dibandingkan dengan kelas 3 sungai.....	82
63. Daya tampung beban cemaran Sungai Babon pada debit terkecil bila dibandingkan dengan kelas 4 sungai.....	82
64. Menu Point Load and Withdrawal, untuk mencari konsentrasi beban BOD yang dapat memenuhi kriteria kelas sungai.....	86

**DAFTAR GAMBAR**  
**(Lanjutan)**

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
65. Target Kelas Sungai Babon pada debit minimum.....	87
66. Diagram perubahan beban cemaran Sungai Babon, dari kondisi awal dengan beban cemaran setelah dilakukan penurunan beban cemaran...	87
67. Pembagian kelas sungai pada target kelas 2, 3 dan 4 pada debit minimum ditampilkan dalam bentuk peta.....	90
68. Target kelas sungai Babon pada debit maksimum .....	93
69. Pembagian kelas sungai pada target kelas 2 dan 3 pada debit maksimum ditampilkan dalam bentuk peta.....	97

## Abstrak

Sungai Babon merupakan salah satu sungai di Jawa Tengah dengan panjang  $\pm$  40 Km, yang melewati tiga wilayah yaitu Kabupaten Semarang, Kota Semarang dan Kabupaten Demak. Permasalahan lingkungan di Sungai Babon yang sangat krusial antara lain bertambahnya beban pencemaran air. Untuk mengetahui besarnya daya tampung terhadap beban cemaran ini, maka perlu dilakukan kajian terhadap daya tampung beban cemaran Sungai Babon dengan tujuan untuk pengendalian pencemaran sungai di masa datang.

Metoda perhitungan daya tampung beban cemaran sungai Babon dapat dilakukan dengan metode Qual2e, dimana metode ini terlampir dalam Kepmen LH No. 110/2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Pada Sumber Air.

Daya tampung beban cemaran adalah kemampuan air pada suatu sumber air, untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar yang dapat dicari dengan jumlah kadar cemaran yang diijinkan keberadaannya sesuai baku mutu lingkungan dikurangi dengan kadar cemaran terukur. Bila daya tampung beban cemaran ini dibandingkan dengan klasifikasi kelas sesuai lampiran Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, maka hasil perhitungan daya tampung beban cemaran Sungai Babon memberikan hasil : Km 0-5 melampaui kelas 1 tetapi bila dibandingkan kelas 2 sebesar 10,36 Kg/hr, Km 6-40 sudah melampaui standar kelas 1, 2, 3, dan 4 sebesar 35,2 - 138,9 Kg/hr.

Dengan simulasi penurunan beban cemaran melalui model, maka daya tampung beban cemaran Sungai Babon dapat ditingkatkan dengan cara menurunkan beban cemaran dari sumber-sumber pencemar di sekitar Sungai Babon, sehingga untuk pengendalian pencemaran dapat direkomendasikan klasifikasi kelas untuk sungai Babon pada Km 0-27 dapat dimasukkan ke kelas 2 (dengan penurunan cemaran), dan Km 27-40 dimasukkan ke kelas 3 (dengan penurunan cemaran).

**Kata-kata Kunci : daya tampung beban cemaran, model, simulasi dan kelas sungai.**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Sungai Babon merupakan salah satu bentuk ekosistem yang terbagi ke dalam wilayah hulu, tengah dan hilir. Wilayah hulu didominasi oleh kegiatan pertanian lahan kering dan hutan, sedangkan di wilayah hilir didominasi oleh lahan sawah dan pemukiman.

Sejalan dengan perkembangan masyarakat di daerah aliran Sungai Babon, maka berbagai tatanan kehidupan berubah dengan cepat mengikuti berbagai kebutuhan masyarakat. Salah satu dampak dari perubahan tersebut ialah pola pemanfaatan sumber daya alam yang berada di sekitar sungai. Keinginan untuk memanfaatkan sumber daya alam semaksimal mungkin, umumnya kurang memperhatikan dampak yang akan muncul dikemudian hari. Selain itu perkembangan penduduk dan pemukiman akan mendesak pola penggunaan lahan di wilayah hulu berubah yang biasanya dikonversi dari penggunaan lahan pertanian ke non-pertanian.

Pesatnya pembangunan membutuhkan sumber daya alam yang sangat besar. Sering pula terlihat bahwa dalam pembangunan terjadi pemanfaatan terhadap penggunaan sumber daya alam yang berlebihan, hal tersebut dapat mengakibatkan terganggunya keseimbangan tata air.

Berbagai dampak akan terjadi sebagai akibat pemanfaatan sumber daya alam yang kurang seimbang, sehingga latar belakang dari penelitian ini adalah :

1. Adanya pemanfaatan sumber daya alam yang kurang seimbang, di sekitar wilayah Sungai Babon menyebabkan peningkatan cemaran yang masuk ke sungai (Profil DAS Babon, Pro-LH GTZ Jateng, 2002)
2. Secara alamiah air sungai mempunyai kemampuan pemulihan purifikasi yang terbatas (Lina Warlina, 2004);
3. Sungai Babon merupakan salah satu sumberdaya air di Jawa Tengah yang harus dilindungi keberlanjutan ke pemanfaatannya

## **1.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Beberapa indikator terjadinya beban pencemaran air sungai Babon dapat diidentifikasi sebagai berikut : cemaran dapat diidentifikasi dengan kadar BOD dalam air, dimana semakin tinggi BOD maka air sungai semakin tercemar. Akumulasi BOD dari sumber pencemar akan menimbulkan beban cemaran terhadap kemampuan sungai untuk pulih kembali;

Dari identifikasi tersebut diatas, maka dapat dirumuskan masalah :

1. Berapakah daya tampung beban cemaran sungai Babon dibandingkan Baku Mutu Kelas 1, 2, 3 dan 4 (PP 82/ 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air)
2. Bagaimanakah klasifikasi sungai Babon, berdasarkan hasil perhitungan daya tampung beban cemaran.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi daya tampung beban cemaran BOD dengan menggunakan metode Qual2e.
2. Merekomendasikan kelas sungai Babon untuk pengendalian pencemaran sungai di masa yang akan datang.

## **1.4. Kegunaan Penelitian**

Kegunaan penelitian adalah :

1. Hasil study identifikasi beban cemaran sungai Babon ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pustaka bagi para stake holder untuk pengendalian pencemaran sungai Babon di masa datang.
2. Sebagai bahan pustaka untuk penelitian sejenis yang mungkin dilakukan oleh peneliti yang lain.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Landasan Teori**

Sungai merupakan tempat berkumpulnya air dari lingkungan sekitarnya yang mengalir menuju tempat yang lebih rendah. Daerah sekitar sungai yang mensuplai air ke sungai dikenal dengan daerah tangkapan air atau daerah penyangga sungai. Kualitas air sungai dipengaruhi oleh kondisi sungai dan kondisi suplai air dari daerah penyangga. Kondisi suplai air dari daerah penyangga dipengaruhi aktivitas dan perilaku penghuninya.

Pada umumnya daerah hulu mempunyai kualitas air yang lebih baik daripada daerah hilir. Dari sudut pemanfaatan lahan, daerah hulu relatif sederhana dan bersifat alami seperti hutan dan perkampungan kecil. Semakin ke arah hilir keragaman pemanfaatan lahan menjadi meningkat. Sejalan dengan hal tersebut suplai limbah cair dari daerah hulu yang menuju daerah hilirpun menjadi meningkat. Pada akhirnya daerah hilir merupakan tempat akumulasi dari proses pembuangan limbah cair yang di mulai dari hulu.

##### **2.1.1. Stratifikasi Sungai**

Sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan. Sungai mengalir dari hulu dalam kondisi kemiringan lahan yang curam berturut-turut menjadi agak curam, agak landai, landai dan relatif rata. Arus atau kecepatan alir air sungai berbanding lurus dengan kemiringan lahan. Arus relatif cepat di daerah hulu dan bergerak menjadi lebih lambat dan makin lambat pada daerah hilir.

Adanya stratifikasi sungai yaitu pada bagian hulu, tengah dan hilir mengakibatkan perbedaan daya tampung yang berbeda. Umumnya daya tampung untuk bagian hulu akan lebih besar dari bagian hilir.

### **2.1.2. Oksigenasi**

Oksigen adalah komponen yang diperlukan oleh setiap makhluk hidup untuk menunjang hidupnya. Proses produksi oksigen (oksigenasi) di dalam air sungai yang dominan terjadi karena proses fisik dan proses biologi.

Proses fisik terkait dengan masuknya oksigen ke dalam air karena pengaruh fisik seperti kekasaran dasar sungai dan kemiringan sungai yang dapat membentuk riak-riak arus. Oksigen yang tejabak dalam riak akan terbawa ke dalam badan air, sehingga akan meningkatkan kelarutan oksigen dalam air. Pada proses selanjutnya jika oksigen tersebut tidak segera dimanfaatkan oleh proses biologi oksigen tersebut akan dikeluarkan melalui proses percikan air ke udara oleh riak arus.

Proses biologi dalam air dapat dikategorikan menjadi 2 (dua) bagian yaitu proses respirasi dan proses fotosintesis. Proses respirasi (bernafas untuk makhluk tingkat tinggi) adalah proses yang memerlukan oksigen dan membuang karbon dioksida. Proses respirasi dilakukan oleh tumbuhan / fito plankton di malam hari atau ikan/satwa air. Proses fotosintesa adalah proses pembentukan glukosa yang menggunakan material karbon dioksida dan membuang oksigen. Proses fotosintesa pada umumnya dilakukan oleh tumbuhan / fito plankton di siang hari. Fenomena ini akan mempengaruhi kondisi oksigen terlarut dalam air.

### **2.1.3. Self Purifikasi**

Self purifikasi adalah kemampuan sungai dalam memperbaiki dirinya dari unsur pencemar. Menurunnya kandungan pencemar membuktikan bahwa swa purifikasi sungai memang benar-benar terjadi di sungai. Hal yang perlu diperhatikan adalah sesuai kaidah alam ada keterbatasan self purifikasi di dalam sungai sehingga apabila masuk sejumlah bahan pencemar dalam jumlah banyak maka kemampuan tersebut menjadi tidak terlalu berarti mengembalikan sungai dalam kondisi yang lebih baik. Kemampuan alamiah sungai inilah yang membatasi daya tampung sungai terhadap pencemar.

Proses biologi dapat terjadi secara bakterial dimana bakteri membantu merubah senyawa beracun menjadi senyawa tidak beracun. Keberadaan tanaman air, perakaran tanaman yang berada di sekitar badan air, hewan perairan memberi sumbangan dalam memperbaiki kualitas air sungai.

#### **2.1.4. Baku Mutu Limbah Cair**

Adalah batas atau kadar makhluk hidup zat, energi atau komponen lain yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air pada sumber air tertentu sesuai dengan peruntukannya. Baku mutu ini ditetapkan untuk air pada badan air dengan mengingat peruntukan badan air dan kemampuan self purifikasi.

Berdasarkan Lampiran I Peraturan Pemerintah No. 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, dinyatakan :

Kelas I : Air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu;

Kelas II : Air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum

Kelas III : Air yang dapat digunakan untuk peternakan, perikanan

Kelas IV : Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanahan dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri dan PLTA.

Baku mutu limbah cair ditetapkan untuk limbah cair yang keluar dari suatu kegiatan sebelum dibuang ke badan air.

Dalam hal pengendalian pencemaran air, maka dapat dilakukan dengan pembatasan baku mutu, misalnya jenis baku mutu limbah cair I, hanya diijinkan untuk dibuang ke kelas air II, III, IV, baku mutu limbah cair II, hanya diijinkan untuk dibuang ke kelas air III dan IV dan seterusnya.

#### **2.1.5. Beban Cemaran**

Beban cemaran adalah jumlah suatu parameter pencemaran yang terkandung dalam jumlah air atau limbah, dimana beban cemaran perhari dapat dirumuskan :

$$BPA = (CA)_j \times Da \times f \quad \dots(1)$$

BPA : beban pencemaran sebenarnya (kg/hari)

(CA)<sub>j</sub> : kadar terukur sebenarnya unsur pencemar-j, dinyatakan dalam mg/l

Da : debit limbah cair sebenarnya (m<sup>3</sup>/detik)

f : faktor konversi

$$= \frac{0,000001 \text{ kg} = 1 \text{ mg}}{\text{liter}} \times \frac{(1000 \text{ ltr}) = 1 \text{ m}^3}{(1/84.600 \text{ detik}) = 1 \text{ hari}} = 84.6$$

### 2.1.6. Daya Tampung

Daya tampung pencemaran adalah kemampuan air pada suatu sumber air, untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar. Pencemaran air dapat terjadi adanya unsur/zat lain yang masuk kedalam air, sehingga menyebabkan kualitas air menjadi turun. Unsur tersebut dapat berasal dari unsur non konservatif (tergradasi) dan konservatif (unsur yang tidak tergradasi). Daya tampung beban pencemaran dapat di hitung dengan cara sederhana yaitu dengan persamaan neraca massa, sebagai berikut :

$$\frac{\text{Daya tampung}}{\text{Beban cemaran}} = \frac{\text{beban cemaran}}{\text{sesuai Baku Mutu}} - \frac{\text{beban cemaran}}{\text{terukur}} \quad \dots(2)$$

### 2.1.7. Perhitungan beban cemaran dengan program Qual2e

Penggunaan program Qual2e terbatas pada unsur non konservatif (bukan logam). Perhitungan beban cemaran pada awalnya dikembangkan oleh Streeter-Phelps (1925) dimana penentuan beban pencemaran air didasarkan pada kurva defisit DO (Disolved Oxygen) dengan anggapan bahwa kebutuhan oksigen (BOD) di air diperlukan untuk kehidupan perairan sehingga kebutuhan oksigen di air ini dapat digunakan untuk mengukur terjadinya pencemaran.

Pemodelan Streeter-Phelps hanya terbatas pada dua fenomena, yaitu proses pengurangan oksigen terlarut oleh proses bakteri dan proses kelarutan oksigen dalam air oleh proses aerasi. Selanjutnya model ini pada tahun 1970 dikembangkan oleh Texas Water Development Board yang disebut paket software DOSAG1. Program DOSAG1 selanjutnya oleh Texas Water Development Board dikembangkan kemampuannya untuk menghitung DO, BOD, Temperatur dengan pengaturan Temperatur dilakukan secara internal selama simulasi dilakukan, paket software ini disebut sebagai Qual I.

Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (US Environmental Protect Agency) akhirnya mengambil alih pengembangan Qual I dikembangkan menjadi paket program Qual II, yang lebih mampu untuk melaksanakan simulasi pada badan air sungai yang lebih kompleks dan mampu mensimulasikan interaksi dengan lingkungan yang berhubungan dengan fotosintesa, simulasi berbagai macam nutrient dan keterkaitannya dengan oksigen terlarut. Simulasi dapat dilakukan dalam aliran steady dan unsteady. yang dapat menjalankan pada sistem operasi Windows 98 dan paket program Qual2e bersifat public domain.

#### **2.1.8. Model Kualitas Air**

Model kualitas air adalah suatu formula idealisasi yang mewakili tanggap sistem fisik, biologi, kimia alam dari pengaruh external. Model kualitas air digunakan untuk menggambarkan obyek-obyek hubungan dan respon antar obyek dan dari sistem alam yang rumit disederhanakan dengan menggunakan berbagai asumsi Model Kualitas Air merupakan fungsi dari Biologi, Kimia, Klimatologi, Hidrologi dan Hidrolika. Model mempunyai kegunaan untuk simulasi, perencanaan, modifikasi lingkungan.

Perubahan internal suatu konstituent/zat adalah merupakan reaksi biokimia yang menggambarkan transformasi (alih bentuk) zat dari bentuk satu ke bentuk yang lain, sebagai misal dari nitrat organik menjadi nitrat, proses Nitrifikasi dari Amoniak menjadi nitrit kemudian nitrat dan sebaliknya, proses peluruhan BOD, proses peluruhan Phospor Organik, interaksi alga



$\sigma_2$  = Laju sumber benthos untuk fosfor yang terlarut, mg-P/ft<sup>2</sup>-hari

$\sigma_3$  = Laju sumber benthos pada amoniak dalam bentuk Nitrogen,  
mg-N/ft<sup>2</sup>-hr

$\sigma_4$  = Koefisien laju untuk pengendapan nitrogen, hari<sup>-1</sup>

$\sigma_5$  = Laju pengendapan fosfor, hari<sup>-1</sup>

$\mu$  = Laju pertumbuhan alga, bergantung terhadap temperatur, hari<sup>-1</sup>

$\rho$  = Laju respirasi alga, bergantung terhadap temperatur, hari<sup>-1</sup>

$K_1$  = Laju deoksigenasi BOD, pengaruh temperatur, hari<sup>-1</sup>

$K_2$  = Laju rearsi berdasarkan dengan analogi difusi, pengaruh temperatur,  
hari<sup>-1</sup>

$K_3$  = Laju kehilangan BOD cara mengendap, faktor temperatur, hari<sup>-1</sup>

$K_4$  = Laju ketergantungan oksigen yang mengendap, faktor temperatur,  
g/ft<sup>2</sup>-hari

$\beta_1$  = Koefisien laju oksidasi amonia, faktor temperatur, hari<sup>-1</sup>

$\beta_2$  = Koefisien laju oksidasi nitrit, faktor temperatur, hari<sup>-1</sup>

$\beta_3$  = Laju hydrolysis dari nitrogen, hari<sup>-1</sup>

$\beta_4$  = Laju fosfor yang hilang, hari<sup>-1</sup>

USEPA telah merangkum persamaan dinamika internal menjadi modul-modul persamaan model matematik yang diintegrasikan dengan persamaan model aliran satu dimensi. Persamaan tersebut oleh USEPA digunakan untuk menghitung perubahan : BOD, DO, Nitrogen sebagai nitrat-nitrit-amoniak, posphat sebagai phospat organic dan coliform.

Persamaan perubahan BOD dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{\partial \text{BOD}}{\partial t} = (-K_1 \text{ BOD} - K_3 \text{ BOD}) \quad \dots(3)$$

dimana :

BOD = Biological Oxygen Demand (mg BOD/L)

- $K_1$  = Koefisien Deoksigenasi ( $\text{hari}^{-1}$ )  
 $K_3$  = Koefisien Peluruhan BOD ( $\text{hari}^{-1}$ )  
 $t$  = waktu

## 2.2. Originalitas Penelitian

Identifikasi beban cemaran sungai dengan Model Qual2e telah banyak diaplikasikan untuk perhitungan beban cemaran, khususnya di negara Amerika Serikat dan Eropa. Model ini dapat digunakan di berbagai negara karena dalam model ini dioperasikan dengan menggunakan data lingkungan setempat seperti : iklim, letak lintang, kondisi hidrologi (debit) sungai, kualitas air sungai dan morfologi sungai setempat, sehingga hasil dari perhitungan daya tampung dapat mewakili kondisi setempat.

Di negara Indonesia, perhitungan daya tampung dengan model Qual2e ini telah diaplikasikan di Sungai Progo (Yogyakarta) dan di Jawa Tengah model ini baru akan diaplikasikan di Sungai Babon, sehingga penelitian ini merupakan penelitian awal untuk identifikasi beban cemaran sungai Babon.

## 2.3. Hipotesis Penelitian

Dari kajian ini dapat dimunculkan hipotesis yaitu adanya hubungan antara limbah cemaran yang masuk ke Sungai Babon dengan beban cemaran yang akan berpengaruh terhadap daya tampung beban cemaran Sungai Babon. Kadar BOD dalam air dapat berubah menurut waktu dan jarak karena faktor fisik dan biologi dalam air. Perubahan ini dimodelkan dengan software Qual2e

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Rancangan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan kegiatan sebagai berikut :

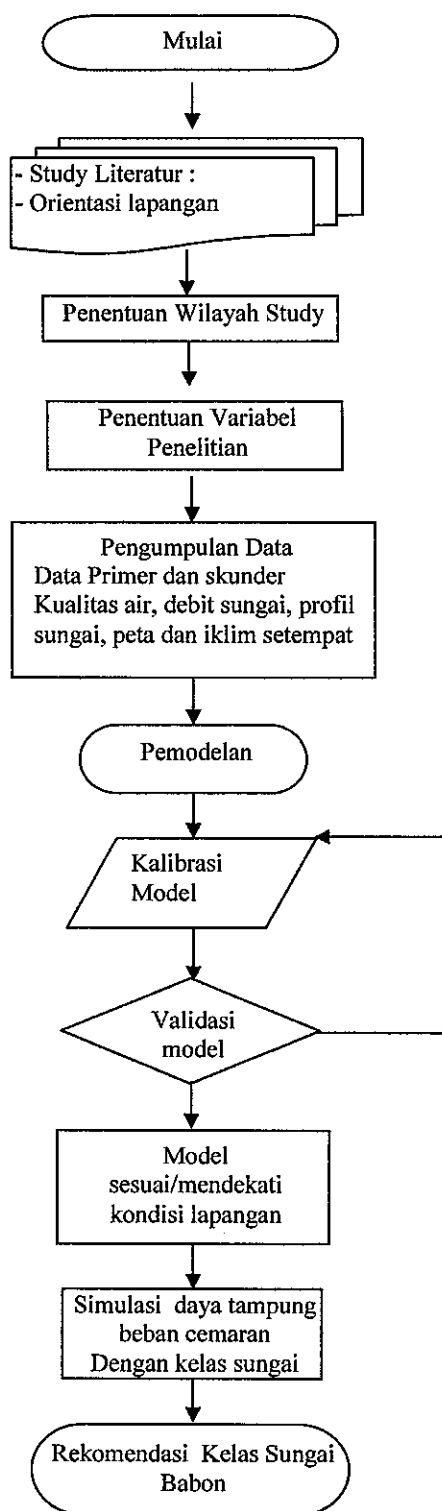
- a. Mengumpulkan dan mempelajari pustaka yang ada kaitannya dengan topik penelitian.
- b. Orientasi lapangan
- c. Menentukan wilayah penelitian;
- d. Menentukan variabel penelitian,
- e. Pengumpulan data primer dan data skunder seperti : peta, data iklim, data debit sungai, profil sungai, data kualitas air;
- f. Pembuatan Model Cemar Sungai Babon dengan menggunakan program Qual2e;
- g. Simulasi beban cemaran untuk penentuan kelas sungai;
- h. Penyusunan laporan.

#### **3.2. Ruang Lingkup Penelitian.**

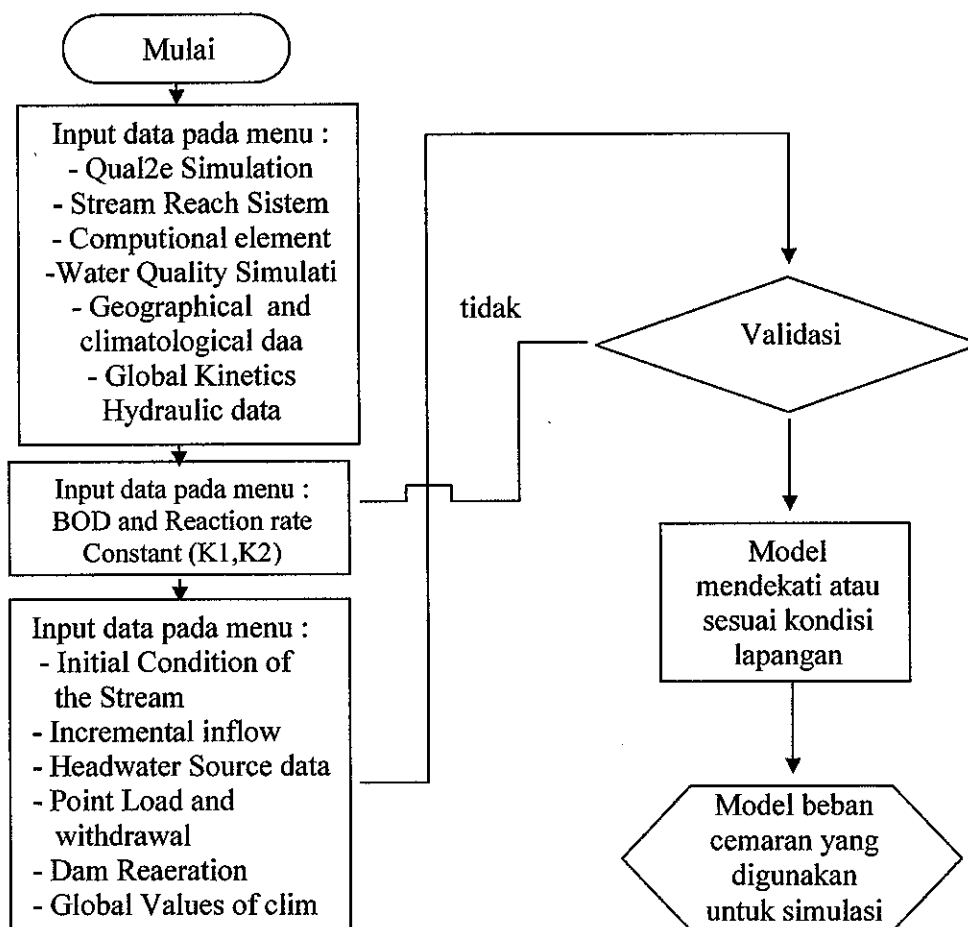
Lingkup penelitian adalah menentukan daya tampung beban cemaran sungai Babon berdasarkan kadar cemaran BOD sepanjang sungai dengan metode Qual2e yaitu hasil perhitungan cemaran sungai dibandingkan dengan kelas sungai berdasarkan lampiran Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Dari simulasi ini dapat diperoleh daya tampung beban cemaran untuk masing-masing kelas

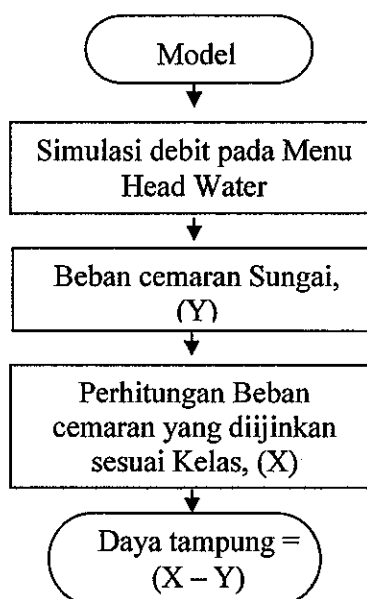
Kemudian dari hasil perhitungan daya tampung tersebut dapat dilakukan simulasi model untuk memperoleh kualitas mutu air sungai Babon untuk kelas sungai, dengan tujuan untuk rekomendasi pengendalian pencemaran



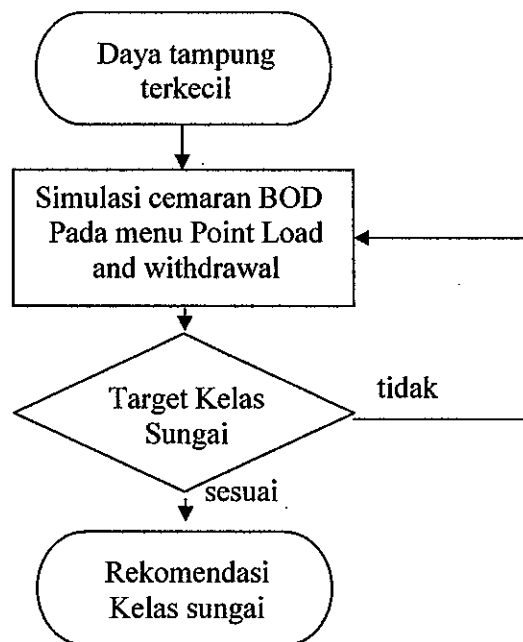
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir pembuatan model beban cemaran



Gambar 4. Diagram alir perhitungan daya tampung



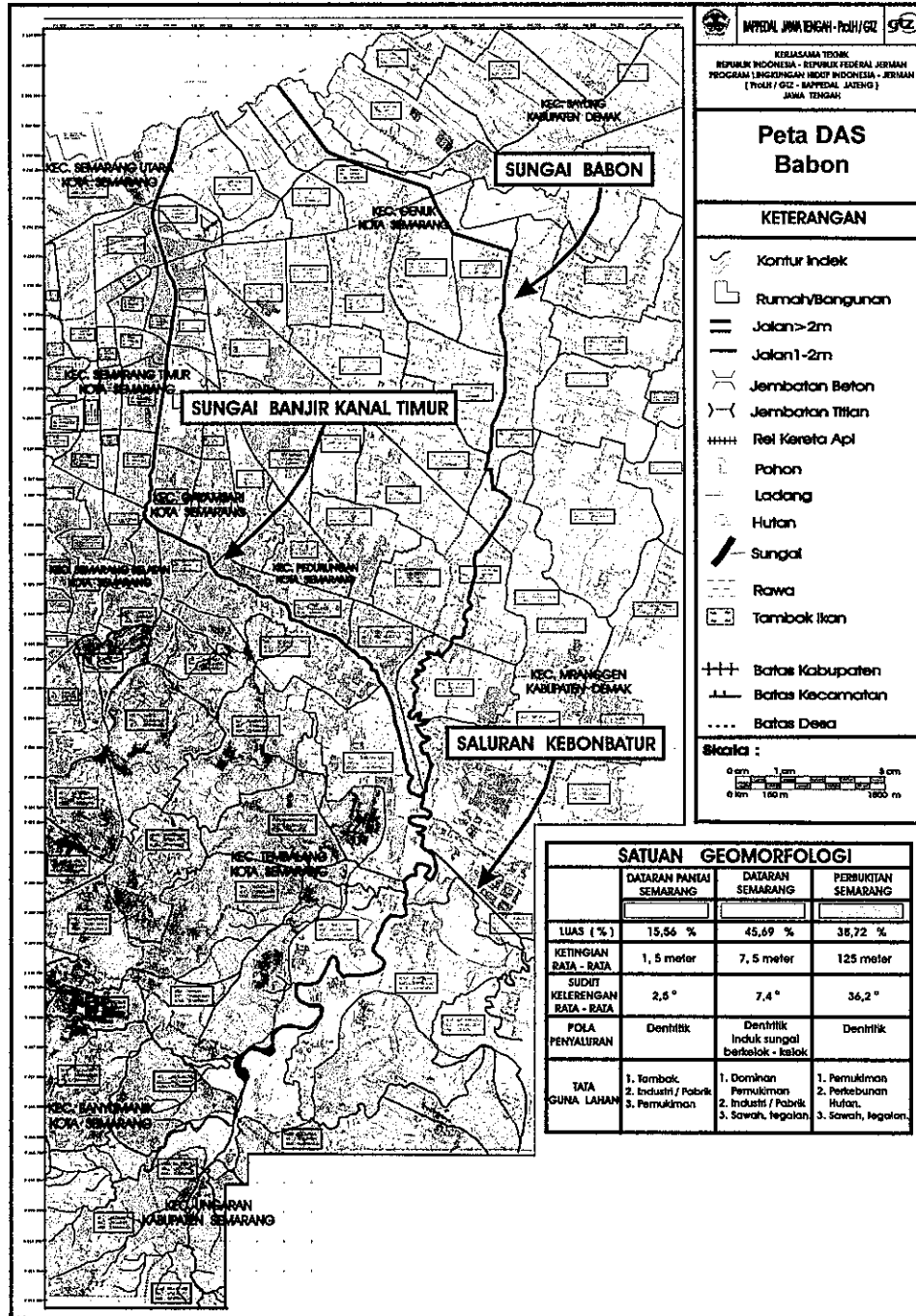
Gambar 5. Diagram alir simulasi daya tampung untuk rekomendasi kelas

Perhitungan daya tampung beban cemaran sungai Babon, dimulai dengan pembuatan model, dimana dari pembuatan model ini diperoleh konstanta  $K_1$  dan  $K_2$ , kemudian untuk menghitung daya tampung adalah dengan melakukan simulasi dengan kelas sungai, dimana daya tampung dihitung dari pengurangan beban cemaran yang diijinkan dengan beban cemaran yang terukur. Selanjutnya dalam menentukan rekomendasi untuk kelas sungai Babon dapat dilakukan dengan menentukan target kelas sungai, kemudian dengan menurunkan cemaran pada menu point load and withdrawal untuk memperoleh BOD yang memenuhi target kelas

### 3.3. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di sungai Babon, yang melewati 3 (tiga) wilayah Kabupaten/Kota, yaitu Kabupaten Semarang : Desa Mluweh dan Desa Kalikayen, Kota Semarang : Kelurahan Sembungan, Meteseh, Rowosari, Plamongansari, Penggaron Kidul, Bangetayuwetan, Penggaron Lor,

Sambungharjo, Karangroto, Trimulyo, dan Kabupaten Demak : Kelurahan Sriwulan Kecamatan Sayung .



Sumber : Pro-LH GTZ Jawa Tengah, 2005

Gambar 6. Peta Wilayah Penelitian Sungai Babon.

### **3.4. Variabel Penelitian.**

Dalam penelitian ini variabel yang akan diamati adalah :

1. Parameter BOD (Biological Oxygen Demand) tiap titik pengambilan sampel;
2. Sifat hidrologi, debit sungai dan penampang sungai pada titik pengambilan sampel.

### **3.5. Jenis dan sumber data**

Jenis dan sumber data dalam penelitian ini terdiri dari :

a. Data Primer

Pengukuran data primer dilakukan di lapangan seperti pengukuran debit, kecepatan aliran, lebar, kedalaman sungai dan kualitas air sungai yang didapat dari uji laboratorium Bapedalda Kota Semarang.

b. Data skunder

Penelitian yang dilakukan meliputi pengumpulan data skunder, yaitu data-data sungai seperti panjang sungai, penampang sungai, iklim dari Instansi PSDA ( Pengelolaan Sumber Daya Air) dan kualitas air dari Pro-LH GTZ Perwakilan Jawa Tengah dan Instansi Bapedal Propinsi Jawa Tengah.

### **3.6 Instrumen Penelitian**

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian terdiri dari :

- a. Seperangkat alat pengambilan sampel kualitas air;
- b. Meteran, stop watch dan bola pingpong;
- c. Peta dan alat dokumentasi
- d. Komputer dengan software Qual2e
- e. Peta sungai;
- f. Dokumentasi;

### 3.7. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah :

1. Data skunder didapatkan dengan meminta informasi dari instansi terkait seperti : Bapedal Jawa Tengah, PSDA Jawa Tengah, GTZ Pro LH perwakilan Jawa Tengah, Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Semarang, Bapedal Kota Semarang dan Kantor Lingkungan Hidup Kabupaten Demak.
2. Data primer didapatkan dari observasi lapangan antara lain dengan pengukuran debit untuk sumber pencemar dan debit pengambilan air sungai, kedalaman, lebar sungai dan kualitas air sungai;
3. Penentuan titik pengambilan kualitas air sungai didasarkan pada pertimbangan kemudahan akses, biaya dan waktu sehingga ditentukan titik yang dianggap mewakili kualitas air sungai Babon dari hulu ke hilir.

### 3.8. Teknik Analisa Data

Teknik analisa data yang dilakukan adalah dengan menggunakan model kualitas air. Model kualitas air adalah suatu penyederhanaan dan idealisasi dari suatu mekanisme badan air yang rumit yang mana fenomena kimia, fisika, biokimia dan mekanisme proses transport air sebagai media pembawa dan pelarut secara simultan. Salah satu tujuan dari USEPA (United States Environmental Protection Agency ) untuk mengembangkan Model QUAL2E adalah sebagai peralatan untuk melakukan analisa TDMLs ( Total Daily Maximum Loads ) pada badan air sungai .

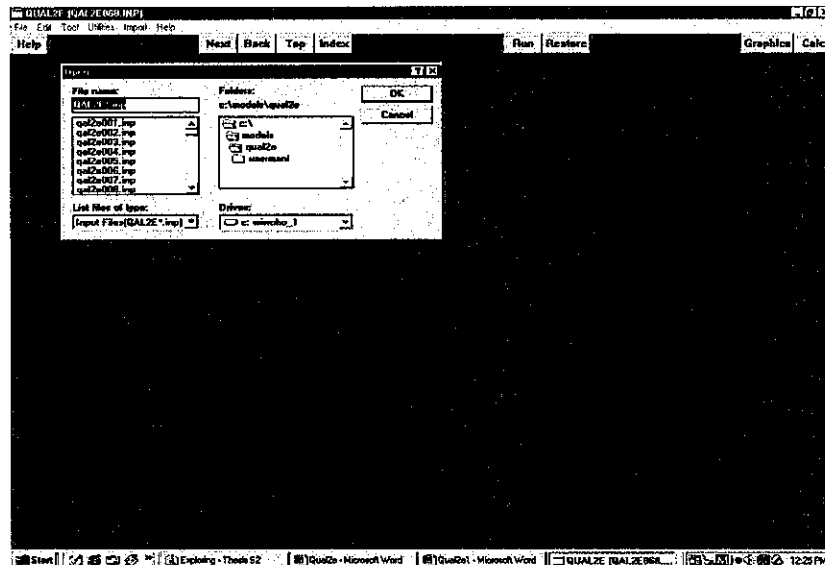
TDMLs ini akhirnya diadopsi oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 Tentang Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air . Pada Lampiran III keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup disebut dengan jelas penggunaan Model QUAL2E untuk menghitung daya tampung beban pencemaran air pada sumber air Untuk dapat mengetahui besarnya TDMLs ini, pengguna model Qual2e harus mengembangkan berbagai pilihan input model kedalam program Qual2e .

### 3.8.1. Pemodelan dengan Program Qua2e

#### A. Sub File Input

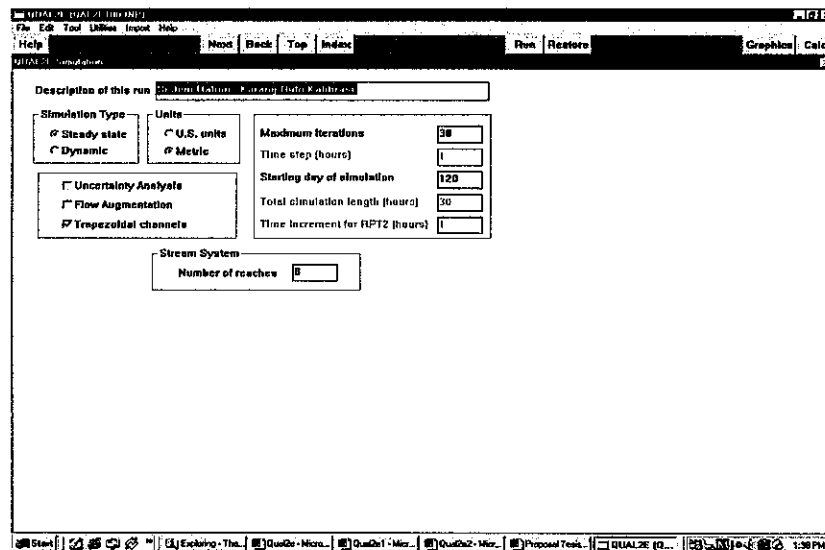
Langkah langkah Pembukaan File Input Data adalah

1. Arahkan Kursor sorot pada sub menu Open .



Gambar 7. Kotak Dialog Pembukaan File Input

2. Selanjutnya kursor sorot dibawa kesalah satu file dan lakukan klik button OK, akan muncul sub menu sebagai berikut



Gambar 8. Menu Utama Qual2e

Menu utama Qual2e juga mempunyai Sub Menu Tombol, yang terdiri dari 1) Tombol Help berfungsi untuk alat bantu, 2) Tombol Next berfungsi untuk pindah ke Sub Menu berikut, 3) Tombol Back berfungsi untuk pindah ke sub menu sebelumnya, 4) Tombol Top berfungsi untuk bergerak ke Sub Menu paling awal, yaitu Sub Menu Qual2E Simulation , 5) Tombol Index untuk melihat seluruh index sub menu, 6) Tombol Run berfungsi untuk menjalankan program, 7) Tombol Restore berfungsi memulihkan program yang macet, 8) Tombol Graphics berfungsi untuk menjalankan graphics dari hasil yang telah dijalankan, 9) Tombol Calc berfungsi untuk memanggil panel calculator, untuk membantu perhitungan .

Pada menu utama terdapat kotak kotak input data yang harus diisi, item kotak kotak input data tersebut adalah sebagai berikut

1. Description of this run adalah judul pekerjaan yang dilakukan sebagai misal ; Simulasi Sungai Babon-Karangroto Tahun 2005.
2. Kotak sub menu Simulation type, terdapat dua pilihan yaitu Steady State dan Dynamic , Steady State berarti aliran bersifat tetap dan tidak terdapat perubahan debit. Dynamic berarti aliran bersifat berubah-ubah dan terdapat perubahan debit air sungai.
3. Kotak sub menu Units terdapat dua pilihan penggunaan satuan yaitu US Units dan Metric. US Units digunakan untuk satuan feet, pound gallon sedangkan satuan Metric digunakan untuk satuan meter, kilogram, liter.
4. Kotak sub menu Hidrolika sungai yang terdiri dari pilihan Uncertainty Analysis, Flow Augmentation, Trapezoidal channel.
5. Kotak pengendali jalannya model yang terdiri dari pilihan-pilihan : Maximum Iteration, Time Step (Hours), Starting day of simulation, Total Simulation Length (hours), Time Increment for RPT2 (hours)
6. Kotak Sub Menu Streams System yang terdiri dari kotak input data Number of Reaches, mengenai jumlah Ruas Sungai.

## B. Sub Menu Stream Reach System

Setelah data di sub menu Qual2e Simulation terisi semua kemudian lakukan klik tombol Next untuk mendapat lembar input data pada menu Stream Reach System, sebagai berikut :

REACH NO.	REACH NAME	BEGIN RIVER (mils)	END RIVER (mils)	HEADWATER	Delta-X (mils)
1	RIVER-1	27.5	27	✓	0.5
2	RIVER-1	27	25		0.5
3	RIVER-1	25	20		0.5
4	RIVER-1	24	17		0.5
5	RIVER-1	17	14		0.5
6	RIVER-1	14	12		0.5
7	RIVER-1	12	10		0.5
8	RIVER-1	10	7.5		0.5
9	RIVER-1	7.5	6		0.5
10	RIVER-1	6	4		0.5
11	RIVER-1	4	0		0.5

Gambar 9. Sub Menu Reach System

Pada Sub Menu Stream Reach System terdapat 5 kolom data yaitu , REACH NO yang berarti adalah Nomer Ruas Sungai, REACH NAME yang berarti adalah nama ruas , BEGIN RIVER yang berarti adalah km awal dari ruas, END RIVER berarti adalah km akhir dan ruas , HEAD WATER yang berarti adalah ruas sungai yang bersifat merupakan awal /sumber dari ruas sungai .DELTA-X berarti adalah riap pertambahan dari ruas .

## C. Sub Menu Computational Element

Setelah Sub Menu Stream Reach System terisi penuh , klik tombol NEXT untuk melihat sub menu sebagai berikut: Sub menu Computational Element merupakan hasil dari Sub Menu Stream Reach System, selanjutnya dilengkapi dengan sifat Element melalui ikon kombo box yang mempunyai pilihan pilihan sbb :

1. Dam berarti terdapat Dam pada element
2. Point Source, terdapat sumber pencemaran industri
3. Standart, element yang bersifat hanya transport
4. Withdrawal, terdapat pengambilan pada element

REACH NO.	TOTAL ELE.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1																				
2	4		S	S	S	S															
3	10	S	P	S	S	S	S	S	S	S	S										
4	6	S	S	S	S	S	S														
5	6	S	S	S	S	S	S														
6	4	S	S	S	S																
7	4	P	S	S																	
8	5	S	S	S	S	S															
9	3	S	S	S																	
10	4	S	S	S	S																
11	6	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Gambar 10. Sub Menu Element Computational

Selain element yang bersifat sebagai S, D, dan W dalam sistem pemrograman Qual2E, juga dikenal element yang bersifat sebagai Junction (*J*), yaitu pertemuan antara sungai-sungai, Upper Junction (*H*) yang berarti adalah elemen yang terletak sebelah atas element Junction dan End element (*E*) yang merupakan akhir dari sistem.

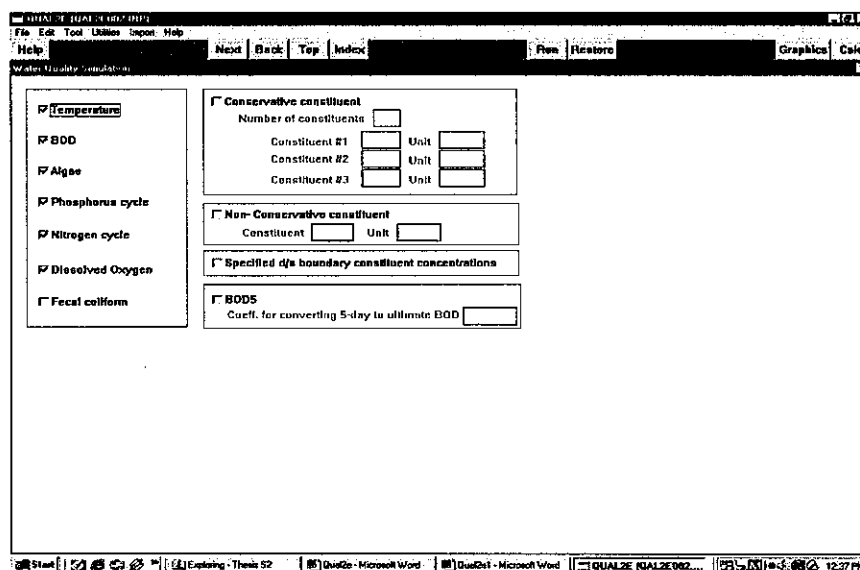
#### D. Sub Menu Water Quality Simulation

Setelah sub menu Computational Element teredit lakukan, lakukan langkah langkah sebagai berikut:

1. Klik tombol Next
2. Akan keluar sub menu Water Quality Simulation yang seperti terlihat pada gambar dibawah ini.
3. Selanjutnya sub menu Water Quality Simulaiton siap untuk diedit.

Pada Sub menu Water Quality terdapat beberapa pilihan sub-sub menu nutrient yang dapat dilakukan simulasi yaitu meliputi:

1. Temperatur
2. BOD
3. Algae
4. Phosphorous cycle
5. Nitrogen cycle
6. Dissolved Oxygen
7. Faecal Coliform



Gambar 11. Sub Menu Water Quality Simulation

Phosphorous cycle adalah Phospor Organik dan Phospor an Organik yang saling terkait satu dengan yang lain . Dan yang dimaksud dengan Nitrogen cycle adalah Nitrogen Organik , Amoniak, Nitrit dan Nitral yang saling berhubungan . Dengan memberi tanda  $\checkmark$  berarti item-item sub menu tersebut telah dipilih . Pada contoh tersebut dipilih Temperatur, BOD , Algae , Phospor cycle , Nitrogen cycle dan Dissolved Oxygen .

Selain Nutrient juga disediakan pilihan sub-sub menu conservative constituent, yaitu zat yang tidak mudah berubah sebagai misal Clorida, Natrium , Kalium dan lain lainnya . pada contoh ini conservative constituent tidak dipilih . Jumlah consevative constituent yang dapat disimulasi adalah 3 (tiga).

### E. Sub Menu Geographical and Climatological Data

Setelah sub menu Water Quality Simulation diisi lakukan Klik Tombol Next dan akan dihasilkan sub menu Geographical and Climatological Data yang dapat dilihat pada gambar sebagai berikut

The screenshot shows a software interface for entering geographical and climatological data. The window title is "QUAL2E (QUAL2E.DAT)". The menu includes the following sections:

- Geographical Data:** Latitude (deg) [100], Longitude (deg) [85.3], Standard meridian (deg) [75], Basin elevation (ft) [100], Dust attenuation coeff. [0.13].
- Evaporation coefficient:** AE [ft/hr](in-Hg) [0.00888], BE [ft/hr](in-Hg-mph) [0.00027].
- Temperature correction factors:**  Default,  User specified.
- Climatological Data:**  Reach variable temp.,  Global values, Climatological file [dropdown].
- Output Print:**  Summary,  Climatological data printout.
- DO and BOD plot:**  DO and BOD plot, Number of DO/BOD plots [1], Observed Dissolved Oxygen file [dropdown].

Gambar 12. Sub Menu Geographical and Climatological Data

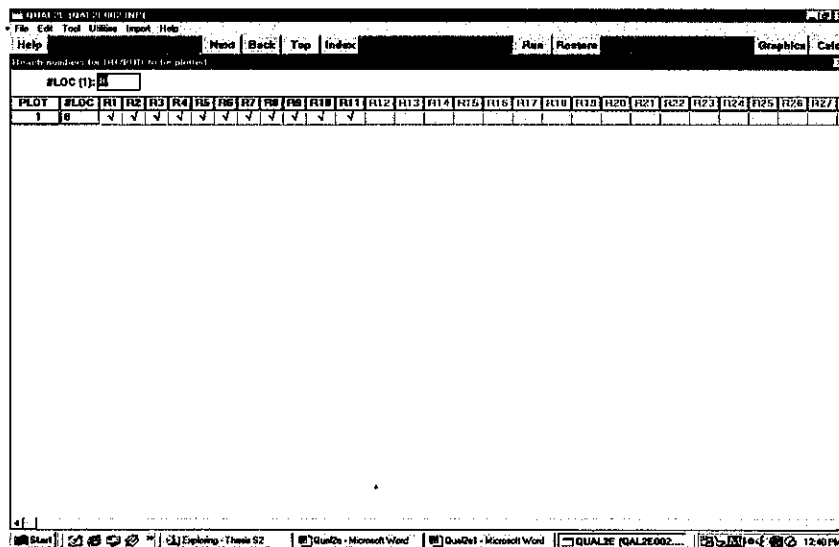
Pada sub menu ini diisikan data Geographical terdiri dari :

1. Input Latitude , yang merupakan letak lintang stasiun iklim
  2. Input Longitude , yang merupakan letak bujur stasiun iklim
  3. Input Standart Meridian , yang merupakan standart meridian stasiun iklim
  4. Input Basin elevation , yang merupakan ketinggian stasiun iklim
  5. Input Dust Attenuation, yang merupakan koefisient pemantulan
- Item Coefisient Evaporation terdiri dari :

1. Input AE , yang berisi coefisient Evaporasi AE
  2. Input BE , yang berisi coefisient Evaporasi BE
- Item Temperatur Correction Factor terdiri dari pilihan :
1. Default, ditentukan oleh program
  2. User Spcified , ditentukan oleh pengguna
- Item Climatological Data terdiri dari pilihan:
1. Reach Variabel Temp
  2. Global Values
  3. dan Combo Box Climatological File
- Item DO and BOD plot terdiri dari
1. Check box DO and BOD Plot
  2. Input Number DO/BOD Plot
  3. Combo box Observed Dissolved Oxygen File

#### F. Sub Menu Reach numbers DO/BOD to be plotted

Setelah sub menu Geographical and Climatological Data terisi, lakukan Klik pada tombol Next. Setelah tombol Next diklik akan keluar sub Menu Reach numbers DO/BOD to be plotted , seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 13. Sub Menu Reach numbers DO/BOD to be plotted

Dengan telah terbukanya sub menu Reach numbers DO/BOD to be plotted , selanjutnya dilakukan langkah pemberian tanda  $\checkmark$  pada chek box untuk masing-masing ruas yang ingin diplot datanya

### G. Sub Menu Observed Dissolved Oxygen Data

Setelah sub menu tersebut diatas diisi dengan tanda chex box , kemudian lakukan klik pada tombol Next, yang akhirnya didapatkan sub menu Observed Dissolved Oxygen Data, seperti yang tertera pada gambar dibawah ini

PLOT	RIVER LOCATION (miles)	MIN DO (mg/l)	Ave DO (mg/l)	MAX DO (mg/l)
1	27.0	4.6	6.2	7.9
1	24.5	4.6	6.2	7.9
1	22.0	3.7	4.5	5.2
1	18.5	4.0	4.6	5.3
1	12.0	4.2	4.7	5.6
1	2.0	4.5	5.2	5.5
1	1.5	4.5	5.2	5.5
1	1.0	4.5	5.2	5.5

Gambar 14. Sub Menu Observed Dissolved Oxygen Data

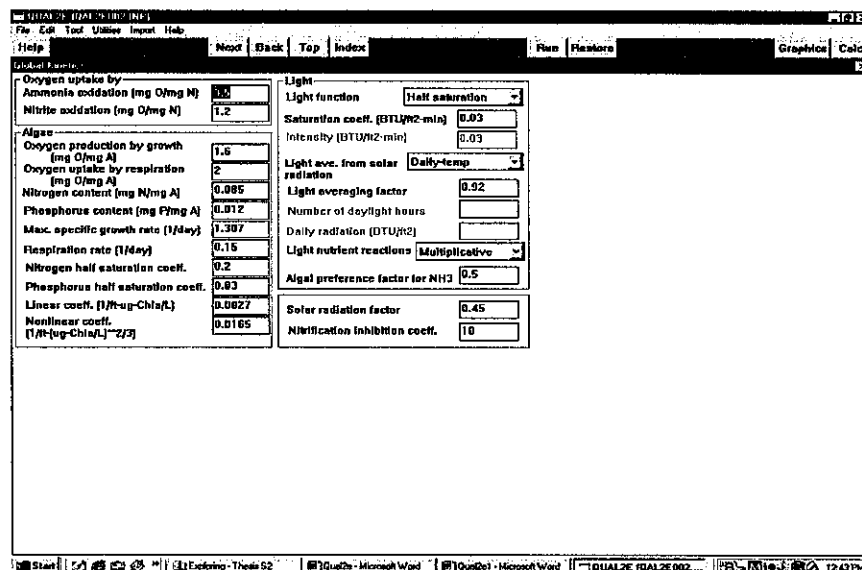
pada sub menu ini ditampilkan data hasil pengamatan Dissolved Oxygen yang berasal dari file yang berupa harga rata-rata, minimum dan maximum dari setiap ruas sungai.

### H. Sub Menu Global Kinetics

Setelah sub menu tersebut diatas lakukan Klik pada tombol Next dan akan diperoleh sub menu Global Kinetics , Menu Global kinetics berisi koefisien perubahan internal dari siklus Nutrient, BOD dan Dissolved Oxygen . Pengisian angka-angka pada kotak Sub menu global kinetics

seyogyanya dilakukan secara hati hati. Untuk mengisi angka-angka tersebut sebaiknya mempelajari secara seksama pada Modul Persamaan Perubahan Internal Constituent

Untuk lebih lanjut gambar sub menu Global Kinetics dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 15. Sub Menu Global Kinetics

Sub menu Global Kinetics terdiri dari item-item sebagai berikut

a. Item Oxygen Uptake by

Item ini berisi nilai oxygen yang diperlukan untuk oksidasi Amonia dan Nitrit, yang terdiri dari:

1. Input Ammonia Oxidation
2. Input Nitrit Oxidation

b. Item Algae

Item ini berisi dinamika alga yang menyangkut produksi dan konsumsi Oxygen, pertumbuhan Alga, penyerapan Alga terhadap Nitrat, dan Phospat, peranan cahaya terhadap pertumbuhan Alage ,kandungan Nitrat dan Phospat pada Alga. Item Alga terdiri dari:

1. Input Oxygen production by Growth
2. Input Oxygen uptake by respiration

3. Input Nitrogen content
4. Input Phospat content
5. Input Max Specific Growth Rate
6. Input Respiration Rate
7. Input Nitrogen Half Saturation
8. Input Phosphor Half Saturation

c. Item Light

Menggambarkan daya tanggap Alga terhadap cahaya, yang terdiri dari:

1. Combo Box Light Function yang terdiri dari pilihan pilihan Steele's Fuction , Smith's Function and Half Saturation
2. Input Saturation Coeffisient
3. Input Intensity
4. Combo Box Light Ave From Solar Radiation , yang terdiri dari pilihan Daily-Temp ,Daily-Data , 24 hourly-Data , 24 hourly-Tern
5. Input Light Averaging faktor
6. Input Number of daylight hours
7. Input Daily radiation
8. Combo Box Light Nutrient Reaction , yag terdiri dari pilihan Multiplicative , Limiting Nutrient, Harmoni Mean
9. Input Alga Preference Faktor

Input data dan pilihan pilihan data tersebut erat kaitannya dengan reaksi internal transformasi Nutrient.

### **I. Sub Menu Temperatur Correction Factor**

Setelah Sub Menu Global Kinetic telah terisi penuh , lakukan Klik tombol Next dan akan diperoleh suatu sub menu yang disebut sebagai Sub Menu Temperatur Correction Factor Sub Menu ini berfungsi untuk mengkoreksi data koefisient yang dipersiapkan untuk temperatur 20 derajat Celcius .

Data koefisien yang ada adalah untuk suhu 20 derajat Celcius . Bila pilihan Temperatur Correction pada Sub menu Geographical and Climatological Data bersifat default maka input Sub Menu Temperatur Correction factor menjadi pasif dan nilai corection factor disediakan program . Dilain pihak bila pilihan pada Sub menu Geographical and Climatological Data bersifat User Specified maka input Sub Menu Temperatur Correction factor menjadi aktif dan data harus diisi. Pengisian data harus berhati hati, Pertama-tama lebih baik mengikuti koefisien yang disediakan oleh program , bila telah punya pengalaman dan pengertian yang mendalam dapat diisi sendiri.

Parameter	Value
<b>BOD</b>	
Decay	1.047
Settling	1.024
<b>DO</b>	
Reaeration	1.024
SOD uptake	1.060
<b>Nitrogen</b>	
Organic N decay	1.047
Organic N settling	1.024
Ammonia decay	1.083
Ammonia source	1.074
Nitrite decay	1.047
<b>Phosphorus</b>	
Organic P decay	1.047
Organic P settling	1.024
Dissolved P source	1.074
<b>Algae</b>	
Growth	1.047
Respiration	1.047
Settling	1.024
<b>Coliform decay</b>	1.047
<b>Non-conservative</b>	
Decay	1
Settling	1.024
Source	1

Gambar 16. Temperatur Correction Factors

Sub Menu Temperatur Correction terdiri dari item item sebagai berikut

a. Item BOD yang terdiri dari:

1. Input Decay
2. Input Settling

b. Item DO yang terdiri dari :

1. Input Reaeration
2. Input SOD uptake

c. Item Nitrogen yang terdiri dari

1. Organic N decay
2. Organic N Settling
3. Amonia decay

d. Item Phosporus

1. Organic P decay
2. Organic P Settling
3. Dissolved P Source

e. Item Alga yang terdiri dari :

1. Growth
2. Respiration
3. Settling

## J. Sub Menu Hydraulic Data

Setelah Sub Menu Temperatur Correction Factor diisi klik tombol Next, dan akhirnya muncul sub menu Hydraulic Data sebagaimana terlihat pada gambar dibawah ini

REACH NO.	DISPER CONST	Q COEFF VEL.	Q EXP VEL.	Q COEFF DEPTH	Q EXP DEPTH	MANNING	SIDE SLOPE 1 (R/R)	SIDE SLOPE 2 (R/R)	WIDTH (R)	SLOPE (R/R)	ELLEV (R)	DU CO
1	60	0.117		14.8		0.08						
2	60	0.237		7.37		0.08						
3	60	0.234		7.57		0.08						
4	60	0.3365		5.2		0.08						
5	60	0.262		7.85		0.08						
6	60	0.3968		5.675		0.08						
7	60	0.6501		5.675		0.08						
8	60	0.4769		6.84		0.08						
9	60	0.548		7.77		0.08						
10	60	0.5101		6.98		0.08						
11	60	0.7053		5.3		0.08						

Gambar 17. Sub Menu Hydraulic Data

Sub Menu Hydraulic Data terdiri dari kolom data sebagai berikut : Reach No, Disper Coeff, Q Coeff Vel, Q exp Vel, Q exp Vel, Q exp depth, Manning, Slideslope1, Slideslope2, elev dan Dust Coeff.

Angka Manning adalah konstanta yang menunjukkan kekasaran dasar sungai.

Dasar dari penetapan bilangan manning dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Enhanced Stream Water Quality Model Qual2e) :

$$n^2 = \frac{U^2 Se}{(1,49)^2 d^{4/3}} \quad \dots(4)$$

Dimana,

n = bilangan manning

U = kecepatan rata-rata aliran, ft/dtk

Se = gradien kemiringan sungai, ft/ft

D = kedalaman rata-rata sungai, ft

Dari persamaan diatas, terlihat bahwa bilangan maning tergantung pada kecepatan aliran sungai, gradien kemiringan dan kedalaman sungai.

Dari hasil kajian oleh Henderson (1966) ciri-ciri sungai memberikan angka manning sebagaimana tabel di bawah ini :

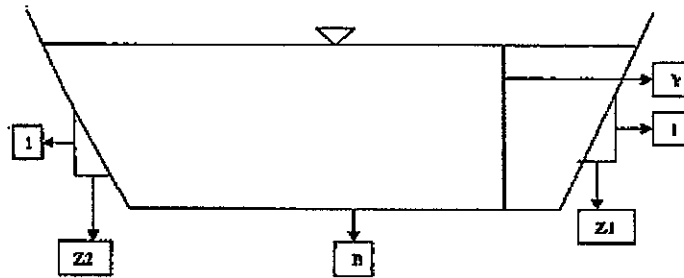
Tabel 1. Angka Manning  
(angka kekasaran permukaan sungai)

Sungai	Angka Manning
Bersih dan lurus	0,025 - 0,030
Berkelok dengan genangan	0,033 - 0,040
Berkelok, berumput tebal	0,075 - 0,150
Sungai Aluvial Bersih Lurus	0,031

Sumber : *The enhanced stream water quality Models, C. Brown, 1987*

Kemiringan dinding sungai (slope) merupakan sudut tangent dari sisi kanan dan kiri penampang sungai dapat dicari dengan mencari kedalaman sungai versus lebar sungai pada penampang basah dinding sisi kanan dan kiri sungai, sebagai berikut :

Slide Slope 1 =  $Z1/1$ , Slide Slope 2 =  $Z2/1$



Gambar 18. Penampang melintang sungai untuk mencari side slope 1 dan side slope 2

#### K. Sub Menu BOD and DO Reaction Rate Constant

Setelah sub menu Hydraulic Data terisi, lakukan Klik pada tombol Next dengan melakukan hal tersebut keluar sub Menu BOD and DO Reaction Rate Constant, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :

REACH NO.	BOD DECAY (1/day)	BOD SETTLING (1/day)	BOD RATE (kg/m <sup>2</sup> -day)	TYPE REAERATION	REAERATION COEFF.	COEFF (1/h)	EXPONENT
1	.098		.132 Single coeff.		.078	0.054	
2	.098		.132 Single coeff.		.315	0.054	
3	.068		.123 Single coeff.		.301	0.054	
4	.053		.112 Single coeff.		.634	0.054	
5	.053		.112 Single coeff.		.302	0.054	
6	.042		.112 Single coeff.		.604	0.054	
7	.042		.041 Single coeff.		.773	0.054	
8	.042		.041 Single coeff.		.341	0.054	
9	.042		.041 Single coeff.		.443	0.054	
10	.042		.041 Single coeff.		.548	0.054	
11	.063		.041 Single coeff.		.801	0.054	

Gambar 19. Sub Menu BOD and DO Reaction Rate

## N. Sub Menu Incremental Inflow

Setelah sub menu Initial Condition of The Stream diisi dengan data , tombol Next dapat diklik dan akhirnya keluar sub menu Incremental Inflow , yang berisi data tambahan debit yang masuk kedalam disetiap ruas sungai. Data tambahan debit ini bersifat menyebar merata (Non Point Source) sepanjang ruas sungai.

Selain berisi data debit sub menu berisi pula kolom kolom REACH NO , FLOW, TEMP, DO, BOD, CONS #1, CONS #2, CONS #3, NON-CONST , COLIFORM , CHL-A , ORG-N , NH3-N , N02-N , N03 -N , ORG-P , DIS-P data temperature , constiuent konservatif dan non konservatif, dan nutrient merupakan data beban dari tambahan debit yang bersifat non point source yang masuk kedalam stiap ruas sungai

Gambar dari sub menu ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

REACH NO.	FLOW (M3/s)	TEMP (F)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	CONS #1	CONS #2	CONS #3	NON-CONST	COLIFORM (No./100ml)	CHL-A (mg/l)	ORG-N (mg/l)	NH3-N (mg/l)
1	4.57	69.8	2.35	0.63						0.23	0.07	0.1
2	12.52	69.8	2.35	0.63						0.23	0.07	0.1
3	33.06	69.8	2.35	0.63						0.23	0.07	0.1
4	21.15	69.8	2.35	0.63						0.23	0.07	0.1
5	21.15	69.8	2.35	0.63						0.23	0.07	0.1
6	28.06	69.8	2.35	0.63						0.23	0.07	0.1
7	28.06	69.8	2.35	0.63						0.23	0.07	0.1
8	52.5	69.8	2.35	0.63						0.23	0.07	0.1
9	31.5	69.8	2.35	0.63						0.23	0.07	0.1
10	42.03	69.8	2.35	0.63						0.23	0.07	0.1
11	81.5	69.8	2.35	0.63						0.23	0.07	0.1

Gambar 20. Sub Menu Incremental Inflow

### O. Sub Menu Head Water Source Data

Setelah data yang berada di sub menu Incremental Flow terisi, selanjutnya klik tombol Next dan akan muncul sub menu Head Water Source Data . Menu ini berisi data mengenai syarat awal, atau bagian teratas dari Ruas Sungai.

Menu ini adalah salah satu sub menu yang utama , data debit pada sub menu ini harus ada. Bila tidak tersedia data syarat awal ini, maka program Qual2e tidak dapat dijalankan . Pengisian besarnya debit pada sub menu ini tergantung pada skenario model. Debit dapat berupa debit rata rata bulanan, debit maxium atau debit minimum dan debit andalan. Pada umumnya debit yang diinputkan adalah debit pada hulu sungai, dimana debit ini digunakan untuk memulai simulasi dari hulu sungai. Pada proses pembuatan model, syarat awal ini merupakan nilai untuk memulai simulasi, sehingga diperoleh nilai-nilai yang berbeda untuk setiap ruas sungai.

HEADWATER NAME	FLOW (CFS)	TEMP (F)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	CONS #1	CONS #2	CONS #3	NON-CONS	COLIFORM (No./100ml)	CHL-A (ug/l)	ORG-N (mg/l)
RIVER-1	145	72.66	6.4	2.63						19.26	0.35

Gambar 21. Sub Menu Head Water Source Data .

Data yang ada di Sub Menu Head Water Sources adalah merupakan syarat awal, sehingga mempatkan data initial yang terdiri dari Nama Head Water , Debit, Temperatur , konsentrasi:

### P. Sub Menu Point Loads and Withdrawals

Setelah Sub Menu Head Water Source Data dibukakan diisi dengan data secukupnya, langkah berikutnya adalah membuka sub menu Points Loads and Withdrawals, dengan melakukan klik pada tombol Next. Sub menu ini berfungsi untuk mencatat data beban polusi yang masuk atau yang keluar dari Ruas sungai, Apabila sub menu Incremental Flow bersifat Non Point Source , maka sub menu ini sesuai dengan namanya bersifat Point Source .

Sub menu ini dapat pula digunakan untuk melakukan simulasi pengaruh anak sungai yang tidak atau belum dapat disimulasikan secara detail. Skenario pengaruh berbagai beban limbah pada masa yang akan datang dapat disimulasikan melalui Sub menu Point Loads and Withdrawals .

REACH NO.	ELE NO.	TYPE	NAME	TREAT (%)	FLOW (CFS)	TEMP (F)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	CONS #1	CONS #2
3	2	Point source			12.5	75.2	0	0.472		
7	1	Point source			148.3	69.0	2.35	1.27		

Gambar 22. Sub Menu Point Loads and Withdrawals

Sub Menu Point Loads and Withdrawals terdiri dari kolom-kolom: REACH NO , ELE NO , TYPE , NAME , TREAT (%) , FLOW , TEMP , DO ,BOD , CONS #1 ,CONS #2 , CONS #3 , NON-CONS , COLIFORM , CHL-A , ORG-N , NH3-N , N02-N , N03-N , ORG-P . Kolom-kolom tersebut menggambarkan lokasi pencemar di No ruas ,

No Element, Nama Pencemar , prosentase Treatmet limbah debit pencemaran serta , konsentrasi bahan pencemar yang terdiri dari Temperatur, DO , BOD.

#### Q. Sub Menu Global Values of Climatology Data

Setelah sub menu Points Load Withdrawals diisi dengan data, maka lakukan klik pada tombol Next maka akan diperoleh sub menu Global Values of Climatology Data yang berfungsi untuk merekam data klimatologi yang bersifat global. Gambar dibawah ini adalah sub menu Global Values of Climatology Data .

Bila dalam satu daerah pengaliran sungai hanya tersedia data Global maka model bersifat Lumped dan sebaliknya bila dalam satu daerah pengaliran sungai di setaipa ruas tersedia data klimatologi maka model bersifat Distributed.

	MON (mm)	DAY (dd)	YEAR (yy)	HOUR (hh)	SOLAR RADIATION (BTU/ft²-hr)	CLOUD	DRY TEMP (F)	WET TEMP (F)	BAROMETRIC PRESSURE (in Hg)	WIND SPEED (MPH)
1					100	.643	74.5	64.3	29.58	4.21

Gambar 23. Sub Menu Global Values of Climatology Data

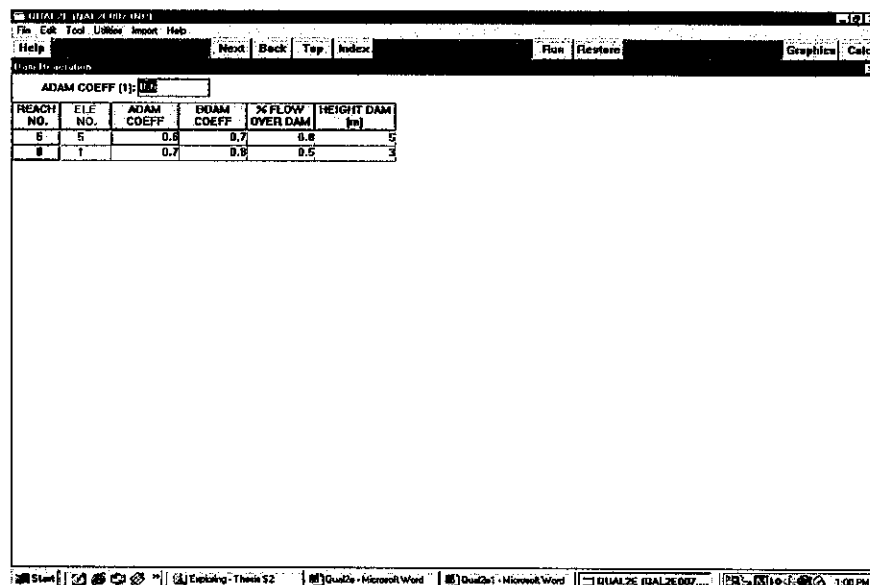
Sub Menu Global Values of Climatological Data terdiri dari kolom kolom MON , DAY , YEAR , HOUR, SOLAR RADIATION,

CLOUD, DRY TEMP, WET TEMP , BAROMETRIC PRESSURE , WIND SPEED . Data yang diisikan kedalam sub menu ini berasal dari stasiun climatology yang berada di Basin sungai yang bersangkutan .

#### T. Sub Menu Dam Reaeration

Qual2e menyediakan option apabila aliaran air melalui bangunan air / bendung / bendungan maka akan terjadi imbuhan Oxygen terlarut, disebabkan adanya loncatan air pada saat air mengalir melalui diatas tubuh bendung .

Apabila pada pilihan di Sub Menu Computational Element dipilih sifat Element D (Dam) maka setelah sub menu Point Loads and Withdrawals diisi bila tombol Next diklik akan muncul Sub Menu Dam Reaeration sebagaimana seperti gambar dibawah ini.



Gambar 24. Sub Menu Dam Reaeration

Sub menu Dam Reaeration memuat letak No ruas , dan element yang bersifat Dam , Kolom Kolom REACH NO , ELE NO , ADAMM COEFF , BDAMM COEFF , % FLOW OVER DAM , HEIGHT DAM, Ini berarti data yang dibutuhkan adalah Coefisen dam , % debit yang mengalir diatas dam , dan ketinggian dam .

## U. Sub Menu Downstream Boundary

Apabila pada sub menu Water Quality Simulation dilakukan pemberian tanda chex box (✓) pada item Specified d/s Boundary Constituent Concentrations maka setelah Head Water Source Data diisi dan tombol Next Klik akan muncul sub menu Downstream Boundary seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini

Sub Menu Down Stream Boundary terdiri dari Kotak input data untuk syarat batas bawah untuk Temperatur, DO , BOD , Conservative Concentration dan Nutrient (Organic N, Ammonia, Nitrit, Nitrat, Organic Phospor dan Dissolved Phosporus).

The screenshot shows the 'Downstream Boundary' sub-menu in the QUAL2E software. The window title is 'QUAL2E: D:\A1\3 (100.000)'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Tool', 'Utilities', 'Import', 'Help', 'Run', 'Restarts', 'Graphics', and 'Calc'. The 'Downstream Boundary' sub-menu is active, showing input fields for Temperature (C), Dissolved oxygen (mg/l), BOD concentration (mg/l), Conservative Concentration (CONS #1, #2, #3), and NON-CONS (Cellform (No./100ml), Chlorophyll a (µg/l), Organic N as N (mg/l), Ammonia as N (mg/l), Nitrite as N (mg/l), Nitrate as N (mg/l), Organic Phosphorus as P (mg/l), Dissolved Phosphorus (mg/l)).

Gambar 25. Sub Menu Sub Menu Downstream Boundary

## W. Melakukan Runing Program

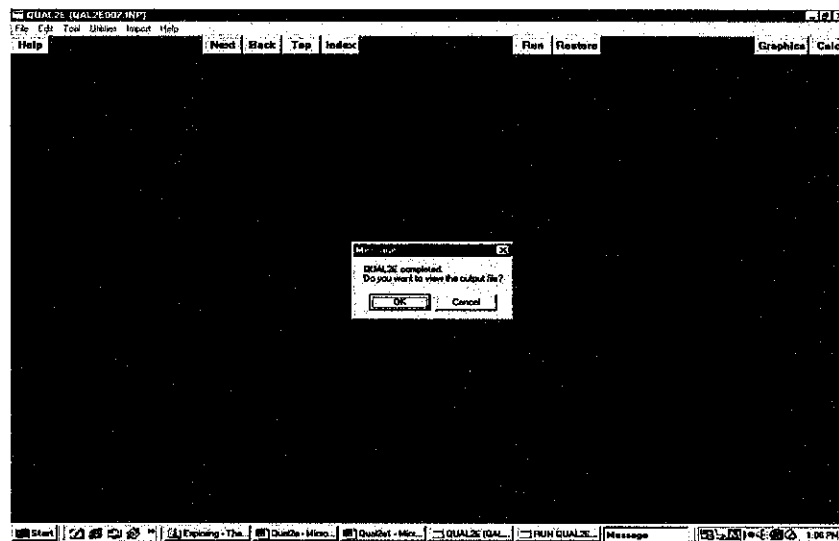
Setelah tahap pengisian data diselesaikan , program Qual2E akhirnya dapat dijalankan , yang perlu diperhatikan adalah input program Qual2E selalu otomatis membuat file output dan input secara otomatis. Untuk kelancaran dianjurkan untuk membuat nama file output dan input diluar yang telah disiapkan program Qual2E .

File Input QAL2E0.01.INP akan selalu memproduksi file output QAL2E001.0UT dan File Input QALE002.INP akan selalu

memproduksi file output QALE002.OUT demikian juga file Input QAL2E005.INP akan selalu memproduksi file output QAL2E005.OUT dan seterusnya.

Langkah langkah menjalankan running yaitu :

1. Klik Tombol Run , dilayar akan muncul layar dalam mode DOS
2. Kemudian aktifkan ikon DOS
3. Akan keluar proses execuasi data dalam mode DOS



Gambar 26. Dialog Box Yang Menyatakan Simulasi Selesai, dan Tawaran Untuk Melihat Hasil Program

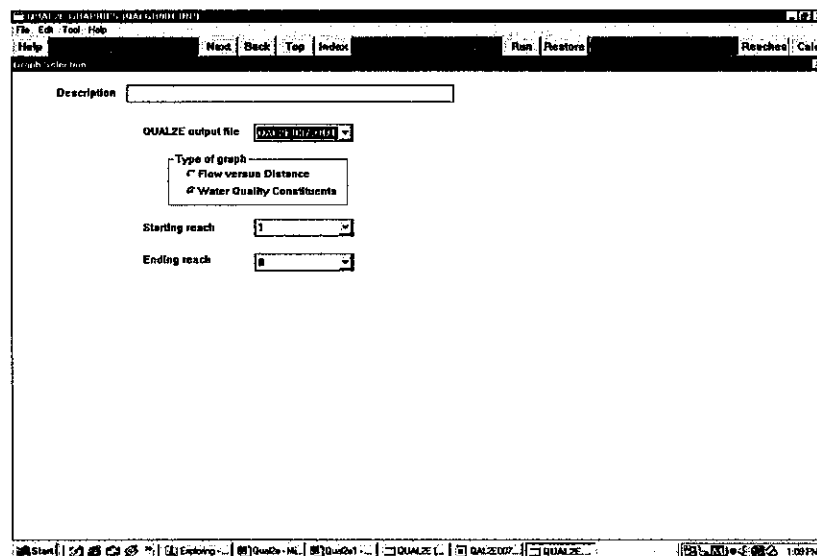
## X. Mencetak dan Melihat Output File

Sebagaimana telah diutarakan diatas bahwa hasil running program QUAL2E direkam dalam file yang selalu berakhiran dalam OUT sebagai misal QAL2E001 .OUT , QAL2002.0UT dan sebagainya . Ada dua cara untuk melihat hasil out put, yaitu secara grafik dan text.

### a. Melihat dan mencetak Grafik File Output

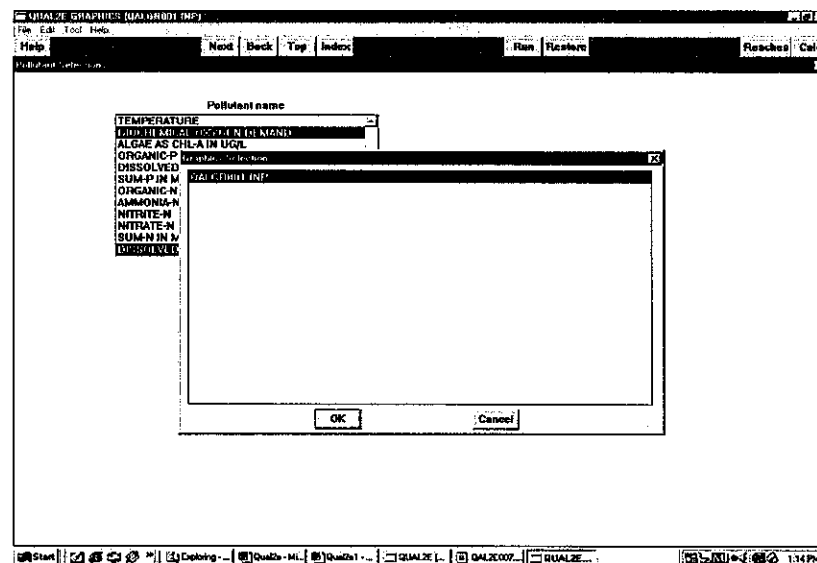
Untuk menyiapkan grafik file output langkah langkah yang dilakukan adalah dengan :

1. Klik Tombol Graphics
2. Akan keluar Sub Menu Graph Selection
3. Selanjutnya pilih file output seperi gambar dibawah ini



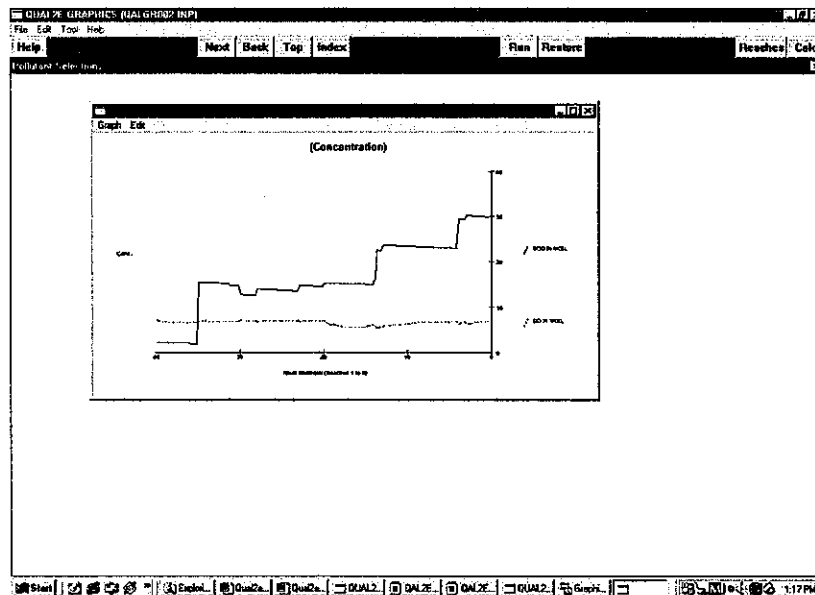
Gambar 27. Combo Box Untuk memilih File Output yang akan dibuat grafik

4. Selanjutnya setelah file output terpilih lakukan pilihan grafik akan dimulai dan diakhiri pada combo Box Starting reach dan Ending Reach
5. Dan juga harus dipilih Type of Graph yang terdiri dari Flow Versus Distance atau Water Quality Constituent
6. Tulis Description sebagai misal Graphic BOD Sungai.



Gambar 28. Screen nama file grafik

7. Apabila terdapat kotak Dialog Tersebut pilih jawaban Yes atau OK
8. Akhimya akan keluar gambar graphics yang dikendaki sebagaimana terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 29. Grafik Hasil Running Program

*b. Mencetak File Output dalam bentuk Text*

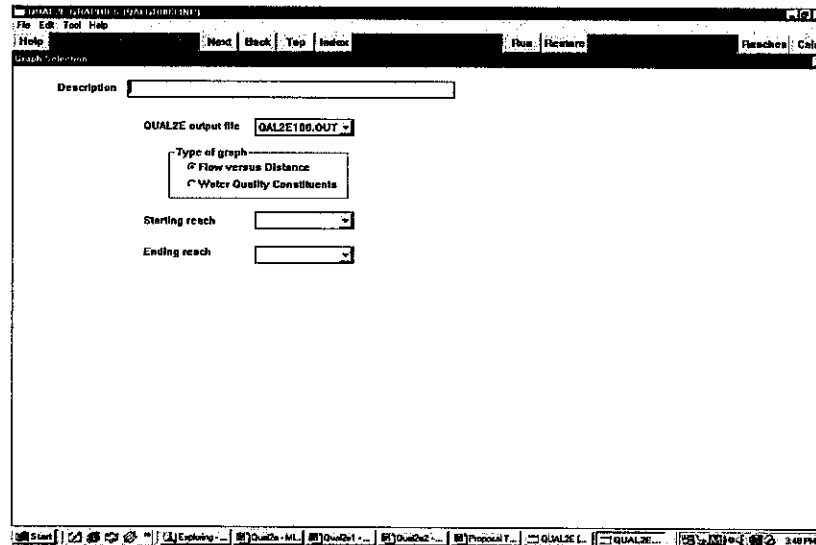
Selain dapat dicetak dalam bentuk graphic, hasil running program Qual2e dalam bentuk Text juga dapat dicetak dan dilihat. Caranya adalah sebagai berikut:

1. Buka Program Word Pad
2. Lakukan Open File dengan Wordspad
3. Setelah Wordspad terbuka lakukan Browsing pada file C:\Models\Qual2E dan pilih type All Document agar file yang ada dalam Qual2E muncul
4. Kemudian buka file sebagai misal Qal2e003.out dan akhimya hasil simulasi telah terbuka dan siap dicetak atau ditransfer kedalam Microsoft Words

c. *Melihat Skematik Ruas Sungai*

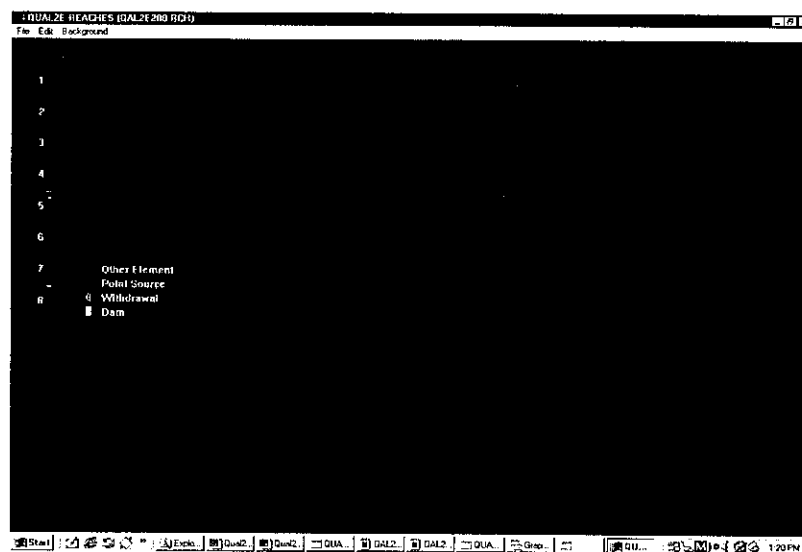
Hasil dari pemasukan skematik gambar sungai yang dilakukan di Sub Menu Computational Element dapat dilihat dengan cara

1. Klik tombol Graphis, kemudian klik tombol Reaches, akan muncul menu sebagai berikut :



Gambar 30. Menu Graphic dan sub menu reaches untuk melihat skema ruas

2. Hasil tampilan skema ruas sungai (Reach) sebagaimana gambar dibawah ini.



Gambar 31. Skema ruas sungai yang ditampilkan oleh program Qual2e

### 3.8.2. Kalibrasi Model

1. Masukan data pada Screen 1, yaitu Qual2e Simulation dimana dalam menu ini diminta memasukan data : nama sungai yang akan di simulasi, type simulasi, satuan unit, waktu simulasi dan jumlah ruas sungai yang akan disimulasi;
2. Masukan data pada Screen 2 yaitu “Stream Reach System”, merupakan sub menu untuk membagi sungai menjadi ruas-ruas yang berisi nomer dan nama ruas sungai yang akan disimulasi dari hilir sampai hulu, head water (awal ruas) dan jarak penambahan ruas.
3. Masukan data pada Screen 3 yaitu “Computational Element”, merupakan sub menu untuk titik-titik bilamana terjadi penambahan debit dari sumber limbah, titik pengurangan/pengambilan air sungai dan titik dimana ada bangunan dam (bendungan);
4. Masukan data pada Screen 4 yaitu “Water Quality Simulation”, merupakan sub menu yang memberikan pilihan tentang parameter yang akan disimulasikan;
5. Masukan data pada Screen 5 yaitu “Geographical and Climatological Data”, merupakan sub menu untuk input data geografi wilayah sungai yang akan disimulasi, meliputi posisi lintang dan koefisien evaporasi;
6. Masukan data pada Screen 6 yaitu “Reach Numbers for DO/BOD to be Ploted”, merupakan sub menu yang merupakan pilihan ruas-ruas sungai yang ingin di plot pada grafik.
7. Masukan data pada Screen 7 yaitu “Observed Dissolved Oxygen Data” merupakan sub menu untuk masukan data DO dari observasi lapangan;
8. Masukan data pada Screen 8 yaitu “Hidraulic Data” merupakan sub menu yang meminta data konstanta dispersi (dicari pada tabel dengan melihat kecepatan arus sungai), Q Koefisien Velocity, Q Exponen Velocity, Q Koefisien kedalaman, Q exponen kedalaman

yang dicari dengan excel berdasarkan rating curve (hubungan tinggi muka air dengan kecepatan) pada setiap ruas sungai;

9. Masukan data pada Screen 9 yaitu "BOD and DO Reaction Rate Constant" merupakan masukan data untuk konstanta BOD Decay ( $K_1$ ), BOD Settling ( $K_2$ ) dan Sediment Oxygen Demand;
10. Masukan data pada Screen 10 yaitu "Initial Conditions of Streams" Sub menu ini berisi tentang nilai konstituen pada saat program belum dijalankan yang terdiri dari Nomor Ruas, BOD awal, DO awal, unsure konservatif, choliform awal, Org-N awal dan NH<sub>3</sub>-N awal;
11. Masukan data pada Screen 11 yaitu "Incremental Flow" sub menu ini berisi data tambahan debit yang masuk ke dalam setiap ruas sungai;
12. Masukan data pada Screen 12 yaitu "Head Water Source Data" merupakan data syarat awal, atau bagian teratas ruas sungai sebagai contoh untuk debit sungai diambil debit andalan;
13. Masukan data pada Screen 13 yaitu "Points Loads and Withdrawals" merupakan sub menu yang berisi tentang beban polusi dari point source yang masuk dan keluar tiap ruas sungai;
14. Masukan data pada Screen 14 yaitu "Dam Reaerations" merupakan sub menu yang meminta koefisien sebelum air melewati dam dan setelah air melewati dam dan prosentase aliran dam serta ketinggian air pada dam;
15. Masukan data pada Screen 15 yaitu "Global Values of Climatology Data", merupakan isian data-data iklim sekitar wilayah sungai;
16. Running Program, baik sebagai angka maupun grafik;
17. Bandingkan hasil grafik dengan hasil pengukuran sampel di lapangan;
18. Bila grafik belum mendekati titik-titik sample di lapangan, maka dilakukan perubahan dengan trial and error pada menu "BOD and

DO reaction rate” sampai diperoleh grafik hasil simulasi mendekati kondisi lapangan.

### 3.8.3. Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan kriteria statistik yaitu uji  $\chi^2$  (Kolmogorov-Smirnov) dimana kriteria kinerja model adalah rata-rata kuadrat simpangan dari residu (beda antara pengukuran lapangan dengan hasil model) yang dapat dijabarkan dengan persamaan :

$$\chi^2 = \sum_{r=1}^n \frac{(\text{nilai observasi} - \text{nilai model})^2}{\text{nilai model}} \quad \dots(5)$$

dimana :

$\chi^2$  = uji statistik rata-rata kuadrat dari simpangan

n = jumlah sampel

r = sampel ke-n

Hasil dari perhitungan  $\chi^2$  ini kemudian dibandingkan dengan  $\chi^2$  dari tabel pada  $\alpha=95$ , bila :

$\chi^2_{\text{hitung}} > \chi^2_{\text{tabel}}$ , maka model ditolak

$\chi^2_{\text{hitung}} < \chi^2_{\text{tabel}}$ , maka model diterima

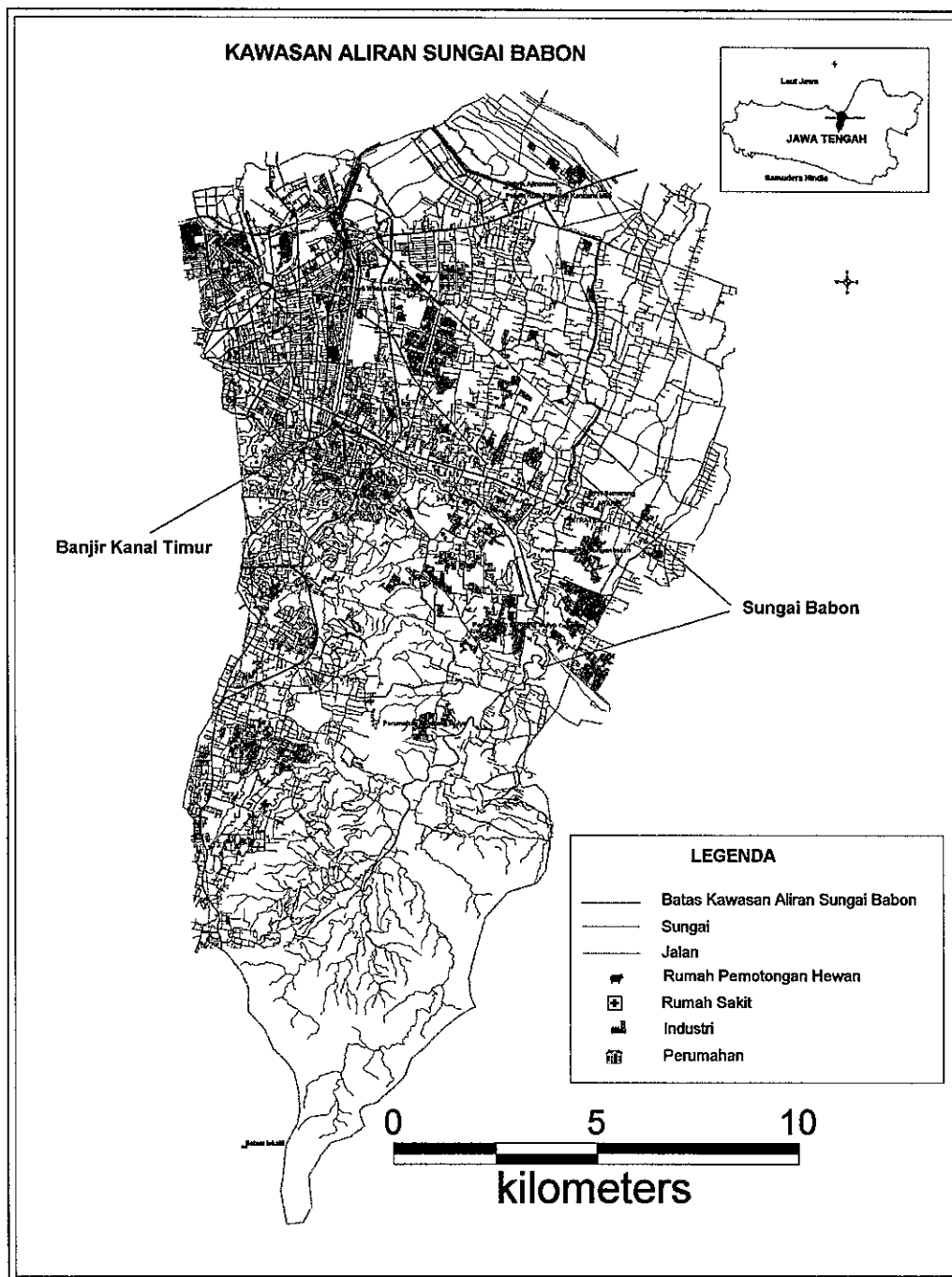
**BAB IV**  
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Rona Lingkungan**

Sungai Babon mengalir dari wilayah Kabupaten Semarang yang berasal dari beberapa anak sungai di sekitar Gunung Butak Ungaran dengan pola pengaliran di daerah perbukitan cenderung dendritik (bentuk ranting-ranting) dan pola pengaliran di daerah dataran berkelok-kelok (*Oxbow lake*) yang mengalir ke arah Laut Jawa melalui perbatasan Kota Semarang dengan Kabupaten Demak. Cakupan DAS Babon cukup luas, mulai dari beberapa anak sungai yang berada di Kabupaten Semarang, bertemu pada daerah hulu yang berada di daerah Meteseh dan Gedawang Kecamatan Banyumanik hingga mengalir ke bagian timur melewati Kecamatan Pedurungan, Kecamatan Sayung Demak, akhirnya menuju wilayah Genuk dan bermuara di pantai utara Laut Jawa.

Tabel 2. Wilayah Desa/Kelurahan yang dilewati Sungai Babon

Kabupaten/Kota	Kecamatan	Kelurahan
<b>Hulu</b>		
Kabupaten Semarang	Ungaran	Mluwih, Kalikayan
<b>Tengah</b>		
Kota Semarang	Banyumanik	Gedawang, Banyumanik, Padangsari, Padalangan, Sumurboto, Jabungan, Ngesrep Spondol Wetan
	Tembalang	Rowosari, Mateseh, Bulusan, Kramas, Tembalang Sambiroto, Sendangmulyo, Mangunharjo
	Pedurungan	Penggaron Kidul, Penggaron Sari
<b>Hilir</b>		
Kabupaten Demak	Mranggen	Kebon Batur, Batur Sari, Jamus
	Sayung	Sayung
Kota Semarang	Genuk	Penggaron Lor, Sambunharjo, Bangetayu Wetan Kudu, Banjardowo, Karangroto, Trimulyo



Sumber : Pro-LH GTZ Jawa tengah, 2005

Gambar 32. Peta Kawasan Sungai Babon

Sungai Babon mempunyai panjang aliran utama sekitar 40 km dengan 2 bendung, yaitu Bendung Pucanggading yang terdapat di daerah hulu dan Bendung Karangroto yang berlokasi di dekat muara. Dari Bendung Pucanggading terdapat pengurangan debit yang dialirkan ke Banjir Kanal Timur.

Ditinjau dari kedudukan geografis, Sungai Babon terletak diantara 6.55'15" - 7.10'00" LS dan 110 24'42" - 110 30'24" BT yang dibatasi oleh :

- Sebelah barat berbatasan dengan DAS Kali Garang dan DAS Kali Kedungmundu
- Sebelah timur berbatasan dengan DAS Kali Sayung
- Sebelah selatan berbatasan dengan DAS Kali Tuntang
- Sebelah utara dibatasi oleh Laut Jawa

Adapun secara administratif, cakupan wilayah aliran Sungai Babon terletak di tiga wilayah Kabupaten / Kota, yaitu :

- Wilayah Kabupaten Semarang, yang merupakan daerah hulu dari DAS Babon dan terletak di ujung / bagian selatan, yang meliputi Desa Mluweh dan Desa Kalikayen Kecamatan Ungaran.
- Wilayah Kota Semarang, yang merupakan daerah tengah dan hilir dari Sungai Babon, yang meliputi Kecamatan Genuk, Kecamatan Pedurungan, Kecamatan Tembalang dan Kecamatan Banyumanik.
- Wilayah Kabupaten Demak, yang merupakan sebagian kecil daerah hilir dari Sungai Babon dan terletak di ujung utara, yang meliputi Kecamatan Sayung dan Kecamatan Mranggen.

Sungai Babon dapat diklasifikasikan sebagai Sungai Permanen (*Perennial Streams*) yang pada umumnya mengalir selama setahun, meskipun dalam musim kemarau, sungai tersebut kemungkinan dapat menjadi kering. Secara umum, aliran air permanen dapat ditetapkan sebagai aliran yang mengangkut air selama paling sedikit 90% dari setahun.

Sistem aliran sungai Babon bersumber dari kaki Gunung Ungaran yang terletak di sebelah timur Kota Ungaran, yang mengalir ke arah utara untuk

akhirnya bermuara di pantai utara Laut Jawa, dengan system pengaliran sebagai berikut :

1. Selatan

Dari Gunung Pabongan  $\pm$  399,40 meter ke arah timur bersamaan dengan Gunung Selasung  $\pm$  363,00 meter mengalir Kali Genderan yang bersatu menjadi Kali Kresek, yang bersama-sama dengan anak sungai lainnya

2. Barat

Dari Pegunungan Kali mengalir Kali Lutung yang bersama-sama dengan Kali Jurugajan menuju utara ke hulu Kali Penggaron. Dari Banyumanik mengalir Kali Krengseng ke arah timur hingga mencapai sungai Penggaron dari arah barat.

3. Timur

Dari arah timur di sebelah tenggara Bendung Pucanggading mengalir saluran / sudetan Kebonbatur yang berasal dari aliran Sungai Dolok.

4. Utara

Dari Bendung Pucanggading, selanjutnya mengalir ke arah utara yang menjadi Sungai Babon.

Ditinjau dari klimatologinya, Sungai Babon beriklim tropis dengan 2 (dua) pergantian musim. Sifat-sifat klimatologi Sungai Babon adalah sebagai berikut (BMG Jateng, 2005) ;

a. Suhu

Suhu harian rata-rata setiap bulannya adalah 27,4 °C dengan suhu minimum sekitar 22,1 °C yang terjadi pada bulan Juli, sedangkan suhu udara maksimum adalah 33,7 °C yang terjadi pada bulan Juli dan Agustus.

b. Kelembaban relatif

Kelembaban relatif rata-rata harian antara 68,60 % sampai 83,60 % dengan rata-rata kelembaban bulanan 76,30 %.

c. Evapotranspirasi

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika Balai Wilayah II Stasiun Klimatologi diketahui nilai evapotranspirasi

rata-rata bulanan sekitar 131,35 mm/bulan, dengan nilai maksimum 181 mm/bulan di bulan September dan 104 mm/bulan di bulan Februari

d. Curah hujan

Curah hujan total tahunan yang tercatat pada stasiun-stasiun penakar curah hujan di Sungai Babon, dapat diprediksi bahwa besarnya volume base flow Sungai Babon akan menjadi cukup besar pada musim penghujan.

Morfologi Sungai Babon bervariasi mulai dari datar, bergelombang, hingga berbukit dengan komposisi batuan penyusun cenderung lebih homogen dan tidak dipengaruhi oleh struktur geologi. Wilayah datar terdapat di sebelah utara yang merupakan hilir, dan wilayah berbukit berada di sebelah selatan pada bagian hulu, sedangkan wilayah bergelombang terletak di tengah Sungai Babon.

Berdasarkan kenampakan morfologi, Sungai Babon dapat digolongkan menjadi satuan morfologi ( Profil DAS Babon , GTZ-Pro LH Jawa Tengah, 2002) :

a. Satuan Perbukitan

Morfologi perbukitan atau biasa disebut juga *Upper Watershed* merupakan daerah berbukit-bukit dengan indeks kemiringan antara 10 % - 35 % rata-rata ketinggian 125 meter (dpl) dengan ketinggian maksimum 325 meter (dpl). Pada umumnya kondisi tanah relatif lebih subur. Kawasan *Upper Watershed* terletak mulai dari Bendung Pucanggading ke arah selatan hingga di kaki Gunung Ungaran.

b. Satuan Dataran

Morfologi dataran atau dapat disebut juga *Lower Watershed* berupa dataran dengan indeks kemiringan relatif datar rata-rata 6 % - 14 %, rata-rata ketinggian 7,5 meter (dpl) dengan ketinggian maksimum 15 meter (dpl), terletak dari Bendung Pucanggading ke arah utara sampai muara sungai di Laut Jawa. Daerah *Lower Watershed* merupakan permukiman penduduk dan pertanian / persawahan terbuka di sepanjang sungai, yang membentang ke arah utara , timur dan barat.

c. Satuan Dataran Pantai

Morfologi dataran pantai meliputi dataran pantai utara Jawa dengan indeks kemiringan relatif datar rata-rata 0,01 % - 5 %. Bagian hilir merupakan dataran alluvial pesisir. Dibeberapa tempat sering mengalami penggenangan (khususnya musim penghujan), akibat perluasan aliran sungai.

#### **4.2. Hasil Penelitian**

Dalam penelitian ini data kualitas air yang akan dikaji adalah beban cemaran parameter non konservatif BOD (Biological Oxygen Demand), dimana BOD ini merupakan indikator adanya pencemaran yang terjadi di perairan.

Parameter BOD menunjukkan banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam lingkungan air untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada dalam air menjadi karbondioksida dan air, sehingga semakin tinggi BOD oksigen yang dibutuhkan untuk proses biologi semakin besar, atau dengan kata lain dapat menunjukkan terjadinya pencemaran di perairan tersebut, dimana semakin tinggi BOD maka perairan tersebut semakin tercemar.

##### **4.2.1. Debit Air Sungai Babon**

Debit aliran Sungai Babon relatif bersifat fluktuatif. Pada musim kemarau alirannya relatif kecil dan sebaliknya pada musim hujan tidak jarang mendatangkan banjir bagi daerah-daerah yang dilaluinya.

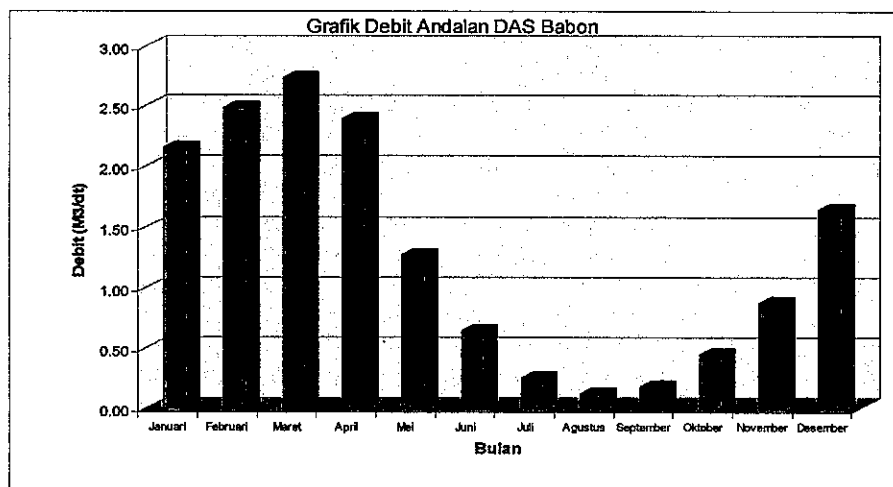
Debit air minimal selama 25 tahun sering terjadi pada bulan Agustus dan maksimal sering terjadi pada bulan Maret. Dari data yang diperoleh dari Dinas Pengelolaan Sumberdaya Air (PSDA) Propinsi Jawa Tengah diperoleh debit andalan (yang sering terjadi) dari tahun 1980 sampai dengan tahun 2004 yang terukur pada Bendung Pucanggading sebagaimana terlihat dalam tabel berikut.

Tabel 3. Debit Sungai Babon yang sering terjadi antara tahun 1980 - 2004

No	Bulan	Debit (m <sup>3</sup> /detik)
1	Januari	2.15
2	Februari	2.48
3	Maret	2.73
4	April	2.39
5	Maret	1.27
6	Juni	0.64
7	Juli	0.25
8	Agustus	0.12
9	September	0.18
10	Oktober	0.45
11	November	0.87
12	Desember	1.65

Sumber : Balai PSDA Propinsi Jawa Tengah 2005

Pada tabel diatas, terlihat bahwa debit sungai Babon paling minimal terjadi pada bulan Agustus, selanjutnya debit terkecil dialami pada bulan Agustus, yaitu merupakan puncak musim kemarau yang sering terjadi di Sungai Babon. Penggambaran debit Sungai Babon yang sering terjadi selama 25 tahun, dengan diagram balok dapat dilihat di bawah ini



Gambar 33. Debit Sungai Babon yang sering terjadi antara tahun 1980 - 2004 digambarkan dengan diagram balok

Selain data debit rata-rata dalam 25 tahun tersebut diatas, dari hasil observasi di lapangan diperoleh data debit inflow dan out flow dari sungai Babon sebagai berikut :

Tabel 4. Data debit (inflow) point source dan (out flow) withdrawal di Sungai Babon

No	Lokasi	Debit (m <sup>3</sup> /dtk)	Keterangan
1	TPA Kalongan	0,05	Point Source
2	PT. Batamtex	0.031	Point Source
3	Sub DAS Jembatan Baru	0.189	Point Source
4	Sub DAS Jabungan	0.567	Point Source
5	Perumahan Bukit Kencana	0.026	Point Source
6	Sub DAS Kompl Undip	0.663	Point Source
7	Perum Sendang Mulyo	0.029	Point Source
8	PDAM	-0.06	Withdrawal
9	Bendung Pucang Gading	-0.95	Withdrawal
10	Perumahan Plamongan sari	0.045	Point Source
11	PT. Bitratex	0.04	Point Source
12	Rumah Pemotongan Hewan	0.015	Point Source
13	Bendung Karang Roto	-0.176	Withdrawal
14	PT. Rodeo dan Sumber baru	0.046	Point Source
15	Industri Bumbu masak	0.045	Point Source

Sumber data : data Primer, 2005

#### 4.2.2. Kualitas Air Sungai Babon

Dari data primer hasil pengukuran kualitas air yang dilakukan oleh peneliti bersama Bapedalda Kota Semarang pada tanggal 2 – 3 Maret 2005 di beberapa titik lokasi sepanjang sungai Babon untuk parameter BOD dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 5. Kualitas Air Sungai Babon

Titik	Nama Lokasi	BOD (mg/l)
1	Njleper, Kalilateng	2.3
2	Kalikayen	2.42
3	Jembatan Baru, Mluweh	11.6
4	Jembatan Jabungan	12.6
5	Bendung Pucang Gading	14.1
6	Jembatan Kudu	16.1
7	Bendung Karangroto	18.8
8	Jembatan Tri Mulyo	23.0

Sumber : data Primer, Maret 2005

Dari data primer dan skunder Bapedal Propinsi Jawa Tengah, kualitas air limbah yang berasal dari sumber pencemar yang mengalir ke sungai Babon dapat dilihat pada table dibawah ini.

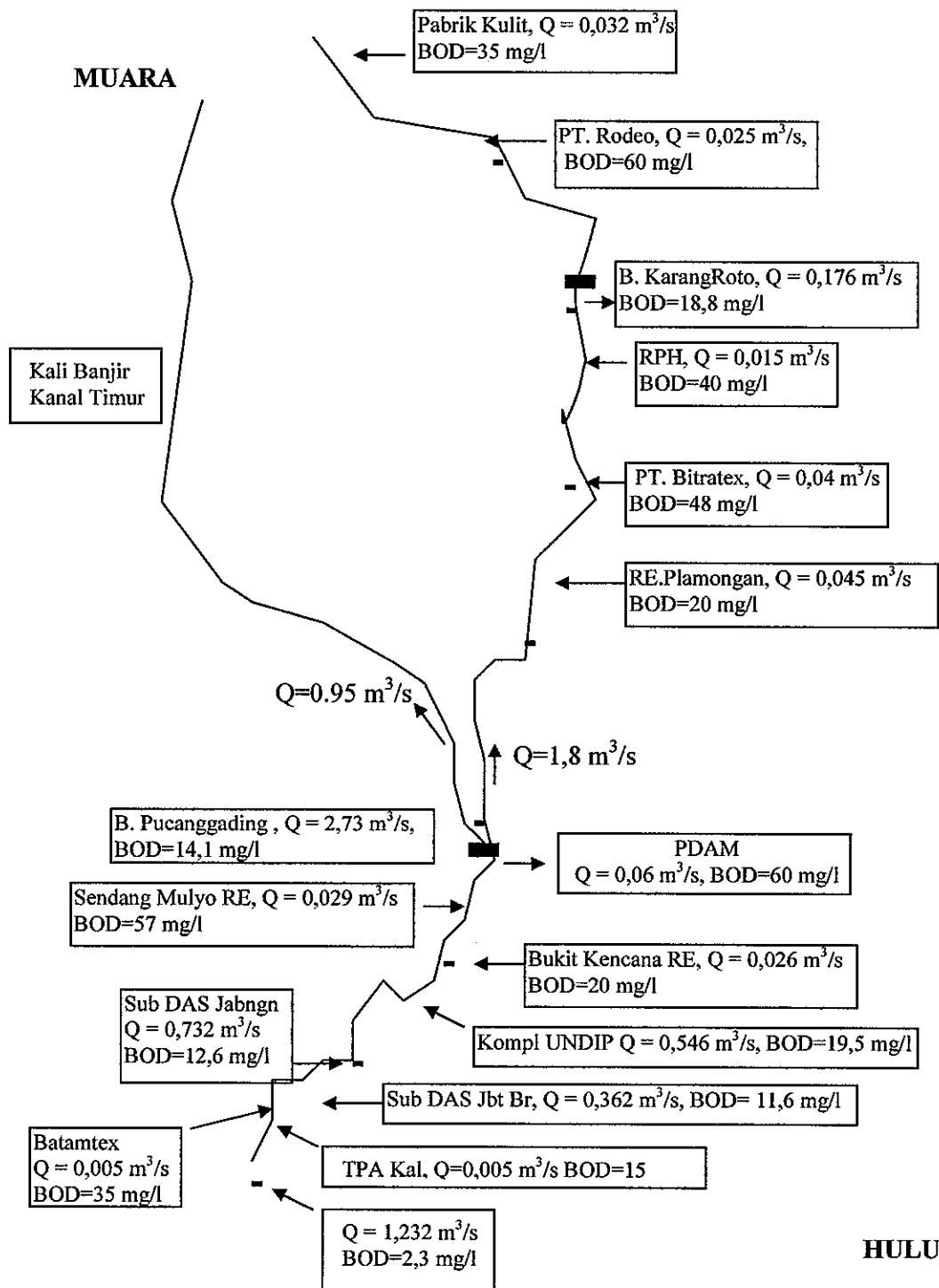
Tabel 6. Kualitas air sumber pencemar yang masuk ke Sungai Babon (Pointsource/inflow)

No	Sumber Pencemar	BOD (mg/l)
1	TPA Kalongan	15
2	PT. Batamtex	35
3	RE. Bukit Kencana	20
4	Komplek UNDIP	19.5
5	RE. Sendang Mulyo	57
6	RE. Plamongan	20
7	PT. Bitratex	48
8	RPH Semarang	40
10	PT. Rodeo	60
11	PT Trimulyo	35

Sumber : Data Skunder Bapedal Propinsi Jawa Tengah, 2005

Sungai dapat dibagi menjadi ruas-ruas yang lebih kecil. Lokasi dimana pengambilan sample, point source , withdrawal, dan Dam (bendungan) di Sungai Babon dapat dilihat pada gambar di bawah. Tiap tiap ruas dari sungai di berikan nama yang berbeda untuk memudahkan dalam simulasi. Jarak ruas dapat diatur sesuai dengan keinginan peneliti. Nama ruas dari Sungai Babon, diambilkan dari nama daerah dimana, di titik-titik tersebut dilakukan sampling air. Jarak tiap ruas diasumsikan sepanjang 5 km, sehingga sungai Babon dapat menjadi 8 ruas. Ruas ke-1 berada pada daerah hulu, kemudian berturut-turut sampai dengan ruas ke-8 yang berada di daerah hilir.

Untuk penggambaran secara sederhana, besarnya kontribusi debit (inflow) yang masuk ke sungai dan debit yang keluar (outflow) dari sungai serta kualitas air untuk parameter BOD dari setiap inflow dan out flow dapat diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 34. Skema debit input (point source) dan out put (withdrawal) sungai Babon pada Bulan Maret 2005 dan Kualitas air

### Deskripsi Ruas pada Sungai Babon

Deskripsi tiap-tiap ruas dari sungai Babon dapat digambarkan sebagai berikut :

- Ruas 1 (Penggaron)

Merupakan wilayah bagian paling hulu, yang terdiri dari kumpulan anak-anak sungai Babon, kondisi wilayah masih berupa hutan milik Dinas Perhutani Jawa Tengah. Hutan lindung yang berada di hulu sungai Babon adalah Hutan Penggaron yang berada di Kabupaten Semarang.



Gambar 35. Bagian Hulu Sungai Babon pada Ruas 1 (Penggaron)

- Ruas 2 (Njleper)

Pada ruas 2 dari sungai Babon ini masih merupakan wilayah hulu, dimana di wilayah ini mengalir anak-anak sungai yang berasal dari wilayah atasnya. Di wilayah ini ada anak sungai yang berasal dari PT. Batamtex yang berada di atasnya dan mengalir pula anak sungai dari limbah TPA (Tempat Pembuangan Sampah Akhir) Kalongan yang berada di sebelah Barat Daya sungai terletak di bawah anak sungai limbah Batamtex.



Gambar 36. Ruas 2 (Njleper), wilayah bagian hulu Sungai Babon.

- Ruas 3 (Jabungan – Bukit Kencana)

Wilayah ini berada di desa Mluweh dan Kalikayen Kabupaten Semarang. Di sepanjang alur sungai banyak terdapat rumah-rumah penduduk. Sungai Babon merupakan salah satu sungai yang digunakan untuk mandi, cuci dan kakus, karena kondisi sosial dan budaya penduduk setempat umumnya masih menggantungkan sungai sebagai penghidupannya



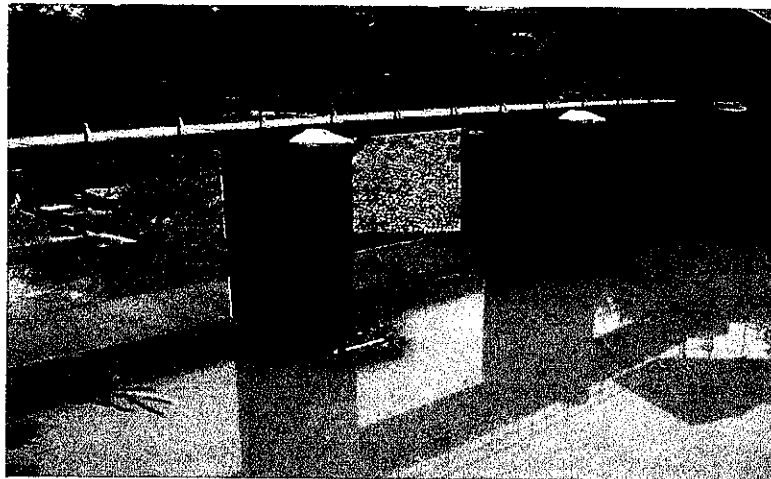
Gambar 37. Sungai Pengkol, merupakan anak sungai Babon yang berada pada ruas 3 (Jabungan-Bukit Kencana)

- Ruas 4 (Komplek Undip Tembalang)

Wilayah ini merupakan wilayah perkotaan Semarang yang banyak dihuni oleh rumah-rumah penduduk. Di wilayah ini terdapat sub DAS yang mengalir ke sungai Babon yang terletak di wilayah Undip Tembalang.

- Ruas 5 (Pucang Gading)

Wilayah pada ruas ini merupakan wilayah perkotaan Semarang, dimana terdapat perumahan Bukit Kencana yang menghasilkan limbah domestik.



Gambar 38. Bendung Pucang Gading terdapat pada ruas 5 Sungai Babon

Di bagian hilir ruas 5 terdapat Bendung Pucang Gading. Sekitar 50 meter sebelum bangunan bendung Pucang Gading ini terdapat intake PDAM yang airnya mengambil dari sungai Babon.

- Ruas 6 (Plamongan Sari)

Merupakan wilayah yang berada di tengah-tengah kota, dan cukup padat penduduknya. Wilayah ini berada pada kelurahan Plamongansari Kecamatan Genuk dimana terdapat perumahan

Sendang Mulyo yang mengalirkan limbah domestiknya ke sungai Babon.



Gambar 39. Sungai Babon yang terdapat pada wilayah Kelurahan Plamongan sari

- Ruas 7 (Jembatan Kudu)

Merupakan wilayah perkotaan yang padat penduduk dan terdapat industri industri yang air limbahnya masuk ke sungai Babon. Dan merupakan wilayah yang dekat dengan kawasan Industri Terboyo.

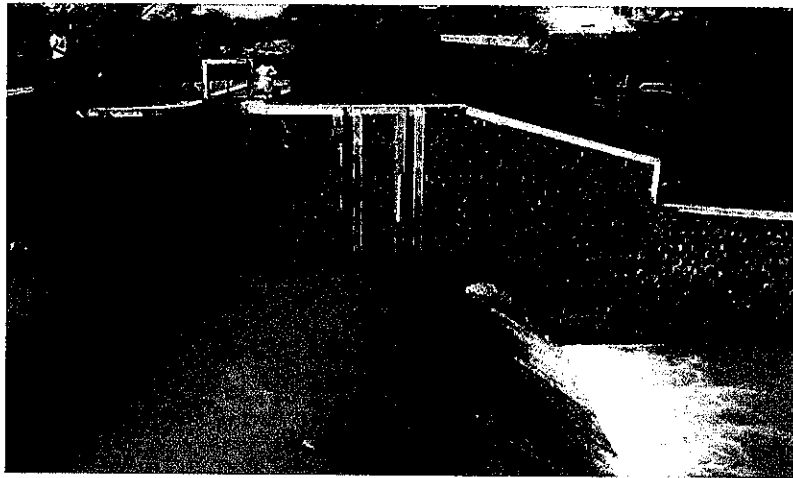


Gambar 40. Jembatan Kudu yang terdapat pada Sungai Babon

Di ruas ini terdapat Rumah Pemotongan Hewan (RPH) yang limbahnya juga mengalir ke Sungai Babon

- Ruas 8 (Karang Roto – Komplek Industri)

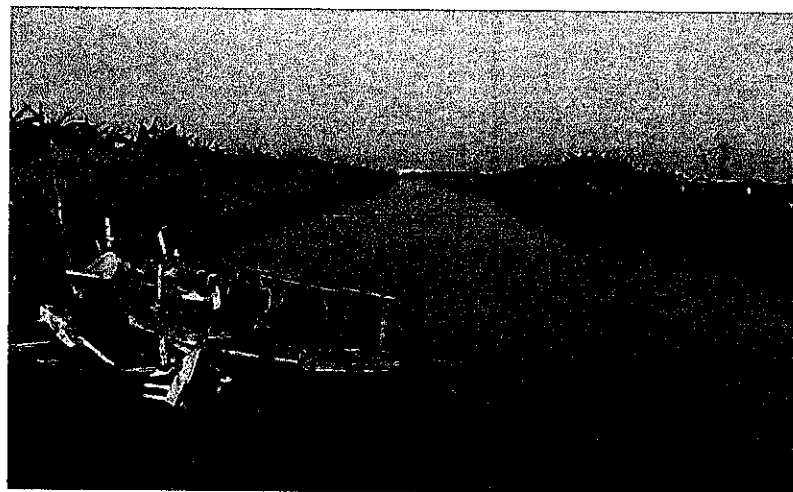
Merupakan wilayah bagian hilir dari sungai Babon yang berada di Kelurahan Trimulyo Kecamatan Genuk dan wilayah yang berbatasan dengan laut (muara) yang berada di Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. Pada bagian hulu ruas ini terdapat bendung Karang Roto



Gambar 41. Bendung Karangroto pada ruas 8 Sungai Babon

dimana debit Sungai Babon sebesar  $0,176 \text{ m}^3/\text{dtk}$  dialirkan ke wilayah kecamatan Sayung (Kabupaten Demak) untuk pengairan sawah.

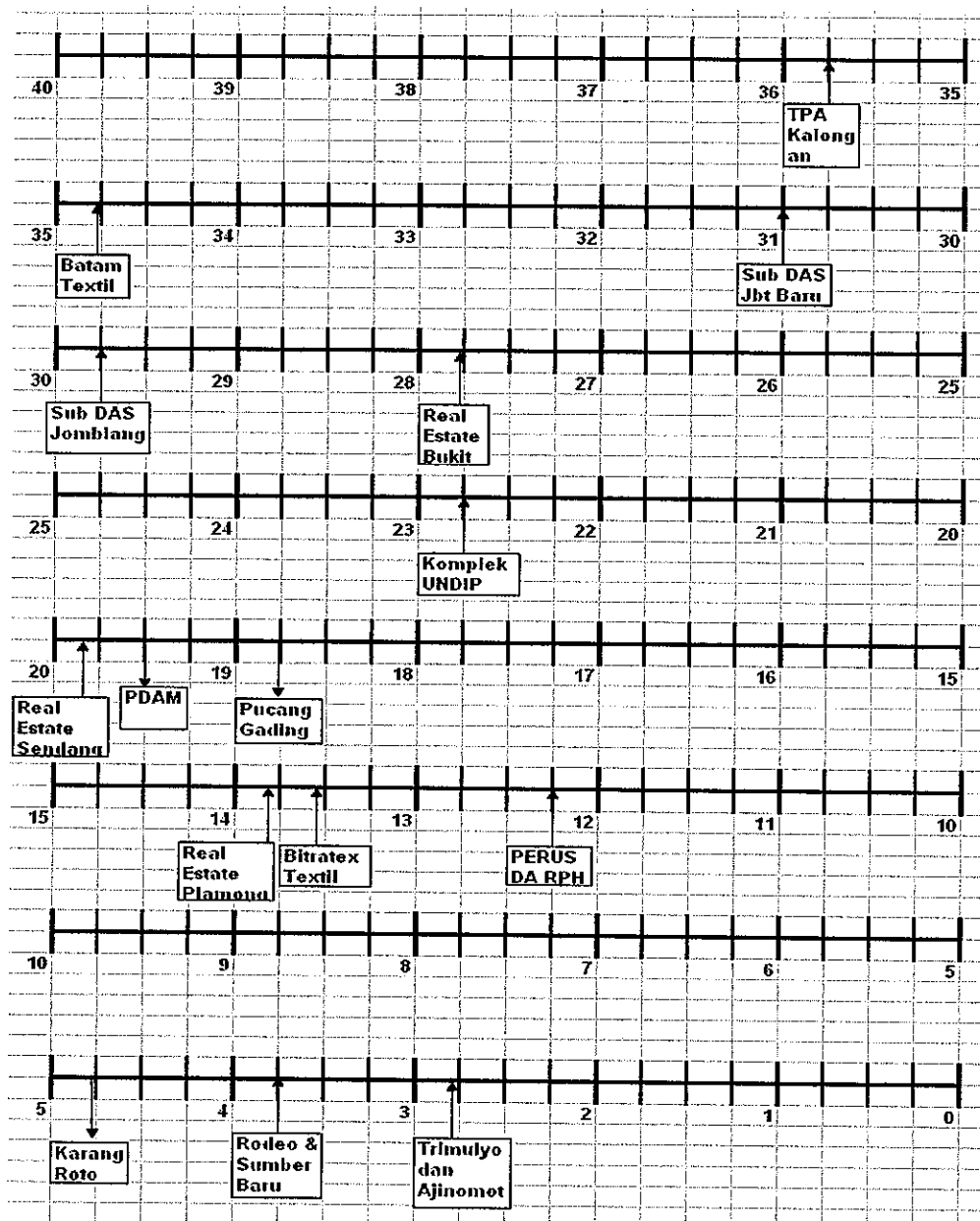
Selanjutnya pada bagian hilir terdapat industri yang membuang limbah ke sungai Babon yaitu pabrik Kulit dan bumbu masak



Gambar 42. Sungai Babon Bagian Hilir

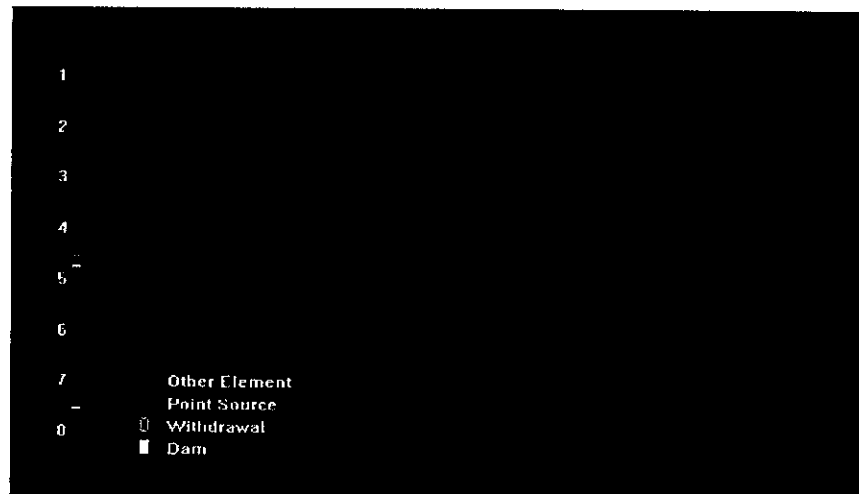
#### 4.2.3. Pemodelan dengan Program Qual2e

Pemodelan mempunyai tujuan untuk memperoleh grafik profil cemaran sungai dengan penyederhanaan kondisi sungai di lapangan ke dalam bentuk model . Untuk penyederhanaan maka sungai Babon dibagi menjadi 8 ruas :



Gambar 43. Skema sungai Babon dalam bentuk ruas-ruas

Dalam program Qual2e, gambaran ruas dari sungai Babon yang di simulasikan dapat ditampilkan dalam bentuk gambar berikut :



Gambar 44. Skema Ruas Sungai Babon hasil simulasi Program Qual2e

Warna-warna diatas menunjukkan posisi dari point source, withdrawal dan dam (bendungan), di Sungai Babon. Titik-titik point source, withdrawal dan bendungan yang ada di Sungai Babon berturut-turut dari TPA Kalongan yang ada di bagian hulu (ruas 1) sampai dengan PT. Trimulyo yang ada di bagian hilir (ruas 8) digambarkan dengan warna merah. Titik warna hijau adalah withdrawal (titik pengurangan debit sungai Babon). Warna hijau yang pertama adalah pengambilan air oleh PDAM Kota Semarang dan yang kedua adalah pengaliran air sungai Babon ke Kali Banjir Kanal Timur. Bendungan (dam) yang ada di Sungai Babon berturut-turut adalah Bendung Pucang gading dan Bendung Karangroto ditunjukkan oleh warna kuning. Dalam pembuatan model dengan Qual2e, maka ruas-ruas sungai tersebut dapat di inputkan dalam menu Stream Reach Sistem, dimana menu ini meminta data dimana posisi dari point source, withdrawal, dam dalam setiap ruas Hasil dari input pada menu Stream Reach System (menu system ruas) Sungai Babon adalah sebagai berikut :

REACH NAME (1): **SUNGBAYAN**

REACH NO.	REACH NAME	BEGIN RIVER (km)	END RIVER (km)	HEADWATER	Delta X (km)
1	Punggasan	40	35	√	0,25
2	Mijagar	35	30		0,25
3	Jabang - B Ken	30	25		0,25
4	Komplex Undip	25	20		0,25
5	Pucang Gedang	20	15		0,25
6	Plempangan Sari	15	10		0,25
7	Jkt Kudu	10	5		0,25
8	K Rota-K Indus	5	0		0,25

Gambar 45. Hasil input dalam menu System Ruas di Sungai Babon.

Sungai Babon memiliki panjang 40 km dapat dibagi menjadi 8 ruas, dimana masing-masing ruas berjarak 5 km. Km 0 pada menu ini di minta dimulai dari bagian hilir. Nama ruas tergantung dari penamaan pengguna model. Untuk kemudahan digunakan nama daerah yang berada di sepanjang Sungai Babon. Headwater adalah hulu sungai, Delta x adalah : pembagian tiap-tiap ruas menjadi elemen, semakin kecil elemen akan semakin teliti (0,25 berarti tiap km terbagi menjadi 4, apabila jarak ruas 5 km, maka tiap ruas terbagi menjadi 20 (duapuluh) elemen.

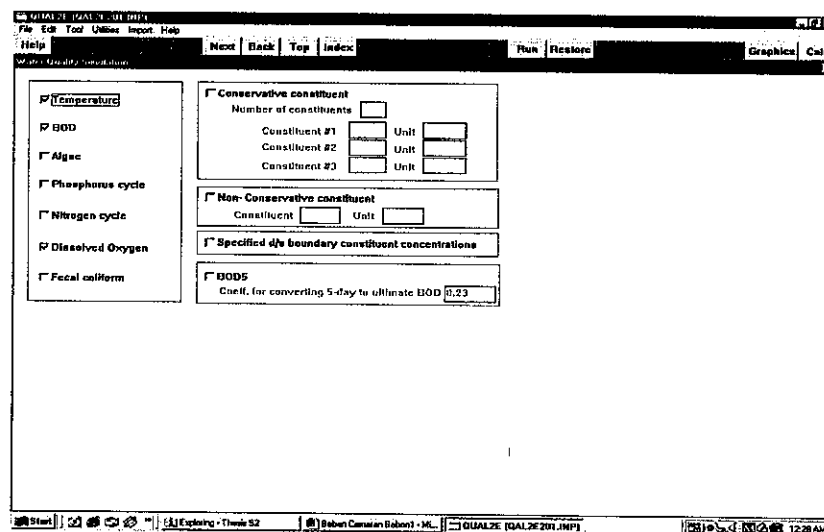
2 (1): **Standard**

REACH NO.	TOTAL ELE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	20	H	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	P	S	S
2	20	P	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	P	S	S
3	20	P	S	S	S	S	S	S	S	P	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
4	20	S	S	S	S	S	S	S	S	P	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
5	20	P	W	S	S	D	W	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
6	20	S	S	S	S	P	P	S	S	P	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
7	20	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
8	20	D	W	S	S	P	S	S	S	P	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Gambar 46. Hasil input pada Menu Computational Element.

Dari menu diatas yang dimaksud dengan (S=standart) adalah aliran sungai tersebut tidak mengalami penambahan debit atau pengurangan debit. Apabila mengalami penambahan debit, maka diisikan huruf (P=point source) dan pengurangan debit maka diisikan huruf (W=withdrawal), bila dalam ruas tersebut terdapat dam maka diisikan huruf (D=dam)

Kemudian setelah dilakukan pembagian ruas sungai, langkah yang dilakukan adalah memilih parameter sungai yang akan di simulasi, sebagaimana terlihat pada gambar di bawah ini :



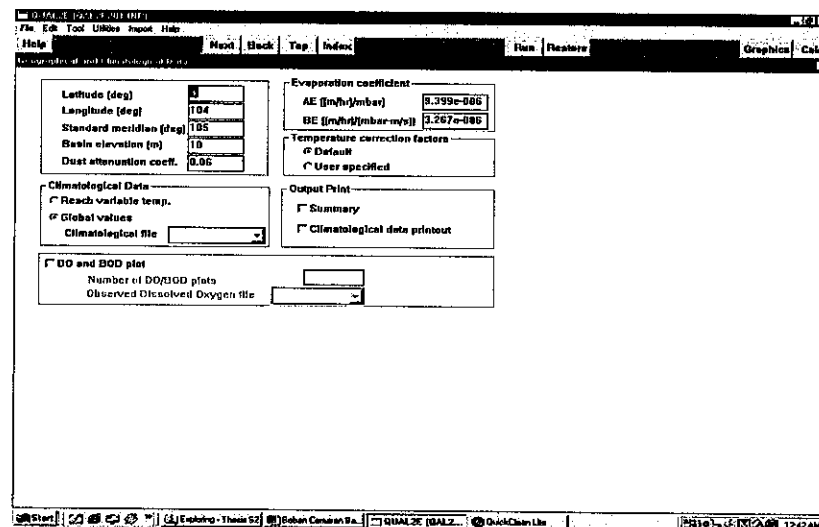
Gambar 47. Hasil input pada Menu Water Simulasi untuk memilih parameter yang akan di simulasi.

Dalam memilih parameter yang akan disimulasikan adalah sangat tergantung pada data yang tersedia. Dalam penelitian ini, parameter yang akan disimulasikan adalah parameter BOD, dengan asumsi BOD merupakan beban cemaran yang merupakan indikator pencemaran sungai. Dengan mengkaji cemaran BOD dapat di lihat profil cemaran yang terjadi pada perairan sungai Babon. Cemaran BOD ini merupakan

salah satu parameter kunci akan terjadinya pencemaran pada suatu perairan.

Data geografis yang diperoleh dari data-data skunder Instansi Meteorologi Jawa Tengah, yang berada di Kelurahan Krapyak Kota Semarang. Data-data ini dapat diasumsikan bersifat global, karena basin sungai Babon dalam peta wilayah dunia mempunyai beda lintang yang tidak mempengaruhi iklim secara global, dan memiliki iklim yang homogen dalam setiap ruas sungai.

Hasil dari input data pada menu Geographical and Climatological sebagaimana terlihat dalam gambar dibawah ini :



Gambar 48. Hasil input pada menu Geographical and Climatological Data.

Pada menu ini yang diinputkan adalah :

Latitude , merupakan letak lintang sungai ( $3^{\circ}$  lintang Selatan). Longitude dan standard meridian merupakan letak antara bujur sungai ( $104^{\circ}$  –  $105^{\circ}$  bujur Timur)

Basin elevation, ketinggian stasiun pengukuran iklim dari muka laut. Dust attenuation merupakan koefisien pemantulan, Evaporasi koefisien merupakan koefisien evaporasi (penguapan oleh sinar matahari)

diperoleh dari data meteorologi geofisika. Faktor koreksi temperature, bila diisikan default, maka program akan mengoreksi dengan sendirinya.

Hydraulic Data diminta informasi data dari tiap-tiap ruas sungai, seperti besarnya konstanta dispersi, kekasaran sungai, kemiringan sisi kanan-kiri sungai, lebar sungai dan kemiringan sungai Babon dari hulu ke hilir dari tiap-tiap ruas. Dari hasil pengukuran di lapangan, menghasilkan data-data sebagaimana telah dimasukan dalam menu Hydraulic data sebagai berikut :

REACH NO.	DISPER CONST	O COEFF VEL	O EXP VEL	O COEFF DEPTH	O EXP DEPTH	MANNING	SIDE SLOPE 1 (m/m)	SIDE SLOPE 2 (m/m)	WIDTH (m)	SLOPE (m/m)	ELEV (m)	DU CO
1	60					0.030	0.1	0.1	9	0.0002	304.0	
2	60					0.030	0.1	0.1	7	0.0002	304.0	
3	60					0.030	0.1	0.1	7	0.0002	304.0	
4	60					0.035	0.2	0.2	8	0.0002	304.0	
5	60					0.035	0.2	0.2	7	0.00001	304.0	
6	60					0.035	0.3	0.25	7	0.00001	304.0	
7	60					0.040	0.4	0.35	6	0.00001	304.0	
8	60					0.040	0.35	0.35	6	0.00001	304.0	

Gambar 49. Hasil input pada menu Hidraulic Data

Constanta dispersi : adalah konstanta yang menunjukkan besarnya kecepatan terdispersinya suatu zat di dalam air yang dapat diperoleh dari tabel 1. Besarnya konstanta dispersi ini tergantung dari kecepatan aliran dan kedalaman sungai. Nilai default konstanta dispersion adalah 60.

Bilangan manning : bilangan yang menunjukkan kekasaran dasar sungai, besarnya dapat dilihat pada tabel 2. Dari pengamatan di lapangan, untuk Sungai Babon merupakan sungai yang berkelok dengan genangan, sehingga harga bilangan manning berkisar antara 0,030 – 0,045 dan diasumsikan bagian hilir nilainya lebih kecil daripada di bagian hulu.

Side slope1 dan slide slope 2 adalah angka kemiringan (tangen) sisi kanan dan kiri sungai. Untuk nilai nol berarti datar. Dari hasil penelitian

di lapangan kemiringan sisi kanan dan kiri sungai Babon dari hulu ke hilir makin besar yaitu antara 0,1 – 0,4.

Width adalah lebar sungai, dari penelitian di lapangan diperoleh lebar sungai 6 m sampai 9 m yang dapat dilihat pada input tiap-tiap ruas;

Slope adalah kemiringan sungai dari hulu ke hilir, dimana bagian hilir sungai lebih landai dari pada bagian hulu. Dari penelitian diperoleh nilai kemiringan yang dapat dilihat pada menu diatas.

Selanjutnya adalah memasukan konstanta BOD decay, BOD settling dan SOD rate pada menu BOD and DO reaction rate Constant dengan cara trial and error.

Hasil dari input data pada menu BOD and DO reaction rate Constant , sebagaimana terlihat di bawah ini .:

REACH NO.	BOD DECAY (1/day)	BOD SETTLING (1/day)	SOD RATE (g/m <sup>2</sup> -day)	TYPE REAERATION	REAERATION COEFF.	COEFF 1/m	EXPONENT
1	0.001	0.1	7.5	O'Connor and Dobbins			
2	0.001	0.11	5.5	O'Connor and Dobbins			
3	0.005	0.12	3.5	O'Connor and Dobbins			
4	0.001	0.2	3.1	O'Connor and Dobbins			
5	0.01	0.01	2.7	O'Connor and Dobbins			
6	0.01	0.01	1.5	O'Connor and Dobbins			
7	0.01	0.01	0.7	O'Connor and Dobbins			
8	0.01	0.01	0.5	O'Connor and Dobbins			

Gambar 50. Hasil input pada menu BOD and DO reaction rate Constant

- $K_1$  = BOD Decay adalah koefisien peluruhan BOD menggambarkan laju peluruhan BOD dalam satu hari , nilai laju peluruhan dapat mempunyai nilai kisaran 0,02 sampai 3,4 per hari.

- $K_3$  = BOD Settling adalah koefisien laju pengendapan BOD dalam satu hari, nilai laju pengendapan mempunyai nilai kisaran  $-0,36 - 0,36$  per hari.

$K_3$  dipengaruhi oleh kekasaran sungai, dimana semakin kasar permukaan sungai maka BOD yang mengendap semakin besar sehingga defisit Oxygen terlarut di perairan semakin kecil.

Besarnya kisaran nilai konstanta BODdecay, BOD Settling dan SOD rate dapat dilihat pada table Koefisien Persamaan Perubahan Internal Konstituent sebagai berikut :

Table 7. Kisaran Harga Koefisien BOD decay, BOD settling berdasarkan penelitian USEPA

Koefisien	Parameter	Nilai
K1	BOD decay	0,02 – 3,4
K3	BOD settling	-0,36 – 0,36
K4	SOD rate	0 - 20

Sumber : *The Enhanced Stream Water Quality, 1987*

- Type aerasi dapat di kelompokkan menjadi beberapa macam, berdasarkan kajian USEPA, (US Environmental Protection Agency) tipe aerasi ini dapat dikelompokkan menjadi :
  - *Single Coefisient* untuk sungai ber es , adalah type aerasi untuk sungai yang memiliki balok-balok es sehingga type ini tidak cocok digunakan di Indonesia, karena umumnya sungai di Indonesia tidak memiliki es.
  - *O'Connor and Dobbins* untuk sungai yang berkecepatan rendah dan kondisi isotrophic (satu iklim), sehingga type ini cocok diterapkan di sungai Babon, karena karakteristik dari aliran sungai Babon adalah memiliki kecepatan aliran yang rendah dari hulu ke hilir, dikarenakan kelerengan dari hulu ke hilir juga cukup rendah  $\pm 7^\circ$ .
  - *Owen et la* untuk sungai berkecepatan tinggi dan dangkal, type ini cocok digunakan untuk sungai yang memiliki kecepatan alir

tinggi dan kelerengannya cukup terjal. Umumnya sungai-sungai ini terdapat di lereng-lereng gunung, yang airnya mengalir cukup deras.

Dengan melihat klasifikasi diatas, maka type aerasi sungai Babon yang sesuai adalah O'Connor and Dobbin karena sifat sungainya berkecepatan rendah dan kondisi isotrophic.

Langkah selanjutnya adalah memasukan data debit sungai Babon dan kondisi awal parameter BOD pada Menu Headwater Source Data.

HEADWATER NAME	FLOW (m3/d)	TEMP (C)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	CONS #1	CONS #2	CONS #3	NON-CONS	COLIFORM (No./100ml)	CHL-A (mg/l)	ORGN (mg/l)
Penggawaan	0.73	27	6.7	2.3							0.8728

Gambar 51. Hasil input debit, BOD dan DO awal pada menu Headwater

Dari hasil pengukuran kualitas air untuk parameter BOD yang dilakukan pada bulan Maret 2005, besarnya debit pada hulu (head water) adalah  $0,73 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan besarnya parameter BOD adalah  $2,3 \text{ mg/l}$ , kemudian harga BOD awal ini kita masukan dalam menu Head water sebagaimana terlihat dalam gambar diatas. Kondisi awal ini diperlukan untuk menentukan syarat batas awal pada saat simulasi. Untuk parameter BOD, syarat batas awal sungai Babon, adalah besarnya nilai BOD di bagian hulu sungai

Langkah selanjutnya adalah memasukan data point source (penambahan debit), withdrawal (pengurangan debit) pada menu Point Loads and Withdrawal sungai Babon sebagaimana gambar berikut :

REACH NO.	ELE NO.	TYPE	NAME	TREAT PG	FLOW (m3/d)	TEMP (C)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	CONS #1	CONS #2
1	17	Point source	TPA Kayen		0.005	27	5	30		
2	1	Point source	Batamtex		0.031	27	3	55		
2	16	Point source	Sub Das Jati bar		0.189	27	6.4	11.6		
3	1	Point source	Sub Das Jabung		0.567	27	6.9	7.4		
3	9	Point source	RE B Kencana		0.826	27	1.7	20		
4	9	Point source	Komplex Undip		0.663	27	3.5	19.5		
5	1	Point source	RE Sendang Muly		0.023	27	0.6	57		
5	2	Withdrawal	PEJAM		-0.05					
5	8	Withdrawal	Dd Pucang Gadin		-0.95					
5	5	Point source	RE Plamungan Se		0.845	27	4	20		
5	6	Point source	Bilretek		0.84	27	3	48		
5	9	Point source	Peranda RUM		0.015	27	2	40		
5	2	Withdrawal	BD Kt Roto		-0.176					
5	5	Point source	Radea & Sumber		0.646	27	3	68		
5	9	Point source	Yrimulyo		0.445	27	3	35		

Gambar 52. Hasil input pada menu Point Loads and Withdrawal, untuk point source dan withdrawal di sepanjang sungai Babon.

Pada menu ini data yang diinputkan sesuai dengan table 6 dan 7, dimana masing-masing point source dan withdrawal memiliki debit dan kualitas BOD sebagaimana diinputkan pada menu diatas.

Pada nomor ruas (Reach No) menunjukkan letak point source dan withdrawal pada ruas. Name adalah, nama tiap point source dan withdrawal. Temp, adalah temperature sungai yang teruku pada tiap-tiap ruas. Dari hasil pengukuran di lapangan besarnya temperature sungai adalah  $27^{\circ}\text{C}$ . Besarnya parameter DO dan BOD diperoleh dari data-data pengukuran kualitas air sepanjang sungai Babon. Data yang dimasukan sesuai dengan urutan point source dan withdrawal dari hulu sampai dengan hilir sungai. Langkah selanjutnya input data ketinggian Dam Pucang gading dan Karangroto pada screen Dam aeration pada program Qual2e, sebagaimana terlihat dalam gambar dibawah ini :

REACH NO.	ELE NO.	ADAM COEFF	BDAM COEFF	% FLOW OVER DAM	HEIGHT DAM (m)
5	5	0.8	0.7	0.8	5
8	1	0.7	0.8	0.5	3

Gambar 53. Hasil input pada menu Dam Reaeration, untuk input reaerasi yang terjadi pada Dam (bendungan).

ADAM Koefisien adalah koefisien reaerasi yang tergantung pada kondisi kualitas air sungai.

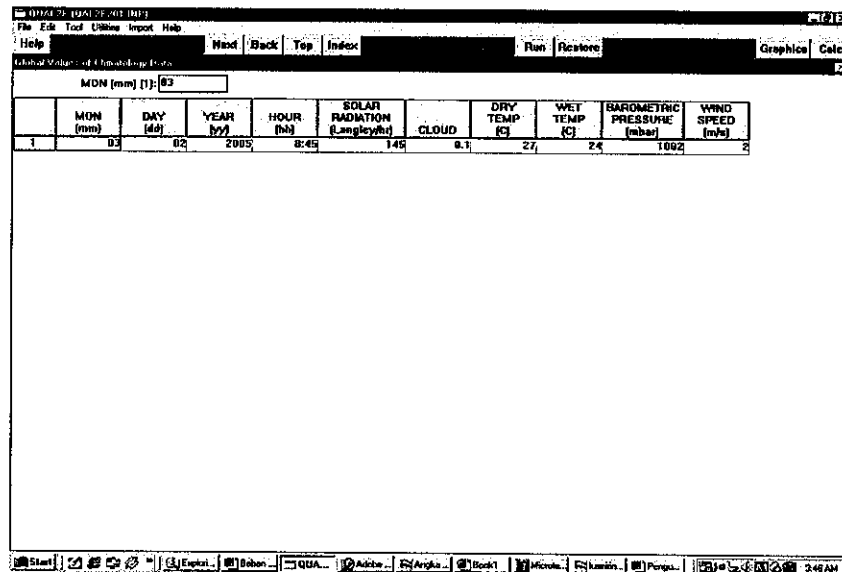
Nilai A DAM koefisien berdasarkan kajian USEPA adalah :

- 1,8 untuk air jernih
- 1,6 untuk air tercemar rendah
- 1,0 untuk air tercemar sedang;
- 0,6 untuk air tercemar berat

Nilai B DAM adalah koefisien reaerasi yang tergantung pada bentuk Dam, berdasarkan kajian USEPA besarnya B DAM adalah :

- 0,7 untuk bentuk datar kemudian miring
- 0,8 untuk bentuk datar kemudian vertikal
- 1,05 untuk bentuk datar kemudian miring dengan pintu air
- % out flow adalah prosentase debit yang melampaui atas bendung/dam

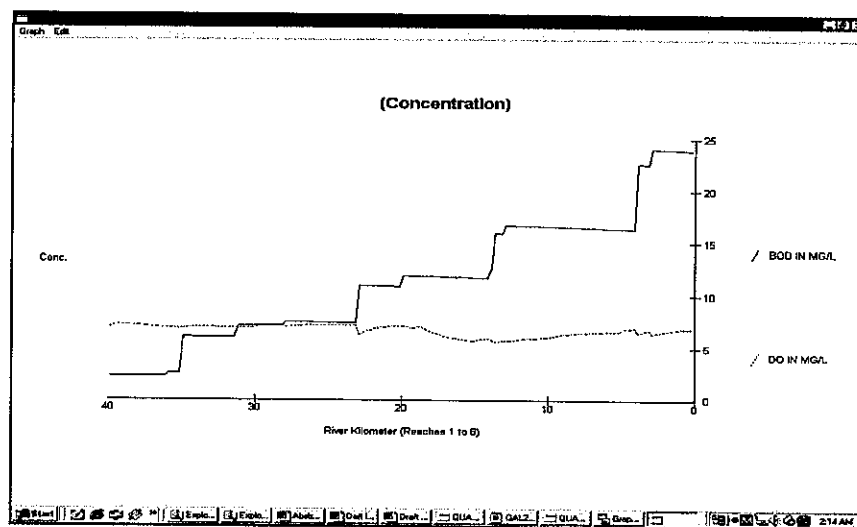
Hasil input data sungai Babon tentang data iklim yang diperoleh dari Instansi Meteorologi Jawa Tengah terlihat pada screen Global Value of Climatology dibawah ini :



Gambar 54. Hasil input pada menu Global Value of Climatologi data, untuk data iklim sungai Babon

Mon (bulan), Day (hari), Year (tahun), Hour (jam), Dry - Wet Temp (temperature kering dan basah), Solar radiation (radiasi penyinaran), Cloud (tingkatan awan), Barometric Press (tekanan Barometer), Wind Speed (kecepatan angin) pada saat pengambilan sample. Data-data ini didapat dari waktu pengambilan sample dan Badan Meteorologi.

Langkah selanjutnya adalah running program. Model yang dihasilkan sebagai mana terlihat dalam gambar di bawah ini :



Gambar 55. Model beban cemaran hasil Program Qual2e

Dari hasil running terlihat bahwa konsentrasi BOD (ditunjukkan oleh garis biru) sepanjang sungai dari hulu sampai hilir mengalami peningkatan, hal ini disebabkan oleh adanya point source-point source yang masuk ke sungai dengan membawa BOD masing-masing sehingga menambah konsentrasi BOD sepanjang sungai. Pada model terlihat pada ruas-ruas tertentu ada peningkatan konsentrasi BOD secara drastis, hal ini menunjukkan bahwa pada ruas tersebut ada point source yang membawa BOD cukup tinggi. Pada umumnya point source ini berasal dari limbah industri.

#### 4.2.4. Kalibrasi Model

Untuk melakukan kalibrasi model, dilakukan trial and error pada Menu BOD and DO reaction Constant dengan tujuan mencari koefisien-koefisien BOD Decay, BOD Settling untuk memperoleh trend grafik cemaran BOD yang mendekati kondisi lapangan.

Dari trial and error untuk koefisien  $K_1$  dan  $K_2$  untuk setiap ruas terlihat dalam tabel hasil dibawah ini.

Tabel 8. Koefisien Peluruhan parameter BOD sepanjang sungai Babon

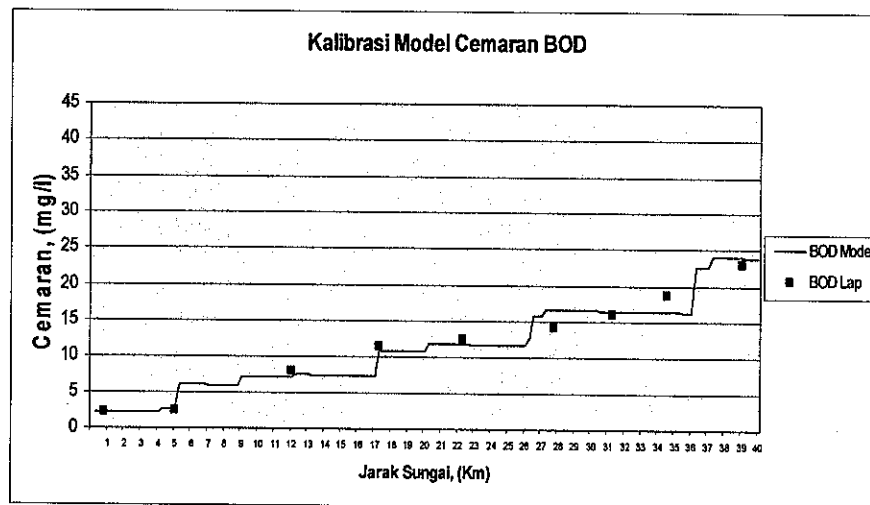
Ruas	BOD Decay ( $K_1$ )	BOD Settling ( $K_3$ )
1	0.001	0.1
2	0.001	0.11
3	0.05	0.2
4	0.001	0.12
5	0.01	0.01
6	0.01	0.01
7	0.01	0.01
8	0.01	0.01

Sumber: hasil perhitungan dengan menggunakan Program Qual2

Dari tabel hasil diatas terlihat bahwa  $K_1$  dan  $K_3$  pada ruas ke-3 terlihat maksimum, hal ini berarti terjadi pengendapan settleable solid maksimum pada ruas tersebut oleh bebatuan sungai.

Dimana,  $K_1$  = Koefisien BOD Decay, adalah koefisien laju peluruhan BOD dalam satu hari dan  $K_3$  = Koefisien BOD Settling, adalah koefisien yang menunjukkan besarnya laju pengendapan BOD dalam satu hari.

Dalam bentuk grafik, hasil kalibrasi model cemaran BOD Sungai Babon dapat ditampilkan sebagai berikut :



Gambar 56. Grafik hasil kalibrasi model cemaran BOD

Dari hasil simulasi maupun hasil pengukuran di lapangan terlihat bahwa grafik BOD menunjukkan trend yang semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena pada sepanjang sungai Babon terdapat point source-point source yang menambah cemaran sepanjang sungai Babon yang berasal dari limbah industri PT. Batamtex dan TPA Kalongnan, sub DAS Jabungan dan Perumahan Bukit Kencana, Perumahan Sendang Mulyo, Perumahan Plamongan, PT. Bitratex, RPH, CV. Sumber baru, PT. Rodeo dan PT. Trimulyo yang masuk ke sungai Babon. Akibatnya terjadi akumulasi pencemaran dari hulu ke hilir mengakibatkan semakin meningkatnya beban cemaran.

#### 4.2.5. Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan kriteria statistik yaitu uji  $\chi^2$  (Kolmogorov-Smirnov) dimana apabila beda antara pengukuran lapangan dengan hasil model memenuhi kriteria uji, berarti model significant untuk digunakan. Dari data parameter hasil pengukuran di lapangan sepanjang Sungai Babon dan hasil Model dapat diuji sebagai berikut :

Tabel 9. Perbandingan hasil simulasi model cemaran dengan data lapangan untuk uji model

Sampel	KM	BOD Model	BOD Lap	$d_i$ BOD model – BOD lapang	$d_i^2$	$x^2$
1	1	2.3	2.3	0	0	0.000
2	6	2.6	2.42	-0.18	0.0324	0.012
3	17.25	10.97	11.6	0.63	0.3969	0.036
4	22.25	11.83	12.6	0.77	0.5929	0.050
5	27.75	16.66	14.1	-2.56	6.5536	0.393
6	31.25	16.5	16.1	-0.4	0.16	0.010
7	34.5	16.37	18.8	2.43	5.9049	0.361
8	39	23.95	23	-0.95	0.9025	0.038
n = 8	Jumlah					0.996

Sumber : Hasil Perhitungan

Dengan persamaan (7) pada sebagaimana di bawah ini, kriteria uji  $\chi^2$  pada  $\alpha = 95\%$  adalah :

$$\chi^2 = \frac{\sum_{r=1}^n (\text{nilai lapangan} - \text{nilai model})^2}{\text{nilai model}}$$

Dari perhitungan diperoleh  $\chi^2 = 0,996$

Dari tabel  $\chi^2$ , untuk  $n = 8$ ,  $\alpha = 95$  diperoleh harga = 3,34 sehingga

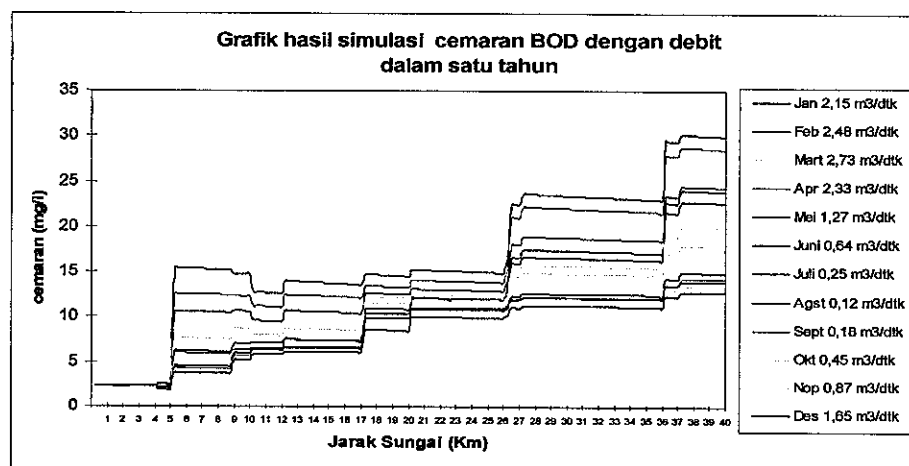
$$0,996 < 3,34 = \chi^2_{\text{hitung}} < \chi^2_{\text{tabel}}$$

Kesimpulannya adalah : model beban cemaran diatas memenuhi uji kriteria pada  $\alpha = 95$ , sehingga dapat digunakan untuk simulasi.

### 4.3. Analisis Hasil Penelitian

#### 4.3.1. Beban Cemar Sungai Babon

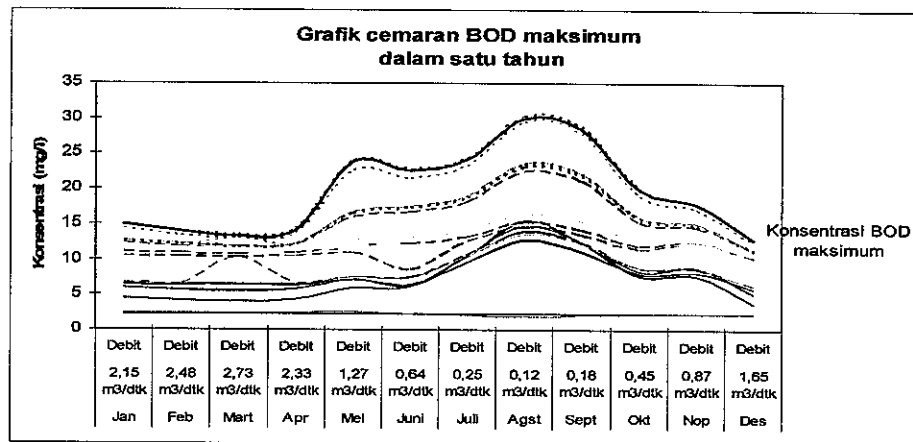
Simulasi beban cemaran dilakukan dengan cara merubah debit pada menu head water source dan point loads -withdrawal dengan asumsi debit limbah dan konsentrasi parameter BOD yang masuk ke sungai Babon adalah tetap. Dari hasil simulasi debit sungai Babon menghasilkan grafik BOD sebagaimana terlihat dalam gambar di bawah ini :



Gambar 57. Grafik simulasi cemaran BOD dalam satu tahun berdasarkan debit sungai Babon

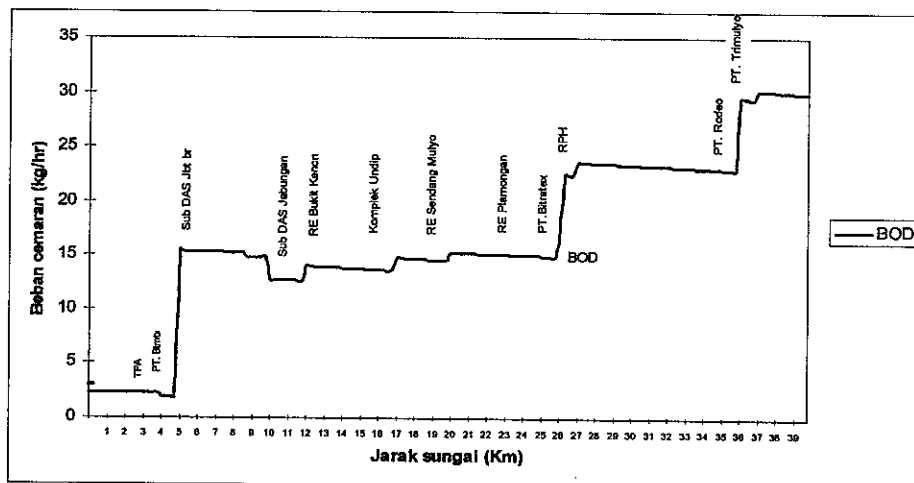
Dari simulasi diatas terlihat bahwa semakin kecil debit sungai Babon, maka konsentrasi BOD semakin tinggi. Hal ini terjadi karena pada saat debit kecil dan konsentrasi cemaran yang masuk ke Sungai Babon tidak mengalami pengenceran yang berarti, sehingga beban cemaran pada musim kemarau menjadi lebih besar daripada musim penghujan.

Apabila konsentrasi BOD tiap bulan ini ditampilkan dalam bentuk grafik debit versus konsentrasi BOD akan menghasilkan grafik yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Pada gambar ini terlihat bahwa konsentrasi BOD tertinggi terjadi pada setiap bulan Agustus (grafik berwarna merah). Konsentrasi BOD mulai meningkat pada bulan Maret, kemudian mencapai puncaknya pada bulan Agustus seanjutnya mulai menurun pada bulan September dimana mulai terjadi musim penghujan.



Gambar 58. Grafik hasil simulasi beban cemaran pada tampilan debit dengan konsentrasi BOD Sungai Babon tiap bulan.

Cemaran tertinggi terjadi pada bulan Agustus, dimana debit air pada bulan ini mencapai debit yang terkecil, yaitu sebesar 0.12 m<sup>3</sup>/dtk, sehingga simulasi selanjutnya adalah dilakukan pada bulan Agustus, dimana pada bulan ini cemaran pada kondisi yang paling besar terjadi. Grafik cemaran pada bulan Agustus dapat ditampilkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 59. Grafik hasil simulasi

Konsentrasi beban cemaran Sungai Babon pada debit terkecil dapat di lihat pada simulasi gambar diatas, dimana terlihat bahwa grafik mulai meningkat dengan tajam pada Km 5, Km 26 dan Km 37, hal ini disebabkan oleh

adanya masukan limbah cemaran yang berasal dari sumber cemaran TPA Kalongan, PT. Batamtex, Sub DAS Jabungan, Sub DAS Jembatan Baru, Perumahan Bukit Kencana, Sub DAS Undip, Perumahan Sendang Mulyo, Perumahan Plamongan, PT. Bitratex, RPH, PT. Rodeo dan PT. Trimulyo. Dari hasil perhitungan beban cemaran dari masing-masing sumber pencemar pada bulan Agustus (debit terkecil) dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 10. Beban cemaran dari sumber pencemar sepanjang sungai Babon

No	Sumber Pencemar	debit (m <sup>3</sup> /dt)	BOD (mg/l)	Beban Cemaran (Kg/hr)
1	TPA Kayen	0.005	15	6.48
2	Batamtex	0.031	35	93.744
3	Sub Das jbt bar	0.01	11.6	10.0224
4	Sub Das Jabunga	0.031	7.4	19.82016
5	RE B Kencana	0.026	20	44.928
6	Komplex Undip	0.037	19.5	62.3376
7	RE Sendang Muly	0.029	20	50.112
8	RE Plamongan Sa	0.045	20	77.76
9	Bitratex	0.04	48	165.888
10	Perusda RPH	0.015	40	51.84
11	Rodeo	0.046	60	238.464
12	Trimulyo	0.045	35	136.08

Sumber : Hasil Perhitungan

Terlihat bahwa beban cemaran terkecil terjadi pada sumber TPA Kalongan dan tertinggi diberikan oleh PT. Rodeo, dimana beban cemaran ini ditimbulkan oleh pembuangan limbah pabrik, sehingga memberikan kontribusi beban cemaran yang cukup besar. Akumulasi cemaran dari sumber-sumber pencemar yang masuk ke Sungai Babon pada musim kemarau akan meningkat di sepanjang sungai, dimana debit pada musim kemarau akan mengalami pengurangan, sehingga dapat disimpulkan bahwa debit merupakan fungsi dari daya tampung sungai.

#### 4.3.2. Daya Tampung Beban Cemaran Sungai Babon

Daya tampung beban cemaran Sungai Babon terhadap kelas sungai berdasarkan lampiran Peraturan Pemerintah No. 82/ 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3), yaitu : Daya tampung beban cemaran adalah jumlah beban cemaran yang diijinkan untuk dibuang berdasarkan baku mutu lingkungan (Kelas Sungai) dikurangi beban cemaran yang terukur .

Dari data debit selama 25 tahun, Sungai Babon mengalami debit minimum pada bulan Agustus. Hal ini disebabkan karena pada bulan ini terjadi puncak musim kemarau, sehingga daerah aliran Sungai Babon yang berfungsi sebagai daerah penyangga akan mengalami kekeringan yang pada akhirnya akan mengurangi debit Sungai Babon. Debit pada bulan ini, berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas PSDA yaitu sebesar 0,12 m<sup>3</sup>/detik dan pada kondisi debit minimum ini, daya tampung sungai Babon akan mengalami penurunan yang disebabkan adanya akumulasi cemaran di sepanjang sungai Babon. Besarnya beban cemaran BOD, untuk masing-masing kelas dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Beban cemaran yang diijinkan (kg/hr)} = \frac{\text{debit (m}^3/\text{dtk)}}{\text{(m}^3/\text{dtk)}} \times \text{BM BOD Kelas (mg/l)} \times 86,4$$

Dimana konstanta 86,4 adalah faktor konversi dari m<sup>3</sup>/dtk x mg/l menjadi kg/hari. Dengan cara yang sama, pada debit sungai 0,12 m<sup>3</sup>/dtk, diperoleh beban cemaran maksimum yang diijinkan untuk masing-masing kelas dapat dilihat tabel di bawah ini :

Tabel 11. Baku mutu beban cemaran BOD pada debit terkecil sungai Babon pada setiap kelas berdasarkan PP 82/2001

PARAMETER	SATUAN	KELAS			
		I	II	III	IV
Debit	m <sup>3</sup> /dtk	0,12	0,12	0,12	0,12
BOD	mg/l	2	3	6	12
Beban cemaran yang diijinkan	kg/hr	20,736	31,104	62,208	124,416

Sumber : Hasil Perhitungan

Selanjutnya daya tampung beban cemaran dengan kelas sungai, dapat dicari melalui persamaan sebagai berikut :

$$\begin{array}{rcl} \text{Daya tampung} & = & \text{Beban cemaran} - \text{Beban cemaran} \\ \text{beban cemaran} & & \text{yang diijinkan} \quad \text{terukur} \\ \text{(kg/hr)} & & \text{(kg/hr)} \quad \text{(kg/hr)} \end{array}$$

sebagai contoh, daya tampung beban cemaran pada debit 0,12 m<sup>3</sup>/dtk untuk titik awal ruas 1, BOD = 2,3 mg/l terhadap :

$$\text{Kelas 1} \rightarrow 20,736 \text{ kg/hr} - (0,12 \times 2,3 \times 86,4) \text{ kg/hr} = -3,11 \text{ kg/hr}$$

$$\text{Kelas 2} \rightarrow 31,104 \text{ kg/hr} - (0,12 \times 2,3 \times 86,4) \text{ kg/hr} = 7,25 \text{ kg/hr}$$

$$\text{Kelas 3} \rightarrow 62,208 \text{ kg/hr} - (0,12 \times 2,3 \times 86,4) \text{ kg/hr} = 38,36 \text{ kg/hr}$$

$$\text{Kelas 4} \rightarrow 124,416 \text{ kg/hr} - (0,12 \times 2,3 \times 86,4) \text{ kg/hr} = 100,58 \text{ kg/hr}$$

Berdasarkan data debit air dari Dinas PSDA Jawa Tengah, Sungai Babon mengalami debit paling minimum pada bulan Agustus, yaitu pada saat musim kemarau mencapai puncaknya. Pada debit minimum ini beban cemaran yang ditanggung oleh Sungai babon akan semakin besar, karena berkurangnya pengenceran limbah cair oleh air sungai, sehingga akan mengurangi daya tampung beban cemaran sungai.

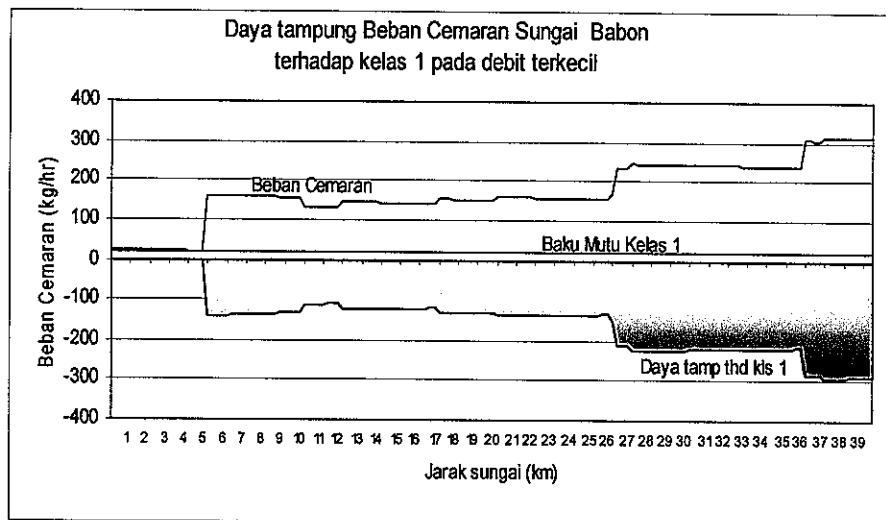
Konsentrasi BOD pada bulan Agustus, akan mengalami nilai tertinggi sepanjang sungai Babon, sehingga daya tampung sungai Babon terhadap cemaran akan mengalami nilai minimum. Pada daya tampung sungai mencapai nilai minimum, dapat dilakukan simulasi pengurangan cemaran dari sumber-sumber pencemar yang masuk ke Sungai, dengan anggapan bahwa daya tampung merupakan fungsi debit, semakin besar debit maka daya tampung akan semakin besar, sehingga apabila pada debit terkecil daya tampungnya memenuhi standart baku mutu, maka untuk debit yang semakin besar dengan sendirinya akan memenuhi standart baku mutu.

Hasil simulasi daya tampung beban cemaran Sungai Babon sebagaimana terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel.12. Daya Tampung beban Cemar Sungai Babon pada debit minimum

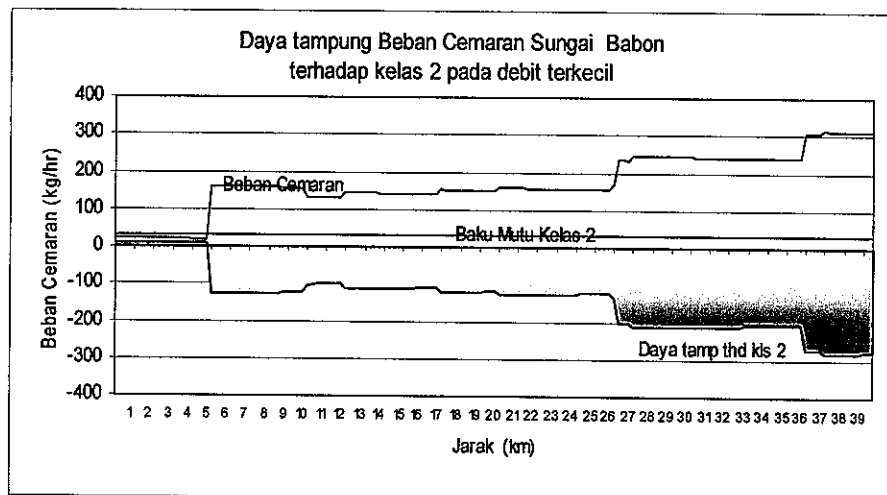
Km	BOD Agust (mg/l)	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Konst	Daya tamp thd Kls 1 (kg/hr)	Daya tamp thd Kls 2 (kg/hr)	Daya tamp thd Kls 3 (kg/hr)	Daya tamp thd Kls 4 (kg/hr)
1	2.3	0.12	86.4	-3.1104	7.2576	38.3616	100.5696
2	2.29	0.12	86.4	-3.00672	7.36128	38.46528	100.6733
3	2.28	0.12	86.4	-2.90304	7.46496	38.56896	100.777
4	2.27	0.12	86.4	-2.79936	7.56864	38.67264	100.8806
5	2.26	0.12	86.4	-2.69568	7.67232	38.77632	100.9843
6	2	0.12	86.4	0	10.368	41.472	103.68
7	15.4	0.12	86.4	-138.931	-128.563	-97.4592	-35.2512
8	15.35	0.12	86.4	-138.413	-128.045	-96.9408	-34.7328
9	15.29	0.12	86.4	-137.791	-127.423	-96.3187	-34.1107
10	14.81	0.12	86.4	-132.814	-122.446	-91.3421	-29.1341
11	14.76	0.12	86.4	-132.296	-121.928	-90.8237	-28.6157
12	12.73	0.12	86.4	-111.249	-100.881	-69.7766	-7.56864
13	12.65	0.12	86.4	-110.419	-100.051	-68.9472	-6.7392
14	13.91	0.12	86.4	-123.483	-113.115	-82.0109	-19.8029
15	13.83	0.12	86.4	-122.653	-112.285	-81.1814	-18.9734
16	13.75	0.12	86.4	-121.824	-111.456	-80.352	-18.144
17	13.66	0.12	86.4	-120.891	-110.523	-79.4189	-17.2109
18	13.57	0.12	86.4	-119.958	-109.59	-78.4858	-16.2778
19	14.7	0.12	86.4	-131.674	-121.306	-90.2016	-27.9936
20	14.61	0.12	86.4	-130.74	-120.372	-89.2685	-27.0605
21	14.53	0.12	86.4	-129.911	-119.543	-88.439	-26.231
22	15.24	0.12	86.4	-137.272	-126.904	-95.8003	-33.5923
23	15.18	0.12	86.4	-136.65	-126.282	-95.1782	-32.9702
24	15.11	0.12	86.4	-135.924	-125.556	-94.4525	-32.2445
25	15.05	0.12	86.4	-135.302	-124.934	-93.8304	-31.6224
26	14.98	0.12	86.4	-134.577	-124.209	-93.1046	-30.8966
27	14.92	0.12	86.4	-133.955	-123.587	-92.4826	-30.2746
28	22.46	0.12	86.4	-212.129	-201.761	-170.657	-108.449
29	23.58	0.12	86.4	-223.741	-213.373	-182.269	-120.061
30	23.49	0.12	86.4	-222.808	-212.44	-181.336	-119.128
31	23.41	0.12	86.4	-221.979	-211.611	-180.507	-118.299
32	23.33	0.12	86.4	-221.149	-210.781	-179.677	-117.469
33	23.26	0.12	86.4	-220.424	-210.056	-178.952	-116.744
34	23.18	0.12	86.4	-219.594	-209.226	-178.122	-115.914
35	23.1	0.12	86.4	-218.765	-208.397	-177.293	-115.085
36	23.02	0.12	86.4	-217.935	-207.567	-176.463	-114.255
37	22.94	0.12	86.4	-217.106	-206.738	-175.634	-113.426
38	29.39	0.12	86.4	-283.98	-273.612	-242.508	-180.3
39	30.13	0.12	86.4	-291.652	-281.284	-250.18	-187.972
40	30.03	0.12	86.4	-290.615	-280.247	-249.143	-186.935

Dalam bentuk grafik, dapat ditampilkan sebagaimana gambar berikut :



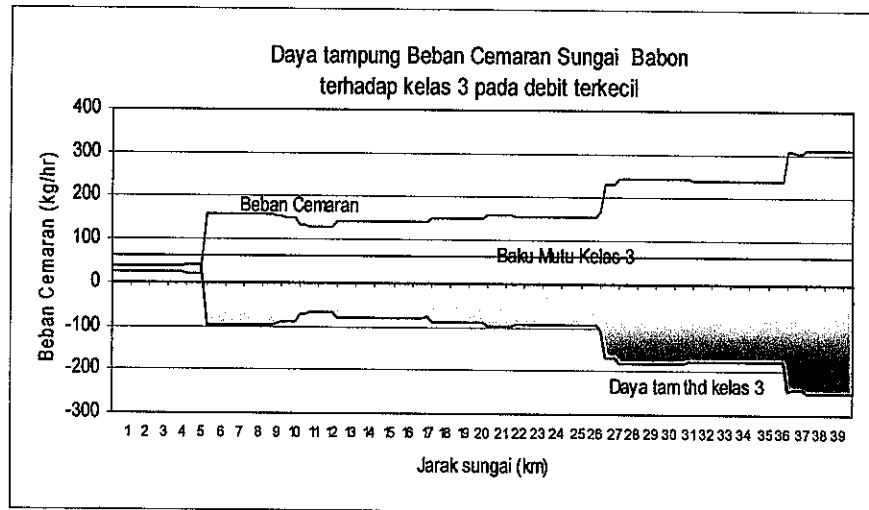
Gambar 60. Daya Tampung beban cemaran Sungai Babon pada debit terkecil bila dibandingkan dengan kelas 1 sungai

Dari gambar diatas terlihat bahwa daya tampung beban cemaran sungai Babon tidak dapat memenuhi kelas 1 sungai, hal ini disebabkan karena besarnya BOD yang terukur diatas Baku Mutu kelas 1, sehingga dari hasil perhitungan tidak memenuhi Baku Mutu kelas 1.



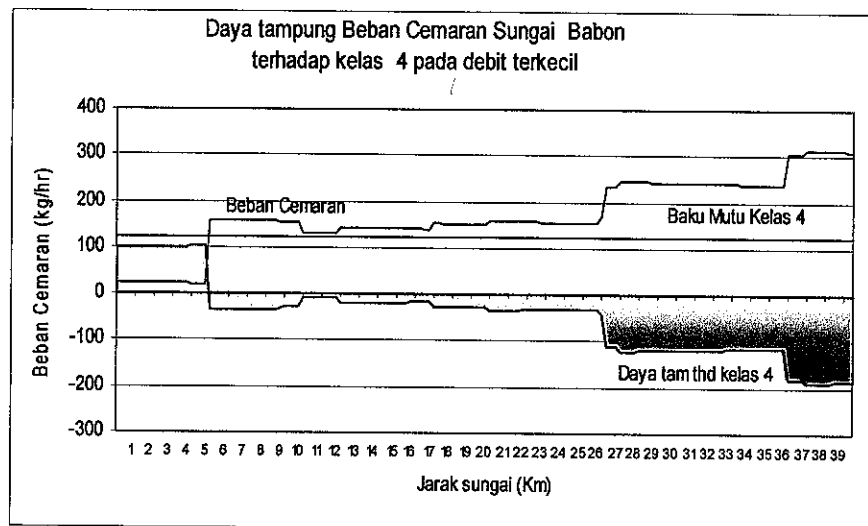
Gambar 61. Daya tampung beban cemaran Sungai Babon pada debit terkecil bila dibandingkan dengan kelas 2 sungai

Dari gambar diatas terlihat bahwa daya tampung beban cemaran sungai pada ruas km 1 – 5 dapat memenuhi kelas 2, namun pada Km selanjutnya sudah tidak memenuhi untuk kelas 2 sungai.



Gambar 62. Daya tampung beban cemar Sungai Babon pada debit terkecil bila dibandingkan dengan kelas 3 sungai

Dari gambar diatas terlihat bahwa daya tampung beban cemar sungai pada ruas km 1 – 5 dapat memenuhi kelas 3, namun pada Km selanjutnya sudah tidak memenuhi untuk kelas 3 sungai.



Gambar 63. Daya tampung beban cemar Sungai Babon pada debit terkecil bila dibandingkan dengan kelas 4 sungai

Dari gambar diatas terlihat bahwa daya tampung beban cemar sungai pada ruas km 1 – 5 dapat memenuhi kelas 4, namun pada Km selanjutnya sudah tidak memenuhi untuk kelas 4 sungai.

Dari tabel diatas terlihat bahwa, berdasarkan perhitungan daya tampung beban cemaran sungai Babon pada debit minimum, apabila dilihat hasil perhitungan untuk kelas 1, maka sepanjang sungai Babon tidak ada yang memenuhi untuk kelas 1.

Daya tampung sungai Babon pada Km 0 – 5, terlihat masih memenuhi standart untuk kelas 2, 3 dan 4, hal ini terjadi karena di wilayah ini umumnya masih berupa hutan lindung, sehingga kualitas airnya masih dapat memenuhi standar untuk kelas 1, namun pada Km 5 – 40 daya tampung beban cemaran untuk Sungai Babon telah melampaui standard baku mutu untuk kelas 2, 3 dan 4..

Dari penggambaran daya tampung dengan grafik, terlihat bawa pada km 5 terjadi penurunan daya tampung , hal ini disebabkan oleh adanya inflow limbah dari industri PT. Batamtex dan TPA kalongan. Adanya inflow limbah cemaran ini akan menambah beban cemaran yang pada akhirnya akan mengurangi daya tampung sungai Babon. Pada Km 9 – 12 terjadi fluktuasi daya tampung yang relatif kecil, hal ini di sebabkan adanya pengenceran dari Sub DAS jembatan baru dan Jomblang sehingga beban cemaran berkurang, kemudian pada Km 12 – 16 beban cemaran bertambah dikarenakan pada lokasi ini ada limbah yang masuk ke Sungai babon yang berasal dari RE Bukit Kencana, pada Km 17-20 beban cemaran turun sedikit dikarenakan pada wilayah ini terdapat Sub DAS Komplek Undip yang memberikan pengenceran pada sungai Babon. Pada Km 20 – 26 beban cemaran masih relatif sedikit peningkatannya, namun pada km 26 – 27 terdapat penurunan daya tampung beban cemaran sungai Babon, hal ini disebabkan oleh adanya inflow dari RE Plamongan dan limbah dari PT. Bitratex yang memiliki beban cemaran yang cukup besar ( $\pm 240$  kg/hr) sehingga menurunkan daya tampung yang cukup besar pula. Pada km 27 – 36 terjadi kenaikan daya tampung yang tidak begitu tinggi yang disebabkan oleh adanya proses aerasi pada sungai Babon, kemudian pada Km 36 terjadi penurunan daya tampung yang cukup besar, hal ini dikarenakan ada

inflow beban cemaran yang berasal dari PT. Rodeo (sebesar  $\pm 238$  kg/hr), kemudian pada km 37 daya tampung sungai Babon berkurang lagi, hal ini disebabkan oleh adanya inflow beban cemaran yang berasal dari PT. Trimulyo dan Ajinomoto (sebesar  $\pm 136$  kg/hr). Pada Km 40 terlihat dari simulasi, bahwa pola beban cemaran sungai Babon ada kecenderungan berkurang, hal ini disebabkan adanya pengenceran dari air laut di bagian hilir sungai Babon. Dengan adanya sumber-sumber pencemar di sekitar Sungai Babon yang air limbahnya mengalir ke sungai, akan menambah beban cemaran sungai yang berakibat turunnya daya tampung sungai. Besarnya limbah cemaran ini apabila tidak dikendalikan akan mengakibatkan turunnya kualitas air yang pada akhirnya akan mengganggu ekosistem perairan Sungai Babon

## **2. Daya tampung beban cemaran pada debit maksimum**

Berdasarkan data debit, Sungai Babon mengalami debit maksimum pada bulan Maret. Hal ini disebabkan karena pada bulan ini terjadi puncak musim penghujan, sehingga daerah aliran Sungai Babon yang berfungsi sebagai daerah penyangga akan mengalami pengisian air yang pada akhirnya akan menaikkan debit Sungai Babon. Data debit yang diperoleh dari Dinas PSDA yaitu sebesar  $2,73 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

Dari simulasi pada debit terbesar Sungai Babon dapat dilihat bahwa sungai Babon, tidak dapat memenuhi standart untuk masuk ke kelas 1, tetapi pada km 0-5, Sungai Babon memenuhi standard Baku Mutu untuk kelas 2, 3, 4, km 6 – 10 memenuhi standart Baku Mutu untuk kelas 3 dan 4, dan km 11 – 36 memenuhi standard Baku Mutu untuk kelas 4 sungai.

Dari simulasi ini terlihat bahwa daya tampung beban cemaran lebih besar pada debit maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa daya tampung beban cemaran adalah fungsi dari debit.

Hasil simulasi daya tampung beban cemaran pada debit maksimum Sungai Babon terlihat pada tabel di bawah ini :

Tabel. 13. Daya Tampung beban Cemar Sungai Babon pada debit maksimum

Ruas (Km)	BOD Maret	debit 2,73	konstan 86,4	Baku Mutu thd kls 1	Daya tamp thd kls 2	Daya tam thd kelas 3	Daya tam thd kelas 4
1	2,29	2,73	86,4	-68,4029	167,4691	875,0851	2290,317
2	2,28	2,73	86,4	-66,0442	169,8278	877,4438	2292,676
3	2,27	2,73	86,4	-63,6854	172,1866	879,8026	2295,035
4	2,26	2,73	86,4	-61,3267	174,5453	882,1613	2297,393
5	2,55	2,73	86,4	-129,73	106,1424	813,7584	2228,99
6	5,57	2,73	86,4	-842,063	-606,191	101,425	1516,657
7	5,55	2,73	86,4	-837,346	-601,474	106,1424	1521,374
8	5,53	2,73	86,4	-832,628	-596,756	110,8598	1526,092
9	5,51	2,73	86,4	-827,911	-592,039	115,5773	1530,809
10	5,78	2,73	86,4	-891,596	-655,724	51,89184	1467,124
11	6,07	2,73	86,4	-959,999	-724,127	-16,511	1398,721
12	6,04	2,73	86,4	-952,923	-717,051	-9,43488	1405,797
13	5,45	2,73	86,4	-813,758	-577,886	129,7296	1544,962
14	5,42	2,73	86,4	-806,682	-570,81	136,8058	1552,038
15	5,39	2,73	86,4	-799,606	-563,734	143,8819	1559,114
16	5,36	2,73	86,4	-792,53	-556,658	150,9581	1566,19
17	5,32	2,73	86,4	-783,095	-547,223	160,393	1575,625
18	5,84	2,73	86,4	-905,748	-669,876	37,73952	1452,972
29	5,8	2,73	86,4	-896,314	-660,442	47,1744	1462,406
20	5,77	2,73	86,4	-889,237	-653,365	54,25056	1469,483
21	5,37	2,73	86,4	-794,889	-559,017	148,5994	1563,831
22	5,34	2,73	86,4	-787,812	-551,94	155,6755	1570,908
23	5,32	2,73	86,4	-783,095	-547,223	160,393	1575,625
24	5,3	2,73	86,4	-778,378	-542,506	165,1104	1580,342
25	5,28	2,73	86,4	-773,66	-537,788	169,8278	1585,06
26	5,25	2,73	86,4	-766,584	-530,712	176,904	1592,136
27	8,29	2,73	86,4	-1483,63	-1247,76	-540,147	875,0851
28	9,06	2,73	86,4	-1665,26	-1429,38	-721,768	693,4637
20	9,03	2,73	86,4	-1658,18	-1422,31	-714,692	700,5398
30	9	2,73	86,4	-1651,1	-1415,23	-707,616	707,616
31	8,97	2,73	86,4	-1644,03	-1408,16	-700,54	714,6922
32	8,94	2,73	86,4	-1636,95	-1401,08	-693,464	721,7683
33	8,91	2,73	86,4	-1629,88	-1394	-686,388	728,8445
34	8,88	2,73	86,4	-1622,8	-1386,93	-679,311	735,9206
35	8,85	2,73	86,4	-1615,72	-1379,85	-672,235	742,9968
36	8,82	2,73	86,4	-1608,65	-1372,78	-665,159	750,073
37	11,64	2,73	86,4	-2273,81	-2037,93	-1330,32	84,91392
38	13,57	2,73	86,4	-2729,04	-2493,17	-1785,55	-370,319
49	13,53	2,73	86,4	-2719,6	-2483,73	-1776,12	-360,884
40	13,49	2,73	86,4	-2710,17	-2474,3	-1766,68	-351,449

Sumber : hasil perhitungan

### 4.3.3. Rekomendasi Kelas Sungai

Simulasi Beban Cemar Sungai Babon terhadap Kelas Sungai dapat dilakukan dengan cara merubah konsentrasi BOD pada menu Point Load and Withdrawal sebagai berikut :

REACH NO.	RLE NO.	TYPE	NAME	TREAT Pp	FLOW (m3/s)	TEMP (C)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	CONS #1	CONS #2
1	17	Point source	IPA Kayen		0.005	27	5	5		
2	1	Point source	Batlimox		0.331	27	3	10		
3	1	Point source	Sub Das Jil bar		0.362	27	5.4	5		
3	3	Point source	Sub Das Jahunga		0.732	27	5.9	5		
4	3	Point source	RE B Kencana		0.025	27	1.7	10		
4	9	Point source	Komplex Udip		0.546	27	3.5	10		
5	1	Point source	RE Sendang Muhy		0.029	27	0.6	10		
5	2	Withdrawal	PDAM		-0.06	27				
5	6	Withdrawal	Bd Pucang Gedim		-0.95	27				
6	5	Point source	RE Piamongan Sa		0.045	27	4	15		
6	6	Point source	Biratox		0.04	27	3	15		
8	9	Point source	Pemusda RPH		0.015	27	2	15		
8	2	Withdrawal	BD Kr Roto		-0.175	27	4	15		
8	5	Point source	Rodeo & Sumbor		0.045	27	3	15		
8	9	Point source	Trimulyo		0.045	27	3	15		

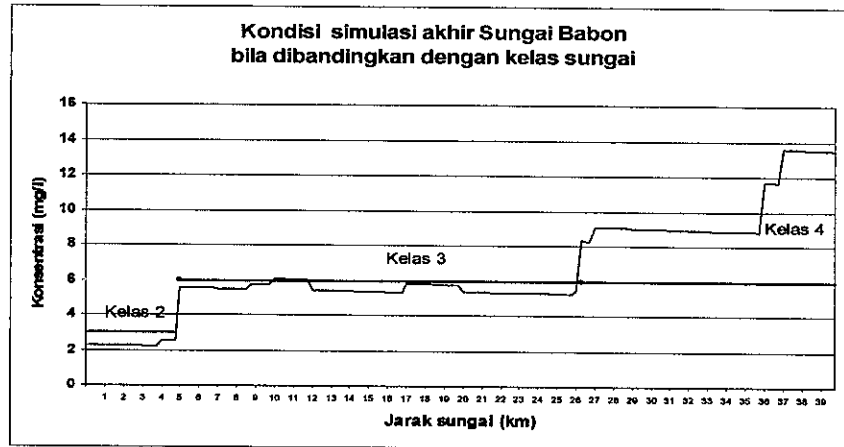
Gambar 64. Menu Point Load and Withdrawal, untuk mencari konsentrasi beban BOD yang dapat memenuhi kriteria kelas sungai.

Konsentrasi beban cemaran BOD pada menu ini dirubah dengan trial and error sampai di dapatkan grafik yang memenuhi standard Baku Mutu untuk kelas tertentu.

Pada tahap pertama adalah pengurangan cemaran BOD tiap-tiap sumber pencemar. Pengurangan dimulai dari bagian hulu ke hilir dengan mengurangi cemaran sebesar 12,5 %, 25 %, sampai dengan 50 % sampai didapatkan harga cemaran BOD yang dapat memenuhi daya tampung beban cemaran untuk kelas tertentu. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengurangan ini adalah kemampuan dari sumber pencemar khususnya industri untuk menurunkan beban cemaran, sehingga tidak menyebabkan industri tersebut tidak dapat beroperasi di karenakan biaya pengolahan limbah yang cukup besar.

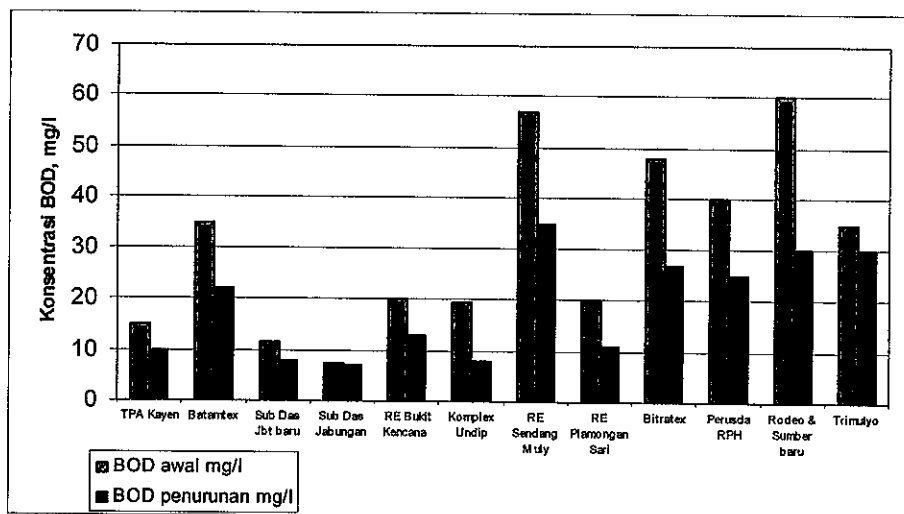
### Hasil simulasi penurunan cemaran BOD pada debit terkecil

Dari hasil simulasi penurunan beban cemaran untuk target kelas sungai 2,3 dan 4 adalah sebagai berikut :



Gambar 65. Target Kelas Sungai Babon pada debit minimum

Dari gambar diatas, didapatkan klasifikasi : Km 0 – 5 dapat memenuhi standard Baku Mutu kelas 2, Km 5 - 36 dapat dijadikan kelas 3 dengan penurunan BOD, dan Km 36 – 40 dapat dijadikan kelas 4 dengan penurunan BOD. Besarnya perubahan beban cemaran BOD, dari kondisi awal dan kondisi setelah diturunkan dapat dilihat pada diagram dibawah ini :



Gambar 66. Diagram perubahan beban cemaran sungai babon, dari kondisi awal dengan beban cemaran setelah dilakukan penurunan beban cemaran .

Besarnya pengurangan beban cemaran BOD pada masing-masing sumber pencemar dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 14. Penurunan beban cemaran hasil simulasi pada debit min

No	Point Source	Debit (m <sup>3</sup> /dtk)	BOD awal (mg/l)	BOD penurunan (mg/l)	Besarnya penurunan (mg/l)	eff (%)
1	TPA Kayen	0.005	15,0	10	5,0	0,33
2	Batamtex	0.031	35,0	22	13,0	0,37
3	Sub Das Jbt baru	0.362	11,6	8	3,6	0,31
4	Sub Das Jabungan	0.732	7,4	7	0,4	0,05
5	RE Bukit Kencana	0.026	20,0	13	7,0	0,35
6	Komplex Undip	0.546	19,5	8	11,5	0,58
7	RE Sendang Muly	0.029	57,0	35	22,0	0,38
8	RE Plamongan Sr	0.045	20,0	11	9,0	0,45
9	Bitratex	0.04	48,0	27	21,0	0,43
10	Perusda RPH	0.015	40,0	25	15,0	0,37
11	Rodeo	0.046	60,0	30	30,0	0,50
12	CV. Trimulyo	0.045	35,0	30	5,0	0,14

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Penurunan beban cemaran setiap sumber pencemar sepanjang sungai Babon dapat dilakukan dengan :

- sosialisasi terhadap penduduk sekitar wilayah Sub DAS dengan tujuan untuk pengurangan beban cemaran, antara lain dengan pembuatan resapan air limbah rumah tangga, penggunaan pestisida yang tidak berlebihan, pelarangan pembuangan sampah ke sungai dan penggunaan bahan-bahan yang lebih ramah lingkungan.
- pengawasan yang ketat pada pembuangan limbah cair, pembuatan IPAL (Instalasi Pengolah Air Limbah) bagi perusahaan yang belum memiliki IPAL dan perbaikan IPAL.
- beban cemaran pada TPA diperlukan IPAL untuk pengolahan lecheate yang akan masuk ke Sungai Babon.
- Untuk menurunkan beban cemaran pada perumahan, perlu dibuatkan IPAL komunal.

Hasil perhitungan daya tampung beban cemaran Sungai Babon untuk setiap ruas dapat dilihat dalam table dibawah ini.

Tabel. 15. Daya tampung Sungai Babon setelah simulasi penurunan beban cemaran pada target kelas 1, 2, 3 dan 4 pada debit minimum

Km	BOD Sebelum (mg/l)	BOD Setelah (mg/l)	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Konst	Daya Tamp thd kls 1 (kg/h)	Daya tamp thd kls 2 (kg/h)	Daya tamp thd kls 3 (kg/h)	Daya tamp thd kls 4 (kg/h)
1	2.29	2.29	0.12	86.4	-3.00672	<b>7.36128</b>	<b>38.46528</b>	<b>100.6733</b>
2	2.28	2.28	0.12	86.4	-2.90304	<b>7.46496</b>	<b>38.56896</b>	<b>100.777</b>
3	2.27	2.27	0.12	86.4	-2.79936	<b>7.56864</b>	<b>38.67264</b>	<b>100.8806</b>
4	2.26	2.26	0.12	86.4	-2.69568	<b>7.67232</b>	<b>38.77632</b>	<b>100.9843</b>
5	2	2.55	0.12	86.4	-5.7024	<b>4.6656</b>	<b>35.7696</b>	<b>97.9776</b>
6	15.4	5.57	0.12	86.4	-37.0138	-26.6458	<b>4.45824</b>	<b>66.66624</b>
7	15.35	5.55	0.12	86.4	-36.8064	-26.4384	<b>4.6656</b>	<b>66.8736</b>
8	15.29	5.53	0.12	86.4	-36.599	-26.231	<b>4.87296</b>	<b>67.08096</b>
9	14.81	5.8	0.12	86.4	-39.3984	-29.0304	<b>2.0736</b>	<b>64.2816</b>
10	14.76	5.78	0.12	86.4	-39.191	-28.823	<b>2.28096</b>	<b>64.48896</b>
11	12.73	6.06	0.12	86.4	-42.0941	-31.7261	<b>-0.62208</b>	<b>61.58592</b>
12	12.65	6.03	0.12	86.4	-41.783	-31.415	<b>-0.31104</b>	<b>61.89696</b>
13	13.91	5.45	0.12	86.4	-35.7696	-25.4016	<b>5.7024</b>	<b>67.9104</b>
14	13.83	5.41	0.12	86.4	-35.3549	-24.9869	<b>6.11712</b>	<b>68.32512</b>
15	13.75	5.38	0.12	86.4	-35.0438	-24.6758	<b>6.42816</b>	<b>68.63616</b>
16	13.66	5.35	0.12	86.4	-34.7328	-24.3648	<b>6.7392</b>	<b>68.9472</b>
17	13.57	5.31	0.12	86.4	-34.3181	-23.9501	<b>7.15392</b>	<b>69.36192</b>
18	14.7	5.83	0.12	86.4	-39.7094	-29.3414	<b>1.76256</b>	<b>63.97056</b>
19	14.61	5.8	0.12	86.4	-39.3984	-29.0304	<b>2.0736</b>	<b>64.2816</b>
20	14.53	5.76	0.12	86.4	-38.9837	-28.6157	<b>2.48832</b>	<b>64.69632</b>
21	15.24	5.36	0.12	86.4	-34.8365	-24.4685	<b>6.63552</b>	<b>68.84352</b>
22	15.18	5.34	0.12	86.4	-34.6291	-24.2611	<b>6.84288</b>	<b>69.05088</b>
23	15.11	5.32	0.12	86.4	-34.4218	-24.0538	<b>7.05024</b>	<b>69.25824</b>
24	15.05	5.29	0.12	86.4	-34.1107	-23.7427	<b>7.36128</b>	<b>69.56928</b>
25	14.98	5.27	0.12	86.4	-33.9034	-23.5354	<b>7.56864</b>	<b>69.77664</b>
26	14.92	5.25	0.12	86.4	-33.696	-23.328	<b>7.776</b>	<b>69.984</b>
27	22.46	8.28	0.12	86.4	-65.111	-54.743	-23.639	<b>38.56896</b>
28	23.58	9.05	0.12	86.4	-73.0944	-62.7264	-31.6224	<b>30.5856</b>
29	23.49	9.02	0.12	86.4	-72.7834	-62.4154	-31.3114	<b>30.89664</b>
30	23.41	8.99	0.12	86.4	-72.4723	-62.1043	-31.0003	<b>31.20768</b>
31	23.33	8.96	0.12	86.4	-72.1613	-61.7933	-30.6893	<b>31.51872</b>
32	23.26	8.93	0.12	86.4	-71.8502	-61.4822	-30.3782	<b>31.82976</b>
33	23.18	8.9	0.12	86.4	-71.5392	-61.1712	-30.0672	<b>32.1408</b>
34	23.1	8.87	0.12	86.4	-71.2282	-60.8602	-29.7562	<b>32.45184</b>
35	23.02	8.84	0.12	86.4	-70.9171	-60.5491	-29.4451	<b>32.76288</b>
36	22.94	8.81	0.12	86.4	-70.6061	-60.2381	-29.1341	<b>33.07392</b>
37	29.39	11.63	0.12	86.4	-99.8438	-89.4758	-58.3718	<b>3.83616</b>
38	30.13	13.56	0.12	86.4	-119.854	-109.486	-78.3821	-16.1741
39	30.03	13.52	0.12	86.4	-119.439	-109.071	-77.9674	-15.7594
40	29.93	13.47	0.12	86.4	-118.921	-108.553	-77.449	-15.241

Sumber : Hasil Perhitungan



Tabel 16. Tabulasi Hasil Perhitungan Daya Tampung Beban Cemar Sungai Babon dari simulasi beban cemar pada debit minimum

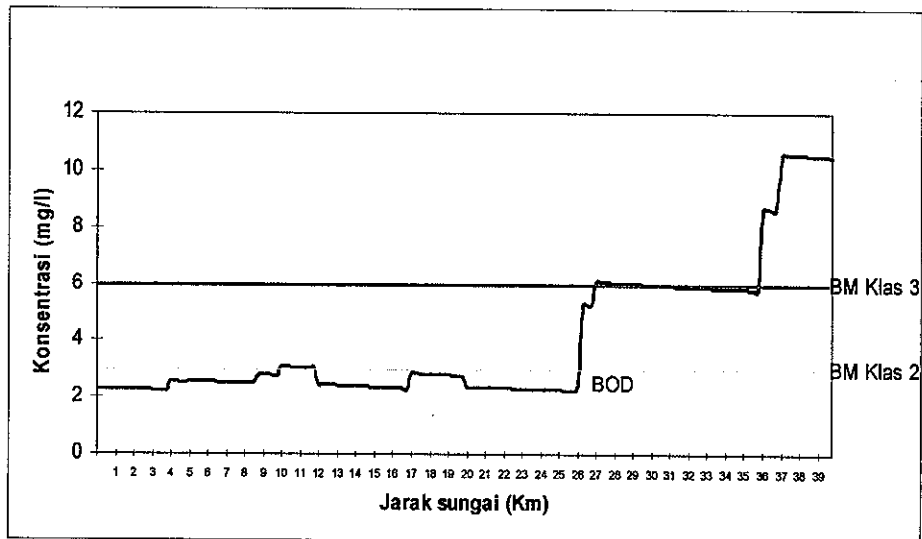
No	Km	Nama Ruas	Deskripsi	Beban Cemar	Sumber Pencermar	Daya tampung Pengurangan Beban cmrn		Rekomendasi Kelas sungai
						sebelum	sesudh	
1	1-5	Penggaron	merupakan wilayah bagian paling hulu, yang terdiri dari kumpulan anak-anak sungai Babon, kondisi wilayah masih berupa yang berada di Kabupaten Semarang. Kualitas air yang berasal dari Hutan ini relative masih cukup bagus, dengan Disolve Oksigen rata - rata diatas 7 (hasil survey peneliti tahun 2005).	23,8 - 26,4 kg/hr	-	10,36 kg/hr	10,36 kg/hr	Kelas 2
2	5 - 10	Njleper	Pada ruas 2 ini masih merupakan wilayah hulu, dimana di wilayah terdapat TPA di bawahnya terdapat anak sungai dari PT. Batamtx yang masuk ke sungai Babon.	57,8- 59,9 kg/hr	TPA PT. Batamtx Limbah domestic Limbah pertanian	Melebihi daya tampung kelas 2, 3, 4	5,08 kg/hr	Kelas 3 mulai km 6
3	10- 15	Jembatan Jabungan - Bukit Kencana	Wilayah ini berada di desa Mluweh dan Kalikayen Kabupaten Semarang. Di sepanjang alur sungai banyak terdapat rumah-rumah penduduk. Pada wilayah ini umumnya limbah yang masuk ke sungai Babon adalah limbah domestic dan pertanian.	55.7 - 63.1 kg/hr	Limbah domestik Limbah pertanian L.industri	Melebihi daya tampung kelas 2, 3, 4	6,4 kg/hr	Kelas 3
4	15 - 20	Komplek Undip	Wilayah kota Semarang yang banyak dihuni oleh rumah-rumah penduduk. Di wilayah ini terdapat sub DAS yang mengalir ke sungai Babon yang terletak di wilayah Undip Tembalang.	55.6 - 59.7 kg/hr	limbah domestic perkotaan limbah pertanian	Melebihi daya tampung kelas 2, 3, 4	7,15 kg/hr	Kelas 3

Tabel 16. Tabulasi Hasil Perhitungan Daya Tampung Beban Cemaran Sungai Babon berdasarkan simulasi beban cemaran pada debit minimum (Lanjutan)

5	20-25	Pucang Gading	merupakan perkotaan Semarang, dimana terdapat perumahan Bukit Kencana yang menghasilkan limbah domestic. Di bagian hilir ruas terdapat Bendung Pucang Gading. Sekitar 50 meter sebelum bangunan bendung ini terdapat intake PDAM. Air sebelum dilewatkan Bendung Pucang Gading juga sebagian dialirkan ke Kali Banjir Kanal Timur.	54,6 – 59,7 kg/hr	- limbah domestic perkotaan	Melebihi daya tampung kelas 2, 3, 4	7,56 kg/hr	Kelas 3
6	25 – 30	Plamongan sari	merupakan wilayah perkotaan, berada pada kelurahan Plamongsari Kec. Genuk dimana terdapat perumahan Sendang Mulyo yang mengalirkan limbah domestiknya ke sungai Babon.	86 - 93,2 kg/hr	Limbah domestic perkotaan	Melebihi daya tampung kelas 2, 3, 4	31 kg/hr	Kelas 4 mulai Km 26
7	30 - 35	Jembatan Kudu	Merupakan wilayah perkotaan yang padat penduduk . Di wilayah ini terdapat PT. Bitratex dan Rumah Pemotongan Hewan (RPH) yang limbahnya juga mengalir ke Sungai Babon.	91,6 – 93,2 kg/hr	- Limbah domestic - Limbah industri - Limbah RPH	Melebihi daya tampung kelas 2, 3, 4	32,6 kg/hr	Kelas 4
8	35-40	Karang roto – Komplek Industri	Merupakan wilayah bagian hilir dari yang berada di Kecamatan Genuk dan Sayung. Pada ruas ini terdapat bendung Karang. Selanjutnya terdapat industri yang membuang limbah ke sungai Babon yaitu pabrik Kulit dan bumbu masak	91,5 - 139,67 kg/hr	- Limbah domestic - Limbah industri	Melebihi daya tampung kelas 2, 3, 4	Melebihi daya tampung kelas 4, mulai Km 37	Kelas 4

### Hasil simulasi penurunan cemaran BOD pada debit maksimum

Dari hasil simulasi penurunan beban cemaran untuk target kelas sungai 2, 3 dan 4 adalah sebagai berikut :



Gambar 68. Target kelas Sungai Babon pada debit maksimum

Dari hasil simulasi dengan Qual2e didapat penurunan cemaran BOD untuk tiap point source sebagai berikut :

Tabel 17. Penurunan beban cemaran hasil simulasi pada debit maks

No	Point Source	Debit (m <sup>3</sup> /dtk)	BOD awal (mg/l)	BOD penurunan (mg/l)	Besarnya penurunan (mg/l)	eff (%)
1	TPA Kayen	0.005	15,0	13	2,0	0,13
2	Batamtex	0.031	35,0	30	5,0	0,14
3	Sub Das Jbt baru	0.362	11,6	10	1,6	0,13
4	Sub Das Jabungan	0.732	7,4	7	0,4	0,05
5	RE Bukit Kencana	0.026	20,0	15	5,0	0,33
6	Komplex Undip	0.546	19,5	13	6,5	0,25
7	RE Sendang Muly	0.029	57,0	30	27,0	0,33
8	RE Plamongan Sr	0.045	20,0	15	5,0	0,25
9	Bitratex	0.04	48,0	35	13,0	0,27
10	Perusda RPH	0.015	40,0	35	5,0	0,12
11	Rodeo	0.046	60,0	40	20,0	0,33
12	CV. Trimulyo	0.045	35,0	30	5,0	0,14

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel. 18. Daya tampung Sungai Babon setelah simulasi penurunan beban cemaran pada target kelas 1, 2, 3 dan 4 pada debit maksimum

Ruas Km	BOD sebelum	BOD setelah	debit	konstan	Daya tamp Thd kls 1	Daya tamp thd kls 2	Daya tamp thd kls 3	Daya tam thd kls 4
1	2,3	2,3	2,73	86,4	-68,4029	167,4691	875,0851	2290,317
2	2,28	2,28	2,73	86,4	-66,0442	169,8278	877,4438	2292,676
3	2,27	2,27	2,73	86,4	-63,6854	172,1866	879,8026	2295,035
4	2,26	2,26	2,73	86,4	-61,3267	174,5453	882,1613	2297,393
5	2	2,55	2,73	86,4	-129,73	106,1424	813,7584	2228,99
6	15,4	2,57	2,73	86,4	-134,447	101,425	809,041	2224,273
7	15,35	2,55	2,73	86,4	-129,73	106,1424	813,7584	2228,99
8	15,29	2,53	2,73	86,4	-125,012	110,8598	818,4758	2233,708
9	14,81	2,8	2,73	86,4	-188,698	47,1744	754,7904	2170,022
10	14,76	2,78	2,73	86,4	-183,98	51,89184	759,5078	2174,74
11	12,73	3,06	2,73	86,4	-250,024	-14,1523	693,4637	2108,696
12	12,65	3,03	2,73	86,4	-242,948	-7,07616	700,5398	2115,772
13	13,91	2,45	2,73	86,4	-106,142	129,7296	837,3456	2252,578
14	13,83	2,41	2,73	86,4	-96,7075	139,1645	846,7805	2262,012
15	13,75	2,38	2,73	86,4	-89,6314	146,2406	853,8566	2269,089
16	13,66	2,35	2,73	86,4	-82,5552	153,3168	860,9328	2276,165
17	13,57	2,31	2,73	86,4	-73,1203	162,7517	870,3677	2285,6
18	14,7	2,83	2,73	86,4	-195,774	40,09824	747,7142	2162,946
19	14,61	2,8	2,73	86,4	-188,698	47,1744	754,7904	2170,022
20	14,53	2,76	2,73	86,4	-179,263	56,60928	764,2253	2179,457
21	15,24	2,36	2,73	86,4	-84,9139	150,9581	858,5741	2273,806
22	15,18	2,34	2,73	86,4	-80,1965	155,6755	863,2915	2278,524
23	15,11	2,32	2,73	86,4	-75,479	160,393	868,009	2283,241
24	15,05	2,29	2,73	86,4	-68,4029	167,4691	875,0851	2290,317
25	14,98	2,27	2,73	86,4	-63,6854	172,1866	879,8026	2295,035
26	14,92	2,25	2,73	86,4	-58,968	176,904	884,52	2299,752
27	22,46	5,28	2,73	86,4	-773,66	-537,788	169,8278	1585,06
28	23,58	6,05	2,73	86,4	-955,282	-719,41	-11,7936	1403,438
29	23,49	6,02	2,73	86,4	-948,205	-712,333	-4,71744	1410,515
30	23,41	5,99	2,73	86,4	-941,129	-705,257	2,35872	1417,591
31	23,33	5,96	2,73	86,4	-934,053	-698,181	9,43488	1424,667
32	23,26	5,93	2,73	86,4	-926,977	-691,105	16,51104	1431,743
33	23,18	5,9	2,73	86,4	-919,901	-684,029	23,5872	1438,819
34	23,1	5,87	2,73	86,4	-912,825	-676,953	30,66336	1445,895
35	23,02	5,84	2,73	86,4	-905,748	-669,876	37,73952	1452,972
36	22,94	5,81	2,73	86,4	-898,672	-662,8	44,81568	1460,048
37	29,39	8,63	2,73	86,4	-1563,83	-1327,96	-620,343	794,8886
38	30,13	10,56	2,73	86,4	-2019,06	-1783,19	-1075,58	339,6557
39	30,03	10,52	2,73	86,4	-2009,63	-1773,76	-1066,14	349,0906
40	29,93	10,47	2,73	86,4	-1997,84	-1761,96	-1054,35	360,8842

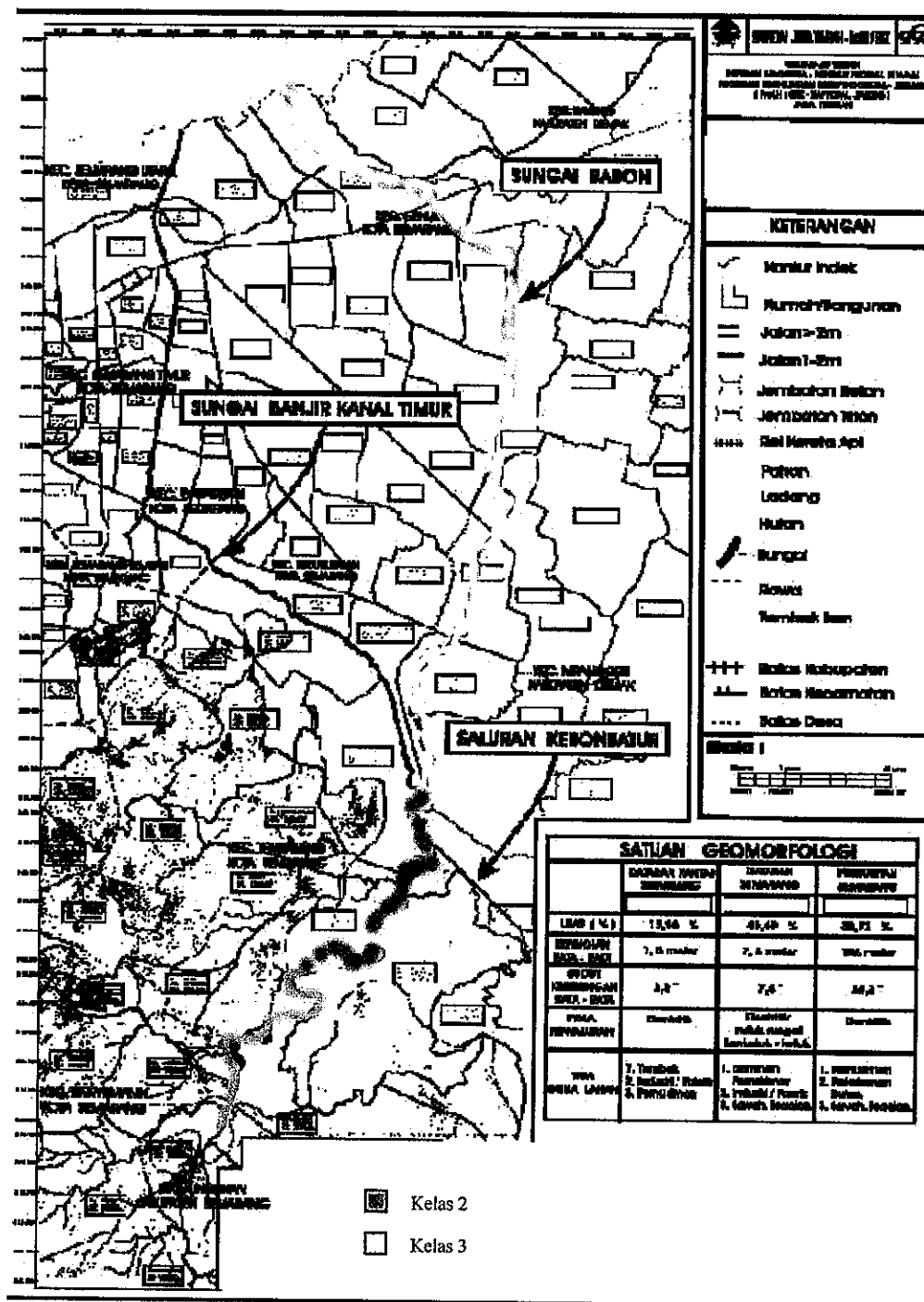
Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 19. Tabulasi Hasil Perhitungan Daya Tampung Beban Cemar Sungai Babon dari simulasi beban cemar pada debit maksimum

No	Km	Nama Ruas	Deskripsi	Beban Cemar	Sumber Pencermar	Daya tampung Pengurangan Beban cmrn		Rekomendasi Kelas sungai
						sebelum	sesudah	
1	1-5	Penggaron	merupakan wilayah bagian paling hulu, yang terdiri dari kumpulan anak-anak sungai Babon, kondisi wilayah masih berupa yang berada di Kabupaten Semarang. Kualitas air yang berasal dari Hutan ini relative masih cukup bagus, dengan Disolve Oksigen rata - rata diatas 7 (hasil survey peneliti tahun 2005).	23,8 – 26,4 kg/hr	-	10,7 kg/hr	167 kg/hr	Kelas 2
2	5 - 10	Njleper	Pada ruas 2 ini masih merupakan wilayah hulu, dimana di wilayah terdapat TPA di bawahnya terdapat anak sungai dari PT. Batamtex yang masuk ke sungai Babon.	57,8- 59,9 kg/hr	TPA PT. Batamtx Limbah domestik Limbah pertanian	Melebihi daya tampung kelas 2,	106 kg/hr	Kelas 2
3	10- 15	Jembatan Jabungan – Bukit Kencana	Wilayah ini berada di desa Mluweh dan Kalikayen Kabupaten Semarang. Di sepanjang alur sungai banyak terdapat rumah-rumah penduduk. Pada wilayah ini umumnya limbah yang masuk ke sungai Babon adalah limbah domestic dan pertanian.	55.7 - 63.1 kg/hr	Limbah domestik Limbah pertanian L.industri	Melebihi daya tampung kelas 2,	51 kg/hr	Kelas 2
4	15 – 20	Komplek Undip	Wilayah kota Semarang yang banyak dihuni oleh rumah-rumah penduduk. Di wilayah ini terdapat sub DAS yang mengalir ke sungai Babon yang terletak di wilayah Undip Tembalang.	55.6 - 59.7 kg/hr	limbah domestik perkotaan limbah pertanian	Melebihi daya tampung kelas 2.	153 kg/hr	Kelas 2

Tabel 19. Tabulasi Hasil Perhitungan Daya Tampung Beban Cemar Sungai Babon berdasarkan simulasi beban cemaran pada debit maksimum (Lanjutan)

5	20-25	Pucang Gading	merupakan perkotaan Semarang, dimana terdapat perumahan Bukit Kencana yang menghasilkan limbah domestic. Di bagian hilir ruas terdapat Bendung Pucang Gading. Sekitar 50 meter sebelum bangunan bendung ini terdapat intake PDAM. Air sebelum dilewatkan Bendung Pucang Gading juga sebagian dialirkan ke Kali Banjir Kanal Timur.	54,6 – 59,7 kg/hr	- limbah domestic perkotaan	Melebihi daya tampung kelas 2, 3	56 kg/hr	Kelas 2
6	25 – 30	Plamongan sari	merupakan wilayah perkotaan, berada pada kelurahan Plamongansari Kec. Genuk dimana terdapat perumahan Sendang Mulyo yang mengalirkan limbah domestiknya ke sungai Babon.	86 - 93,2 kg/hr	Limbah domestic perkotaan	Melebihi daya tampung kelas 2, 3	melebihi kls 2	Kelas 3 mulai Km 27
7	30 - 35	Jembatan Kudu	Merupakan wilayah perkotaan yang padat penduduk . Di wilayah ini terdapat PT. Bitratex dan Rumah Pemotongan Hewan (RPH) yang limbahnya juga mengalir ke Sungai Babon.	91,6 – 93,2 kg/hr	Limbah domestic Limbah industri Limbah RPH	Melebihi daya tampung kelas 2, 3	melebihi kls 2	Kelas 3
8	35-40	Karang roto – Komplek Industri	Merupakan wilayah bagian hilir dari yang berada di Kecamatan Genuk dan Sayung. Pada ruas ini terdapat bendung Karang. Selanjutnya terdapat industri yang membuang limbah ke sungai Babon yaitu pabrik Kulit dan bumbu masak	91,5 - 139,67 kg/hr	Limbah domestic Limbah industri	Melebihi daya tampung kelas 2, 3, 4	melebihi kls 2	Kelas 3



Gambar 69. Pembagian kelas sungai pada target kelas 2 dan 3 pada debit maksimum ditampilkan dalam bentuk peta

#### 4.4. Pembahasan

Metode Qual2e adalah salah satu metode perhitungan daya tampung beban cemaran air yang merupakan program kualitas air dengan cara pembuatan model dimana model ini dibuat berdasarkan penyederhanaan kondisi di lapangan ke dalam sebuah model dengan berbagai asumsi. Dari model yang diperoleh, maka dapat dilakukan simulasi model yang akan terjadi di lapangan, sehingga diharapkan akan diperoleh upaya-upaya pengendalian pencemaran air sungai. Upaya pengendalian pencemaran sungai Babon ini dapat dilakukan antara lain dengan cara membagi sungai Babon kedalam kelas sungai. Klasifikasi Air menurut PP 82/2001 dibagi menjadi 4 kelas :

- Kelas satu : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan air tersebut;
- Kelas dua : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- Kelas tiga : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- Kelas empat : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan air tersebut.

Dari hasil simulasi beban cemaran BOD sepanjang sungai Babon dari hulu sampai ke hilir diperoleh hasil antara lain :

Pada simulasi bulan Agustus (debit terkecil) dapat dilihat bahwa sungai Babon tidak memenuhi baku mutu untuk kelas 1 sungai, hanya Km 0 – 5 yang masih memenuhi standar untuk kelas 2, 3 dan 4, sedangkan untuk Km selanjutnya ( 6 s/d 40 ) sudah tidak memenuhi klasifikasi kelas sungai

Hal ini akibat adanya beban cemaran sungai yang disebabkan oleh sumber-sumber pencemar di sekitar sungai Babon yang memberikan kontribusi beban cemaran cukup tinggi. Beban cemaran yang cukup tinggi ini juga merupakan salah satu indikasi adanya penurunan kualitas lingkungan di sekitar sungai Babon. Adanya perubahan tata guna lahan akibat adanya tekanan penduduk terutama pada daerah penyangga pada sungai mengakibatkan beban cemaran yang makin tinggi.

Pada daerah hilir sungai Babon, khususnya mulai Km 26 terlihat beban cemaran sungai semakin meningkat. Ada berbagai factor yang menyebabkan peningkatan beban cemaran ini, antara lain : adanya alih fungsi lahan, dari lahan terbuka menjadi lahan tertutup dengan adanya bangunan-bangunan perumahan yang limbahnya mengalir ke sungai Babon, tumbuhnya kawasan industri di daerah hilir, berkurangnya debit sungai Babon yang sebagian dialirkan ke Sungai Banjir Kanal Timur (digunakan sebagai penggelontor limbah perkotaan Semarang), menjadikan akumulasi beban cemaran sungai Babon yang semakin tinggi.

Melihat kondisi diatas, maka peneliti mencoba untuk mensimulasikan beban cemaran sungai untuk menentukan kelas sungai yang sesuai dengan sungai Babon. Dalam penentuan kelas sungai, ada beberapa faktor yang dipertimbangkan antara lain : beban cemaran sungai dan rencana peruntukan sungai untuk 5 tahun ke depan. Namun dalam penelitian ini, simulasi dilakukan berdasarkan beban cemaran sungai yang ada, sedangkan peruntukan sungai merupakan kebijakan politis dari pemerintah daerah setempat yang harus melalui kajian-kajian yang lain.

Pada Bendung Pucang gading terdapat intake PDAM yang diperuntukan untuk Kota Semarang. Sebagai evaluasi apabila sungai Babon khususnya dari hulu sampai dengan Bendung Pucang gading diperuntukan kelas 1 maka dapat disimulasikan penurunan beban cemaran pada tiap-tiap point source sepanjang sungai. Hasil dari penurunan beban cemaran tiap-tiap point source agar sungai Babon dapat dimasukkan kedalam kelas 1 sungai menghasilkan penurunan sebagai berikut :

TPA Kayen = BOD awal 15 mg/l, BOD penurunan = 6 mg/l, Batamtex BOD awal 35 mg/l, BOD penurunan = 12 mg/l, Sub DAS Jbt Baru = BOD awal 11,6 mg/l, BOD penurunan = 8 mg/l, Sub DAS Jabungan = BOD awal 7,4 mg/l, BOD penurunan 5 mg/l, RE Bukit kencana= BOD awal 20 mg/l, BOD penurunan 14 mg/l, Komplek Undip = BOD awal 19,5 mg/l BOD penurunan 7 mg/l, RE Sendang Mulyo = BOD awal 57 mg/l, BOD penurunan = 13 mg/l Namun dalam pengukuran dilapangan di dapatkan BOD pada bagian hulu sudah melebihi Baku Mutu untuk kelas 1 sungai, sehingga pengendalian pencemaran harus dimulai dari hulu sungai yang merupakan wilayah hutan penggaron, hal ini tentu diperlukan kajian mengenai penataan ruang di wilayah hutan penggaron.

Hasil penurunan BOD pada debit minimum dapat dilihat pada Tabel 14. Evaluasi pada debit minimum menghasilkan klasifikasi kelas sungai Babon sebagai berikut : Km 0-5 kelas 2, Km 6-26 kelas 3 dan Km 27- 40 kelas 4 sungai.

Pada musim penghujan terjadi penambahan debit air sungai yang berasal dari daerah tangkapan disekitarnya. Apabila diasumsikan debit dan konsentrasi BOD dari sumber pencemar tetap, maka akan terjadi peningkatan daya tampung pencemaran. Berdasarkan simulasi daya tampung beban cemaran sungai Babon pada debit maksimum dapat di rekomendasikan untuk pengendalian pencemaran sungai dengan membagi ruas sungai menjadi beberapa klasifikasi antara lain : pada ruas Km 0 - 26 dapat dimasukan ke kelas 2 dengan syarat penurunan beban cemaran dari sumber pencemar dan ruas Km 27 – 40 dapat dimasukan ke kelas 3 sungai dengan syarat ada penurunan beban cemaran pada masing-masing sumber pencemar. Besarnya penurunan beban cemaran berdasarkan perhitungan dapat dilihat pada Tabel 17.

Apabila dikaitkan dengan BM effluent, maka perlu dilakukan pengukuran jarak effluent dengan point source di sungai, karena jarak effluent sampai dengan point source mempengaruhi berapa kehilangan BOD sepanjang saluran pembuangan. Dari pengukuran jarak tersebut maka baru dapat

ditentukan evaluasi BM effluent, namun dalam kajian ini tidak sampai pada kajian BM efluent.

Dalam upaya penurunan beban cemaran sungai Babon, yang harus diperhatikan adalah sifat air yang dinamis dan berada atau mengalir melintas batas wilayah administrasi pemerintahan, sehingga pengendalian pencemaran air tidak hanya dapat dilakukan sendiri-sendiri (partial) oleh satu pemerintah daerah. Dengan demikian harus dilakukan secara terpadu antar wilayah administrasi dan didasarkan pada karakter ekosistemnya sehingga dapat tercapai pengelolaan yang efisien dan efektif.

Keterpaduan pengelolaan kualitas air dan pengendalian beban cemaran air ini harus dilakukan melalui upaya koordinasi antar pemerintah daerah yang berada dalam satu kesatuan ekosistem air sungai Babon. Kerja sama antar daerah dapat dilakukan melalui badan kerja sama antar daerah.

Secara garis besar, pengelolaan Sungai Babon harus dilakukan melalui pendekatan ekosistem yang dilaksanakan berdasarkan prinsip “satu sungai, satu rencana, satu pengelolaan” dengan memperhatikan sistem pemerintahan yang desentralistis sesuai jiwa otonomi yang luas, nyata dan bertanggung jawab, atau dalam satu sungai harus diterapkan satu sistem pengelolaan yang dapat menjamin keterpaduan kebijakan, strategi perencanaan serta operasionalisasi kegiatan dari hulu sampai hilir.

## BAB V SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Dari hasil penelitian identifikasi daya tampung beban cemaran Sungai Babon dengan menggunakan Program Qual2e, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil identifikasi daya tampung beban cemaran sungai Babon dengan menggunakan model Qual2e, diperoleh harga untuk konstanta BOD sebagai berikut :

Ruas	BOD Decay ( $K_1$ )	BOD Settling ( $K_3$ )
1	0.001	0.1
2	0.001	0.11
3	0.05	0.2
4	0.001	0.12
5	0.01	0.01
6	0.01	0.01
7	0.01	0.01
8	0.01	0.01

Dimana pada ruas ke-3 terjadi laju peluruhan BOD dan pengendapan settleable solid maksimum yang disebabkan oleh morfologi sungai berbatuan.

2. Berdasarkan lampiran Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, diperoleh hasil daya tampung beban cemaran Sungai Babon sebagai berikut : Pada Km 0-6 daya tampung beban cemaran sudah melampaui kelas 1 tetapi masih dibawah kelas 2 sebesar 10,36 Kg/hr, Km 6-40 daya tampung beban cemaran sudah melampaui standard kelas 1, 2, 3 dan 4 sebesar 35,2 – 138,9 kg/l/hr, sehingga perlu dilakukan pengendalian pencemaran sungai.

## 5.2. Saran

Dari kajian indentifikasi daya tampung beban cemaran Sungai Babon dengan menggunakan simulasi model, dapat dimunculkan saran sebagai berikut :

1. Dalam upaya pengendalian beban cemaran Sungai Babon, maka perlu pembagian kelas sungai. Berdasarkan simulasi model maka dapat direkomendasikan :

Km	Peruntukan Sungai	Titik - Lokasi	Saran
0 - 5	Kelas 2	Hutan penggaron – Desa Mluweh	dipertahankan
6 - 27	Kelas 2	Desa Kalikayen – Kel. Kudu	Dengan penurunan cemaran pada beberapa sumber pencemar
27 - 40	Kelas 3	Kel. Kudu – Kel. Trimulyo (Muara Sungai)	Dengan penurunan cemaran pada beberapa sumber pencemar

2. Penurunan beban cemaran BOD sungai dapat dilakukan dengan penurunan BOD cemaran dari sumber cemaran sebagai berikut :

No	Point Source	Debit (m <sup>3</sup> /dtk)	BOD awal (mg/l)	BOD penurunan	
				kemarau (mg/l)	penghujan (mg/l)
1	TPA Kayen	0.005	15,0	10	5,0
2	Batamtex	0.031	35,0	22	13,0
3	Sub Das Jbt baru	0.362	11,6	8	3,6
4	Sub Das Jabungan	0.732	7,4	7	0,4
5	RE Bukit Kencana	0.026	20,0	13	7,0
6	Komplex Undip	0.546	19,5	8	11,5
7	RE Sendang Muly	0.029	57,0	35	22,0
8	RE Plamongan Sr	0.045	20,0	11	9,0
9	Bitratex	0.04	48,0	27	21,0
10	Perusda RPH	0.015	40,0	25	15,0
11	Rodeo	0.046	60,0	30	30,0
12	CV. Trimulyo	0.045	35,0	30	5,0

**Daftar Pustaka :**

1. Alexander, Martin, 1976, Introduction to Soil Microbiology, Cornell University, Published by Vinod Kumar, India.
2. Anonim, 1991, Rencana Teknik Lapangan ( RTL ), Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai Babon ( RLKT ), Sub Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Jratunseluna; Salatiga,
3. Brown Linfield C. And Barnwell Thomas O,Jr., 1987; The Enhanced Stream Water Quality Models Qual2E and Qual2E UNCAS: Documentational and User Manual, Environmental research and Laboratory Office of Researc and Development, USEPA, Athens, Georgia;
4. Epstein, Emanuel, 1972, Mineral Nutrition of plant: Principle and Perspectives, Published by Jhon Willey & Sons Inc., United States of America.
5. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.110 Tahun 2003, Tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air.
6. Levin, Simon A., 1989, Ecotoxikology : Problem and Approaches, Printed by Springer – verlag New York Inc., USA.
7. Priono Gatot, 2004, Pengantar Model Kualitas Air Qua2e, GTZ Pro-LH Jawa Tengah, Yogyakarta.
8. Pencemaran Lingkungan Online, Pencemaran Air, [http: /www. tlitb .org/plo/air.html](http://www.tlitb.org/plo/air.html) dikunjungi 5/8/2005;
9. Rau, G.J and Wooten, C.D, 1980, Environmental Impact Analysis Hand Book, McGaraw-Hill.
10. Team Bappedal Prop Jawa Tengah & ProLH – GTZ, 2003, Penilaian Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Strategis Daerah Aliran Sungai Babon, Buku I Identifikasi Kondisi Daerah Aliran Sungai Babon, Kerja sama teknis Pemerintah Republik Indonesia – Republik Federal Jerman Program Lingkungan Hidup Indonesia – Jerman ( ProLH-GTZ ) Jawa Tengah;
11. Wardhana, Wisnu Aria, 1995, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Penerbit Andi Offset Jogjakarta, Jogjakarta.
12. Warlina, Lina, 1985, *Pengaruh Waktu Inkubasi BOD Pada Berbagai Limbah*, FMIPA Universitas Indonesia, Jakarta.