

PERPUSTAKAAN FTSP UII

HADIAN BELI  
5 OCT 2001

TGL. TERIMA :

NO. JUDUL :

NO. INV. :

NO. INDUK :

581/TA/JTS

TUGAS AKHIR

5120003280001

**DISAIN KONSTRUKSI DAN GEOMETRIK  
JALAN REL GANDA PARSIAL  
KORIDOR YOGYAKARTA – SOLO BALAPAN**

**( THE GEOMETRIC AND CONSTRUCTION  
DESIGN OF PARTLY DOUBLE TRACK  
YOGYAKARTA – SOLO BALAPAN CORRIDOR )**



MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Disusun Oleh :  
**Bhanu Reza Setyawan**

No. Mhs : 95.310.083

No. Nirm : 950051013114120082

Herfina

No. Mhs : 96.310.225

No. Nirm : 960051013114120194

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2001**

---

## **TUGAS AKHIR**

---

**DISAIN KONSTRUKSI DAN GEOMETRIK  
JALAN REL GANDA PARSIAL  
KORIDOR YOGYAKARTA – SOLO BALAPAN  
( THE GEOMETRIC AND CONSTRUCTION  
DESIGN OF PARTLY DOUBLE TRACK  
YOGYAKARTA – SOLO BALAPAN CORRIDOR )**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
Untuk memenuhi persyaratan memperoleh  
Derajat sarjana Teknik Sipil**

**Disusun Oleh :  
Bhanu Reza Setyawan**

---

**No. Mhs : 95.310.083**

**No. Nirm : 950051013114120082**

**Herfina**

---

**No. Mhs : 96.310.225**

**No. Nirm : 960051013114120194**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2001**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**DISAIN KONSTRUKSI DAN GEOMETRIK  
JALAN REL GANDA PARSIAL  
KORIDOR YOGYAKARTA – SOLO BALAPAN**

*Bhanu Reza Setyawan*

**No. Mhs : 95.310.083  
Nirm : 950051013114120082**

*Herfina*

**No. Mhs : 96.310.225  
Nirm : 960051013114120194**

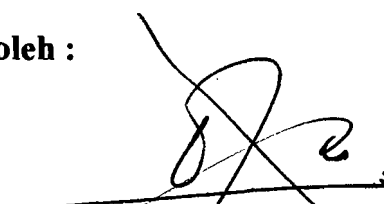
**Telah Diperiksa dan Disetujui oleh :**

**Ir. H. Corry Ya'cob, MS**

**Dosen Pembimbing I**

**Ir. H. Balya Umar, Msc**

**Dosen Pembimbing II**

  
Tanggal : 29 Agustus 2021

  
Tanggal : 29/8-2021

## LEMBAR PERSEMBAHAN

---

*Semoga amal dari tugas akhir ini  
dapat diberikan kepada :*

---

Bapak, Ibu, dan keluarga besar di rumah,  
Ummi dan Dybha atas dorongan semangatnya  
Teman-teman D'95  
Dosen Teknik Sipil  
Herfina atas segala pengertiannya

---

## LEMBAR PERSEMBAHAN

---

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Tugas Akhir ini Fina persembahkan kepada :*

- *Abah & ibu tercinta karena telah membantu dalam dukungan moril dan materiil yang diberikan.*
  - *Kak Alin Sekeluarga, Kak Ivan Sekeluarga, dan adik Eddy terima kasih atas doanya.*
  - *Anggit yang selalu memberi dukungan dan bantuannya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini*
  - *What-what yang selalu memberikan saran-sarannya dalam segala hal baik yang menyangkut tugas akhir ini maupun yang lain*
  - *Ivan, thank's for your help*
  - *Arief, Taufik, dan Dody thank's atas semua yang telah kalian berikan semoga kalian selalu kompak.*
  - *Teman-teman kelas D angkatan 96 semoga kalian kompak selalu.*
  - *Dosen-dosen Teknik Sipil*
  - *Mas Bhanu, terima kasih atas kerjasamanya.*
-

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberi rahmat dan hidayah-Nya, serta salam dan shalawat kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini dilaksanakan untuk memenuhi persyaratan dalam rangka memperoleh jenjang strata 1 (S1) pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada Tugas Akhir ini penyusun mengambil judul "Tinjauan Disain Konstruksi Jalan Rel Ganda Parsial pada Daerah Operasional VI". Selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, tentunya penyusun tidak lepas dari segala hambatan dan rintangan, akan tetapi atas bantuan, petunjuk, bimbingan, serta masukan-masukan yang berharga dari berbagai pihak akhirnya hal ini dapat teratasi, oleh karena itu pada kesempatan ini perkenankanlah penyusun untuk menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan , Universitas Islam Indonesia.

- 
2. Bapak Ir. H. Munadhir, Ms, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
  3. Bapak Ir. Balya Umar, MSc, selaku Dosen Pembimbing dan penguji Tugas Akhir.
  4. Bapak Ir. Corry Ya'cob, MS, selaku Dosen Pembimbing dan Penguji Tugas Akhir.
  5. Bapak Ir. Subarkah, MT, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
  6. Bapak Ir. Amien Abdurrachman, selaku Kepala Pusdiklat PT. KAI Bandung.
  7. Bapak Drs. H. Dachlan, selaku Kepala PT. KAI DAOP VI Yogyakarta.
  8. Bapak Ir. Wibowo, selaku Kepala Staf PT. KAI DAOP VI Konstruksi Jembatan dan Jalan Rel Yogyakarta.
  9. Yang tercinta Ayahanda dan Ibunda atas Pembiayaan dan Do'a Restunya
  10. Serta teman-teman yang telah membantu penyusun yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan, karena itu kritik dan saran konstruktif demi kesempurnaan laporan ini sangat kami harapkan.

---

Akhir kata penyusun mohon maaf seandainya dalam menyelesaikan laporan ini terdapat kekhilafan, semoga segala sesuatu yang telah diperoleh dalam melaksanakan Tugas Akhir ini dapat menjadi bekal yang berguna dan bermanfaat bagi penyusun dan pembaca sekalian

Amin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Juni 2001

Penyusun



---

---

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAKSI.....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	6
1.3 Manfaat.....	6
1.4 Perumusan Masalah.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	7
1.6 Metode Pembahasan.....	7
1.6.1 Pengumpulan Data.....	8
1.6.2 Survey Lapangan.....	9
1.6.3 Analisis Data.....	9

---

## **BAB II KETENTUAN UMUM**

---

2.1	Sejarah Kereta Api .....	10
2.2	Umum.....	11
2.2.1	Klasifikasi.....	11
2.2.2	Kecepatan Rencana .....	11
2.2.3	Kecepatan Maksimum.....	12
2.2.4	Kecepatan Operasi.....	12
2.2.5	Beban Lintas.....	13
2.2.6	Beban Gandar .....	14

## **BAB III GEOMETRI JALAN REL**

3.1	Umum.....	15
3.2	Lengkung Horisontal.....	15
3.3	Lengkung Vertikal.....	17
3.4	Landai Penentu.....	18
3.5	Landai Curam .....	19
3.6	Perlindungan Sebidang .....	19
3.7	Ruang Bebas.....	23
3.8	Analisa Kenyamanan KA .....	25
3.9	Daya Tarik KA di Lintasan .....	26

---

## BAB IV KONSTRUKSI JALAN KERETA API

---

4.1	Umum.....	30
4.1.1	Kekuatan Rel.....	31
4.1.2	Tipe dan Karakteristik Penampang.....	33
4.2	Sambungan Rel.....	34
4.2.1	Macam Sambungan Rel.....	34
4.2.2	Penempatan Sambungan rel.....	36
4.2.3	Sambungan Rel di Jembatan.....	37
4.3	Celah.....	38
4.4	Suhu Pemasangan.....	39
4.5	Penambat Rel.....	40
4.6	Peninggian rel.....	41
4.7	Pelebaran Sepur.....	41
4.8	Penampang Tubuh jalan rel.....	43
4.9	Bantalan.....	47
4.9.1	Bantalan Kayu.....	47
4.9.2	Bantalan Baja.....	48
4.9.3	Bantalan Beton Pratekan Blok Tunggal dengan Proses Post – Tension.....	49
4.9.4	Bantalan Beton Pratekan Blok Tunggal dengan Proses Pre – Tension.....	50
4.10	Balas.....	50
4.10.1	Lapisan Balas Atas.....	51

---

4.10.2 Lapisan Balas Bawah .....	52
----------------------------------	----

---

4.11 Sub – Grade .....	54
------------------------	----

4.11.1 Daya Dukung Sub – Grade .....	55
--------------------------------------	----

4.12 Drainasi .....	55
---------------------	----

## **BAB V KRITERIA DASAR PERENCANAAN**

5.1 Kecepatan rencana .....	57
-----------------------------	----

5.2 Tekanan Gandar .....	57
--------------------------	----

5.3 Beban Lintas .....	57
------------------------	----

5.4 Perlintasan .....	58
-----------------------	----

5.5 Daya Tarik Lokomotif .....	60
--------------------------------	----

5.6 Analisa Keadaan Topografi .....	63
-------------------------------------	----

5.6.1 Alinemen Horisontal .....	63
---------------------------------	----

5.6.2 Alinemen Vertikal .....	64
-------------------------------	----

5.6.3 Drainasi .....	65
----------------------	----

5.7 Keadaan Tanah Dasar .....	65
-------------------------------	----

---

5.7.1 Bor Tangan dan Sampling .....	65
-------------------------------------	----

5.7.2 Cone Penetrometer Test/Sondir .....	66
---	----

5.8 Keadaan Hidrologi .....	67
-----------------------------	----

5.9 Temperatur Daerah .....	70
-----------------------------	----

---

## **BAB VI PERHITUNGAN PERENCANAAN**

---

6.1	Perencanaan Geometri Jalan Rel.....	72
6.1.1	Perencanaan Alinemen Horisontal.....	73
6.1.2	Perencanaan Alinemen Vertikal.....	77
6.2	Perencanaan Kekuatan Rel.....	78
6.3	Perencanaan Sambungan Rel.....	80
6.4	Perencanaan Panjang Minimum Rel.....	83
6.5	Perencanaan Lebar Celah.....	83
6.6	Perencanaan Sub-grade.....	84
6.7	Perencanaan Lapisan Tubuh Jalan rel.....	88
6.8	Perencanaan Bantalan beton Pratekan.....	91
6.9	Perencanaan Pematusan/Drainasi.....	98

<b>BAB VII PEMBAHASAN.....</b>	<b>114</b>
--------------------------------	------------

## **BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN**

---

8.1	Kesimpulan.....	117
8.2	Saran.....	118

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>119</b>
----------------------------	------------

---

---

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Pemilihan Moda Transportasi Angkutan Penumpang.....	3
Tabel 1.2. Pertumbuhan Angkutan PT. KAI.....	4
Tabel 1.3. Komparasi Antara Kapasitas Lintas Jalur Rel Tunggal serta Frekuensi KA Daop VI.....	4
Tabel 2.1. Kecepatan Maksimum.....	12
Tabel 2.2. Kelas Jalan Rel.....	14
Tabel 3.1. Hubungan Antara V Rencana Dengan R Ijin.....	16
Tabel 3.2. Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal.....	17
Tabel 3.3. Besar Landai Penentu Maksimum.....	18
Tabel 3.4. Pengelompokan Lintas Berdasarkan Kelandaian.....	18
Tabel 3.5. Hubungan antara Kecepatan dengan Koefisien Geser pada Jalan.....	21
Tabel 3.6. Spesifikasi Lokomotif.....	29
Tabel 4.1. Data Teknis.....	31
Tabel 4.2. Besaran Geometri Rel dengan Tipe R.54.....	33
Tabel 4.3. Panjang Daerah Muai Rel ( $L_{dm}$ ).....	38
Tabel 4.4. Batas Suhu Pemasangan Rel Standar dan Rel Pendek.....	39
Tabel 4.5. Batas Suhu Pemasangan Rel Panjang pada Bantalan Beton.....	40
Tabel 4.6. Pelebaran Sepur.....	43
Tabel 4.7. Penampang Melintang Jalan Rel.....	46

---

Tabel 4.8 Momen Maksimum pada Kelas Kayu .....	48
Tabel 4.9 Momen Minimum pada Beton <i>Posttension</i> .....	49
Tabel 4.10 Momen Minimum pada <i>Pretension</i> .....	50
Tabel 4.11 Gradasi Balas Atas .....	51
Tabel 4.12 Gradasi Lapisan Balas Bawah.....	52
Tabel 5.1 Stasioning Alinemen Horisontal .....	63
Tabel 5.2 Data Curah Hujan Prambanan.....	67
Tabel 5.3 Data Curah Hujan Delanggu .....	68
Tabel 5.4 Data Curah Hujan Klaten Utara .....	69
Tabel 6.1 Tegangan Ijin rel .....	79
Tabel 6.2 Sudut Penyebaran Beban terhadap Kepala Rel .....	80
Tabel 6.3 Koefisien Track.....	85

---

---

---

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Perlintasan Sebidang .....	22
Gambar 3.2	Ruang Bebas.....	24
Gambar 3.3	Gaya yang Terjadi pada Tikungan.....	25
Gambar 4.1	Karakteristik Penampang Rel .....	33
Gambar 4.2	Sambungan Rel Melayang.....	35
Gambar 4.3	Sambungan Rel Menumpu .....	35
Gambar 4.4	Sambungan Rel Secara Siku.....	36
Gambar 4.5	Sambungan Rel Secara Berselang.....	37
Gambar 4.6	Penempatan Sambungan Rel Panjang Pada Jembatan .....	38
Gambar 4.7	Kedudukan Roda Pada Saat Menikung.....	42
<del>Gambar 4.8</del>	<del>Penampang Melintang Jalan Rel Ganda pada Jalur Lurus.....</del>	<del>44</del>
Gambar 4.9	Penampang Melintang Jalan Rel Ganda pada Tikungan.....	45
Gambar 4.10	Penampang Drainase .....	56
Gambar 6.1	Penyebaran Gaya yang Diterima Baut pada Plat Sambung .....	80
Gambar 6.2	Plat Sambung Standart PT.KAI.....	81
Gambar 6.3	Tekanan Gandar pada Bantalan.....	85
Gambar 6.4	Dimensi Bantalan Beton.....	89



---

Gambar 6.5	Skema Tegangan pada Balas .....	90
Gambar 6.6	Penampang Bantalan di Tumpuan.....	91
Gambar 6.7	Penampang Bantalan di Tengah Bantalan.....	93
Gambar 6.8	Konstruksi Bantalan Beton Pratekan.....	94
Gambar 6.9	Diagram Momen pada Balok .....	95
Gambar 6.10	Luas Daerah yang di Drain Melintang .....	99
Gambar 6.11	Penampang Melintang Drainasi .....	100
Gambar 6.12	Pematusan Melintang pada Tubuh Jalan .....	101
Gambar 6.13	Luas Daerah yang di Drain Memanjang.....	101
Gambar 6.14	Penampang Memanjang Drainasi.....	102
Gambar 6.15	Luas Daerah yang di Drain Memanjang.....	103
Gambar 6.16	Penampang Memanjang Drainasi.....	104
Gambar 6.17	Pematusan Memanjang jalan rel Ganda .....	104
Gambar 6.18	Penampang Melintang Drainasi .....	106
Gambar 6.19	Penampang Memanjang Drainasi.....	107
Gambar 6.20	Penampang Melintang Drainasi .....	109
Gambar 6.21	Penampang Memanjang Drainasi.....	110
Gambar 6.22	Penampang Melintang Drainasi .....	112
Gambar 6.23	Penampang Memanjang Drainasi.....	113
Gambar 6.24	Penampang Melintang Pematusan jalan KA.....	113

---

---

---

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Peta Wilayah DAOP VI Yogyakarta.....	1
Lampiran 2	Daya Tarik Lok Diesel .....	2
Lampiran 3	Lintas Kereta Solo – Yogyakarta .....	3
Lampiran 4	Jalan Perlintasan Sebidang DAOP VI Yogyakarta .....	4
Lampiran 5	Pemeriksaan Hujan Tahun 1990 – 1999, Kecamatan Klaten Utara .....	5
Lampiran 6	Pemeriksaan Hujan Tahun 1990 – 1999, Kecamatan Prambanan.....	6
Lampiran 7	Pemeriksaan Hujan Tahun 1990 – 1999, Kecamatan Delanggu .....	7
Lampiran 8	Suhu Udara Yogyakarta .....	8
Lampiran 9	Suhu Udara Surakarta.....	9
Lampiran 10	Alinemen Horisontal .....	10
Lampiran 11	Alinemen Vertikal.....	11
Lampiran 12	Tegangan Ijin Subgrade.....	12
Lampiran 13	Dimensi Drainasi.....	13
Lampiran 14	Tabel Kecepatan dan Tabel Koefisien Aliran .....	14
Lampiran 15	Gambar Alinemen Horisontal dan Gambar Alinemen Vertikal .....	15

---

---

## ABSTRAKSI

Lintas Yogyakarta – Solo merupakan satu segmen dari sistem jaringan transportasi KA yang ada di pulau Jawa. Selain itu sebagai kota tujuan dan awal pemberangkatan sebagian besar kereta api yang melayani jalur selatan, baik untuk arah Barat maupun yang kearah Timur. Sementara itu peningkatan arus lalu lintas jalan raya sedemikian pesatnya, yang dapat dilihat dari semakin lamanya waktu tempuh, terutama pada jam-jam sibuk, yaitu pagi dan sore hari. Disamping hal tersebut, pada ruas jalur Yogyakarta – Solo terdapat kawasan yang merupakan pusat ABRI bagian Udara. Jumlah penduduk yang setiap tahunnya semakin meningkat sehingga dapat diperkirakan jumlah penumpang dan barang di masa yang akan datang dengan jalur kereta yang sudah ada pada saat sekarang ini tidak akan memadai, oleh karena itu jalur Yogyakarta – Solo dibuat jalur ganda.

Metode penelitian dilakukan dengan cara pengumpulan data, baik data primer maupun data sekunder. Data primer diperoleh dengan cara observasi secara visual terhadap kondisi di lapangan. Data sekunder diperoleh dengan menginventarisasi data dari beberapa instansi yaitu PT. KAI (Persero) DAOP VI dan Badan Meterologi dan Fisika (BMG). Setelah pengumpulan data mengadakan *survey* di lapangan untuk mengetahui lintasan-lintasan kritis yaitu lintasan yang mempunyai frekuensi kereta api perhari lebih besar atau sama dengan kapasitas lintasnya pada suatu seksi tertentu jalur tersebut yaitu lintasan Yogyakarta – Solo.

Perancangan Yogyakarta – Solo dengan jalur ganda, dibangun dengan berdasarkan dari peraturan standar PT.KAI (Persero) yaitu Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10), Perusahaan Jawatan Kereta Api Tahun 1986.

Hasil perancangan jalur ganda Yogyakarta – Solo yang direncanakan dalam 30 tahun masa yang akan datang dapat dilaksanakan dengan memperhatikan kekuatan tegangan tanah pada beberapa titik tertentu dan penempatan sinyal-sinyal pada jari-jari lengkung yang kecil. Dengan perencanaan drainasi berdasarkan atas curah hujan selama 10 tahun terakhir dengan mengambil tiga daerah yaitu Prambanan, Delanggu, dan Klaten.

---

---

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transportasi timbul karena tidak semua kebutuhan tersedia di tempat ia bermukim. Dengan majunya peradaban, kebutuhan manusia menjadi semakin banyak dan beragam. Akibat dari perkembangan tersebut diatas, maka tempat-tempat kegiatan manusia pun akan menyebar. Untuk melayani dan mendukung pergerakan manusia tersebut maka diperlukan sarana transportasi yang memadai, baik yang sudah ada maupun yang akan ditingkatkan lagi ataupun dibuat baru.

Barang atau benda apa saja yang diinginkan manusia itu merupakan produk komoditi. Setiap produk komoditi itu memerlukan transportasi baik pada saat produksi maupun distribusinya. Pada tingkat produksi, transportasi dibutuhkan untuk pengangkutan alat-alat dan bahan-bahan yang akan digunakan pada proses produksi. Disamping itu karena keterampilan manusia tidak selalu sama pada suatu lokasi, maka diperlukan transportasi untuk memindahkan seseorang dari suatu tempat ke tempat lain yang membutuhkan keahliannya. Pada tingkat distribusi diperlukan bagi pemasaran produksi dari pusat-pusat produksi ke tempat-tempat konsumsi.

Pertumbuhan penduduk yang melanda kota-kota besar disebabkan oleh kelahiran maupun arus urbanisasi, dapat menimbulkan tekanan-tekanan pada

---

berbagai tata kehidupan kota. Salah satu masalah yang timbul dengan adanya perkembangan jumlah penduduk yang sangat besar adalah harus dipenuhi berbagai sarana kehidupan yang memadai. Salah satu sarana pokok yang perlu untuk mendapatkan perhatian serius adalah masalah pelayanan dalam bidang angkutan barang dan penumpang yang mendukung perkembangan berbagai sektor kehidupan yang lain.

Persoalan yang berkaitan dengan masalah transportasi semakin hari semakin kompleks, tumbuh dengan cepat sejalan dengan perkembangan kota. Kadaan seperti ini dirasakan baik di negara-negara maju maupun negara-negara berkembang. Tidak terkecuali di Indonesia mengalami hal yang serupa. Permintaan angkutan di kota-kota besar seperti Jakarta, Bandung, Surabaya, dan Yogyakarta meningkat dengan sangat pesat, terutama dalam tahun-tahun terakhir ini. Sarana perhubungan yang banyak diperlukan di Indonesia adalah transportasi darat.

Di Indonesia sistem transportasi darat yang digunakan untuk mengangkut ~~manusia dan barang adalah transportasi jalan raya dan transportasi jalan kereta~~ api. Transportasi jalan kereta api mempunyai kelebihan dibanding jalan raya, diantaranya :

1. Jalan kereta api mempunyai lintasan tersendiri, sehingga pergerakan kereta api relatif tidak mengalami gangguan dalam perjalanannya.
2. Kereta api dapat mengangkut manusia dan barang dalam jumlah besar dalam sekali pemberangkatan untuk jarak yang jauh.

3. Tingkat keamanan dan kenyamanan kereta api relatif baik dibandingkan dengan alat transportasi jalan raya.
4. Untuk jarak yang jauh, kereta api lebih ekonomis dan lebih cepat dibanding jalan raya.

Tabel 1.1. Pemilihan Moda Transportasi Angkutan Penumpang

Jarak	Pelayanan Moda Transportasi			
	JL	KA	LA	UD
Jauh >800 km	26 %	30 %	40 %	4 %
Sedang 300 – 800 km	58 %	20 %	20 %	2 %
Dekat < 300 km	84 %	10 %	5 %	1 %

Sumber : Manajemen Transportasi , Drs. H. M. N. Nasution M. S. Tr

5. Pada kasus-kasus tertentu, misalnya pada saat keadaan perang, kereta api sangat tepat digunakan sebagai alat transportasi.
6. Sangat bersahabat dengan lingkungan karena polusi yang dihasilkan lebih sedikit.

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia, maka alat transportasi massal menjadi alternatif utama dalam pergerakan dan pengangkutan manusia dan barang dari satu daerah ke daerah yang lain. PT. KAI (Persero) sebagai penyelenggara angkutan jalan kereta api sangat menyadari hal tersebut, dan berusaha memberikan pelayanan terbaik kepada masyarakat pengguna.

Tabel 1.2 Pertumbuhan angkutan PT. KAI (Persero)

JENIS \ TAHUN	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Barang (ton-ribu)	14.988	15.710	16.371	16.868	18.486	19.186	18.217
Penumpang (PNP-ribu)	72.966,5	95.362,5	116.276	141.264	154.227,2	159.580	169.575

(Sumber : Profil Perusahaan PT. Kereta Api Indonesia dari Tahun 1992 s.d 1998)

Daerah Operasional (DAOP) VI merupakan daerah operasi yang memberikan kontribusi yang besar terhadap jaringan perkeretaapian di Pulau Jawa. Hal ini disebabkan DAOP VI memiliki mobilitas manusia dan barang yang tinggi di kota-kota yang dilayaninya, yaitu antara daerah Walikukun sampai dengan Kutoarjo.

Tabel 1.3 Komparasi antara Kapasitas Lintas Jalur Rel Tunggal serta Frekuensi KA DAOP VI

ANTARA	KAPASITAS LINTAS JALUR REL TUNGGAL (KA/HARI)	FREKUENSI (KA/HARI)
W.kukun – K.banteng	36	32
K.banteng – K.romo	53	32
K.romo – Sragen	54	32
Sragen – Masaran	42	32
Masaran – Kemiri	43	32
Kemiri – Palur	58	32
Palur – Solo Kota	63	32
Slo.kota – Slo.balapan	63	32
Slo.balapan – Purwosari	60	74
Purwosari – Gawok	50	66
Gawok – Delanggu	55	66
Delanggu – Ceper	52	66
Ceper – Ketandan	53	66
Ketandan – Klaten	63	66
Klaten – Srowot	49	66
Srowot – Prambanan	51	66
Prambanan – Kalasan	59	66

ANTARA	KAPASITAS LINTAS JALUR REL TUNGGAL (KA/HARI)	FREKUENSI (KA/HARI)
Kalasan – Maguwo	60	66
Maguwo – Lempuyangan	64	66
Lempuyangan – Yogya	108	76
Yogya – Patuk	80	60
Patuk – Rewulu	84	60
Rewulu – Sentolo	54	56
Sentolo – Wates	50	56
Wates – Kedundang	65	56
Kedundang – Wojo	69	56
Wojo – Jenar	58	56
Jenar – Montelan	65	56
Montelan – Kutoarjo	73	56

(Sumber : Analisis Kapasitas Lintas dan Waktu Tempuh Perjalanan Kereta Api pada DAOP VI dengan Penerapan Jalur Rel Ganda Parsial, Aris M dan Nur Elifah, 1999)

Tabel 1.3 menunjukkan bahwa nilai kapasitas lintas per seksi pada seksi-seksi sepanjang koridor Solo Balapan – Lempuyangan dan koridor Rewulu – Wates sudah tidak mampu melayani secara kuantitatif frekuensi KA yang melintasinya. Ketidakmampuan suatu seksi melayani frekuensi KA akan menyebabkan terjadinya permasalahan yang berkaitan dengan sistem operasional KA, misalnya sering terjadi persilangan. Fenomena tersebut merupakan konsep dasar yang melatarbelakangi perlunya dibangun jalur ganda parsial (*Partly Double Track*) di DAOP VI Yogyakarta pada seksi-seksi sepanjang koridor Solo Balapan – Lempuyangan dan koridor Rewulu – Wates.

Tugas akhir ini juga sebagai pelengkap dari penelitian-penelitian sebelumnya. Yaitu oleh Aris Munandar dan Nur Elifah mengenai kapasitas lintas dan waktu tempuh kereta api pada daerah operasi VI, serta Heri G. H dan Mercy Sandra mengenai tingkat kelayakan dari pembangunan rel ganda parsial pada DAOP VI.



---

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mendisain konstruksi dan geometri jalan kereta api jalur ganda pada DAOP VI pada koridor Solo Balapan – Yogyakarta Tugu sesuai dengan Peraturan Konstruksi Jalan Rel Indonesia 1986.

## 1.3 Manfaat

Transportasi mempunyai hubungan yang sangat erat dengan gaya hidup, jangkauan dan lokasi aktivitas produksi dan hiburan, barang-barang serta pelayanan yang tersedia untuk dikonsumsi . Dengan dibangunnya *Partly Double Track* pada DAOP VI diharapkan transportasi yang ada akan memberikan pengaruh langsung, yaitu sebagai referensi bagi PT. KAI (Persero) dalam mendisain jalur rel ganda parsial.

## 1.4 Perumusan Masalah

Dengan semakin meningkatnya kebutuhan manusia dalam memenuhi ~~kebutuhan hidupnya maka manusia tersebut memerlukan alat transportasi yang~~ dapat menunjang kebutuhannya tersebut. Di dalam hal ini alat transportasi kereta api lebih cepat dibandingkan alat transportasi darat dalam jarak tertentu dan waktu tertentu. Melihat dari hal tersebut diatas maka jalur yang sudah ada yaitu *Single Track* dapat diganti dengan *Partly Double Track* sesuai dengan perhitungan pada perencanaan konstruksi dan desain jalan rel, karena pertumbuhan jumlah penduduk yang meningkat sesuai dengan kebutuhan yang meningkat pula.

---

## 1.5 Batasan Masalah

---

Perencanaan konstruksi dan geometrik jalan kereta api pada DAOP VI ini mempunyai lingkup sebagai berikut :

1. Daerah yang ditinjau adalah DAOP VI yaitu dari Solo Balapan sampai dengan Yogyakarta.
  2. Perencanaan *Partly Double Track* disesuaikan dengan *Single Track* yang sudah ada.
  3. Perencanaan drainasi disesuaikan dengan drainasi yang sudah ada.
  4. Merencanakan konstruksi jalan rel berdasarkan Peraturan Konstruksi Jalan Rel Indonesia 1986 dan Peraturan Dinas No. 10
  5. Konstruksi dan desain jalan kereta api pada daerah emplasemen stasiun tidak diperhitungkan.
  6. Beban gandar yang digunakan adalah 18 ton.
  7. Perencanaan alinemen horisontal, alinemen vertikal dan disain konstruksi menggunakan data dari PT. KAI (Persero).
- 
8. Tidak dilakukan pengecekan hasil disain konstruksi di lapangan.

## 1.6 Metode Pembahasan

Analisis yang dilakukan meliputi aspek perencanaan konstruksi dan disain yang baru dengan dasar perencanaannya untuk jalur ganda (*Partly Double Track*). Dalam pelaksanaannya terdapat empat kegiatan utama yang akan dilaksanakan, meliputi :

- 
1. Pengumpulan data
  2. Survey lapangan
  3. Analisis data dan hasil survey lapangan
  4. Perhitungan *Partly Double Track* dengan data yang ada menggunakan Peraturan Konstruksi Jalan Rel Indonesia.

### 1.6.1 Pengumpulan Data

Sesuai dengan cakupan analisis, maka data yang dikumpulkan meliputi semua hal yang dibutuhkan dalam perencanaan tugas akhir ini dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Data Primer

Data Primer adalah data yang diperoleh dengan cara observasi secara visual terhadap kondisi di lapangan. Pengamatan secara visual dilakukan untuk mengamati faktor-faktor teknis yang berkaitan dengan penerapan jalur rel ganda parsial (*partly double track*) pada lintasan kritis yang telah direncanakan.

---

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dengan menginventarisasi data dari beberapa instansi yang terkait, antara lain PT. KAI Daerah Operasi VI, Badan Meterologi dan Fisika (BMG) , Badan Pusat Statistik ( BPS) dan lain sebagainya.

---

### **1.6.2 Survey Lapangan**

---

*Survey* lapangan merupakan tindak lanjut dari tahap pengumpulan data dengan tujuan untuk mengetahui secara langsung lintasan – lintasan kritis yaitu lintasan-lintasan yang mempunyai frekuensi kereta api perhari lebih besar atau sama dengan kapasitas lintasnya pada suatu seksi tertentu. Lintasan-lintasan kritis inilah yang selanjutnya akan dibangun jalur rel ganda parsial. Disamping itu target survey lapangan adalah agar diperoleh hipotesis-hipotesis yang berkaitan terhadap pelaksanaan pembangunan jalur rel ganda parsial.

### **1.6.3 Analisis Data**

Setelah langkah pengumpulan data dan survey lapangan dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis kondisi *existing* dengan memperhitungkan variabel-variabel yang ada di lapangan untuk mengetahui metode yang digunakan dalam penerapan alternatif yang sudah direncanakan oleh PT. KAI (Persero).

---

---

## **BAB II**

### **KETENTUAN UMUM**

#### **2.1 Sejarah Kereta Api**

Dalam sejarah perkeretapiian, jalur-jalur jalan di Indonesia dibuat pada masa pemerintahan penjajahan Belanda yaitu berkisar tahun 1880.

Rel-rel yang ada sekarang sudah ada sekitar 100 tahun, diantara jalan rel tersebut ada yang sudah tidak berfungsi lagi karena biaya operasional yang sangat mahal, diantaranya lintas Semarang – Temanggung. Setelah tahun 1925 pembangunan jalan rel baru berhenti. Jalan kereta api yang dibuat tahun 1924 yaitu lintas antara Semarang – Gundih.

Pihak PT KAI (Persero) sekarang baru merencanakan lintas kereta api ganda antara stasiun Cirebon–Yogyakarta untuk memenuhi kebutuhan akan sarana angkutan pada masa yang akan datang. PT KAI (Persero) pada saat ini melaksanakan pembangunan rel ganda antara Cikampek – Cirebon dan yang saat ini masih dilaksanakan adalah jalur Purwakarta – Cikampek, dengan diselesaikannya lintas ini maka diharapkan dapat mendukung perkembangan di berbagai sektor pembangunan. Sedangkan untuk pembangunan jalan kereta api di luar Pulau Jawa lebih diutamakan untuk mengangkut barang hasil alam seperti batubara, yaitu di pulau Sumatra. Untuk pulau-pulau lainnya masih dalam perencanaan jangka panjang dari PT KAI (Persero).

---

## 2.2 Umum

---

### 2.2.1 Klasifikasi

Untuk mengklasifikasikan jalan kereta api didasarkan atas dua pertimbangan yaitu beban lalu-lintas dan kecepatan maksimum dari rangkaian kereta api yang akan dilayani. Dalam hal beban lalu-lintas masih rendah, tetapi untuk pelayanan angkutan penumpang kereta api dituntut dengan kecepatan yang tinggi, maka penggolongan kelas jalan kereta api akan ditentukan oleh kecepatan maksimum. Selain untuk perencanaan, klasifikasi jalan kereta api dipakai untuk menentukan siklus perawatan menyeluruh.

### 2.2.2 Kecepatan rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang ditentukan untuk merencanakan dan mengkorelasikan semua bentuk-bentuk fisik dari suatu jalan kereta api yang mempengaruhi jalannya kereta api.

Sebagai dasar suatu perencanaan trase dan konstruksi jalan kereta api, kecepatan rencana akan ditentukan terlebih dahulu. Dengan kecepatan rencana, akan dipilih trase, konstruksi jalan kereta api sesuai dengan kapasitas kecepatan kereta api yang akan dilayani. Kecepatan rencana yang telah ditentukan tidak boleh dilampaui batas kecepatannya oleh kereta api yang akan dilayani.

Untuk memberikan nilai optimum didalam perencanaan jalan kereta api, kecepatan rencana diambil dari kecepatan operasi kereta api yang dilayani, dengan kecepatan operasi ini disesuaikan dengan keadaan medan, kelandaian, jarak tempuh, jenis barang yang akan diangkut, jenis lokomotif yang akan dilayani.

Perhitungan kecepatan rencana terdiri dari dua bagian yaitu :

1. Untuk perencanaan struktur jalan rel :

$$V_{rencana} = 1,25.V_{max} \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Untuk perencanaan peninggian rel :

$$V_{rencana} = 1,25 \left( \frac{\sum Ni.Vi}{\sum Ni} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan :  $Ni$  = Jumlah KA yang lewat

$Vi$  = kecepatan operasi

### 2.2.3 Kecepatan Maksimum

Kecepatan maksimum dapat dipakai untuk mengejar kelambatan-kelambatan yang disebabkan oleh adanya gangguan-gangguan di perjalanan.

Tabel 2.1 Kecepatan maksimum

Kelas Jalan Rel	Kecepatan Maks (Km/Jam)
I	120
II	110
III	100
IV	90
V	80

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

### 2.2.4 Kecepatan Operasi

Adalah kecepatan yang dipergunakan sebagai kecepatan standar pada setiap pengoperasian kereta api. Kecepatan inilah nantinya yang akan dijual kepada konsumen pengguna moda transportasi jalan rel, dan berfungsi sebagai salah satu kelebihan jalan rel dibandingkan moda transportasi lainnya.

### 2.2.5 Beban Lintas (*Passing Tonages*)

Beban lintas adalah jumlah angkutan anggapan yang melewati suatu lintas dalam jangka waktu satu tahun. Beban lintas mencerminkan jenis serta jumlah beban total dan kecepatan angkutan yang lewat di lintas yang bersangkutan. Beban lintas disebut beban T dengan satuan ton/tahun.

Untuk menentukan beban lintas dihitung dengan persamaan :

$$T = 360 \cdot S \cdot TE \dots\dots\dots(2.3)$$

$$TE = T_p + K_b \cdot T_b + K_l \cdot T_l \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan :

T = beban lintas (ton/tahun)

TE = tonase ekivalen (ton/hari)

T<sub>p</sub> = tonase kereta penumpang dan kereta harian

T<sub>b</sub> = tonase barang dan gerbong harian

T<sub>l</sub> = tonase lokomotif harian

S = koefisien yang besarnya tergantung kepada kualitas lintas

S = 1,1 untuk lintas dengan kereta penumpang yang berkecepatan maksimum 120 km/jam

S = 1,0 untuk lintas tanpa kereta penumpang.

K<sub>b</sub> = 1,5 untuk beban gandar < 18 ton

K<sub>b</sub> = 1,3 untuk beban gandar ≥ 18 ton

K<sub>l</sub> = koefisien yang besarnya 1,4



### 2.2.6 Beban gandar

Beban Gandar adalah beban yang diterima oleh jalur kereta api dari satu gandar. Untuk semua kelas beban gandar maksimum adalah 18 ton.

Perencanaan didasarkan kepada satu macam beban gandar ( 18 ton ) dengan maksud agar :

1. Perpindahan kereta, terutama kereta penumpang, dari satu sepur ke sepur lain yang kelasnya lebih rendah dapat dilakukan tanpa harus membongkar muatan (untuk mengurangi beban gandar) lebih dahulu.
2. Semua lokomotif dapat dipakai disemua sepur yang kelasnya berbeda-beda.

Dengan demikian diharapkan dapat dicapai efisiensi dalam operasi, karena tidak akan ada waktu terbuang untuk mengganti lokomotif atau bongkar muat barang, sehingga perpindahan dari satu sepur ke sepur lain dapat lebih cepat.

Tabel 2.2 Kelas jalan Rel

kelas jalan	Beban lintas (ton/tahun)	V mak (km/jam)	P gandar ton	Tipe Rel	Jenis bantalan Jarak (mm)	Jenis penambat	Tebal lapis atas (cm)	Lebar bahu balas (cm)
I	$>20 \cdot 10^6$	120	18	R.60/R.54	PC	EG	30	50
II	$10 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^6$	110	18	R.54/R.50	600 Pc/Kayu	EG	30	50
III	$5 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	600 PC/Kayu/Baja	EG	30	40
IV	$2,5 \cdot 10^6 - 5 \cdot 10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	600 PC/Kayu/Baja	EG/ET	25	40
V	$<2,5 \cdot 10^6$	80	18	R.42	600 Kayu/Baja	ET	25	35

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

EG = elastik ganda

ET = elastik tunggal

**BAB III**  
**GEOMETRI JALAN REL**

**3.1 Umum**

Geometri jalan rel direncanakan berdasar pada kecepatan rencana serta ukuran-ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan dan keserasian dengan lingkungan sekitarnya.

**3.2 Lengkung Horisontal**

Alinemen horisontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horisontal, terdiri dari garis lurus (daerah tangen) dan tikungan (daerah lengkungan).

a. Lengkung Lingkaran

~~Dua bagian lurus, yang perpanjangan saling membentuk sudut harus~~ dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung-lengkung peralihan. Untuk berbagai kecepatan rencana, besar jari-jari minimum yang diijinkan, dihitung dengan rumus :

$$R_{min} = 0,054 \cdot V^2 \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan :  $R_{min}$  = jari-jari lengkung horisontal (m)

$V$  = kecepatan rencana (km/jam)

Tabel 3.1 Hubungan antara V rencana dengan R ijin

Kecept. Rencana (Km/Jam)	R min. lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan (m)	R min. lengkung lingkaran dengan lengkung peralihan (m)
120	2370	780
110	1990	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

#### b. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah suatu lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus dan bagian lingkaran dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda. Lengkung peralihan dipergunakan pada jari-jari tikungan yang relatif kecil.

Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus berikut :

$$L_h = 0,01 \cdot c \cdot V \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan :  $L_h$  = panjang minimum lengkung peralihan (m)

$c$  = ketinggian relatif antara dua bagian yang dihubungkan  
(mm)

$V$  = kecepatan rencana (km/jam)

### c. Lengkung Spiral ( S )

Lengkung spiral terjadi bila dua tikungan dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak berdekatan. Antara kedua tikungan yang berbeda arah ini harus, ada bagian lurus sepanjang paling sedikit 20 meter.

### 3.3 Lengkung Vertikal

Alinemen vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut, alinemen vertikal terdiri dari garis lurus dengan atau tanpa kelandaian, dan lengkung vertikal yang berupa busur lingkaran.

Besar jari-jari minimum dari lengkung vertikal tergantung pada besar kecepatan rencana dan adalah seperti tercantum dalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 Jari-jari minimum lengkung vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari-jari minimum Lengkung vertikal (m)
> 100	8000
≤ 100	6000

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

Panjang lengkung vertikal berupa busur lingkaran yang menghubungkan kedua kelandaian lintas yang berbeda, ditentukan berdasarkan besarnya jari-jari lengkung vertikal, perbedaan kelandaian dihitung berdasarkan rumus :

$$L = i \cdot R \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan : L = panjang lengkung vertikal (m)

i = kelandaian (‰)

R = jari-jari kelengkungan (m)

Persamaan panjang busur lengkung vertikal berupa parabola :

$$Y = \frac{x^2}{2R} \dots\dots\dots(3.4)$$

### 3.4 Landai Penentu

Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Besar landai penentu terutama berpengaruh pada kombinasi daya tarik lokomotif dan rangkaian yang dioperasikan. Untuk masing-masing kelas jalan rel, besar landai penentu adalah seperti tercantum dalam tabel 3.3 berikut :

Tabel 3.3 Besar landai Penentu Maksimum

Kelas Jalan rel	Besar Landai Penentu
1	10 ‰
2	10 ‰
3	20 ‰
4	23 ‰
5	25 ‰

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

Sedangkan bila didasarkan pada kelandaian dari sumbu dan rel dapat dibedakan menjadi empat kelompok :

Tabel 3.4 Pengelompokkan lintas berdasar pada kelandaian

Kelompok	Kelandaian
Lintas datar	0 ‰ sampai dengan 10 ‰
Lintas pegunungan	10 ‰ sampai dengan 40 ‰
Lintas dengan rel gigi	40 ‰ sampai dengan 80 ‰

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

Untuk emplasemen kelandaianya adalah 0 sampai 1,5 ‰.

### 3.5 Landai Curam

Dalam keadaan yang memaksa kelandaian (pendakian) dari lintas lurus dapat melebihi landai penentu. Kelandaian ini disebut landai curam, panjang maksimum landai curam dapat ditentukan melalui rumus pendekatan sebagai berikut :

$$l = \frac{Va^2 - Vb^2}{2g \cdot (S_k - S_m)} \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan :  $l$  = panjang maksimum landai (m)

$V_a$  = kecepatan yang diijinkan di kaki landai curam (m/det)

$V_b$  = kecepatan terkecil yang dapat diterima di puncak landai curam (m/det),  $V_b \geq \frac{1}{2} V_a$

$g$  = percepatan gravitasi

$S_k$  = besar landai curam (‰)

$S_m$  = besar landai penentu (‰)

### 3.6 Perlintasan Sebidang

Pada perlintasan sebidang jalan rel dan jalan raya harus tersedia jarak pandang bebas yang memadai bagi kedua pihak, terutama bagi pengendara kendaraan. Daerah pandan bebas pada perlintasan merupakan daerah pandangan segitiga dengan jarak-jaraknya ditentukan berdasarkan pada kecepatan rencana kedua belah pihak. Daerah pandangan segitiga harus bebas dari benda-benda penghalang setinggi 1,25 m atau lebih.

Pengemudi kendaraan dapat melihat kereta api yang mendekat sedemikian rupa sehingga kendaraan dapat menyeberangi perlintasan sebelum kereta api tiba. Selain itu pengemudi kendaraan harus dapat melihat kereta api yang mendekat sedemikian rupa sehingga kendaraan dapat dihentikan sebelum memasuki daerah perlintasan.

Daerah segitiga mempunyai dua komponen utama, yaitu jarak pandang  $d_H$  sepanjang jalan raya dan jarak pandang  $d_T$  sepanjang jalan rel. Untuk kedua kejadian tersebut, jarak pandang dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$d_H = 1,1 \cdot (1,4667 \cdot V_T \cdot t + \frac{V_V^2}{30f} + D + de) \dots\dots\dots(3.6)$$

penambahan 10 % jarak pandangan bebas digunakan untuk faktor keamanan

$$d_T = \frac{V_T}{V_V} (1,667 \cdot V_V \cdot t + \frac{V_V^2}{30f} + 2D + L + W) \dots\dots\dots(3.7)$$

dengan :

$d_H$  = jarak pandangan sepanjang jalan raya yang memungkinkan suatu kendaraan dengan kecepatan  $V_V$  menyeberang lintasan dengan selamat,

meskipun sebuah kereta api tampak mendekat pada jarak  $d_T$  dari perlintasan. Atau memungkinkan kendaraan bersangkutan berhenti sebelum daerah perlintasan (feet)

$d_T$  = jarak pandang sepanjang jalan rel, untuk memungkinkan pergerakan yang dijelaskan pada  $d_H$  (feet)

$V_V$  = kecepatan kendaraan (mil/jam)

$V_T$  = kecepatan kereta api

$t$  = waktu reaksi, diambil sekitar 2,5 detik

$f$  = koefisien geser (lihat tabel 3.5)

$D$  = jarak dari garis henti, atau ujung depan kendaraan ke rel terdekat.

Diambil sekitar 15 feet.

$d_e$  = jarak pengemudi ke ujung depan kendaraan. Diambil sekitar 10 feet

$L$  = panjang kendaraan (feet)

$W$  = jarak antara rel terluar (feet)

Hasil perhitungan untuk  $d_H$  dan  $d_T$  di konversikan ke satuan meter

Besaran yang diambil terdapat dalam tabel dibawah ini :

Tabel 3.5 Hubungan antara Kecepatan dengan Koefisien geser pada jalan

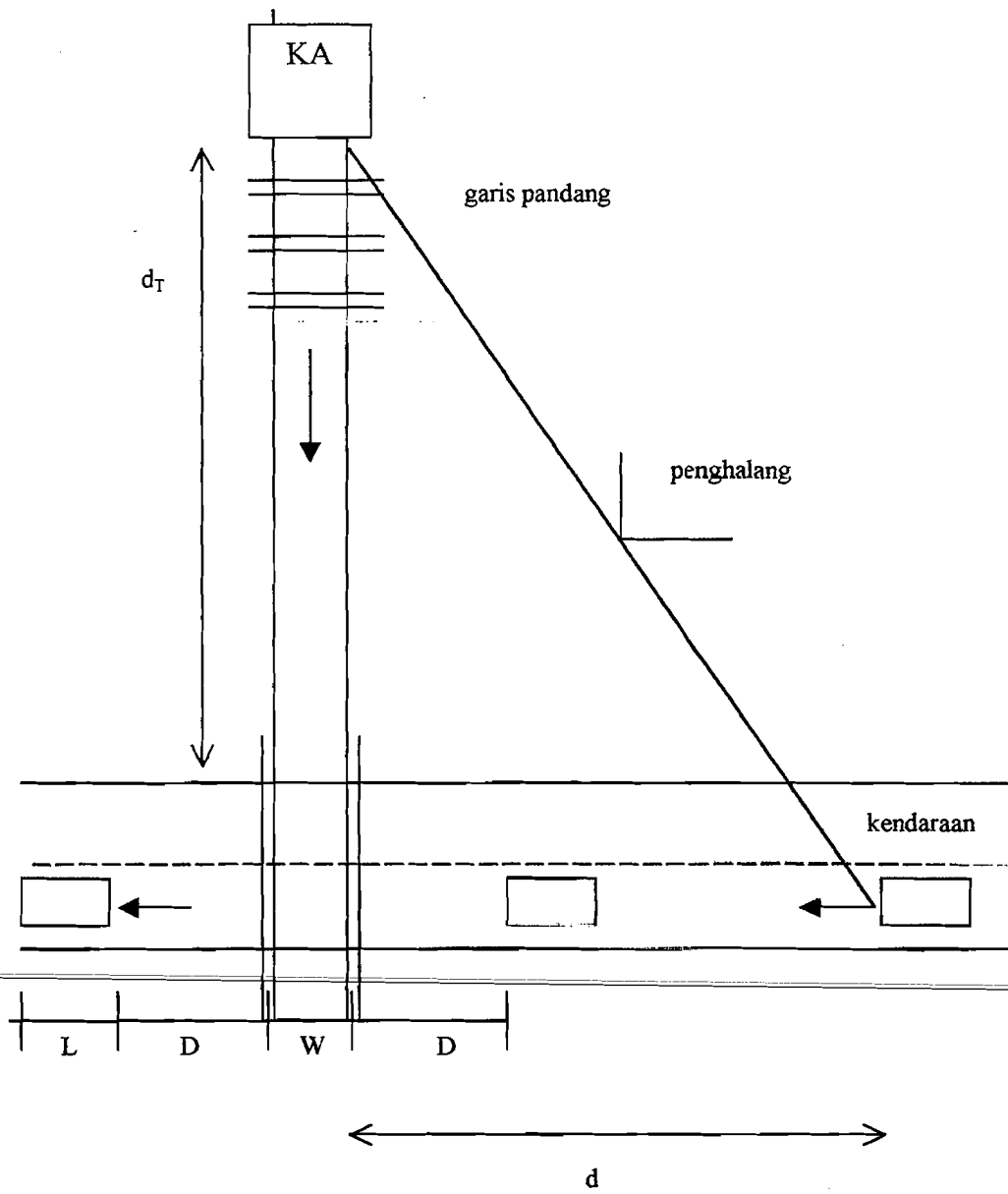
Kecepatan (Km/Jam)	20	40	60	80	90	100	110	120
Kec. (mil/jam)	12,43	24,00	37,28	49,71	55,92	62,14	68,35	74,57
Koef. Geser pada jalan	0,40	0,38	0,32	0,30	-	0,29	-	0,28

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

Penjelasan dari perhitungan perlintasan sebidang dapat dilihat pada gambar 3.1 yaitu gambar Jarak Pandang yang terdapat pada halaman 22.

Lebar perlintasan sebidang bagi jalan raya dalam keadaan pintu terbuka atau tanpa pintu minimal sama dengan lebar perkerasan jalan raya yang bersangkutan. Perlintasan sebidang dilengkapi dengan rel-rel paksa untuk menjamin tetap adanya alur untuk flens roda. Lebar alur adalah sebesar 40 mm dan harus selalu bersih dari benda/kotoran penghalang. Panjang rel paksa adalah 0,8 m di luar perlintasan dan dibengkokkan ke dalam agar tidak terjadi tumbukkan paksa di ujung rel. Sambungan rel di dalam perlintasan harus dihindari.





Gambar 3.1 Jarak Pandang  
(Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986)

---

### 3.7 Ruang Bebas

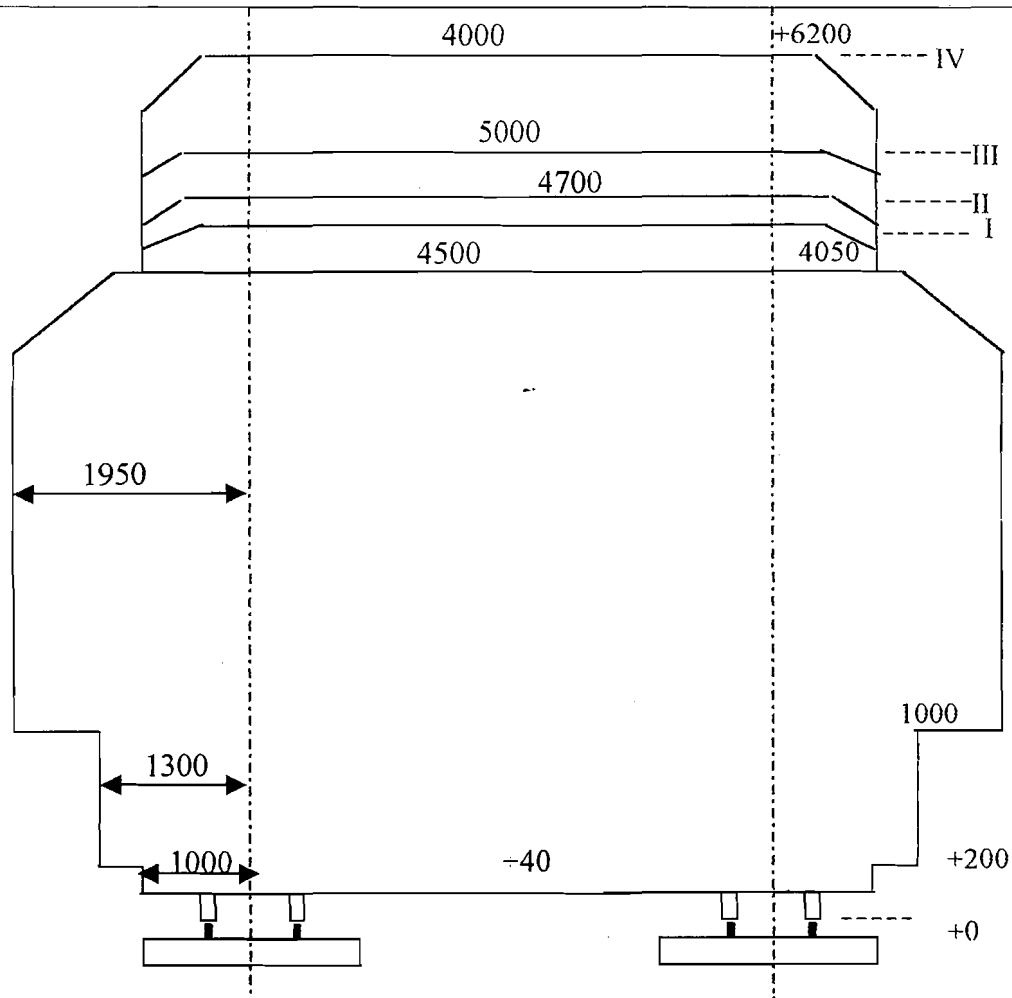
---

Ruang bebas adalah ruang di atas sepur yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang, ruang ini disediakan untuk melewati rangkaian kereta api. Untuk jalur ganda jarak antara sumbu-sumbu rel untuk jalur lurus dan lengkung sebesar 4,00 meter.

Pada lintas antara stasiun Solo Balapan – Yogya Tugu , jenis kereta yang akan dilayani antara lain gerbong penumpang, gerbong barang, gerbong peti kemas, dan gerbong tangki minyak.

Karena jenis gerbong yang akan dilayani bermacam-macam maka sebagai perencanaan ruang bebas di dasarkan pada ukuran gerbong peti kemas dengan standar ISO (“Standart Height”). Standar ini dipakai karena telah banyak negara yang menggungkannya dan cenderung untuk dipakai pada masa-masa yang akan datang. Gambar ruang bebas dapat dilihat pada gambar 3.2 pada halaman 24.

---



Gambar 3.2 Ruang Bebas

(Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA,1986)

Keterangan Gambar :

Batas I = + 4500 mm, untuk jembatan dengan kecepatan sampai 60 km/jam

Batas II = + 4700 mm, untuk viaduk lama dan terowongan dengan kecepatan sampai 60 km/jam dan untuk jembatan dengan kecepatan &gt; 60 km/jam

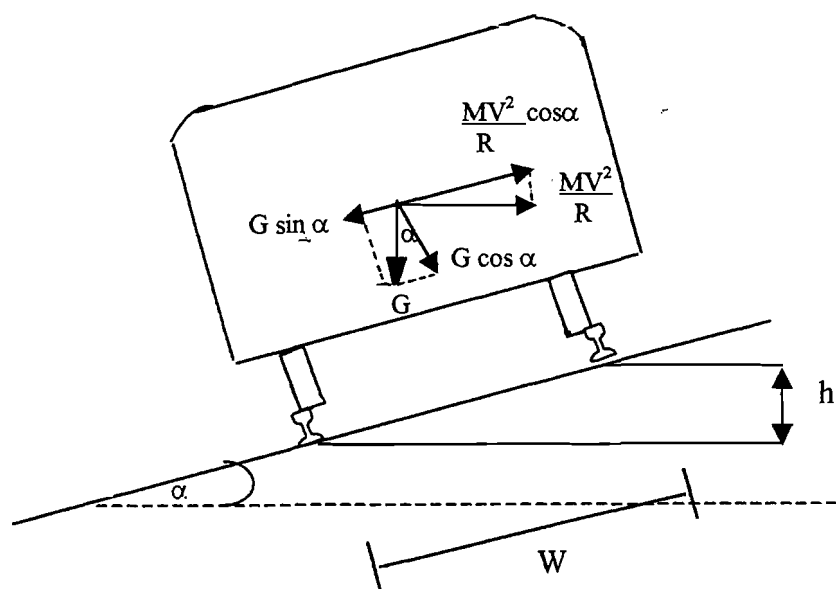
Batas III = + 5000 mm, untuk viaduk baru dan pekerjaan bangunan kecuali terowongan dan jembatan.

Batas IV = + 6200 mm, untuk lintas kereta listrik

### 3.8 Analisa Kenyamanan Perjalanan KA

Analisa ini dimaksudkan untuk menjaga agar penumpang dan barang yang dimuat oleh kereta aman dari gangguan akibat jalan kereta api. Analisa perjalanan ini meliputi, tinjauan terhadap bahaya penggulingan gaya ke arah luar jalur rel pada KA.

#### a. Tinjauan terhadap Bahaya Gulingan



Gambar 3.3 Gaya yang terjadi pada tikungan.

(Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986)

Keterangan Gambar :

$m$  = massa kereta (Ton)

$G$  = Berat gerbong (Ton)

$h$  = peninggian rel (mm)

$V$  = kecepatan KA (m/det)

$R$  = jari-jari tikungan (m)

$\alpha$  = sudut kemiringan sepur/rel ( $^{\circ}$ )

$W$  = lebar sepur (1067 mm)

$$h_{mak} = 5,94 \cdot \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(3.8)$$

- Gaya guling akibat tikungan ( H )

$$H = \frac{m.V^2}{R} - \frac{h.g}{w} \cdot G \dots\dots\dots(3.9)$$

- Gaya guling akibat tikungan ijin ( Hi )

$$H_i = a \cdot G \dots\dots\dots(3.10)$$

- Syarat aman  $H < H_i$

b. Tinjauan Terhadap pelemparan gaya ke luar sepur,  $a = 5 \%$ , dari berat KA

$$H_i = 5\% \cdot G \dots\dots\dots(3.11)$$

- Kenyamanan di dalam gerbong :

$$H_g = \frac{m.V^2}{R} - \frac{h.g}{w} \cdot G \dots\dots\dots(3.12)$$

- syarat aman  $H_g < H_i$

### 3.9 Daya Tarik KA di lintasan

Untuk dapat memenuhi kelayakan operasi KA, maka trase jalan KA harus ditinjau dari kemampuannya dalam melayani perjalanan KA. Keadaan ini akan mempengaruhi kemampuan KA dalam menentukan kapasitas maupun kualitas perjalanan KA. Untuk mencapai hal ini perlu ditinjau keadaan sebagai berikut :

a. Kekuatan lokomotif

$$Tr = \frac{8.270 \cdot N}{V} \dots\dots\dots(3.13)$$

dengan :  $\delta =$  angka redam ( 0,8)

$V =$  kecepatan KA

$N =$  tenaga redaman

b. Perlawanan lokomotif itu sendiri (  $W_1$  )

$$W_1 = C_1.C_2.G_1 + C_3.F.\left(\frac{V}{10}\right)^2 \dots\dots\dots(3.14)$$

dengan :

$W_1 =$  perlawanan total dari lokomotif (kg)

$G_1 =$  Berat siap dari lokomotif (kg)

$F =$  Luas penampang dari badan lokomotif (m<sup>2</sup>)

$V =$  kecepatan rencana KA (km/jam)

$C_1 = 1 \rightarrow$  untuk bahan yang terpelihara dengan baik

$C_2 = 2,5 - 3,5 \rightarrow$  untuk perbandingan-perbandingan konstanta

yang Normal

$C_3 = 0,5 - 0,7 \rightarrow$  angka konstanta yang mempengaruhi besarnya

perlawanan angin dan tergantung pada bentuk badan

lokomotif, yaitu konvensional, setengah licin dan licin

sempurna (bentuk arus).

Pada tahun 1956 s/d 1958, diadakan "rolling test" yang menghasilkan

rumus empiris untuk perlawanan lokomotif sebagai berikut :

$$W_1 = 1.2,65.G_1 + 0,54.F.\left(\frac{V}{10}\right)^2 \dots\dots\dots(3.15)$$

---

c. Perlawanan akibat lengkung ( $w_l$ )

---

Perlawanan akibat tikungan dengan jari-jari ( $R$ ) dirumuskan :

$$W_l = Gr.W_{spec} (kg) \dots\dots\dots(3.16)$$

dengan :

$W_l$  = Perlawanan tikungan/lengkung

$Gr$  = Berat total dari seluruh rangkaian KA

$W_{spec}$  = Besarnya tergantung spesifikasi menurut formula dari “Hamelinks”, untuk lebar sepur 1067 mm adalah :

$$W_{spec} = \frac{450}{R - 50} \dots\dots\dots(3.17)$$

d. Perlawanan akibat tanjakan ( $W_i$ )

Besarnya perlawanan akibat tanjakan ditentukan dengan persamaan :

$$W_i = G.i \dots\dots\dots(3.18)$$

dengan :

$W_i$  = perlawanan akibat tanjakan (kg)

$i$  = landai daerah tanjakan (%)

$G$  = berat KA (kg)

e. Perlawanan total ( $W_{tot}$ )

$$W_{tot} = W_1 + W_l + W_i \dots\dots\dots(3.19)$$

Jadi besarnya daya tarik lokomotif ( $T_k$ ) adalah :

$$T_k = T_r - W_{tot} \dots\dots\dots(3.20)$$

Daya tarik lokomotif tergantung pada jenis dan spesifikasi dari pabrik pembuatnya. Berikut ini daftar lokomotif yang dioperasikan oleh Perumka di Indonesia.

Tabel 3.6 Spesifikasi Lokomotif

No	Tipe	Bahan Bakar	Berat Siap	Tekanan gandar	Kecepatan Mak (km/jam)	Tenaga Tarik (HP)
1	BB.200	HSD	75,60	12,40	120	875
2	BB.201	HSD	78,00	13,00	120	1425
3	BB.202	HSD	44,00	11,00	100	1000
4	BB.203	HSD	78,00	13,40	120	1300
5	BB.300	HSD	36,00	9,00	75	680
6	BB.301	HSD	52,00	13,00	120	1500
7	BB.302	HSD	66,00	11,00	90	1000
8	BB.303	HSD	52,00	10,70	90	1000
9	BB.304	HSD	72,00	13,00	120	1500
10	CC.200	HSD	72,00	12,00	90	1600
11	CC.201	HSD	81,00	13,58	120	1950
12	D.300	HSD	51,00	8,50	50	340
13	D.301	HSD	12,00	7,00	50	340

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986



---

---

## BAB IV

### KONSTRUKSI JALAN KERETA API

#### 4.1 Umum

Untuk dapat memenuhi kriteria jalan kereta api yang baik, nyaman, dan ekonomis, maka konstruksi jalan kereta api perlu direncanakan dengan sangat teliti dan memenuhi keadaan daerah sekitar trase. Dalam perencanaan jalan kereta api perencana perlu memperhatikan beberapa komponen yang sangat penting diantaranya adalah keausan kepala rel, pertambahan panjang rel akibat perbedaan suhu, sambungan rel, wesel, penambat rel, bantalan, lapisan balas dan tubuh jalan rel.

Dalam pembangunan jalan rel dikenal dua macam rel yaitu :

a. Rel untuk jalan rel

Menurut beratnya dibagi menjadi dua kelompok :

1. Rel berat yaitu rel yang beratnya  $\geq 30$  kg/m.
2. Rel ringan yaitu rel yang beratnya  $< 30$  kg/m.

b. Rel untuk *crane*.

### Data Teknis

Dalam perencanaan jalur ganda parsial Yogyakarta – Solo, data teknis untuk konstruksi jalan rel didapatkan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Teknis

No	Komponen	Jenis Yang Dipakai
1	Kecepatan maksimum	120 Km/jam
2	Beban gandar	18 ton
3	Daya angkut	> 20.10 <sup>6</sup> ton
4	Tipe rel	R-54
5	Panjang rel standart	25 meter
6	Jenis bantalan	Beton pra tekan
7	Jenis penambat	Elastik ganda
8	Lebar spoor	1067 mm
9	Sambungan rel	Melayang
10	Penempatan sambungan	Siku
11	Drainasi	Permukaan terbuka
12	Kelas jalan	Kelas I

Sumber : Hasil Perhitungan Penulis

#### 4.1.1 Kekuatan Rel

Lokomotif yang digunakan harus dapat menarik gerbong pada daerah lurus maupun pada landai maksimum. Kombinasi beban yang digunakan adalah beban maksimum kereta secara keseluruhan.

Dipakai persamaan :

$$Pd = P + ((0,01.P.(Vr - 5)) \dots\dots\dots(4.1)$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4.E.Ix}} \dots\dots\dots(4.2)$$

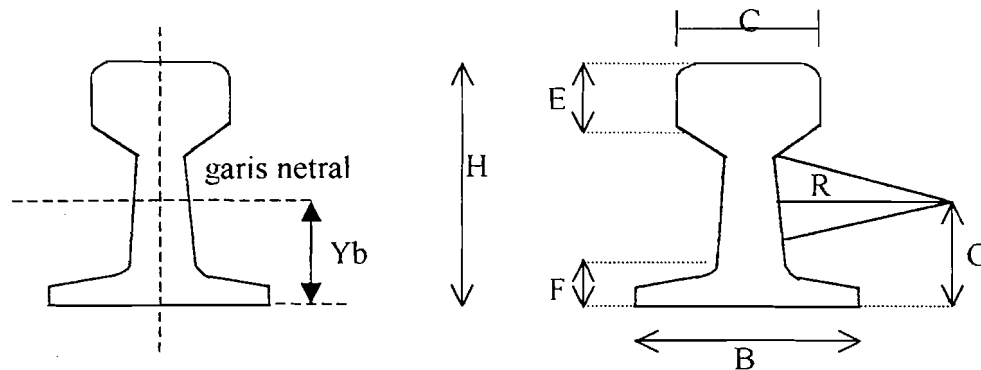
$$Mo = \frac{Pd}{4.\lambda} \dots\dots\dots(4.3)$$

$$\delta = \frac{M_1 \cdot Y}{I_x} \dots\dots\dots (4.4)$$

dengan :

- Pd = tekanan pada kepala rel
- P =  $\frac{1}{2}$  beban gandar (kg)
- k = modulus elastisitas jalan rel, diambil  $180 \text{ kg/cm}^2$
- E = modulus elastisitas rel, diambil  $2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- I<sub>x</sub> = inersia ( $\text{cm}^4$ )
- V<sub>r</sub> = kecepatan rencana (mil/jam)
- $\lambda$  = faktor amblas ( $\text{cm}^{-1}$ )
- M<sub>o</sub> = momen (kg-cm)
- M<sub>1</sub> =  $0,85 M_o$  akibat superposisi beberapagandar
- Y = jarak tepi bawah ke garis netral (cm)
- $\delta$  = tegangan ( $\text{kg/cm}^2$ )

### 4.1.2 Tipe dan Karakteristik Penampang



Gambar 4.1 Karakteristik Penampang rel  
(Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA,1986)

Tabel 4.2 Besaran geometri Rel dengan Tipe R.54

Besaran Geometri Rel	Satuan	Ukuran
H	mm	159
B	mm	140
C	mm	70
E	mm	49.4
F	mm	30.2
G	mm	74.97
R	mm	508
A	cm <sup>2</sup>	69.34
W	kg/m	54.43
I <sub>x</sub>	cm <sup>4</sup>	2.346
Yb	mm	76.20

A = luas Penampang  
 W = Berat rel per meter  
 I<sub>x</sub> = Momen inersia terhadap sumbu X  
 Yb = jarak tepi bawah rel ke garis netral

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA,1986

---

### Jenis rel menurut panjangnya :

---

a. Rel standar

Untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan penumpang dan barang, PT KAI (Persero) mulai merubah panjang rel standar dari 17 meter menjadi 25 meter, sehingga jumlah sambungan dapat dikurangi.

b. Rel pendek

Rel pendek dibuat dari beberapa rel standar yang dihubungkan dengan las tidak dikerjakan di balai yasa/depot. Batasan panjang untuk pengelasan di depot adalah kemudahan pengangkutan ke lapangan.

c. Rel panjang

Rel panjang dibuat dari beberapa rel standar yang dihubungkan dengan las di lapangan.

d. Rel menerus

Rel yang dibuat (dilas) hingga mencapai panjang sampai dengan 2.500 m

## 4.2 Sambungan Rel

---

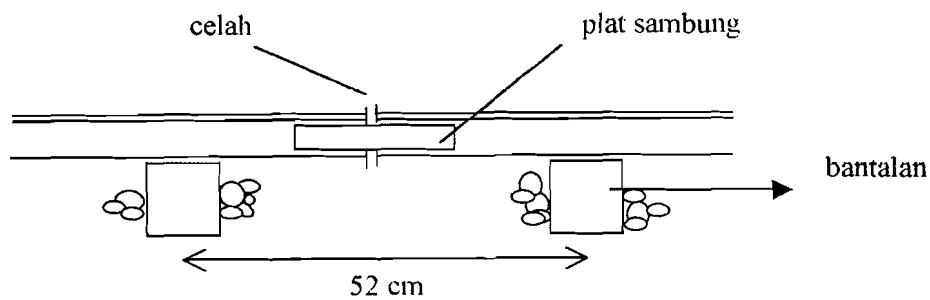
Sambungan rel adalah konstruksi yang mengikat dua ujung rel sedemikian rupa sehingga operasi kereta api tetap aman dan nyaman. Yang dimaksud sambungan rel disini adalah sambungan yang menggunakan pelat sambung, mur dan baut.

### 4.2.1 Macam Sambungan Rel

Sambungan ada dua macam yang dibedakan terhadap jenis bantalan yang dipakai, dua macam sambungan rel adalah :

a. Sambungan rel melayang

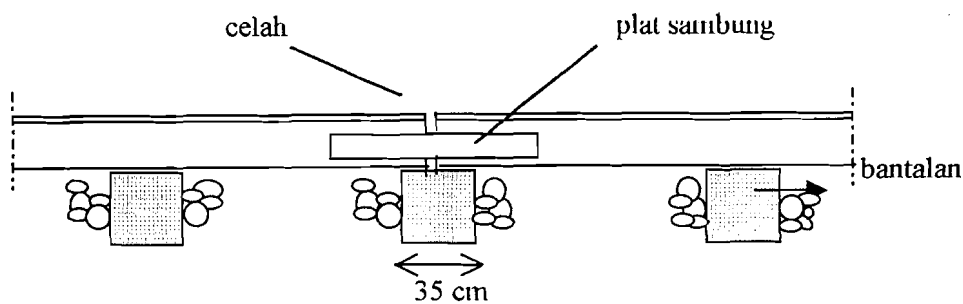
Bantalan yang biasa dipakai pada daerah sambungan adalah bantalan kayu ukuran  $13 \times 22 \times 200 \text{ cm}^3$ . Jarak antara kedua bantalan ujung sebesar 30 cm adalah jarak minimum yang diperlukan untuk pekerjaan memadatkan balas dibawah bantalan.



Gambar 4.2 Sambungan rel melayang  
(Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986)

b. Sambungan menumpu

Sambungan ini menggunakan bantalan dengan ukuran khusus yaitu  $13 \times 35 \times 200 \text{ cm}^3$ .

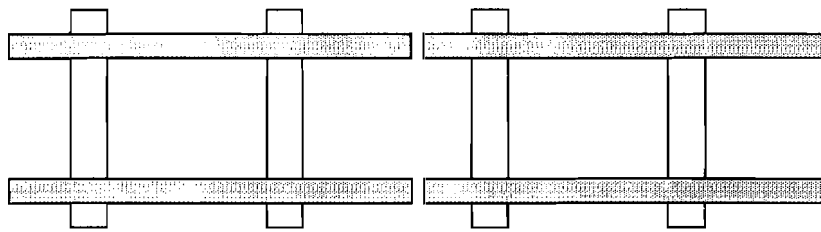


Gambar 4.3 Sambungan rel menumpu  
(Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986)

#### 4.2.2 Penempatan Sambungan rel

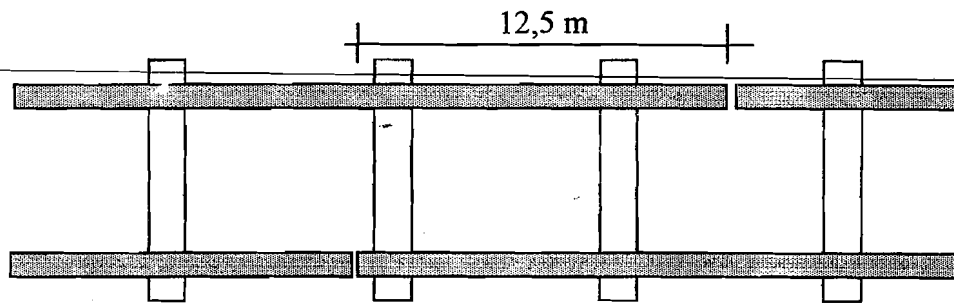
Berdasarkan cara penempatannya, sambungan rel dibedakan dua macam yaitu :

- a. Penempatan secara siku, dengan kedua sambungan berada pada satu garis yang tegak lurus terhadap sumbu sepur. Toleransi penyimpangan pada sambungan siku, maksimum 30 mm. Sambungan siku memungkinkan pemasangan rel dan bantalan dengan sistem panel. Pada suatu sistem ini penyetelan rel diatas bantalannya dilakukan diluar sepur, setelah rel dengan bantalan menjadi satu kesatuan kemudian diangkat dan diletakkan di tempatnya.



Gambar 4.4 Sambungan rel secara siku  
(Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986)

- b. Penempatan secara berselang, dengan kedua sambungan rel tidak berada pada satu garis yang tegak lurus terhadap sumbu sepur. Pada sambungan ini tidak ada masalah penyimpangan kedudukan seperti pada sambungan siku.



Gambar 4.5 Sambungan rel secara berselang  
(Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA),1986)

#### 4.2.3 Sambungan Rel di Jembatan

Untuk menempatkan sambungan rel pada daerah jembatan perlu diperhatikan syarat-syarat teknis sebagai berikut :

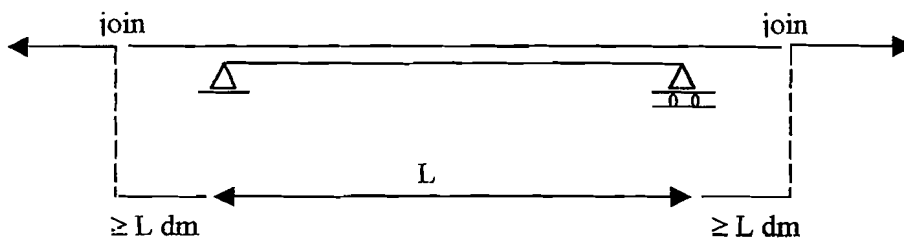
- a. Di dalam daerah bentang jembatan harus diusahakan agar tidak ada sambungan rel. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi beban dinamis pada struktur jembatan.
- b. Rel dengan bantalan sebagai suatu kesatuan harus dapat bergeser terhadap gelagar pemikulnya. Yang dimaksud dengan gelagar pemikul adalah bagian dari konstruksi jembatan dengan bantalan menumpu secara langsung. Hal ini dimaksudkan untuk membebaskan jembatan dari pembebanan sekunder akibat pemuaian rel.
- c. Jika digunakan rel standar atau rel pendek, jarak sambungan rel ke ujung jembatan minimal sama dengan tiga kali bantalannya.
- d. Jika digunakan rel panjang, jarak antara ujung jembatan dengan sambungan rel, minimal harus sama dengan panjang daerah muai rel itu. Panjang daerah muai untuk bermacam-macam rel tercantum pada tabel berikut.



Tabel 4.3 panjang daerah muai rel ( $L_{dm}$ )

Jenis bantalan	Tipe Rel			
	R . 42	R . 50	R . 54	R . 60
Bantalan Kayu	165 m	190 m	200 m	225 m
Bantalan Beton	100 m	115 m	125 m	140 m

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986



$L_{dm}$  = Panjang daerah muai

Gambar 4.6 Penempatan sambungan rel panjang pada jembatan

(Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986)

### 4.3 Celah

Rel terbuat dari bahan baja. Oleh karena sifat baja dapat memuai dan menyusut, akibat perubahan suhu pada sekelilingnya. Maka sambungan rel harus diperhatikan adanya celah untuk menampung perubahan panjang rel akibat perubahan suhu tersebut. Lebar celah dapat ditentukan dengan rumus :

- a. Untuk rel standar dan rel pendek

$$G = L \cdot \alpha \cdot (40 - t) + 2 \dots\dots\dots(4.5)$$

dengan : G = lebar celah (mm)

$\alpha$  = koefisien muai rel =  $1,2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

L = panjang rel (mm)

t = suhu terendah setempat ( $^\circ\text{C}$ )

Untuk keamanan dan kenyamanan agar ujung rel tidak lekas rusak maka

harga  $G < 16$  mm.

b. Rel Panjang

$$G = \frac{A.E.\alpha.t^2}{2.r} + 2 \dots\dots\dots (4.6)$$

dengan :  $G$  = Lebar celah (mm)

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$A = \text{Luas tampang rel (cm}^2\text{)}$$

$$\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = \text{perbedaan suhu setempat (}^\circ\text{C)}$$

$$r = \text{bantalan kayu} = 270 \text{ (kg/m)}$$

$$r = \text{bantalan beton} = 450 \text{ (kg/m)}$$

#### 4.4 Suhu pemasangan

Untuk rel standar dan rel pendek yang panjangnya 50 m ditentukan sebesar  $20^\circ$ , yaitu suhu terendah yang pernah diperoleh di daerah Semarang. Sedangkan untuk suhu tertinggi diambil suhu yang menghasilkan besar celah maksimum 16 mm.

Tabel 4.4 Batas suhu pemasangan rel standar dan rel pendek

Panjang Rel (m)	Suhu ( $^\circ\text{C}$ )	
	Min.	Mak.
75	20	44
50	20	42
75	26	40
100	30	40

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

Tabel 4.5 Batas Suhu Pemasangan Rel Panjang pada Bantalan Beton

Jenis rel	Suhu (°C)	
	Min.	Mak.
R. 42	22	46
R. 50	24	46
R. 54	24	46
R. 60	26	46

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

#### 4.5 Penambat rel

Penambat rel adalah suatu alat untuk menambatkan rel pada bantalan sedemikian rupa sehingga kedudukan rel adalah tetap kokoh dan tidak bergeser.

Alat penambat rel yang digunakan ada beberapa jenis, antara lain penambat kenyal dan penambat kaku. Alat penambat kaku terdiri dari tirepon, mur dan baut. Alat penambat kenyal terdiri dari dua jenis, yaitu penambat elastik tunggal yang terdiri dari pelat andas, pelat jepit, tirepon, mur dan baut. Alat penambat elastik ganda terdiri dari pelat andas, pelat jepit, alas rel, tirepon, mur dan baut.

Pada bantalan beton tidak diperlukan pelat andas, tetapi dalam hal ini tebal alas rel harus disesuaikan dengan kecepatan maksimum.

Penggunaan alat penambat kaku tidak boleh dipakai untuk semua kelas rel. Alat penambat elastik tunggal hanya dipergunakan pada jalan kelas 4 dan 5. Sedangkan alat penambat elastik ganda dapat dipakai pada semua kelas jalan rel, tetapi tidak dianjurkan untuk jalan rel kelas 5.

---

#### 4.6 Peninggian Rel

---

Pada tikungan, elevasi rel luar dapat lebih tinggi dari rel dalam untuk mengimbangi gaya lontar keluar yang dialami oleh rangkaian kereta api. Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi. Besar peninggian rel dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$h = 5,95 \cdot \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots (4.7)$$

dengan : h = ketinggian rel (mm)

V = kecepatan rencana (km/jam)

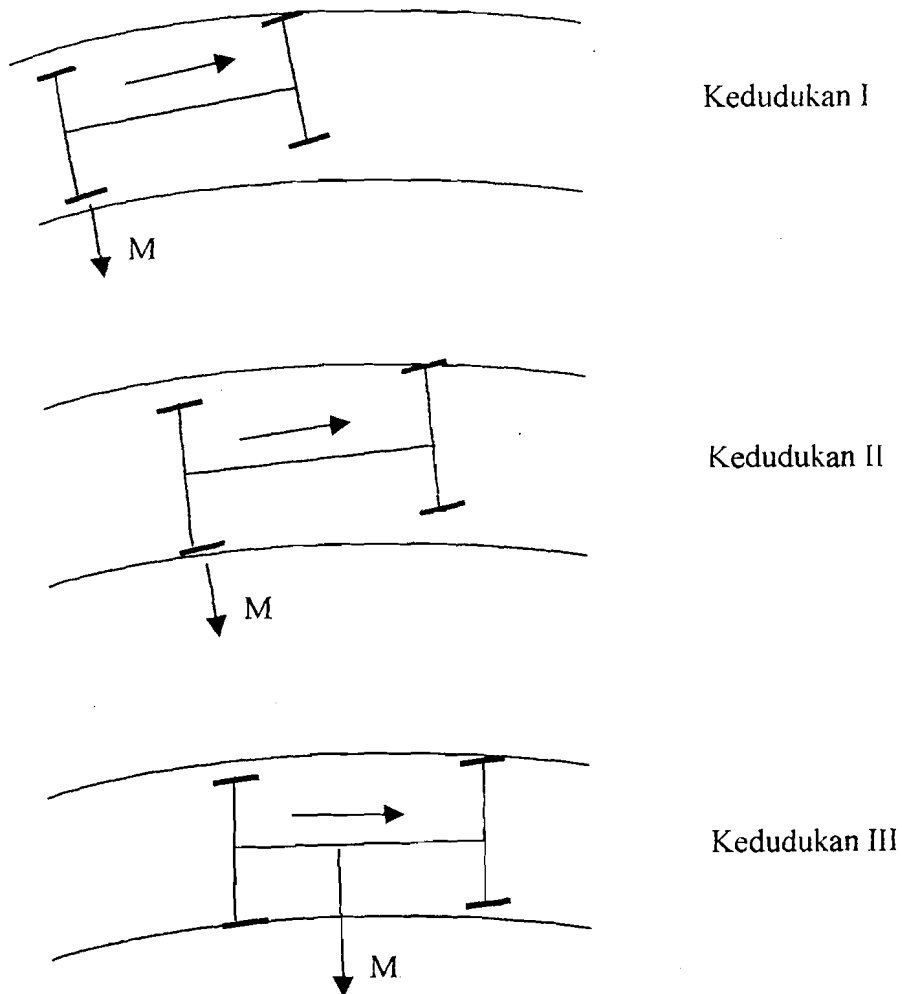
R = jari-jari (m)

Peninggian rel dicapai dan dihilangkan secara berangsur-angsur sepanjang lengkung peralihan. Untuk tikungan tanpa lengkung peralihan, peninggian rel dicapai secara berangsur-angsur tepat diluar lengkung lingkaran sepanjang suatu panjang peralihan.

---

#### 4.7 Pelebaran Sepur

Pada waktu gerbong/loko dengan roda teguh (*rigid wheel*) melalui suatu tikungan, roda sisi terluar (pada rel terluar) akan menekan rel. Karena gandar muka dan gandar belakang kereta api merupakan satu kesatuan, maka gandar belakang berada pada posisi yang sejajar dengan gandar muka. Hal ini memungkinkan tertekannya rel dalam oleh roda belakang. Keadaan ini dapat dijelaskan pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Kedudukan roda pada Saat Menikung

(Sumber : Perturan Dinas 10, PJKA,1986)

Keterangan Gambar :

- a. Kedudukan I  
Gandar depan menempel pada rel luar, sedangkan gandar belakang bebas diantara kedua rel.
- b. Kedudukan II  
Gandar depan mencapai rel luar, sedangkan gandar belakang menempel pada rel dalam akan tetapi tidak sampai menekan.
- c. Kedudukan III  
Gandar depan menempel pada rel luar, sedangkan gandar belakang menekan dan menempel pada rel dalam.

Untuk mengurangi gaya tekan akibat terjepitnya roda kereta (kedudukan III), maka perlu diadakan pelebaran sepur agar rel dan roda tidak cepat aus. Pelebaran sepur dilakukan agar roda rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami tekanan yang besar dengan menggeser rel dalam ke arah dalam.

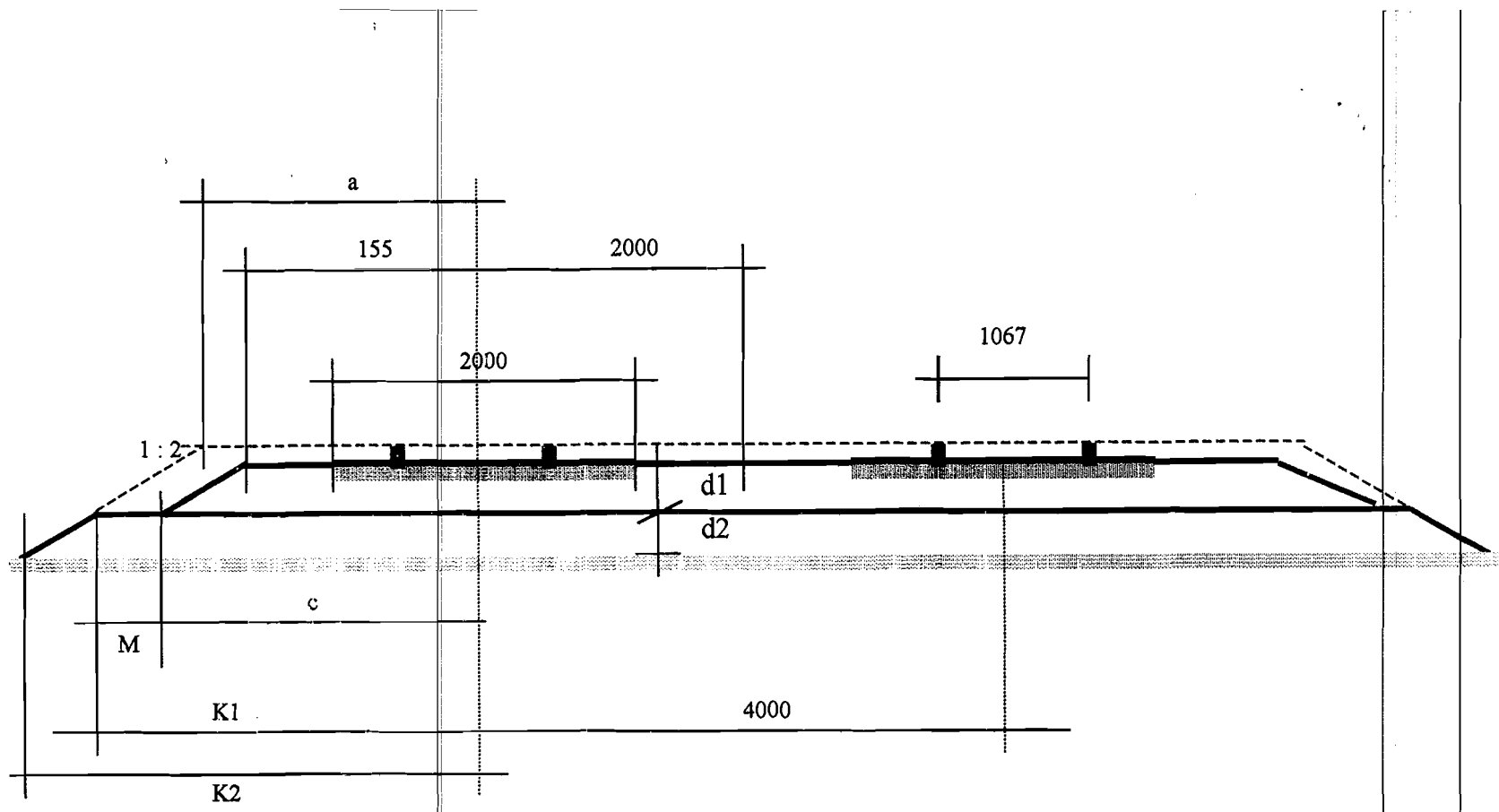
Tabel 4.6 Pelebaran Sepur

R Tikungan (m)	Pelebaran Sepur (mm)
$R > 600$	0
$550 \leq R < 600$	5
$400 \leq R < 550$	10
$350 \leq R < 400$	15
$100 \leq R < 350$	20

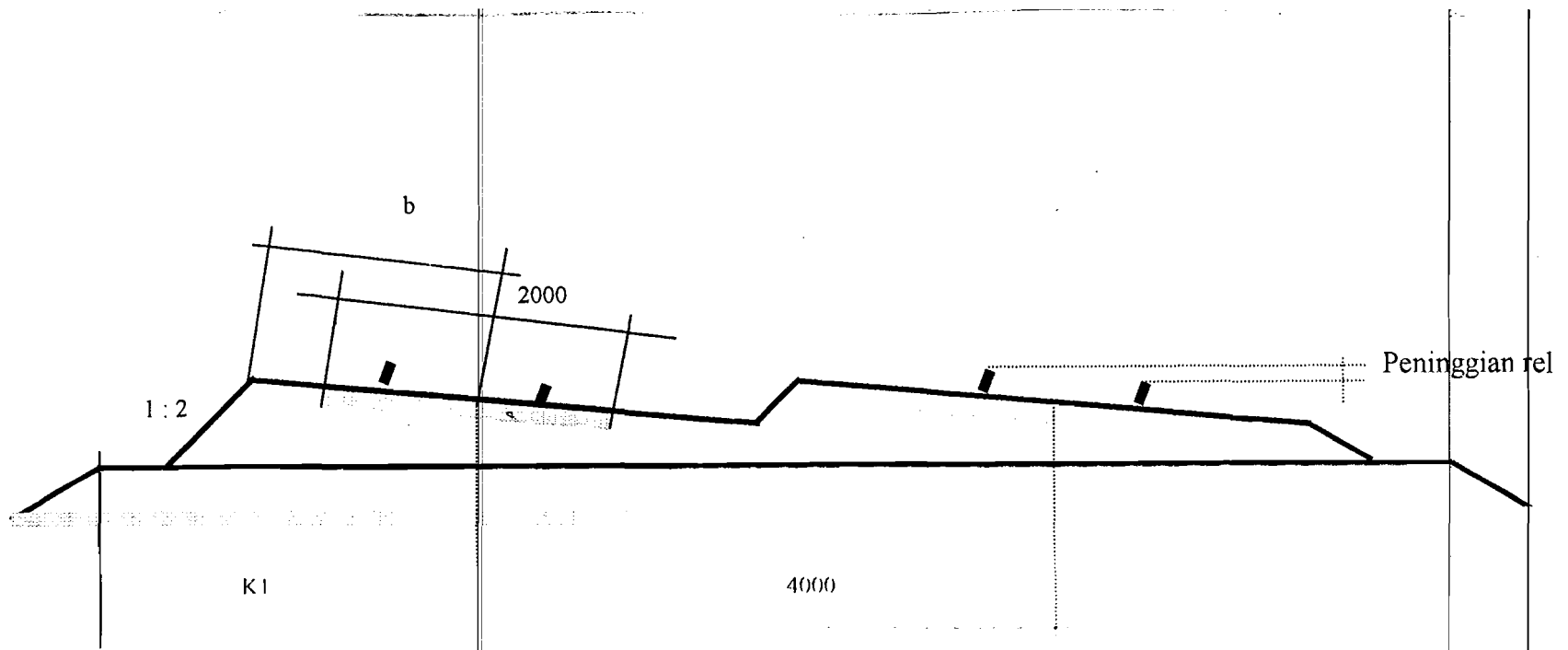
Sumber : Peraturan Dinas 10; P.JKA, 1986

#### 4.8 Ukuran Tubuh Jalan Rel

Secara umum di Peraturan Dinas No. 10, PT KAI, 1986, telah disebutkan ukuran-ukuran dari tubuh jalan rel. Tetapi ukuran-ukuran tersebut tidak bersifat mutlak, apabila dalam perhitungan perencanaan konstruksi ternyata hasil perhitungannya berbeda dengan yang tercantum di Peraturan Dinas 10, PT.KAI, 1986, maka ukuran-ukuran tersebut dapat diganti sesuai dengan hasil perencanaan.



Gambar 4.8 Penampang melintang jalan rel ganda pada jalur lurus



Gambar 4.9 Penampang melintang jalan rel ganda pada tikungan





Tabel 4.7 Penampang melintang jalan rel

Kelas Jalan	V Maks (Km/Jam)	d <sub>1</sub> (cm)	b (cm)	c (cm)	k <sub>1</sub> (cm)	d <sub>2</sub> (cm)	e (cm)	d <sub>2</sub> (cm)	a (cm)
I	120	30	150	225	265-315	15-50	25	275	185-237
II	110	30	150	225	265-315	15-50	25	375	185-237
III	100	30	140	205	240-270	15-25	20	300	170-190
IV	90	25	140	180	240-250	15-36	20	300	270-190
V	80	25	135	180	240-250	15-36	20	300	170-190

## 4.9 Bantalan

Rel-rel dipasang di atas bantalan-bantalan kayu atau di atas bantalan beton dan bantalan besi. Bantalan merupakan prasarana jalan rel yang berfungsi :

1. Untuk meneruskan tekanan-tekanan yang ditimbulkan oleh roda-roda kendaraan pada rel ke alas ballas.
2. Untuk menjamin kedudukan rel-rel supaya lebar sepur jalan baja itu tetap tidak berubah.
3. Untuk menjamin kokohnya kedudukan rel-rel di dalam alas ballas.

Bantalan-bantalan harus keras supaya kuat menahan tekanan-tekanan dan supaya dapat tahan lama. Bantalan dapat terbuat dari bahan kayu, baja ataupun beton. Pemilihan jenis bantalan yang akan dipergunakan di dasarkan pada kelas jalan rel yang sesuai dengan klasifikasi jalan rel di Indonesia.

Menurut klasifikasi jalan rel untuk jalan rel kelas I dengan kecepatan  $V = 120$  km/jam, maka jenis bantalan yang dipergunakan untuk konstruksi jalan rel adalah bantalan beton. Bantalan dapat terbuat dari kayu, baja ataupun beton.

Pemilihan didasarkan pada kelas yang sesuai dengan klasifikasi jalan rel Indonesia.

### 4.9.1 Bantalan Kayu

Bantalan kayu digunakan dalam jalan rel dikarenakan bahan tersebut mudah diperoleh di Indonesia dan mudah pula dibentuk. Yang perlu dilakukan adalah pengawetan harus merata dan sempurna.

Untuk memperpanjang umur bantalan, antara rel dan bantalan harus dipasang pelat andas. Geometri bantalan kayu yang dipakai pada saat ini, yaitu :

a. Bantalan jalur lurus : 200 x 22 x 13 cm( PT.KAI)

210 x 22 x 14 cm (JNR)

b. Bantalan Jembatan : 180 x 22 x 18 cm atau

180 x 22 x 24 cm

Adapun jenis kayu yang dapat dipakai adalah :

- a. Kayu besi
- b. Kayu jati
- c. Kayu yang digolongkan dalam PKKI, termasuk kelas I atau kelas II dan yang biasa dipakai oleh PT.KAI.

Bantalan kayu pada bagian tengah maupun bagian bawah rel, harus mampu menahan momen maksimum sebesar yang terlihat pada tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 4.7 Momen Maksimum pada Kelas Kayu

Kelas Kayu	Momen Maksimum (Kg.m)
I	800
II	530

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

#### 4.9.2 Bantalan Baja

Bantalan baja dipergunakan karena lebih ringan, sehingga memudahkan pengangkutan. Selain itu jika dilihat dari penampang melintangnya kurang baik karena stabilitas lateral dan axialnya didapat dari konstruksi cengkeramannya, karena berat sendiri yang kecil ( 47,1 kg) dan gesekan antara dasar bantalan dan balas juga kecil.

Bantalan terbuat dari bahan baja, gunanya adalah untuk menghindari retak-retak yang timbul (pasti terdapat) pada bantalan beton dan kayu. Pada bantalan baja hal ini tidak terlihat karena elastisitas lebih besar. Perencanaan

Bantalan terbuat dari bahan baja, gunanya adalah untuk menghindari retak-retak yang timbul (pasti terdapat) pada bantalan beton dan kayu. Pada bantalan baja hal ini tidak terlihat karena elastisitas lebih besar. Perencanaan dimensi bantalan, sepenuhnya memakai teori tegangan lentur,  $\sigma = \frac{M.Y}{I_x}$ . Momen dihitung dengan teori balok sehingga di atas peletakan elastis. Momen maksimum yang dapat dipikul, dihitung berdasarkan tegangan ijin baja = 1600 kg/cm<sup>2</sup> dan momen tahanan bantalan baja yang dipakai di PT.KAI = 40,6 cm<sup>3</sup>.

#### 4.9.3 Bantalan Beton Pratekan Blok tunggal dengan Proses Posttension

Pada jalur yang lurus, bantalan beton pra-tegang mempunyai ukuran panjang yang ditentukan dengan persamaan :

$$L = l + 2 \cdot \gamma \dots\dots\dots (4.8)$$

dengan : l = lebar sepur (mm)

$\gamma$  = panjang daerah regularisasi tegangan, yang tergantung jenis angker yang dipakai.

Mutu campuran beton yang disyaratkan, harus mempunyai kuat tekan karakteristik tidak kurang dari 500 kg/cm<sup>2</sup>, mutu baja untuk tulangan geser tidak kurang dari U-24 dan mutu baja prategang ditetapkan dengan tegangan putus minimum sebesar 17.000 kg/cm<sup>2</sup>.

Bantalan beton pratekan dengan *posttension* harus mampu memikul momen minimum seperti terlihat pada tabel 4.8 berikut ini :

Tabel 4.8 Momen Minimum pada Beton *Posttension*

Bagian	Momen (kg.M)
Bawah Rel	+ 1500
Tengah bantalan	- 765

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

#### 4.9.4 Bantalan Beton Pratekan Blok Tunggal dengan Proses Pretension

Pada jalur yang lurus, bantalan beton prategang (pra-tarik) mempunyai ukuran panjang sesuai dengan persamaan :

$$L = 1 + 2 \cdot \alpha \cdot \phi \dots\dots\dots(4.9)$$

dengan : 1 = lebar sepur (mm)

$\phi$  = diameter kabel pra-tekan

$\alpha$  = 80 sampai 160

Mutu campuran beton yang disyaratkan, harus mempunyai kuat tekan karakteristik tidak kurang dari 500 kg/cm<sup>2</sup>, mutu baja untuk tulangan geser tidak kurang dari U – 24 dan mutu baja untuk pra-tegang ditetapkan dengan tegangan leleh minimum sebesar 17000 kg/cm<sup>2</sup>.

Bantalan beton pratekan dengan proses *Pretension* harus mampu memikul

momen minimum sebesar seperti terlihat pada tabel 4.9 berikut ini :

Tabel 4.9 Momen Minimum pada *Pretension*

Bagian	Momen (kg.M)
Bawah Rel	+ 1500
Tengah bantalan	- 765

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

#### 4.10 Balas

Fungsi utama dari balas adalah untuk :

1. Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar
2. Mengokohkan kedudukan bantalan rel
3. melososkan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan rel

Untuk menghemat biaya pembuatan jalan rel, maka lapisan balas biasanya dibagi menjadi dua bagian yaitu lapisan balas atas dan lapisan balas bawah. Kedua lapisan ini dibuat dengan kualitas material yang berbeda, balas atas dibuat dengan material yang lebih baik dibandingkan balas bawah.

##### 4.10.1 Lapisan Balas Atas

Lapisan balas atas terdiri dari batu pecah yang keras dan tahan lama serta bersudut tajam. Subtansi yang merugikan tidak boleh terdapat dalam material balas melebihi prosentase tertentu.

Jumlah tersebut adalah :

- a. Material yang lunak dan mudah pecah < 3 %
- b. Material yang melalui ayakan no.200 < 1 %
- c. Gumpalan-gumpalan lempung < 0,5 %

Tabel 4.10 Gradasi Balas Atas

Ukuran Nominal	% Lolos Saringan								
	3 "	2,5"	2"	1,5"	¾"	½"	3/8"	No 4	No 8
2,5"-3/4"	100	90-100	25-60	25-60	-	0-10	-	-	-
2"-1"	-	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-
1,5"-3/4"	-	-	100	90-100	20-15	0-15	-	0-5	-

Sumber : syarat bahan dan spesifikasi rencana kerja PT KAI (Persero)

Untuk kelas jalan I dan II dipakai ukuran nominal 2,5"-3/4", untuk kelas III dan IV dipakai ukuran 2"-1". Jarak dari sumbu jalan rel ke tepi atas lapisan balas bagian atas adalah dengan rumus :

$$b > 0,5.L + X \dots\dots\dots (4.10)$$

dengan : L = panjang bantalan (cm)

X = 50 cm untuk kelas I dan II

40 cm untuk kelas III dan IV

30 cm untuk kelas V

Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1 : 2. kemiringan ini berlaku jika material balas memenuhi syarat bahan pada tabel 3.1. material balas harus dihamparkan sehingga mencapai elevasi yang sama dengan elevasi bantalan.

#### 4.10.2 Lapisan Balas Bawah (Sub Base)

Lapisan bawah terdiri atas kerikil halus, kerikil sedang, atau pasir kasar yang memenuhi spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 4.11 Gradasi Lapisan Balas Bawah

Ukuran Saringan	2"	1"	3/8"	No 10	No 40	No 200
% lolos saringan	100	95	67	38	21	7
Daerah yang diperbolehkan (%lolos)	100	90-100	50-84	26-50	12-30	0-10

Sumber : syarat bahan dan spesifikasi rencana kerja PT KAI (Persero)

Lapisan ini berfungsi sebagai penyaring/filter antara tanah dasar dan lapisan balas atas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Ukuran terkecil dari tebal lapisan balas bawah  $d_2$ , dihitung dengan persamaan :

$$d_2 = d - d_1 \geq 15 \text{ cm} \dots\dots\dots (4.11)$$

dengan d dihitung dengan persamaan :

$$d = 1,35 \sqrt{\left( \frac{5,8 \cdot \tau_1}{\tau_2} - 10 \right)} \dots\dots\dots (4.12)$$

$\delta_1$  dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\delta_1 = \frac{P\tau}{2b} \frac{1}{(\sin \tau_1 + \sinh \tau_2)} \left( 2 \cosh^2 \tau a (\cos 2\tau c + \cosh \tau l) + \right. \\ \left. 2 \cos^2 \tau a [ (\cosh 2\tau c + \cos \tau l + \sinh 2\tau a (\sinh 2\tau c - \sinh \tau l) - \sin 2\tau a \right. \\ \left. (\sinh 2\tau c - \sinh \tau l) ] \dots\dots\dots (4.13)$$

dengan :

$$P = Pr \cdot (1 + \alpha) (K\%) \dots\dots\dots (4.14)$$

Pr = beban roda yang diterima satu bantalan

$\alpha$  = faktor kejut

$$= 0,01 \left( \frac{v}{1,6} - 5 \right) \dots\dots\dots (4.15)$$

v = kecepatan rencana (km/jam)

$$\tau = \sqrt[4]{\frac{K}{4EI}} \dots\dots\dots (4.16)$$

$$K = b \times ke \dots\dots\dots (4.17)$$

b = lebar bantalan (cm)

ke = koefisien modulus reaksi dari balas (kg/cm<sup>3</sup>)

EI = kekakuan lentur bantalan (kgcm<sup>2</sup>)

l = panjang bantalan (cm)



a = jarak dari rel ke tepi bantalan (cm)

c =  $\frac{1}{2}$  jarak antara rel pada track (cm)

Dari kedua persamaan, kedalaman balas terbesar yang digunakan sebagai standar perhitungan.

Jarak dari sumbu jalan ke tepi atas lapisan balas bawah dihitung dengan

a. pada sepur lurus

$$k_1 \geq b + 2.d_1 + M \dots \dots \dots (4.18)$$

b. pada sepur tikungan

$$k_1 . l = k_1 \dots \dots \dots (4.19)$$

$$k_1 . l = b + 2.d_1 + M + 2 . l \dots \dots \dots (4.20)$$

$$l = \left( b + \frac{w}{2} \right) \left( \frac{h}{w} \right) + t \dots \dots \dots (4.21)$$

dengan : w = lebar sepur

t = tebal bantalan

h = peninggian rel

harga M (lihat gambar 4.8) minimal 40 cm, agar lereng balas atas lebih terjamin kestabilannya. Bila disediakan untuk pejalan kaki, maka harga M sebaiknya diambil 90 cm.

#### 4.11 *Sub grade*

Pada *sub grade*, tegangan yang terjadi dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma_2 = \frac{58.\sigma_1}{(10 + d)^{1,35}} \dots \dots \dots (4.22)$$

dengan :

$d$  = tebal lapisan balas total (cm)

$\sigma_1$  = tekanan tepat di bawah bantalan ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\sigma_2$  = tekanan subgrade ( $\text{kg/cm}^2$ )

#### 4.11.1 Daya dukung sub grade

Untuk menahan beban tubuh jalan rel itu sendiri dan beban lalu lintas kereta api, maka subgrade harus mempunyai daya dukung yang cukup. Untuk tanah dasar timbunan maka CBR minimum adalah 8%, untuk dasar galian atau tanah asli 40%, sedangkan untuk tanah batuan 60%. Dan tebal tanah dasar tersebut adalah 30 cm.

#### 4.12 Drainasi

Drainasi diperlukan untuk mengalirkan air agar tidak merusak tubuh jalan rel, seperti halnya drainasi pada konstruksi jalan raya. Ukuran penampang dapat ditentukan dengan :

$$Q_2 > 1,2 \cdot Q_1 \dots\dots\dots(4.23)$$

Kemudian :

$$Q_2 = V_2 \cdot A_2 \dots\dots\dots (4.24)$$

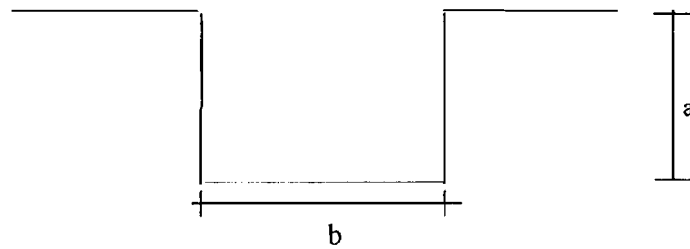
$$V_2 = \frac{1}{n} \cdot R_2^{2/3} \cdot i_2^{1/2} \dots\dots\dots(4.25)$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2} \dots\dots\dots(4.26)$$

dengan :

- $Q_1$  = debit air yang dibuang (m<sup>3</sup>/det)  
 $Q_2$  = debit rencana saluran (m<sup>3</sup>/det)  
 $V_2$  = kecepatan aliran rencana dalam saluran (m/det)  
 $R_2$  = jari-jari hidrolik saluran rencana (m)  
 $A_2$  = luas penampang basah saluran rencana (m<sup>2</sup>)  
 $P_2$  = keliling basah saluran rencana (m)  
 $i_2$  = kemiringan muka aliran air dalam saluran rencana  
 $n$  = koefisiensi kekasaran saluran rencana

Dimensi saluran harus dapat menampung dan mengalirkan debit air yang ditampung, serta tidak menimbulkan genangan pada balas.



Gambar 4.8 Penampang Drainasi

---

---

## **BAB V**

### **KRITERIA DASAR PERENCANAAN**

Perencanaan sepur kembar/ganda antara stasiun Solo Balapan – Yogyakarta, didasarkan atas pertimbangan dan pemilihan alternatif dari beberapa kriteria perencanaan. Penetapan kriteria perencanaan ini nantinya sebagai dasar bagi perhitungan konstruksi jalan rel yang menentukan keamanan, kenyamanan dan keserasian terhadap lingkungan dari operasinya kereta api.

#### **5.1 Kecepatan Rencana**

Kecepatan rencana kereta api, didasarkan dari Peraturan Konstruksi Jalan rel Indonesia 1986, yaitu sebesar 120 km/jam. Kecepatan tersebut adalah kecepatan maksimal yang diperbolehkan pada kelas jalan I

---

#### **5.2 Tekanan Gandar**

Sebagai dasar perencanaan, menurut Peraturan Konstruksi Jalan Rel Indonesia 1986, tekanan gandar maksimum diambil sebesar 18 ton.

#### **5.3 Beban Lintas**

Data :

$$T_p = 24.604,55$$

$$K_b = 1,50$$

$$T_b = 5.622,32$$

---


$$K_1 = 1,40$$


---

$$S = 1,10$$

Tonase ekivalen menggunakan rumus (2.4) yaitu :

$$\begin{aligned} TE &= T_p + (K_b \cdot T_b) + (K_1 \cdot T_1) \\ &= 24604,55 + (1,50 \cdot 5622,32) + (1,40 \cdot 7160) \\ &= 43062,02 \text{ ton/hr} \end{aligned}$$

Beban lintas menggunakan rumus (2.3) yaitu :

$$\begin{aligned} T &= 360 \cdot S \cdot T_E \\ &= 360 \cdot 1,10 \cdot 43062,02 \\ &= 17,053 \text{ juta ton/thn} \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 2.2 maka dapat diketahui bahwa beban lintas yang ada adalah beban lintas untuk kelas jalan II. Untuk jalur ganda Tugu Yogyakarta – Solo Balapan direncanakan untuk kelas I, dikarenakan untuk mengantisipasi peningkatan beban lintas di masa yang akan datang.

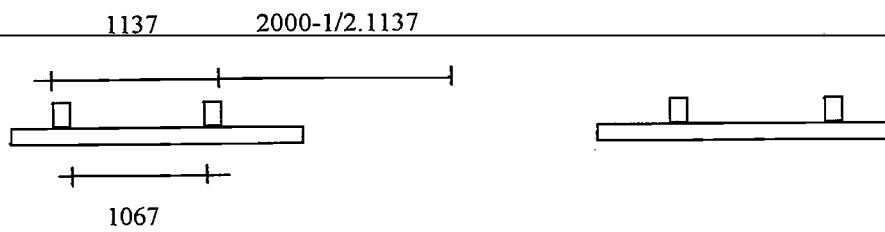
#### 5.4 Perlintasan

---

Jumlah perlintasan sebidang pada jalur Tugu Yogyakarta – Solo Balapan adalah sebanyak 82 buah. Satu perlintasan dibuat oleh instansi TNI AU yang terletak di daerah Maguwoharjo, Yogyakarta.

Data :

$$\begin{aligned} V_v &= 80 \text{ km/jam} = 49,72 \text{ mil/jam} \\ V_T &= 120 \text{ km/jam} = 74,58 \text{ mil/jam} \\ f &= 0,3 \quad \quad \quad de = 10 \text{ feet} \\ D &= 15 \text{ feet} \end{aligned}$$



Gambar 5.1 jarak dua rel (W) pada jalur ganda

$$\begin{aligned}
 W &= 1137 + (2000 - \frac{1}{2} 1137) \\
 &= 2568 \cdot 2 = 5137 \text{ mm} \\
 &= 16,85 \text{ feet} = 17 \text{ feet}
 \end{aligned}$$

Perhitungan :

Jarak pandangan menggunakan rumus (3.6) dan rumus (3.7) yaitu :

$$\begin{aligned}
 d_H &= 1,1 \cdot (1,4667 \cdot v_v \cdot t + \frac{v_v^2}{30 \cdot f} + D + de) \\
 &= 1,1 \cdot (1,4667 \cdot 49,72 \cdot 2,5 + \frac{49,72^2}{30 \cdot 0,3} + 15 + 10) \\
 &= 530,185 \text{ feet} = 161,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_T &= \frac{v_t}{v_v} \cdot (1,667 \cdot v_v \cdot t + \frac{v_v^2}{30 \cdot f} + 2D + L + W) \\
 &= \frac{74,58}{49,72} \cdot (1,667 \cdot 49,72 \cdot 2,5 + \frac{49,72^2}{30 \cdot 0,3} + 2 \cdot 15 + 65 + 17) \\
 &= 890,825 \text{ feet} = 271,52 \text{ m}
 \end{aligned}$$

---

## 5.5 Daya Tarik Lokomotif

---

Daya tarik lokomotif ini sangat berpengaruh, salah satunya terhadap rangkaian kereta api dalam memenuhi ketepatan jadwal keberangkatan ataupun kedatangan. Lokomotif yang digunakan harus dapat menarik gerbong pada daerah lurus maupun pada landai maksimum. Kombinasi beban yang digunakan adalah beban maksimum kereta secara keseluruhan

Data :

### 1. Lokomotif

Type CC-201

Berat siap = 84 ton

Tekanan gandar = 13,4 ton

Gandar = 6 buah

Daya tarik = 1.950 ton (lihat tabel 2.2)

### 2. Gerbong/kereta

Berat siap = 41 ton

Gandar = 4 buah

### 3. Geometri

Jari-jari = 1.000 m (adalah R dimana Voperasi masih diijinkan)

Landai = 10 ‰ (landai maksimal)

a. Tenaga tarik mesin, menggunakan rumus (3.13) yaitu :

$$\begin{aligned} Tr &= \frac{\delta \cdot 270 \cdot N}{V} \\ &= \frac{0,8 \cdot 270 \cdot 1950}{120} = 3150 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Perlawanan lokomotif itu sendiri, menggunakan rumus (3.14) yaitu :

$$\begin{aligned}
 W_1 &= C_1 \cdot C_2 \cdot G_1 + C_3 \cdot F \cdot \left( \frac{V}{10} \right)^2 \\
 &= 1,2 \cdot 65 \cdot 84 + 0,54 \cdot 10 \cdot \left( \frac{120}{10} \right)^2 \\
 &= 1000,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Perlawanan akibat lengkung (WL), menggunakan rumus (3.16) dan rumus (3.17) yaitu :

$$\begin{aligned}
 W_l &= Gr \cdot W_{spec} \text{ (kg)} \\
 W_{spec} &= \frac{450}{R-50} = \frac{450}{R-50} \\
 &= 0,4736 \text{ kg/ton} \\
 W_l &= 84 \times 0,4736 \\
 &= 39,78 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Perlawanan akibat tanjakan, menggunakan rumus (3.18) yaitu :

$$\begin{aligned}
 W_i &= G \cdot i \\
 &= 84 \times 10 \text{ ‰} \\
 &= 84000 \cdot 0,01 = 840 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

e. Perlawanan total, menggunakan rumus (3.19) yaitu :

$$\begin{aligned}
 W_{tot} &= W_1 + W_l + W_i \\
 &= 1000,2 + 39,78 + 840 \\
 &= 1123,98 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



f. Kapasitas tarik lokomotif, menggunakan rumus (3.20) yaitu :

$$\begin{aligned} T_k &= T_r - W_{tot} \\ &= 3150 - 1123,98 \\ &= 2206,02 \text{ kg} \end{aligned}$$

g. Jumlah kereta/gerbong yang bisa ditarik

$$\begin{aligned} H_j &= \text{perlawanan jalan (kg/ton)} \\ &= 2,4 + \frac{V^2}{1300} \dots\dots\dots(5.1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G &= \text{berat maksimal yang boleh dioperasikan (ton)} \\ &= \frac{\mu + Ga}{H_j + S_m} \dots\dots\dots(5.2) \end{aligned}$$

Ga = berat total lokomotif

Sm = landai maksimal

$\mu$  = konstanta, diambil 0,15

Perhitungan :

$$G_a = 6 \times 13,4 = 80,4 \text{ ton}$$

$$H_j = 2,4 + \frac{120^2}{1.300} = 13,47 \text{ dibulatkan} = 13,5 \text{ kg/ton}$$

$$G = \frac{0,15 \cdot 80400}{13,5 + 10} = 513,19 \text{ ton}$$

$$N = \frac{G - G_a}{G(w - \text{siap}) \text{ kereta}} \dots\dots\dots(5.3)$$

$$= \frac{513,19 - 80,4}{41} = 10,55 \text{ kereta}$$

$$= 10 \text{ kereta}$$

## 5.6 Analisis Keadaan Topografi

Keadaan topografi daerah berguna untuk menentukan alinemen horisontal dan alinemen vertikal. Selain dari itu juga mempengaruhi penempatan saluran drainasi, badan jalan dan konstruksi jalan rel serta sinyal-sinyal dan perlintasan.

### 5.6.1 Alinemen Horisontal

Trase antara Stasiun Solo Balapan sampai dengan Stasiun Tugu Yogyakarta, menurut peta tanah dari P.T KAI melalui lintasan dengan jumlah lengkung horisontal cukup banyak, akan tetapi jari-jari lengkung horisontal relatif besar, sehingga berpengaruh terhadap pelembaran gaya keluar rel relatif kecil.

Tikungan tersebut adalah seperti tercantum dalam tabel 5.1 berikut ini :

Tabel 5.1 Stasioning Alinemen Horisontal

No	Awal (Km)	Akhir (Km)	R	Kanan / kiri	IA
<b>Stasiun Solo Balapan Balapan (107+914)</b>					
1	109+098,80	109+143,80	2500	Kiri	0°34'23"
<b>Stasiun Purwosari (110+750)</b>					
2	111+593,95	111+662,20	1780	Kiri	1°58'15"
3	112+666,30	113+006,20	690	Kiri	2°54'35"
4	117+076,90	117+174,45	-	Kanan	-
<b>Stasiun Gawok (117+410)</b>					
5	121+106,50	121+446,35	340	Kiri	18°53'45"
6	122+573,68	122+648,15	2300	Kiri	1°52'14"
7	122+871,00	122+935,40	-	Kanan	-
<b>Stasiun Delanggu (123+050)</b>					
8	123+077,23	123+173,50	-	Kanan	-
9	123+250,70	123+310,80	-	Kiri	-
10	123+428,40	123+569,10	764	Kiri	11°37'10"
11	123+674,30	123+719,20	2500	Kiri	2°3'45"
12	123+875,50	124+013,85	1028	Kanan	8°38'24"
13	128+308,20	128+358,30	2580	Kiri	1°17'0"
14	128+458,40	128+533,60	3320	Kanan	1°27'58"
15	128+658,70	128+883,50	847	Kanan	15°13'3"
16	129+019,80	129+085,10	900	Kanan	6°49'0"
<b>Stasiun Ceper (129+247,95)</b>					
17	129+412,90	129+522,00	5000	Kiri	1°40'0"
18	129+606,90	129+634,30	1500	Kiri	1°40'0"

19	132+783,90	132+868,90	1000	Kiri	17°4'37"
<b>Stasiun Ketandan (134+740,14)</b>					
20	135+167,90	135+400,40	900	Kanan	17°4'48"
21	135+576,60	135+933,50	750	Kiri	15°3'52"
22	136+461,20	136+699,40	1500	Kanan	9°16'0"
23	138+077,80	138+129,50	2000	Kiri	2°6'0"
24	138+214,40	138+248,50	2000	Kanan	1°6'0"
<b>Stasiun Klaten (138+542,57)</b>					
25	138+853,45	138+955,60	2000	Kanan	3°0'0"
26	139+024,50	139+084,50	1750	Kiri	2°50'0"
27	139+459,01	139+488,90	5000	Kanan	0°14'54"
<b>Stasiun Srowot (145+295,50)</b>					
28	149+057,50		600	Kanan	34°28'00"
<b>Stasiun Prambanan (151+145)</b>					
29	151+732,10	152+156,5	600	Kiri	39°59'43"
<b>Stasiun Kalasan (155+658,10)</b>					
30	157+208,10	157+734,40	1000	Kanan	29°9'30"
<b>Stasiun Maguwo (159+727)</b>					
<b>Stasiun Lempuyangan (165+725,25)</b>					
31	166+269,80	166+404,80	500	Kanan	15°0'41"
32	166+664,80	166+702,50	600	Kanan	5°26'27"
<b>Stasiun Tugu Tugu Yogyakarta (167+195,45)</b>					

Sumber : Data PT. KAI Yogyakarta

### 5.6.2 Alinemen Vertikal

Karena keadaan tanah yang relatif datar, maka alinemen vertikal juga kecil. Keadaan lereng vertikal trase jalan rel antara stasiun Solo Balapan sampai dengan stasiun Tugu Yogyakarta adalah datar dengan kenaikan lereng sangat kecil. Karena prosentase kenaikan yang sangat kecil ini maka tidak ada gaya yang menyebabkan kereta melayang atau terjadi hentakan akibat kecepatan kereta. Landai penentu yang terbesar adalah 10 ‰, jadi sebagai perencanaan kapasitas daya tarik lokomotif dipakai landai penentu 10 ‰. Sedangkan untuk jalan KA kelas I landai maksimum dibatasi samapi 10 ‰. Untuk mengadakan pengecekan keamanan maka dipakai landai maksimum yaitu 10 ‰.

---

### **5.6.3 Drainasi**

---

Pada tubuh jalan rel sangat perlu dijaga dari air yang menggenangi tubuh jalan rel, terutama pada lapisan balas. Keadaan ini jika terjadi genangan air pada tubuh jalan rel akan membahayakan keamanan lintasan jalan KA. Drainasi dirasa sangat penting untuk menjaga kestabilan konstruksi jalan rel.

Secara dimensional, maka gorong-gorong yang ada sudah mampu menampung dua buah jalur KA. Pada lintas ini dahulunya telah berfungsi dua buah sepur. Dengan demikian secara teori maka untuk menampung jalur ganda, tidak diperlukan lagi pembangunan/memperpanjang gorong-gorong yang ada, kecuali karena alinemen jalur kedua maka posisinya tidak persis tepat di konstruksi gorong-gorong yang ada, yaitu jika jarak as ke as lebih dari 4,5 meter atau berada pada sisi yang berbeda. Namun dalam kenyataannya struktur gorong-gorong dan open channel telah banyak mengalami kerusakan, terutama pada bagian sayapnya.

## **5.7 Keadaan Tanah Dasar**

---

Keadaan tanah dasar (sub-grade) berpengaruh terhadap perencanaan konstruksi tubuh jalan rel. Pemeriksaan sifat dan keadaan tanah berpengaruh terhadap penentuan tebal lapisan balas dan penentuan lereng tubuh jalan rel.

### **5.7.1 Bor Tangan dan Sampling**

1. Pada umumnya lapisan tanah di sekitar Solo Balapan ( KM 108+500 s/d KM 117+000) berupa lempung atau campuran antara lempung dengan sedikit pasir/kerikil.

- 
2. Memasuki KM 117+500 s/d KM 137+000 tampak kadar lanau lebih dominan. Dan pada kedalaman sekitar satu meter ke bawah terdapat campuran pasir halus sampai kasar, bahkan juga terdapat kerikil.
  3. KM 137+000 s/d KM 143+000 terdapat lapisan tipis pasir di permukaan, sedangkan dibawahnya berupa lempung padat bercampur dengan pasir.
  4. Setelah KM 143+000. lapisan tanah praktis berupa pasir yang beberapa tempat bercampur dengan lanau atau sedikit lempung.

#### **5.7.2 Cone Penetrometer Test / Sondir**

1. Kedalaman tanah keras pada KM 108+500 s/d KM 114+000 adalah 4 meter sampai 5 meter.
2. Kedalaman tanah keras pada KM 114+000 s/d KM 120+000 adalah 5 meter sampai 6 meter.
3. Kedalaman tanah keras pada KM 120+000 s/d KM 132+000 adalah 2 meter sampai 4 meter.

Sampai dengan KM 132+000, lapisan tanah keras praktis sejajar dengan muka tanah, namun setelah itu sampai dengan KM 150+000, kedalaman tanah keras bervariasi dengan kedalaman minimal 2,5 meter dan maksimal 9 meter.

4. Kedalaman tanah keras pada KM 150+000 s/d KM 156+500 relatif dangkal, dengan kedalaman rata-rata 2,5 meter
5. Kedalaman tanah keras pada KM 156+500 s/d KM 167+000 bervariasi dari 3 meter sampai 5 meter.

## 5.8 Kedaan Hidrologi

Sebagai dasar perencanaan saluran drainasi untuk tubuh jalan KA, perlu dihitung intensitas hujan pada daerah sekitar jalur KA. Untuk trase antara stasiun Solo Balapan – stasiun Tugu Yogyakarta diambil tiga titik pengamatan stasiun curah hujan dengan periode ulang selama 10 tahun, yang berdasarkan pada data curah hujan harian tertinggi dalam 12 bulan. Perhitungan intensitas hujan dengan memakai metode Gumbell. Dari data curah hujan yang ada pada lampiran 5 Kecamatan Klaten Utara, lampiran 6 Kecamatan Prambanan dan lampiran 7 Kecamatan Delanggu, dapat dihitung intensitas hujan sebagai berikut :

Tabel 5.2 Data Curah Hujan harian Prambanan

Tahun	Hujan (mm/hari)	$X - x$	$(X - x)^2$
1990	98,75	-42,8457	1835,754008
1991	101,33	-40,2657	1621,326596
1992	152,1667	10,571	111,746041
1993	112,1667	-29,429	866,066041
1994	153,58	11,9843	143,6234465
1995	205,92	64,3243	4137,61557
1996	130,6667	-10,929	119,443041
1997	77,75	-63,8457	4076,273408
1998	204,21	62,6143	3920,550564
1999	179,4167	37,821	1430,428041
	1415,9568		18262,82676

Sumber : Meteorologi dan Geofisika Wilayah II Semarang

$$x = \frac{1415,9568}{10} = 141,59568$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X - x)}{n - 1}} = \sqrt{\frac{18262,82676}{10 - 1}} = 45,0467$$

Direncanakan untuk tahun 2038 , T = 30 tahun

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot (0,5772 \cdot \ln(\ln \frac{T}{T-1})) \dots\dots\dots (5.4)$$

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot (0,5772 \cdot \ln(\ln \frac{30}{29})) = 1,5231$$

$$X_T = x + (K \cdot S_x) \dots\dots\dots (5.5)$$

$$= 141,49568 + (1,5231 \cdot 45,0467) = 210,1063 \text{ mm/hari}$$

Tabel 5.3 Data Curah Hujan Harian Delanggu

Tahun	Hujan (mm/hari)	(X - x)	(X - x) <sup>2</sup>
1990	92,5	-62,9837	3966,946466
1991	143,92	-11,5637	133,7191577
1992	165,5	10,0163	100,3262657
1993	141,67	-13,8137	190,8183077
1994	181,5	26,0163	676,8478657
1995	183,33	27,8463	775,4164237
1996	152,417	-3,0667	9,40464889
1997	112,5	-42,9837	1847,598466
1998	200,5	45,0163	2026,467266
1999	181	25,5163	651,0815657
	1554,837		10378,62643

Sumber : Meteorologi dan Gesofisika Wilayah II Semarang

$$x = \frac{1554,837}{10} = 155,4837$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X - x)}{n-1}} = \sqrt{\frac{10378,62643}{10-1}} = 33,9585$$

Direncanakan untuk tahun 2038 , T = 30 tahun

Menggunakan rumus (5.4) dan rumus (5.5) yaitu :

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot (0,5772 \cdot \ln(\ln \frac{T}{T-1}))$$

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot (0,5772 \cdot \ln(\ln \frac{30}{29})) = 1,5231$$

$$X_T = x + (K \cdot S_x) = 155,4837 + (1,5231 \cdot 33,9585) = 207,206 \text{ mm/hari}$$

Tabel 5.4 Data Curah Hujan Harian Klaten Utara

Tahun	Hujan (mm/hari)	(X - x)	(X - x) ^2
1990	139,9167	15,30073	234,1123385
1991	147,25	22,63403	512,299314
1992	171,0833	46,46733	2159,212757
1993	153,33	28,71403	824,4955188
1994	116,75	-7,86597	61,87348404
1995	123,08	-1,53597	2.359203841
1996	80,6667	-43,94927	1931,538334
1997	63,833	-60,78297	3694,569442
1998	120	-4,61597	21,30717904
1999	130,25	5,63403	31,74229404
	1246,1597		9473,509865

Sumber : Meteorologi dan Gesofisika Wilayah II Semarang

$$x = \frac{1246,1597}{10} = 124,1597$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X - x)}{n - 1}} = \sqrt{\frac{9473,509865}{10 - 1}} = 32,443986$$

Direncanakan untuk tahun 2038 , T = 30 tahun

Menggunakan rumus (5.4) dan rumus (5.5) yaitu :

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot (0,5772 \cdot \ln(\ln \frac{T}{T-1}))$$

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot (0,5772 \cdot \ln(\ln \frac{30}{29})) = 1,5231$$

$$X_T = x + (K \cdot S_x) = 124,1597 + (1,5231 \cdot 32,443986) = 173,575 \text{ mm/hari}$$

Jadi intensitas hujan yang dipakai sebagai dasar penentuan drainasi adalah :

$$X_{T1} = 210,1063 \text{ mm/hari}$$

$$X_{T2} = 207,206 \text{ mm/hari}$$

$$X_{T3} = 173,575 \text{ mm/hari}$$



---

Menghitung besarnya intensitas hujan ( $I$ ) dalam mm/jam ditentukan

---

dengan metode Gumbell,

1. Intensitas curah hujan yang terjadi pada lokasi Prambanan

- waktu konsentrasi hujan ( $T$ ) = 8 jam

$$I = \frac{210,1063}{24} \left( \frac{24}{8} \right)^{2,3} = 18,2099 \text{ mm / jam}$$

2. Intensitas curah hujan yang terjadi pada lokasi Delanggu

- waktu konsentrasi hujan ( $T$ ) = 8 jam

$$I = \frac{207,206}{24} \left( \frac{24}{8} \right)^{2,3} = 17,9586 \text{ mm / jam}$$

3. Intensitas curah hujan yang terjadi pada lokasi Klaten Utara

- Waktu curah hujan ( $T$ ) = 8 jam

$$I = \frac{173,575}{24} \left( \frac{24}{8} \right)^{2,3} = 15,0438 \text{ mm / jam}$$

Jadi sebagai dasar intensitas curah hujan yang dipakai sebagai dasar perencanaan saluran drainasi adalah seperti pada hasil perhitungan diatas.

---

### 5.9 Temperatur Daerah

Keadaan temperatur daerah sekitar lokasi jalan rel relatif rendah, dengan perbedaan suhu udara maksimum ( $t_{maks}$ ) dan suhu minimum ( $t_{min}$ ) tidak terlalu besar. Keadaan ini akan sangat menguntungkan bagi perencanaan panjang rel yang dapat dipakai pada jalan KA.

---

Untuk menganalisa suhu rata-rata maksimum dan suhu rata-rata minimum diambil dari data pencatatan suhu rata-rata bulanan antara tahun 1990 s/d 2000.

---

Besar  $T_{maks} = 27,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$  dan besarnya  $t_{min} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Data selengkapnya pencatatan suhu udara dapat dilihat pada lampiran 8 dan lampiran 9

---

**BAB VI**  
**PERHITUNGAN PERANCANGAN**  
**JALUR REL GANDA**

**6.1 Perencanaan Geometri Jalan Rel**

Perencanaan ini berupa perbaikan alinemen trase jalan kereta api yang lama (tunggal), dengan diadakan perhitungan terhadap tikungan-tikungan yang ada, dievaluasi terhadap kriteria perencanaan yang baru yaitu dari PT. KAI PD-10. Dari evaluasi ini terhadap tikungan-tikungan yang tidak memenuhi standar perencanaan, jika dimungkinkan diadakan perubahan, apabila tidak mungkin maka diberi tanda pada daerah tikungan. Tanda ini dapat berupa sinyal atau semboyan.

Jalan kereta api ke dua (kembar) direncanakan berada disebelah utara dari jalan kereta yang sudah ada atau di sebelah kanan arah dari Solo ke Yogyakarta.

Pemilihan ini berdasarkan atas pertimbangan sebagai berikut :

1. letak stasiun yang ada sekarang berada di sebelah kiri jalan kereta api, sehingga lebih ekonomis jika jalan kedua berada di sebelah kanan. Hal ini dikarenakan untuk memudahkan peningkatan stasiun.
2. daerah pemukiman relatif lebih banyak berada disebelah kiri jalan kereta api, sedangkan disebelah kanan keadaan tanah masih banyak untuk tegalan dan persawahan.

- 
3. antara stasiun Solo Balapan – stasiun Tugu Yogyakarta terdapat lintasan jalan raya yang terletak sejajar dengan jalan kereta api, sehingga penambahan jalur KA baru hanya dimungkinkan di sebelah kanan jalan KA yang sudah ada.

### 6.1.1 Perencanaan Alinemen Horisontal

Kriteria perencanaan tikungan adalah

1. kecepatan rencana ( $V_r$ ) = 120 km/jam
2. Peninggian rel maksimum ( $h_{mak}$ ) = 110 mm
3. Jarak tangen antara kedua tikungan ( $S$ ) = 20 m

Perhitungan alinemen horisontal ini meliputi :

1. Panjang lengkung circle ( $L_c$ )
2. Panjang tangen ( $T_t$ )
3. Peninggian Rel ( $h$ )
4. Pelebaran sepur ( $w$ )
5. Jarak tengah tikungan dari perpotongan tangen ( $E_t$ )

---

### 6. Faktor keamanan

Perhitungan alinemen horisontal yang lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 10, perhitungan tikungan diambil dua buah sebagai contoh uraiannya yaitu :

1. Tikungan di sta 138 + 077,8 – sta 138 + 129,50
  - Peninggian rel ( $h$ ), menggunakan rumus (4.7) yaitu :

$$h = \frac{5,95}{R} V^2 = \frac{5,95}{2000} \cdot 120^2 = 42,84 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

- Pelebaran Sepur ( $w$ ),

$$w = \frac{4500}{R} - 8 \dots\dots\dots (6.1)$$

$$= \frac{4500}{2000} - 8 = -5,75 \text{ mm}$$

karena  $-5,75 \text{ mm} < 0 \text{ mm}$  berarti pelebaran sepur adalah  $= 0 \text{ mm}$ .

- Panjang Lengkung Peralihan (PLA)

$$PLA = 0,01 \cdot h \cdot V \dots\dots\dots (6.2)$$

$$= 0,01 \cdot 50 \cdot 120 = 60 \text{ m}$$

- Penggeseran

$$p = \frac{PLA^3}{16 \cdot R^2} \dots\dots\dots (6.3)$$

$$= \frac{60^3}{16 \cdot 2000^2} = 0,003 \text{ m}$$

$$g = \frac{PLA^2}{24 \cdot R} \dots\dots\dots (6.4)$$

$$= \frac{60^2}{24 \cdot 2000} = 0,075 \text{ m}$$

$$y(L) = \frac{PLA^3}{6 \cdot PLA \cdot R} \dots\dots\dots (6.5)$$

$$= \frac{60^3}{6 \cdot 60 \cdot 2000} = 0,3 \text{ m}$$

- Panjang Tangen (Tt)

$$Tt = R \cdot \text{tg } \frac{1}{2} \alpha \dots\dots\dots (6.6)$$

$$= 2000 \cdot \text{tg } \frac{1}{2} \cdot 2,1 = 36 \text{ m}$$

- Panjang Lengkung Circle (Lc)

$$L_c = \frac{\alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{360} \dots \dots \dots (6.7)$$

$$= \frac{2,1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 2000}{360} = 73,3m$$

- Bahaya terhadap gaya guling (Hg)

gaya guling ijin, menggunakan rumus (3.9) dan rumus (3.10) yaitu :

$$a = \frac{V^2}{13 \cdot R} - \frac{g \cdot h}{w} = \frac{120^2}{13 \cdot 2000} - \frac{9,81 \cdot 50}{1067} = 0,094m/det^2$$

$$H_i = a_{mak} \cdot G(loko) \cdot g = 0,041 \cdot 84 \cdot 9,81 = 40,13ton$$

gaya guling yang terjadi,

$$H = a \cdot G = 0,041 \cdot 84 = 3,45ton$$

$$H < H_i$$

- Angka kenyamanan (H)

Gaya pelemparan keluar ijin, menggunakan rumus (3.9) dan rumus (3.10)

yaitu :

$$a = \frac{V^2}{13 \cdot R} - \frac{g \cdot h}{w} = \frac{120^2}{13 \cdot 2000} - \frac{9,81 \cdot 60}{1067} = 0,041m/det^2$$

$$H_i = a_{mak} \cdot G(loko) \cdot g = 0,041 \cdot 41 \cdot 9,81 = 40,13ton$$

gaya pelemparan yang terjadi pada gerbong,

$$H = a \cdot G = 0,041 \cdot 41 = 1,68ton$$

$$H < H_i$$

---

 2. Tikungan sta 151+732,10 – sta 152+156,5
 

---

- Peninggian Rel (h), menggunakan rumus (4.7) yaitu :

$$h = \frac{5,95}{R} \cdot V^2 = \frac{5,95}{600} \cdot 120^2 = 142,8 \text{ mm} = \text{ambil} - h \text{ max} = 100 \text{ mm}$$

- Pelebaran sepur (w), menggunakan rumus (6.1) yaitu :

$$w = \frac{4500}{R} - 8 = \frac{4500}{600} - 8 = -0,5 \text{ mm}$$

karena  $-5,75 \text{ mm} < 0 \text{ mm}$  berarti pelebaran sepur adalah  $= 0 \text{ mm}$

- Panjang Lengkung Peralihan (PLA), menggunakan rumus (6.2) yaitu :

$$PLA = 0,01 \cdot h \cdot V = 0,01 \cdot 100 \cdot 120 = 120 \text{ m}$$

- Penggeseran, menggunakan rumus (6.3), (6.4) dan rumus (6.5) yaitu :

$$p = \frac{PLA^3}{16 \cdot R^2} = \frac{120^3}{16 \cdot 600^2} = 0,3$$

$$g = \frac{PLA^2}{24 \cdot R} = \frac{120^2}{24 \cdot 600} = 1,00 \text{ m}$$

$$y(L) = \frac{PLA^3}{6 \cdot PLA \cdot R} = \frac{120^3}{6 \cdot 120 \cdot 600} = 4,00 \text{ m}$$

- 
- Panjang tangen (Tt), menggunakan rumus (6.6) yaitu :

$$Tt = R \cdot \text{tg } \frac{1}{2} \alpha = 600 \cdot \text{tg } \frac{1}{2} \cdot 39,995 = 217,8 \text{ m}$$

- Panjang Lengkung Circle (Lc), menggunakan rumus (6.7) yaitu :

$$Lc = \frac{\alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{360} = \frac{39,995 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 600}{360} = 508,91 \text{ m}$$

- Bahaya terhadap gaya guling (Hg)

gaya guling ijin, menggunakan rumus (3.9) dan rumus (3.10) yaitu :

$$a = \frac{V^2}{13.R} - \frac{g.h}{w} = \frac{120^2}{13.600} - \frac{9,81.120}{1067} = 0,63m / det^2$$

$$Hi = a_{mak}.G.g = 0,63.84.9,81 = 519,14ton$$

gaya guling yang terjadi,

$$H = a.G = 0,63.84 = 52,92ton$$

$$H < Hi$$

- Angka kenyamanan (H)

Gaya pelemparan keluar ijin, menggunakan rumus (3.9) dan rumus (3.10)

$$\text{yaitu : } a = \frac{V^2}{13.R} - \frac{g.h}{w} = \frac{120^2}{13.600} - \frac{9,81.132}{1067} = 0,63m / det^2$$

$$Hi = a_{mak}.G.g = 0,63.41.9,81 = 253,39ton$$

gaya pelemparan yang terjadi pada gerbong,

$$H = a.G = 0,63.41 = 25,83ton$$

$$H < Hi$$

### 6.1.2 Perencanaan Alinemen Vertikal

Perencanaan alinemen vertikal berpengaruh terhadap kemampuan daya tarik lokomotif terhadap kereta. Alinemen vertikal ditentukan oleh landai penentu trase jalan kereta api.

Perhitungan alinemen vertikal yang lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 11, dan pada bab ini dicantumkan contoh perhitungan alinemen vertikal Km 108+700 sebagai berikut :



$$\begin{aligned} \% \text{ landai} &= \frac{PV(109+100) - PI(108+700)}{d(109+100) - d(108+700)} \cdot 1000 \\ &= \frac{93,950 - 93,550}{(109+100) - (108+700)} \cdot 1000 \\ &= 1,00 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_v &= \text{panjang lengkung vertikal} \\ &= \frac{\text{grade}(108+300) - \text{grade}(108+700)}{1000} \cdot 8000 \\ &= \frac{0,00 - 1,00}{1000} \cdot 8000 \\ &= 8,00 \text{ m} \end{aligned}$$

## 6.2 Perencanaan Kekuatan Rel

Berdasarkan tabel 2.2, maka tipe rel yang dipakai adalah R54

Data :

$k$  = modulus elastisitas konstruksi tubuh jalan rel, diambil  $180 \text{ kg/cm}^2$

$E$  = modulus elastisitas kepala rel, diambil  $2,1.106 \text{ kg/cm}^2$

$I_x$  =  $2346 \text{ cm}^4$

$V_r$  =  $120 \text{ km/jam} \cdot 1,25 = 93,225 \text{ mil/jam}$

$P$  =  $9000 \text{ kg}$

$Y$  =  $7,62 \text{ cm}$

Menggunakan rumus (4.1), (4.2), (4.3) dan rumus (4.4) yaitu :

$$\begin{aligned} Pd &= P + ((0,01 \cdot P \cdot (V_r - 5))) \\ &= 9000 + ((0,01 \cdot 9000 \cdot (93,225 - 5))) \\ &= 16940,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4 \cdot E \cdot I_x}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{180}{4 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 2346}}$$

$$= 0,0098 \text{ (cm}^{-1}\text{)}$$

$$M_0 = \frac{Pd}{4 \cdot \lambda}$$

$$= \frac{16940,25}{4 \cdot 0,0098}$$

$$= 432149,25 \text{ kg-cm}$$

$$\delta = \frac{M_1 \cdot Y}{I_x}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 432149,25 \cdot 7,62}{2346}$$

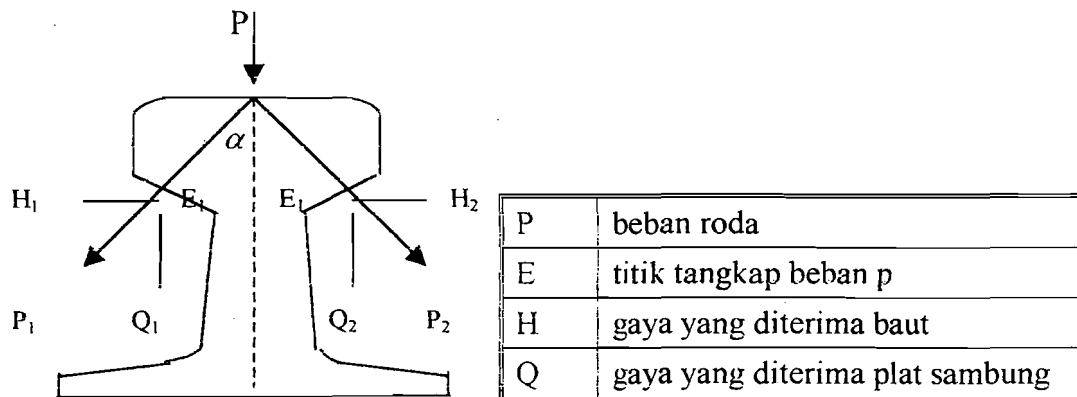
$$= 1193,1 \text{ kg/cm}^2 < \delta' = 1325 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 6.1 Tegangan ijin rel

Kelas	Tipe Rel	Tegangan Ijin (kg/cm <sup>2</sup> )
I	R60	1325
	R54	
II	R54	1325
	R50	
III	R54	1663
	R50	
	R42	
IV	R54	1843
	R50	
	R42	
V	R42	1843

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

### 6.3 Perencanaan Sambungan Rel



Gambar 6.1 Penyebaran gaya yang diterima baut dan plat sambung

Tabel 6.2 Sudut penyebaran beban terhadap kepala rel

Rel	Tg $\alpha$
R 42	1 : 4
R 50	15
R 54	1 : 2,75
R 60	1 : 2,93

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJKA, 1986

Data :

$\phi$  = diameter 1"

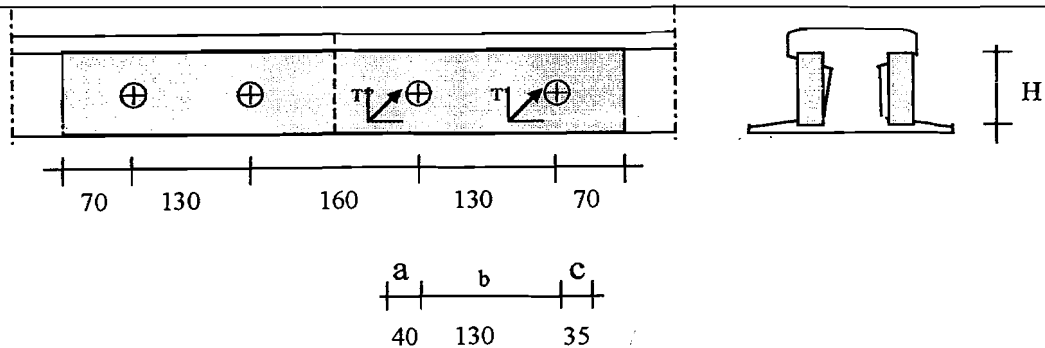
PG = 18000 kg

$\alpha$  = 1 : 2,75

$V_r$  = 120 km/jam  $\cdot$  1,25 = 150 km/jam

t plat = 20 mm

Plat yang digunakan adalah plat standar dari PJKA adalah :



Gambar 6.2 Plat sambung standar PT KAI

$$\begin{aligned}
 A_c &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,54^2 = 5,07 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$N_o = 0,75 \cdot A_c \cdot 4000 = 13890 \text{ kg}$$

Kekuatan baut akibat beban bolak-balik

$$T = 0,5 \cdot N_o = 6945 \text{ kg}$$

$$V_r = 150 \text{ km/jam} = 93,225 \text{ mil/jam}$$

$$P = 2P_1 \cos \alpha$$

$$= 2 \cdot P_1 \cdot \cos 19^\circ 58' 59,18''$$

$$P_1 = 0,53 P$$

$$Pd = P + (0,01 \cdot P \cdot (V_r - 5))$$

$$= 9.000 + ((0,01 \cdot 9000 \cdot (93,225 - 5)))$$

$$= 16940,25 \text{ kg}$$

$$P_1 = 0,52 \cdot 16940,25 \text{ kg}$$

$$= 8978,33 \text{ kg}$$

$$Q = 0,5 \cdot Pd$$

$$= 0,5 \cdot 16940,25 \text{ kg} = 8470,125 \text{ kg}$$

$$H = \frac{1}{4} \cdot P1$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 8978,33 = 2244,58 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada sambungan

$$M = H \cdot (a + b + c)$$

$$= 2244,58 \cdot (4 + 13 + 3,5)$$

$$= 46013,89 \text{ kg-cm}$$

$$H = T' + T''$$

Persamaan momen pada plat sambungan

$$M' = H \cdot (a + b) = T' \cdot b$$

$$= 2244,58 \cdot (4 + 13) = T' \cdot 13$$

$$T' = 2935,22 \text{ kg} < T = 6945 \text{ kg}$$

$$M'' = H \cdot a = T'' \cdot b$$

$$= 2244,58 \cdot 4 = T'' \cdot 13$$

$$= 8978,32 = T'' \cdot 13$$

$$T'' = 690,64 \text{ kg} < T = 6945 \text{ kg}$$

#### 6.4 Perencanaan Panjang Minimum Rel

Data :

Bantalan Beton  $\rightarrow r = 450 \text{ kg/m}$

Rel tipe R<sub>54</sub>  $\rightarrow A = 69,34 \text{ cm}^2$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t = 2,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$l = \frac{E \cdot A \cdot \alpha \cdot t}{r} = \frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 69,34 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (27,6 - 25)}{450 \cdot 100} = 10 \text{ m}$$

Panjang minimum rel panjang tipe R<sub>54</sub> dengan bantalan beton :

$$L = 2 \cdot l = 2 \cdot 10 = 20 \text{ m}$$

#### 6.5 Perencanaan Lebar Celah

a. Rel dengan panjang 25 m

Suhu pemasangan (tabel 3.9 PKJRI 1986)

$$t_{\min} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\max} = 44 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Suhu minimum setempat  $t_{\min} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$

Menggunakan rumus (4.5) yaitu :

$$\begin{aligned} G &= L \cdot \alpha \cdot (40 - t) + 2 \\ &= 25 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (40 - 25) + 2 \\ &= 6,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

---

b. Rel dengan panjang 100 m

---

Suhu pemasangan (tabel 3.11 PD-10 1986)

$$t_{\max} = 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\min} = 46 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Suhu minimum setempat :  $t_{\min} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$t_{\max} = 27,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t = 2,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Menggunakan rumus (4.6) yaitu :

$$G = \frac{E \cdot A \cdot \alpha \cdot t^2}{2 \cdot r} + 2$$

$$G = \frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 69,34 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,6^2}{2 \cdot 450 \cdot 100} + 2 = 2,131 \text{ mm} < 11 \text{ mm}$$

## 6.6 Perencanaan Balas

Data :

$$PG = 18000 \text{ kg}$$

$$V_r = 93,225 \text{ mil/jam}$$


---

Bantalan beton

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$b = 25,3 \text{ cm}$$

$$E = 143108 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_x = 11108 \text{ cm}^4$$

$$P\% = \text{asumsi persentase beban yang diterima bantalan} = 55 \%$$

a = jarak dari sb. vertikal rel ke ujung bantalan = 46,65 cm

c =  $\frac{1}{2}$  jarak antara sumbu vertikal = 53,35 cm

Tebal lapisan balas untuk kelas I berdasarkan PD No. 10

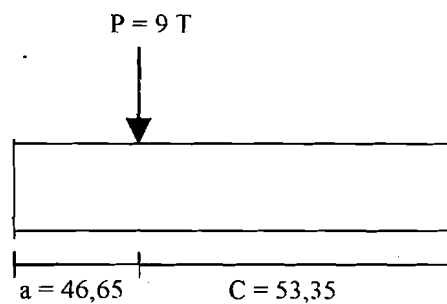
$d_1$  = 30 cm

$d_2$  = 40 cm

ke = koefisien reaksi track = 9 kg/cm<sup>2</sup>

x = 50 cm

M = 60 cm



Gambar 6.3 Tekanan Gandar pada Bantalan

Tabel 6.3 Koefisien reaksi track

Keadaan Balas	ke
Buruk	3
Sedang	8 - 10
Baik	12 - 15

Sumber : Peraturan Dinas No. 10, PJKA, 1986



---

### 1. Balas Atas

---

Lebar tepi balas atas terhadap sumbu jalan kereta ( $b$ ), menggunakan rumus

(4.10) yaitu :

$$b > \frac{1}{2} \cdot 200 + 50$$

$$b > 150 \text{ cm} ; \text{diambil } b = 155 \text{ cm}$$

tebal lapisan balas bawah telah ditentukan  $d_1 = 30 \text{ cm}$

### 2. Balas Bawah

Tebal lapisan balas bawah  $d_2 = 40 \text{ cm}$ . Sehingga tebal lapisan balas total

( $d$ ) dapat ditentukan dengan rumus (4.11) yaitu :

$$d_2 = d - d_1 \geq 15 \text{ cm}$$

$$d = d_1 + d_2$$

$$= 30 + 40 = 70 \text{ cm} \geq 15 \text{ cm}$$

### 3. Perencanaan lebar $k_1$

a. pada sepur lurus, menggunakan rumus (4.18) yaitu :

$$k_1 \geq b + 2 \cdot d_1 + M$$

$$= 155 + 2 \cdot 30 + 40$$

$$= 255 \text{ cm} = \text{ambil } 260 \text{ cm}$$

b. pada sepur tikungan, menggunakan rumus (4.19), (4.20), dan rumus

(4.21) yaitu :

$$k_1' \cdot l = k_1$$

$$k_1' \cdot l = b + 2 \cdot d_1 + M + 2 \cdot l$$

$$l = \left( b + \frac{w}{2} \right) \left( \frac{h}{w} \right) + t$$

$$= \left(155 + \frac{106,7}{2}\right) \left(\frac{110}{106,7}\right) + 24,33$$

$$= 239,123 \text{ cm}$$

$$b + 2.d_1 + M + 2.l = 260 + 239,123$$

$$k' = \frac{499,123}{239,123}$$

$$= 2,08 \text{ cm}$$

$$k_1' = k' + k$$

$$= 262,08 = \text{ambil } 265 \text{ cm}$$

Sedangkan tegangan yang terjadi di bawah bantalan dapat dihitung dengan rumus (4.16), (4.17), (4.13) yang disebut dengan "Beam on elastic foundation" adalah sebagai berikut :

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4.E.Ix}} = \tau$$

$$k = k_e . b$$

$$= \sqrt[4]{\frac{9 \times 24,335}{4.1431086.11108,69}}$$

$$= 0,0136$$

$$Pd = P + ((0,01.P.(Vr - 5)) . 55 \%$$

$$= 9000 + ((0,01 . 9000 (93,225 - 5)) . 55 \%$$

$$= 9317,13 \text{ kg}$$

$$\delta_1 = \frac{P\tau}{2b} \frac{1}{(\sin \tau l + \sinh \tau l)} (2 \cosh^2 \tau a)(\cos 2\tau c + \cosh \tau l) +$$

$$2 \cos^2 \tau a [ (\cosh 2\tau c + \cos \tau l + \sinh 2\tau a (\sinh 2\tau c - \sinh \tau l) - \sin 2\tau a$$

$$(\sinh 2\tau c - \sinh \tau l) )$$

$$\sigma_1 = \frac{9317,168 \cdot 0,0133}{2,25,3} \cdot \frac{1}{(0,0464 + 7,113)} \cdot (2,1,437 \cdot (0,9997 + 7,1831$$

$$+ 2 \cdot 0,9999 (2,1877 + 0,9989) + 1,5848 (1,9458 - 7,1132)$$

$$- 0,0217 (1,9458 - 0,0464)$$

$$\sigma_1 = 6,1865 \text{ kg/cm}^2$$

## 6.7 Perencanaan Subgrade

Tegangan yang terjadi dibawah lapisan balas ( d = 70 cm ) dapat ditentukan dengan rumus :

$$\sigma_2 = \frac{58 \cdot \sigma_1}{(10 + d)^{1,35}} = \frac{58 \cdot 6,1865}{(10 + 70)^{1,35}} = 0,9676 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan ini akan bekerja pada lapisan “sub Grade” dimana di setiap lokasi mempunyai tegangan tanah ijin (qu) yang berbeda-beda, untuk keadaan lapangan dari hasil penyelidikan tanah didapatkan :

Diambil Qu ijin terkecil di KM 137+000 didapat Qu = 0,278 kg/cm<sup>2</sup> (lihat lampiran 12). Pengambilan Qu ijin ini dengan alasan bahwa bila Qu ijin terkecil belum bisa memenuhi Qu lapangan, maka bisa dikatakan subgrade tidak dapat memenuhi 100% syarat keamanan. Apabila Qu ijin subgrade ternyata lebih kecil dari Qu lapangan, maka Qu ijin subgrade dan Qu-Qu lainnya yang tidak

memenuhi syarat tersebut dapat ditingkatkan tegangannya dengan beberapa metoda (misalnya dengan geotekstil).

### 6.8 Perencanaan Lapisan Tubuh Jalan Rel

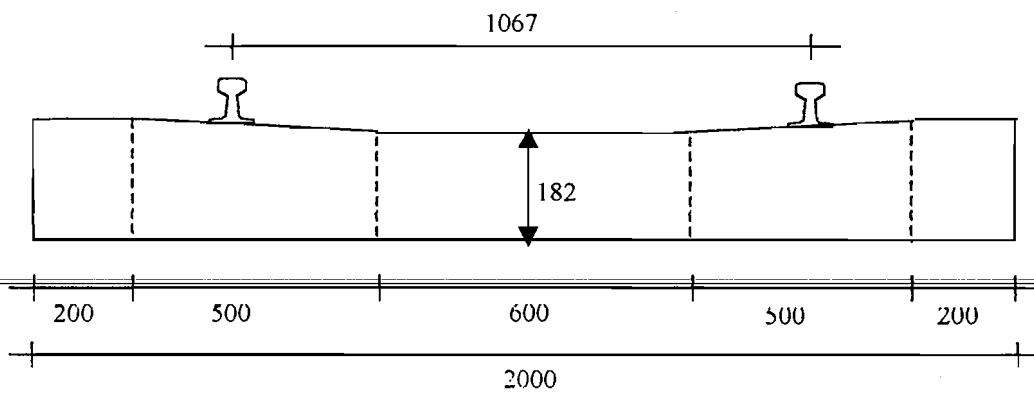
Perencanaan tubuh jalan kereta api didasarkan keadaan tanah setempat, beban yang bekerja pada lapisan tanah dasar adalah sebagai berikut :

a. Pengaruh jarak bantalan

Pada umumnya setiap satu kilometer panjang jalan kereta api diperlukan bantalan beton sebanyak 1667 buah, maka jarak bantalan beton adalah :

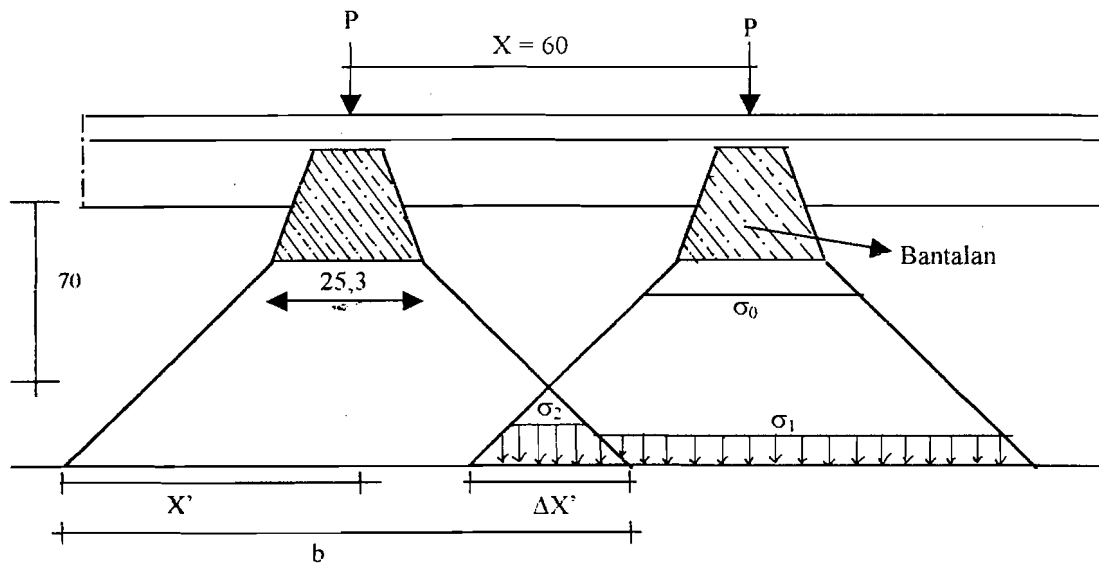
$$x = \frac{100000}{1667} = 59,988 \approx 60\text{cm}$$

Dimensi bantalan beton yang dipakai adalah :



Gambar 6.4 Dimensi Bantalan Beton

Tegangan yang terjadi dapat digambarkan sebagai berikut :



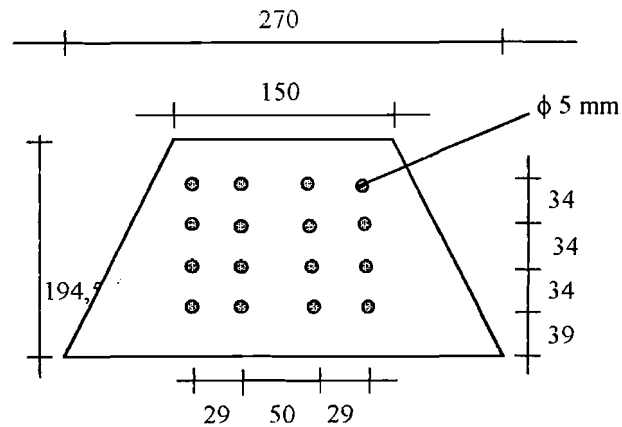
Gambar 6.5 Skema tegangan pada balas

*b. Overlap Force*

Terjadi *overlap force* ( $\delta_2$ ) yang letaknya setelah kedalaman 70 cm di bawah rel. Tegangan ini menyebabkan tanah terbebani dua kali tekanan dari tekanan awal. Oleh karena itu kedalaman balas tidak direncanakan tidak melebihi 70 cm (tegangan pada  $d=70$  cm sudah aman, sehingga tidak perlu menambah tebal balas).

## 6.9 Perencanaan Bantalan Beton Pratekan

### a. Momen Inersia dibawah rel



Gambar 6.6 Penampang Bantalan di Tumpuan

Dipakai baja  $\phi = 5 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 5^2 = 19,635 \text{ mm}^2$$

Diinterpolasi dari ujung bantalan sampai dengan bantalan dibawah rel

seperti terlihat padanya Gambar 6.8 maka didapatkan tinggi (h) bantalan

dibawah rel seperti terlihat dibawah ini :

$$h = \frac{194,5 - 182}{50} \cdot 23,35 + 182 = 187,8375 \text{ mm}$$

$$A_c = 243,35 \cdot 187,8375 + 2 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot 46,65 \cdot 187,8375 \right)$$

$$= 54472,875 \text{ mm}^2 = 544,7288 \text{ cm}^2$$

statis momen terhadap sisi bawah bantalan ( $Y_b$ )

$$Y_b = \frac{150.187,8375.93,9188 + 2. \frac{1}{2}.46,675.187,8375.62,6125}{150.187,8375 + 2. \frac{1}{2}.46,675.187,8375} = 86,489 \text{ mm}$$

$$= 8,6489 \text{ cm}$$

$$I_x = (1/12).150.187,8375^3 = 82843208,61 \text{ mm}^4$$

$$150 . 187,8375 . 7,4298^2 = 1555348,824 \text{ mm}^4$$

$$2 . (1/12) . 46,675 . 187,8375^3 = 51556090,16 \text{ mm}^4$$

$$2 . \frac{1}{2} . 46,675 . 187,8375 . 38,736^2 = 13155161,08 \text{ mm}^4$$

$$4 . 15 . 19,635 . 54,511^2 = 3500664,209 \text{ mm}^4$$

$$4 . 15 . 19,635 . 20,511^2 = 495627,9907 \text{ mm}^4$$

$$4 . 15 . 19,635 . 13,489^2 = 214358,9719 \text{ mm}^4$$

$$4 . 15 . 19,635 . 47,489^2 = 2656857,153 \text{ mm}^4$$

$$I_x = 155977317 \text{ mm}^4$$

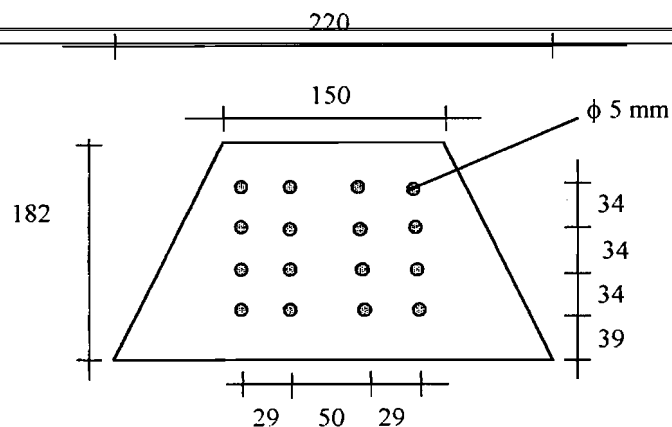
b. Momen Inersia di Tengah Bantalan

Dipakai baja  $\phi = 5 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{1}{4} . \pi . \phi^2 = \frac{1}{4} . \pi . 5^2 = 19,635 \text{ mm}^2$$

$$A_c = 150 . 182 + 2 . ( \frac{1}{2} . 35 . 182 )$$

$$= 33670 \text{ mm}^2 = 336,7 \text{ cm}^2$$



Gambar 6.7 Penampang Bantalan di Tengah Bantalan

statis momen terhadap sisi bawah bantalan ( $Y_b$ )

$$Y_b = \frac{150 \cdot 182 \cdot 91 + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 35 \cdot 182 \cdot 60,667}{150 \cdot 182 + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 35 \cdot 182} = 85,261 \text{ mm} = 8,5261 \text{ cm}$$

$$I_x = (1/12) \cdot 150 \cdot 182^3 = 75357100 \text{ mm}^4$$

$$150 \cdot 182 \cdot 5,739^2 = 899156,1033 \text{ mm}^4$$

$$2 \cdot (1/12) \cdot 35 \cdot 182^3 = 35166646,67 \text{ mm}^4$$

$$2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 150 \cdot 182 \cdot 36,072^2 = 35522464,72 \text{ mm}^4$$

$$4 \cdot 15 \cdot 19,635 \cdot 55,739^2 = 3660163,634 \text{ mm}^4$$

$$4 \cdot 15 \cdot 19,635 \cdot 21,739^2 = 556751,353 \text{ mm}^4$$

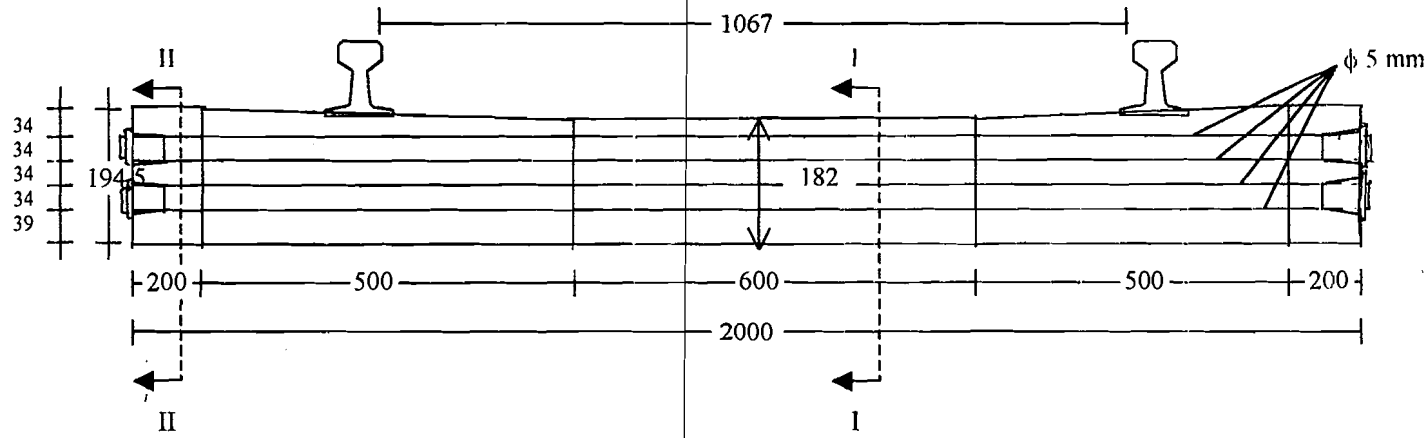
$$4 \cdot 15 \cdot 19,635 \cdot 12,261^2 = 177106,2718 \text{ mm}^4$$

$$4 \cdot 15 \cdot 19,635 \cdot 46,261^2 = 2521228,391 \text{ mm}^4$$

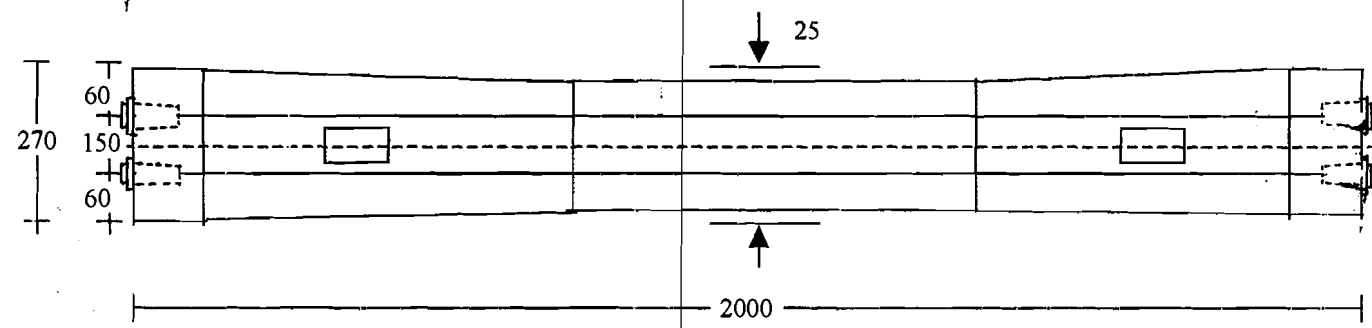
$$I_x = 153860617,1 \text{ mm}^4$$

$$= 15386,06171 \text{ cm}^4$$

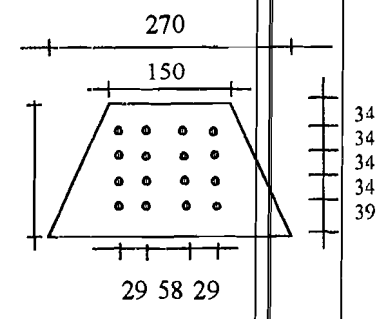




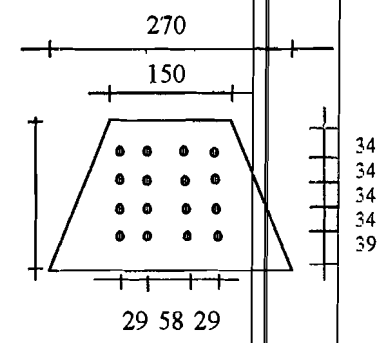
TAMPAK SAMPING



TAMPAK ATAS



POT I-I



POT II-II

Gambar 6.8 Konstruksi Bantalan Beton Pratekan

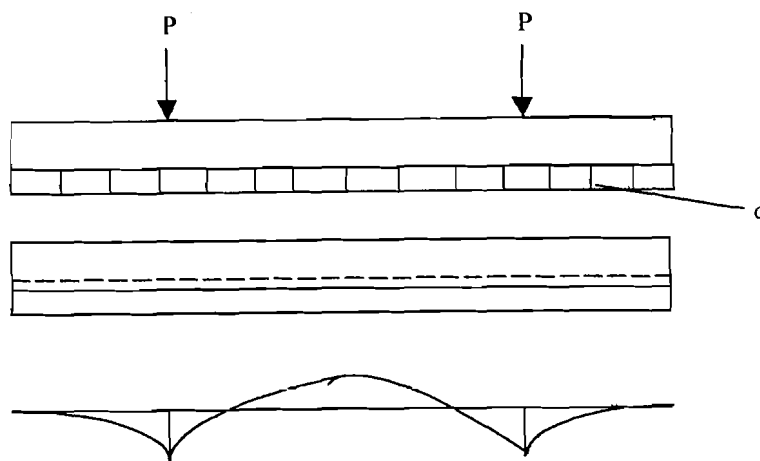
c. Beban yang bekerja pada konstruksi bantalan beton  $P_d = 9317,168 \text{ kg}$

Tekanan yang terjadi dibawah bantalan akibat beban  $P_d$  yang bekerja pada bantalan sebesar  $\sigma = 6,1865 \text{ kg/cm}^2$

Lebar bantalan 25,3 cm, maka

$$q = \sigma \cdot b = 6,1865 \cdot 25,3 = 156,518 \text{ kg/cm}$$

Perencanaan berdasarkan keseimbangan beban "load balance",  $q$   
balance = 35%



Gambar 6.9 Diagram Momen pada Balok

$$q_b = 0,35 \cdot 156,518 = 54,7813 \text{ kg/cm}$$

Harga e (eksentrisitas) untuk :

- dibawah bantalan  $e_1 = 90 - 86,489 = 3,511 \text{ mm} = 0,3511 \text{ cm}$
- ditengah bantalan  $e_2 = 90 - 85,261 = 4,739 \text{ mm} = 0,4739 \text{ cm}$

Gaya initial akibat pengimbangan beban ( $P_1$ ) ditentukan sebagai berikut :

- Ditumpuan bantalan

$$P_1 = \frac{Q \cdot L^2}{2 \cdot e_1} = \frac{54,7813 \cdot 46,65^2}{2 \cdot 0,3511} = 169775,4167 \text{ kg}$$

- Ditengah Bantalan

$$P_1 = \frac{Q.L^2}{8.e_2} = \frac{54,7813.106,7^2}{8.0,4739} = 164507,036kg$$

d. Analisa tegangan tahap pratekan awal

Tegangan di tumpuan bantalan

- sisi atas :

$$\sigma = \frac{P_1}{A} - \frac{P_1.e.Y_a}{Ix} \dots\dots\dots (6.8)$$

$$\sigma = \frac{169775,4167}{544,7288} - \frac{169775,4167.0,3511.10,8011}{15597,7317} = 270,392kg/cm^2$$

- sisi bawah :

$$\sigma = \frac{P_1}{A} + \frac{P_1.e.Y_b}{Ix} \dots\dots\dots (6.9)$$

$$\sigma = \frac{169775,4167}{544,7288} + \frac{169775,4167.0,3511.8,6489}{15597,7317} = 344,722kg/cm^2$$

Tegangan di tengah Bantalan

- sisi atas :

$$\sigma = \frac{P_1}{A} - \frac{P_1.e.Y_a}{Ix} \dots\dots\dots (6.10)$$

$$\sigma = \frac{164507,036}{336,7} - \frac{164507,036.0,4739.9,6739}{15386,0617} = 439,57kg/cm^2$$

- sisi bawah :

$$\sigma = \frac{P_1}{A} + \frac{P_1.e.Y_b}{Ix} \dots\dots\dots (6.11)$$

$$\sigma = \frac{164507,036}{336,7} + \frac{164507,036.0,4739.8,5261}{15386,0617} = 499,53kg/cm^2$$

## e. Analisa tegangan tahap pra-tekan efektif

$$P_e = P_1 \cdot (1 - R) \dots\dots\dots (6.12)$$

R : pengurangan beban akibat "lose of prestress"

Besarnya R adalah :

$F_1 = 4 \%$  (akibat perpendekan elastis)

$F_2 = 6 \%$  (akibat rangkai beton "creep")

$F_3 = 7 \%$  (akibat susut beton "shrinkage")

$F_4 = 8 \%$  (akibat relaksasi baja)

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 25 \%$$

Tegangan efektif ditumpuan bantalan, menggunakan rumus (6.12) :

$$P_e = 169775,4167 \cdot (1 - 0,25) = 127331,5625 \text{ kg}$$

- sisi atas :

$$\sigma = \frac{P_e}{A} - \frac{P_e \cdot e \cdot Y_a}{I_x} \dots\dots\dots (6.13)$$

$$\sigma = \frac{127331,5625}{544,7288} - \frac{127331,5625 \cdot 0,3511 \cdot 10,8011}{15597,7317} = 202,794 \text{ kg / cm}^2$$

- sisi bawah :

$$\sigma = \frac{P_e}{A} + \frac{P_e \cdot e \cdot Y_b}{I_x} \dots\dots\dots (6.14)$$

$$\sigma = \frac{127331,5625}{544,7288} + \frac{127331,5625 \cdot 0,3511 \cdot 8,6489}{15597,7317} = 258,5416 \text{ kg / cm}^2$$

Tegangan efektif di tengah bantalan, menggunakan rumus (6.12) :

$$P_e = 164507,036 \cdot (1 - 0,25) = 123380,277 \text{ kg}$$

- sisi atas :

$$\sigma = \frac{P_e}{A} - \frac{P_e \cdot e \cdot Y_a}{I_x} \dots\dots\dots (6.15)$$

$$\sigma = \frac{123380,277}{336,7} - \frac{123380,277 \cdot 0,4739 \cdot 9,6739}{15386,0617} = 329,677 \text{ kg/cm}^2$$

- sisi bawah :

$$\sigma = \frac{P_e}{A} + \frac{P_e \cdot e \cdot Y_b}{I_x} \dots\dots\dots (6.16)$$

$$\sigma = \frac{123380,277}{336,7} + \frac{123380,277 \cdot 0,4739 \cdot 8,5261}{15386,0617} = 398,841 \text{ kg/cm}^2$$

Berdasarkan pada Peraturan Konstruksi Jalan Rel Indonesia 1986, untuk bantalan beton pra tekan, mutu beton harus mempunyai kuat desak karakteristik tidak kurang dari  $500 \text{ kg/cm}^2$  ( $\sigma'_{ds} = 500 \text{ kg/cm}^2$ )  $> \sigma = 398,841 \text{ kg/cm}^2$

## 6.10 Perencanaan Pematusan / Drainasi

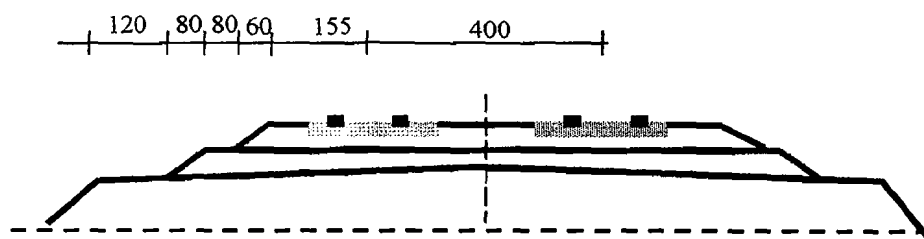
Perencanaan pematusan didasarkan pada intensitas curah hujan rata-rata maksimum yang dihitung dengan cara sebagai berikut :

1. Data curah hujan harian rata-rata maksimum, pada lokasi di tempat pengamatan Ngelo, Kabupaten Klaten, Kecamatan Prambanan,  $X_1 = 210,1063 \text{ mm/hari}$ .
  - a. lamanya waktu konsentrasi hujan mak  $t = 8 \text{ jam}$

b. Intensitas hujan dapat dihitung :

$$I = \frac{210,1063}{24} \cdot \left(\frac{24}{8}\right)^{2/3} = 18,2099 \text{ mm / jam}$$

Mendimensi pematusan melintang pada tubuh jalan kereta api. Luas daerah hujan  $A = 0,01390 \text{ km}^2$  (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil  $V = 0,4 \text{ m/det}$  dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran  $C = 0,2$  (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2. Daerah milik jalan 11 m dari sumbu jalan kereta api.



$$B = 400 + 2(120 + 80 + 80 + 60 + 155) = 1390 \text{ cm}$$

Gambar 6.10 Luas Daerah yang di drain melintang

c. debit air yang harus dibuang  $Q_1$

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,2 \cdot 18,1568 \cdot 0,01390 = \frac{0,014}{2} = 0,007 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$Q_s = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,2 \cdot 18,1568 \cdot 0,00605 = 0,0061 \text{ m}^3 / \text{det}$$

d. debit air yang harus ditampung oleh pematusan  $Q_2$ , menggunakan rumus (4.23) yaitu :

$$Q_2 > 1,2 \cdot (Q_1 + Q_s)$$

$$Q_2 = 1,2 \cdot (0,007 + 0,0061) = 0,01572 \text{ m}^3/\text{det}$$

e. luas saluran yang dibutuhkan  $A_2$ , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

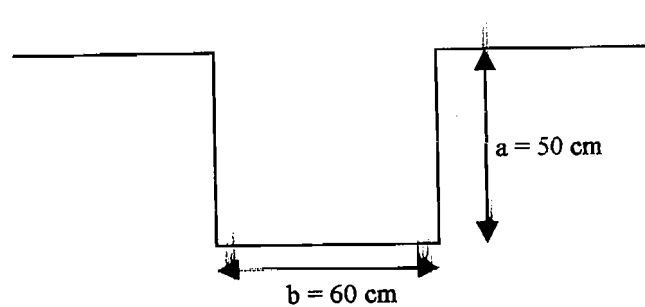
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,01572}{0,4} = 0,0393 \text{ m}^2$$

Diambil  $b = 0,6 \text{ m}$ , sehingga tinggi air ( $h$ ) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0393}{0,6} = 0,0655 \text{ m} = 6,55 \text{ cm}$$

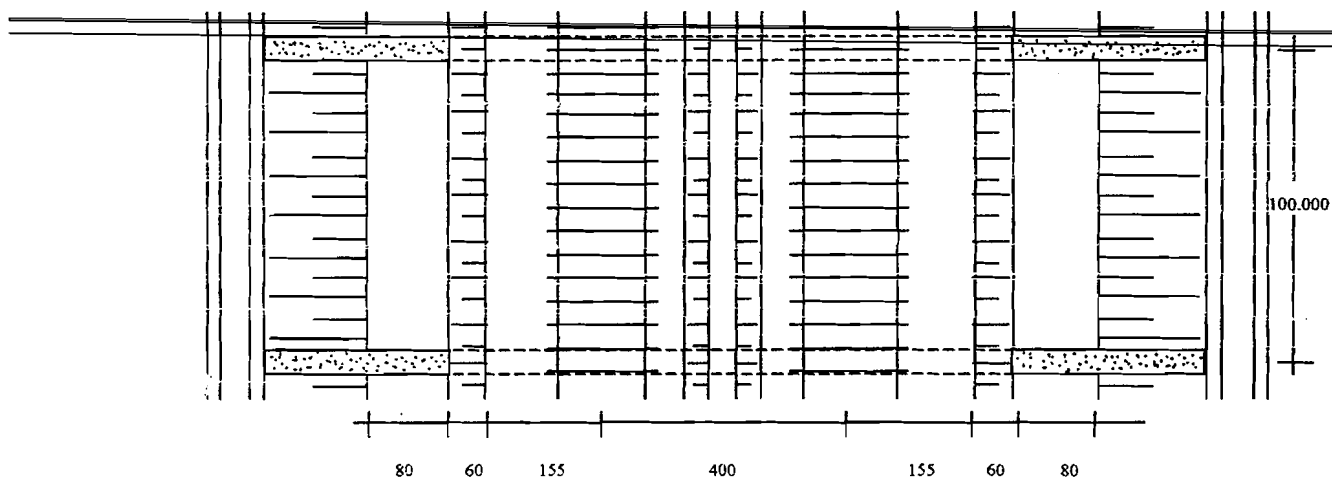
Dipakai dimensi  $a = 50 \text{ cm}$ ,  $b = 60 \text{ cm}$



Gambar 6.11 Penampang Melintang Drainase

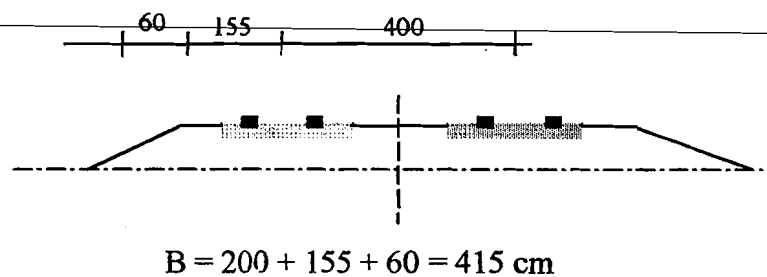
$$Q = A \cdot V = (0,5 \cdot 0,6) \cdot 0,4$$

$$= 0,12 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,0131 \text{ m}^3/\text{det}$$



Gambar 6.12 Pematusan melintang pada tubuh jalan rel

Mendimensi pematusan memanjang pada tubuh jalan dan balas jalan kereta api. Luas daerah hujan  $A = 0,00415 \text{ km}^2$  (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil  $V = 0,5 \text{ m/det}$  dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran  $C = 0,3$  (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2



Gambar 6.13 Luas daerah yang di drain memanjang

f. debit air yang harus dibuang  $Q_1$

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 18,1568 \cdot 0,00415 = 0,00628 \text{ m}^3 / \text{det}$$



debit air yang harus ditampung oleh pematasan  $Q_2$ , menggunakan rumus

(4.23) yaitu :

$$Q_2 > 1,2 \cdot Q_1$$

$$Q_2 = 1,2 \cdot 0,00628 = 0,007536 \text{ m}^3/\text{det}$$

h. luas saluran yang dibutuhkan  $A_2$ , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

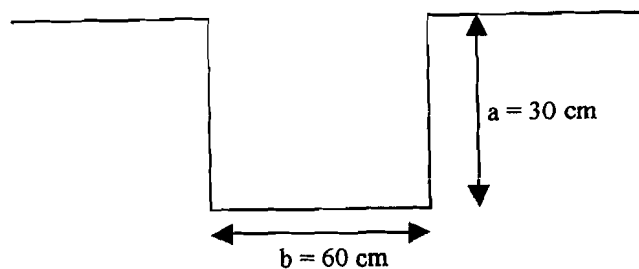
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,007536}{0,8} = 0,00942 \text{ m}^2$$

Diambil  $b = 0,6 \text{ m}$ , sehingga tinggi air ( $h$ ) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,00942}{0,3} = 0,0314 \text{ m} = 3,14 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi  $a = 30 \text{ cm}$ ,  $b = 30 \text{ cm}$



Gambar 6.14 Penampang Memanjang Drainasi

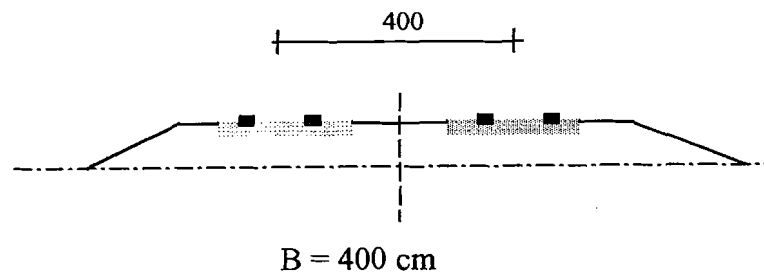
$$Q = A \cdot V = (0,3 \cdot 0,6) \cdot 0,5$$

$$= 0,09 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,00628 \text{ m}^3/\text{det}$$

Mendimensi pematasan memanjang pada tubuh jalan dan balas jalan kereta api. Luas daerah hujan  $A = 0,004 \text{ km}^2$  (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil  $V = 0,5 \text{ m/det}$  dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan

koefisien pengaliran  $C = 0,2$  (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat

dilihat pada lampiran 14 tabel 2



Gambar 6.15 Luas daerah yang di drain memanjang

i. debit air yang harus dibuang  $Q_1$

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 18,1568 \cdot 0,004 = 0,00605 \text{ m}^3 / \text{det}$$

j. debit air yang harus ditampung oleh pematusan  $Q_2$ , menggunakan rumus

(4.23) yaitu :

$$Q_2 > 1,2 \cdot Q_1$$

$$Q_2 = 1,2 \cdot 0,00605 = 0,007263 \text{ m}^3 / \text{det}$$

k. luas saluran yang dibutuhkan  $A_2$ , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

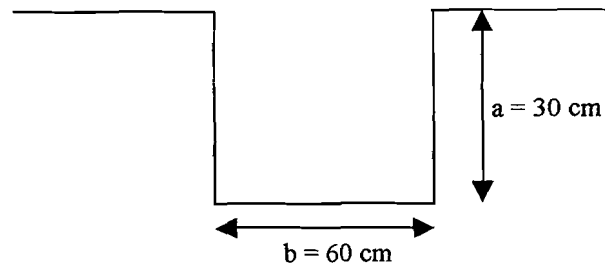
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,007263}{0,5} = 0,0145 \text{ m}^2$$

Diambil  $b = 0,6 \text{ m}$ , sehingga tinggi air ( $h$ ) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0145}{0,6} = 0,0242 \text{ m} = 2,42 \text{ cm}$$

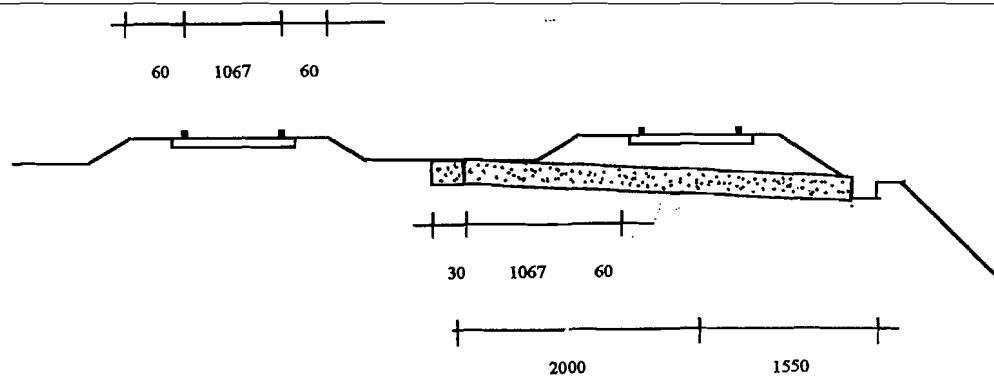
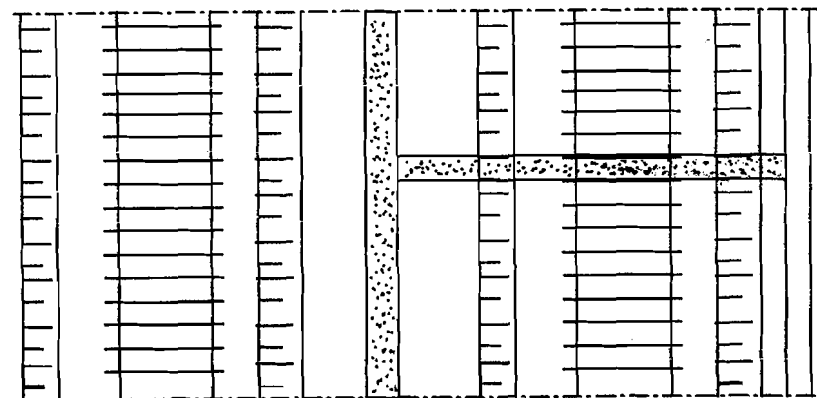
Dipakai dimensi  $a = 30 \text{ cm}$ ,  $b = 60 \text{ cm}$



Gambar 6.16 Penampang Memanjang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,3 \cdot 0,6) \cdot 0,5$$

$$= 0,09 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,00605 \text{ m}^3/\text{det}$$



Gambar 6.17 Pematusan memanjang jalan rel ganda

## 2. Data curah hujan harian rata-rata maksimum, pada lokasi di stasiun

pengamatan curah hujan BD. Wantil, Kecamatan Delanggu, Kabupaten Klaten

- $X_2 = 207,206$  mm/hari
- Lamanya waktu konsentasi hujan mak  $t = 8$  jam
- Intensitas hujan dapat dihitung :

$$I = \frac{207,206}{24} \left( \frac{24}{8} \right)^{2/3} = 17,9586 \text{ mm/jam}$$

Mendimensi pematuan melintang pada tubuh jalan kereta api. Luas daerah hujan  $A = 0,01390$  km<sup>2</sup> (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil  $V = 0,4$  m/det dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran  $C = 0,2$  (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2. Daerah milik jalan sepanjang 11 m dari sumbu jalan kereta api. Lihat pada Gambar 6.10 pada halaman 98.

- debit air yang harus dibuang  $Q_1$

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,2 \cdot 17,9586 \cdot 0,01390 = \frac{0,01387}{2} = 0,0069 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$Q_s = \frac{1}{3,6} \cdot 0,2 \cdot 17,9586 \cdot 0,00605 = 0,006 \text{ m}^3 / \text{det}$$

- debit air yang harus ditampung oleh pematuan  $Q_2$ , menggunakan rumus(4.23) yaitu :

$$Q_2 = 1,2 \cdot (0,0069 + 0,006) = 0,0155 \text{ m}^3 / \text{det}$$

f. luas saluran yang dibutuhkan  $A_2$ , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

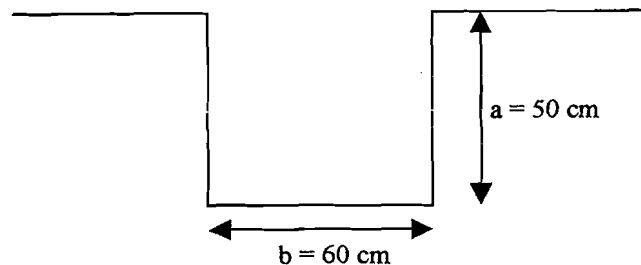
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,0155}{0,4} = 0,0388 m^2$$

Diambil  $b = 0,6$  m, sehingga tinggi air ( $h$ ) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0388}{0,6} = 0,065 m = 6,5 cm$$

Dipakai dimensi  $a = 50$  cm,  $b = 60$  cm



Gambar 6.18 Penampang Melintang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,5 \cdot 0,6) \cdot 0,4$$

$$= 0,012 m^3/det > Q_1 = 0,0129 m^3/det$$

Mendimensi pematusan memanjang pada tubuh jalan dan balas jalan kereta api. Luas daerah hujan  $A = 0,00415$  km<sup>2</sup> (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil  $V = 0,5$  m/det dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran  $C = 0,3$  (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2. Lihat Gambar 6.13 pada halaman 100.

g. debit air yang harus dibuang  $Q_1$

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C.I.A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 17,9586 \cdot 0,00415 = 0,0062 \text{ m}^3 / \text{det}$$

h. debit air yang harus ditampung oleh pematusan  $Q_2$ , menggunakan rumus (4.23) yaitu :

$$Q_2 > 1,2 \cdot Q_1$$

$$Q_2 = 1,2 \cdot 0,0062 = 0,00744 \text{ m}^3 / \text{det}$$

i. luas saluran yang dibutuhkan  $A_2$ , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

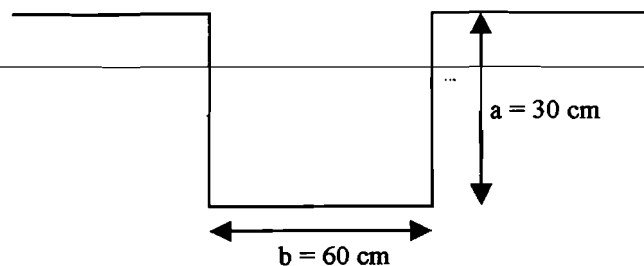
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,00744}{0,5} = 0,0149 \text{ m}^2$$

Diambil  $b = 0,6 \text{ m}$ , sehingga tinggi air ( $h$ ) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0149}{0,6} = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi  $a = 30 \text{ cm}$ ,  $b = 60 \text{ cm}$



Gambar 6.19 Penampang Memanjang Drainasi

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot V = (0,3 \cdot 0,6) \cdot 0,5 \\ &= 0,09 \text{ m}^3 / \text{det} > Q_1 = 0,00628 \text{ m}^3 / \text{det} \end{aligned}$$

---

Mendimensi pematuan memanjang pada tubuh jalan dan balas jalan

---

kereta api. Luas daerah hujan  $A = 0,004 \text{ km}^2$  (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil  $V = 0,5 \text{ m/det}$  dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran  $C = 0,3$  (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2. Lihat gambar 6.15 pada halaman 103.

j. debit air yang harus dibuang  $Q_1$

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C.I.A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 17,9586 \cdot 0,004 = 0,005986 \text{ m}^3 / \text{det}$$

k. debit air yang harus ditampung oleh pematuan  $Q_2$ , menggunakan rumus

(4.23) yaitu :

$$Q_2 > 1,2 \cdot Q_1$$

$$Q_2 = 1,2 \cdot 0,005986 = 0,007183 \text{ m}^3/\text{det}$$

l. luas saluran yang dibutuhkan  $A_2$ , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

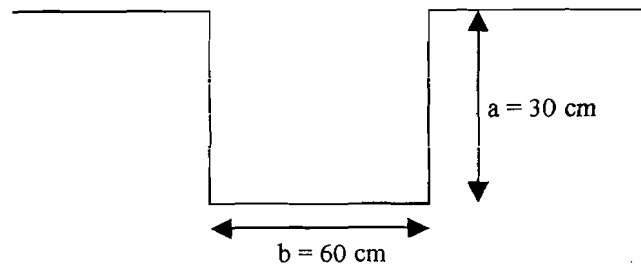
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,007183}{0,5} = 0,0144 \text{ m}^2$$

Diambil  $b = 0,6 \text{ m}$ , sehingga tinggi air ( $h$ ) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0144}{0,6} = 0,024 \text{ m} = 2,4 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi  $a = 30 \text{ cm}$ ,  $b = 60 \text{ cm}$



Gambar 6.20 Penampang Memanjang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,1 \cdot 0,3) \cdot 0,8$$

$$0,024 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,007183 \text{ m}^3/\text{det}$$

3. Data curah hujan harian rata-rata maksimum, pada lokasi di stasiun pengamatan Klaten Utara, Kecamatan Klaten Utara, Kabupaten Klaten
  - a.  $X_3 = 173,575 \text{ mm/hari}$
  - b. lamanya waktu konsentasi hujan mak  $t = 8 \text{ jam}$
  - c. intensitas hujan dapat dihitung :

$$I = \frac{173,575}{24} \cdot \left( \frac{24}{8} \right)^{2/3} = 15,0438 \text{ mm/jam}$$

Mendimensi pematasan melintang pada tubuh jalan kereta api. Luas daerah hujan  $A = 0,01390 \text{ km}^2$  (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil  $V = 0,4 \text{ m/det}$  dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran  $C = 0,2$  (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2 dan daerah milik jalan 11 m dari sumbu jalan kereta api. Lihat Gambar 6.10 pada halaman 99.



d. debit air yang harus dibuang  $Q_1$

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C.I.A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,2 \cdot 15,0438 \cdot 0,01390 = \frac{0,01162}{2} = 0,0058 m^3 / \text{det}$$

$$Q_s = \frac{1}{3,6} \cdot 0,2 \cdot 15,0438 \cdot 0,00605 = 0,0051 m^3 / \text{det}$$

e. debit air yang harus ditampung oleh pematusan  $Q_2$ , lihat rumus (4.23) :

$$Q_2 = 1,2 \cdot (0,0058 + 0,0051) = 0,0131 m^3 / \text{det}$$

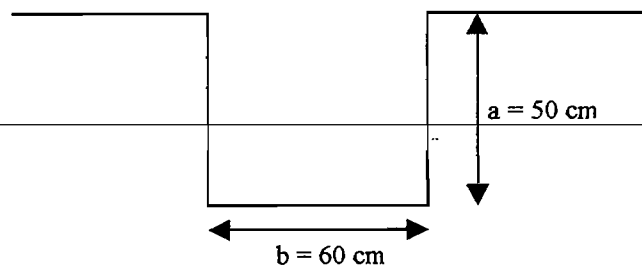
f. luas saluran yang dibutuhkan  $A_2$ , lihat rumus (4.24) :

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,0131}{0,4} = 0,0328 m^2$$

Diambil  $b = 0,6 m$

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0328}{0,6} = 0,055 m = 5,5 cm$$

Dipakai dimensi  $a = 50 cm$ ,  $b = 60 cm$



Gambar 6.21 Penampang Melintang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,5 \cdot 0,6) \cdot 0,4$$

$$= 0,12 m^3 / \text{det} > Q_1 = 0,0109 m^3 / \text{det}$$

---



---

Mendimensi pematusan memanjang pada tubuh jalan dan balas jalan

---



---

kereta api. Luas daerah hujan  $A = 0,00415 \text{ km}^2$  (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil  $V = 0,5 \text{ m/det}$  dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran  $C = 0,3$  (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2. Lihat Gambar 6.13 pada halaman 101.

- g. debit air yang harus dibuang  $Q_1$

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 15,0438 \cdot 0,00415 = 0,0052 \text{ m}^3 / \text{det}$$

- h. debit air yang harus ditampung oleh pematusan  $Q_2$ , menggunakan rumus (4.23) yaitu :

$$Q_2 > 1,2 \cdot Q_1$$

$$Q_2 = 1,2 \cdot 0,0052 = 0,00624 \text{ m}^3 / \text{det}$$

- i. luas saluran yang dibutuhkan  $A_2$ , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

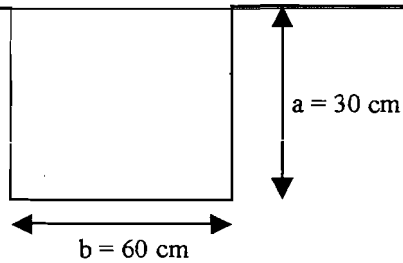
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,00624}{0,5} = 0,0125 \text{ m}^2$$

Diambil  $b = 0,6 \text{ m}$ , sehingga tinggi air ( $h$ ) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,0125}{0,6} = 0,021 \text{ m} = 2,1 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi  $a = 30 \text{ cm}$ ,  $b = 60 \text{ cm}$



Gambar 6.22 Penampang Memanjang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,3 \cdot 0,6) \cdot 0,5$$

$$= 0,09 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,0052 \text{ m}^3/\text{det}$$

Mendimensi pematusan memanjang pada tubuh jalan dan balas jalan kereta api. Luas daerah hujan  $A = 0,004 \text{ km}^2$  (dipandang setiap satu km panjang jalan kereta api). Saluran dari tanah berpasir dengan kecepatan aliran diambil  $V = 0,5 \text{ m/det}$  dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 1 dan koefisien pengaliran  $C = 0,3$  (Daerah hijau/tanah olahan dan hutan) dapat dilihat pada lampiran 14 tabel 2. Lihat gambar 6.15 pada halaman 103.

j. debit air yang harus dibuang  $Q_1$

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A = \frac{1}{3,6} \cdot 0,3 \cdot 15,0438 \cdot 0,004 = 0,005015 \text{ m}^3 / \text{det}$$

k. debit air yang harus ditampung oleh pematusan  $Q_2$ , lihat rumus (4.23)

$$Q_2 = 1,2 \cdot 0,05015 = 0,006018 \text{ m}^3/\text{det}$$

l. luas saluran yang dibutuhkan  $A_2$ , menggunakan rumus (4.24) yaitu :

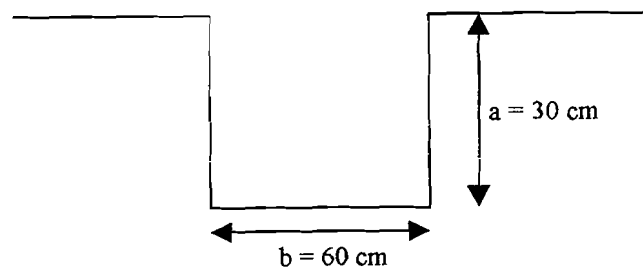
$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

$$A_2 = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{0,006018}{0,5} = 0,012 \text{ m}^2$$

Diambil  $b = 0,6$  m, sehingga tinggi air ( $h$ ) menjadi :

$$h = \frac{A_2}{b} = \frac{0,012}{0,6} = 0,02m = 2,00cm$$

Dipakai dimensi  $a = 30$  cm,  $b = 60$  cm

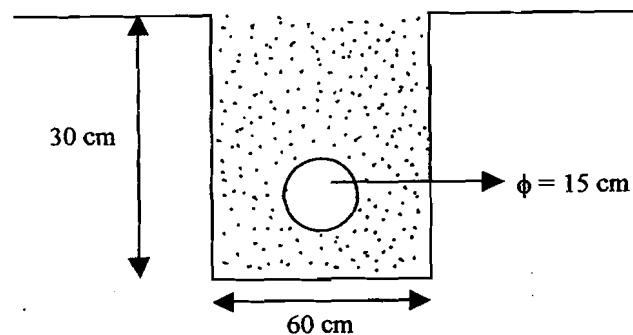


Gambar 6.23 Penampang Memanjang Drainasi

$$Q = A \cdot V = (0,3 \cdot 0,6) \cdot 0,5$$

$$= 0,09 \text{ m}^3/\text{det} > Q_1 = 0,006018 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk saluran pematuan melintang pada tubuh jalan kereta api, digunakan saluran dengan dimensi kedalaman ( $a$ ) = 30 cm, lebar ( $b$ ) = 60 cm. Untuk saluran pematuan memanjang pada tubuh jalan kereta api, digunakan saluran dengan dimensi kedalaman ( $a$ ) = 50 cm, lebar ( $b$ ) = 60 cm. Bahan saluran dari susunan kerikil/koral dan pasir. Lihat gambar 6.24



Gambar 6.24--Penampang Melintang Pematuan jalan KA

---

---

## BAB VII

### PEMBAHASAN

Perencanaan perhitungan konstruksi jalan rel ganda parsial antara Stasiun Yogyakarta – Stasiun Solo Balapan direncanakan berdasarkan data-data yang ada di PT. KAI (Persero). Pada beberapa seksi tertentu, ternyata rumus umum yang digunakan oleh PT KAI (Persero) tidak dapat digunakan lagi. Hal ini disebabkan kondisi lapangan yang tidak memungkinkan, misalnya dikerenakan adanya wilayah pemukiman, halangan alam, dan lain-lainnya.

Misalnya pada KM 121 + 106,50 memiliki jari-jari  $R = 350$  m,  $R$  ini adalah jari-jari yang telah ada di lapangan. Dengan mempertimbangkan faktor ekonomis pembiayaan dan pelaksanaan konstruksi maka  $R$  untuk perencanaan jalur ganda sedapat mungkin menyesuaikan dengan  $R$  lama. Setelah dihitung ternyata didapatkan peninggian rel  $(h) = 245$  mm, padahal dari PT KAI disyaratkan  $h_{maks}$  adalah 110 mm. Supaya didapatkan  $h_{maks} = 110$  mm, maka  $V_{operasi}$  yang diperbolehkan melewati seksi tersebut harus diturunkan menjadi 88 km/jam dari  $V_{operasi}$  semula sebesar 100 km/jam. Agar masinis kereta mengetahui penurunan  $V_{operasi}$ , maka dibuat sinyal-sinyal yang telah ditetapkan oleh PT KAI (Persero) di daerah tersebut.

---

**Landai penentu yang ada pada koridor Stasiun Yogyakarta – Stasiun Solo Balapan**

---

relatif datar. Landai terbesar terdapat pada KM 150 + 005,8 yaitu sebesar  $-8,348$  ‰. Sehingga perencanaan sebagai kelas I masih memenuhi syarat, karena landai maksimal  $8,348$  ‰  $<$  landai penentu  $10$  ‰ (tabel 3.4).

Pada tabel 1.3 didapatkan bahwa ternyata pada koridor Stasiun Yogyakarta – Stasiun Lempuyangan, kapasitas yang ada masih bisa menampung frekuensi lintasan kereta api. Sehingga pada koridor ini untuk sementara tidak perlu dibangun jalur ganda, selama kapasitas yang ada masih bisa melayani lintasan kereta api. Alasan lain mengapa koridor Stasiun Yogyakarta – Stasiun Lempuyangan tidak menggunakan jalur ganda, karena diperkirakan dana yang dibutuhkan cukup besar dibandingkan koridor lain. Koridor ini melewati pusat kota Yogyakarta, melintasi 2 buah jembatan dan jaraknya relatif pendek ( $1.470,2$  m), sehingga pelaksanaannya konstruksinya akan lebih sulit. Oleh karena itu pada Stasiun Yogyakarta – Stasiun Solo Balapan direncanakan sebagai jalur ganda parsial, yaitu jalur ganda antara Stasiun Solo Balapan - Stasiun Lempuyangan, dan jalur tunggal antara Stasiun Lempuyangan - Stasiun Yogyakarta.

Penggunaan bantalan beton pratekan antara Stasiun Solo Balapan - Stasiun Yogyakarta telah sesuai dengan rencana dari PT KAI (Persero) Daerah Operasi VI yang ingin mengganti semua bantalan di Daerah Operasi VI (Stasiun Walikukun – Stasiun Kutoarjo) dengan bantalan beton pratekan.

---

Dari 40 sampel  $Q_u$  ijin subgrade yang ada, terdapat 21  $Q_u$  ijin subgrade yang lebih kecil dari  $Q_u$  lapangan (lihat tabel 8.4). Ini membuktikan bahwa lebih dari 50%  $Q_u$  ijin di koridor Stasiun Yogyakarta – Stasiun Solo Balapan tidak memenuhi persyaratan teknis. Untuk mengatasi permasalahan ini, maka  $Q_u$  ijin tersebut harus ditingkatkan tegangannya sehingga minimal memiliki  $Q_u = 0,9676 \text{ kg/cm}^2$ . Apabila hal ini tidak dilakukan, maka secara konstruksi jalan rel ganda koridor Stasiun Yogyakarta – Stasiun Solo Balapan tidak boleh dibangun.

---

---

---

## BAB VIII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 8.1 Kesimpulan

Dari perhitungan perencanaan konstruksi jalur ganda parsial Stasiun Yogyakarta – Stasiun Solo Balapan yang telah diuraikan pada BAB VI dan BAB VI, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan jalan rel ganda parsial Stasiun Yogyakarta – Stasiun Solo Balapan dapat dilaksanakan, terutama dengan memperhatikan peningkatan kekuatan tegangan tanah pada beberapa titik tertentu dan penempatan sinyal-sinyal pada jari-jari lengkung yang sangat kecil. Hal tersebut diperlukan agar konstruksi yang akan dikerjakan dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh PT KAI.
2. Perencanaan drainasi didasarkan atas curah hujan selama 10 tahun terakhir. Dengan mengambil tiga daerah sepanjang jalur Stasiun Yogyakarta – Stasiun Solo Balapan, yaitu Prambanan, Delanggu, dan Klaten.



---

## 8.2 Saran

---

Dari uraian yang telah tercantum dari BAB I – BAB VIII ini, maka penulis berpendapat ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pelaksanaan pembangunan jalan rel ganda parsial koridor Stasiun Yogyakarta – Stasiun Solo Balapan, diantaranya :

1. Pembersihan lahan sebagai tempat jalur ganda harus memperhatikan faktor-faktor non teknis seperti sosial, budaya, ganti rugi, dan lain-lain
2. Perencanaan jalur ganda hendaknya mengikuti track yang sudah ada, sehingga bisa memperkecil biaya konstruksi
3. Pelaksanaan pembangunan jalan rel harus benar-benar sesuai dengan spesifikasi dan peraturan yang ada. Karena tingkat toleransi jalan rel terhadap bahaya kecelakaan sangat kecil dibandingkan moda transportasi yang lainnya
4. Dikarenakan terdapat R (jari-jari) kecil yang menyebabkan penurunan Voperasi, maka pengaturan sinyal harus benar-benar teliti agar tidak menimbulkan kecelakaan yang tidak diinginkan
5. Peningkatan tegangan ijin yang lebih kecil dari tegangan di lapangan, harus benar-benar diperhatikan sebelum dilaksanakan pembangunan konstruksi di atas subgrade.

---

---

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Aris Munandar, Nur Elifa, 2000, **ANALISIS KAPASITAS LINTAS DAN WAKTU TEMPUH PERJALANAN KERETA API PADA DAOP VI DENGAN PENERAPAN JALUR GANDA PARSIAL**, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
2. E. J. Yoder, MW. Witczak, 1975, **PRINCIPLES OF PAVEMENT DESIGN**, Second Edition, A Wiley – Interscience Publication, Canada
3. Ferdinand Rudolf, 1998, **ANALISA TEKNIK PERENCANAAN JALUR GANDA PARSIAL JALAN REL KORIDOR JAKARTA – BANDUNG SEKSI CIKAMPEK – PADALARANG**, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
4. Imam Subarkah, Ir, 1981, **JALAN KERETA API**, Angkasa Offset, Bandung.
5. J. Honing, Ir, 1981, **ILMU BANGUNAN JALAN KERETA API**, Pradnya Paramita, Jakarta.
6. Perusahaan Jawatan Kereta Api, 1986, **PERATURAN KONSTRUKSI JALAN REL INDONESIA (PERATURAN DINAS 10)**, Bandung.

---

7. R. Agor, 1990, **RAILWAY TRACK ENGINEERING**, Khanna

---

Publishers, Delhi.

8. William W . Hay, 1982, **RAILOAD ENGINEERING**, Second Edition,

A Wiley – Interscience Publication John Wiley & Sons, Canana

---

---

# LAMPIRAN

---

---

---

---

**PETA WILAYAH VI YOGYAKARTA**



**LAMPIRAN 1**

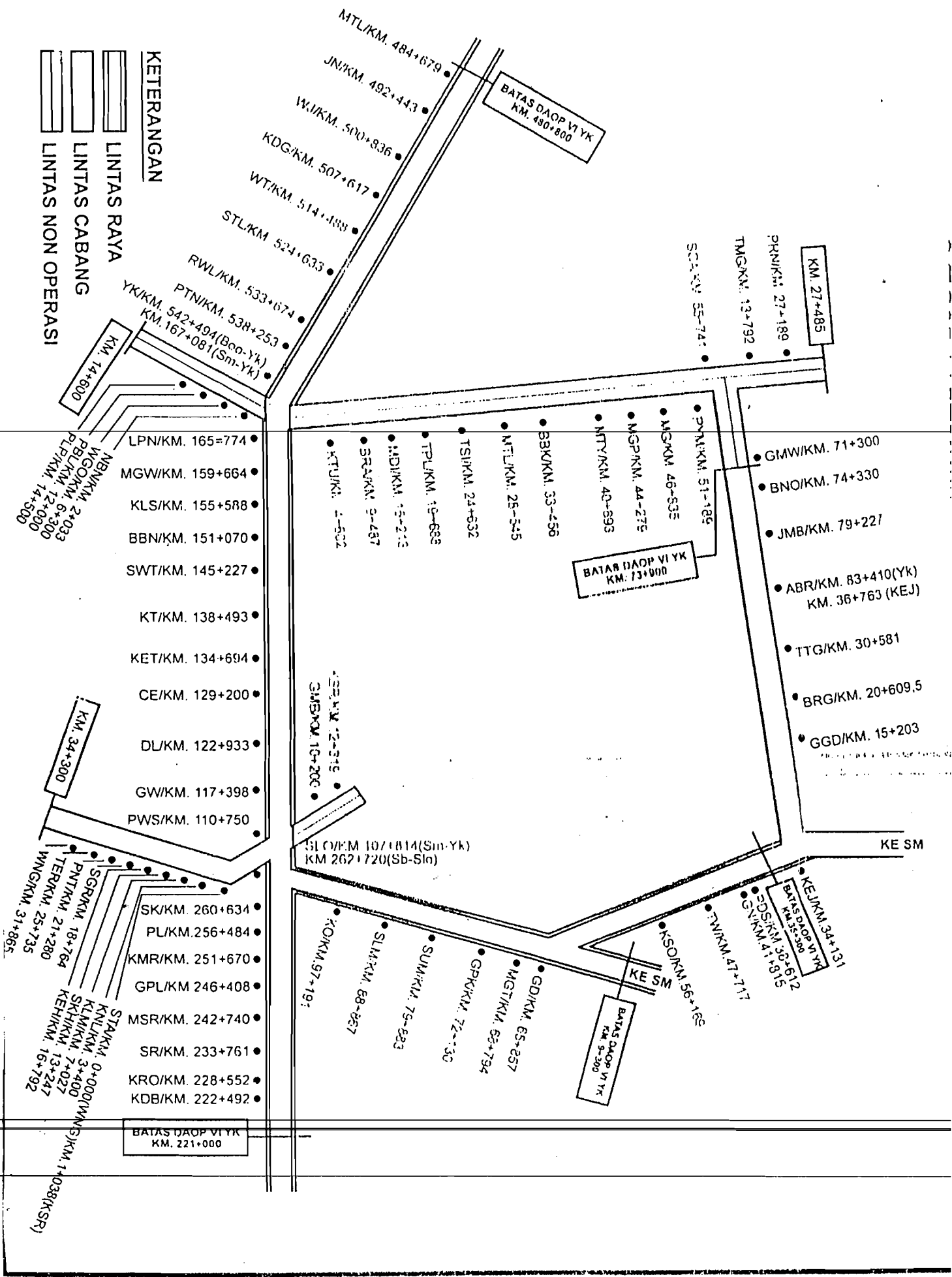
---

---

---

**KETERANGAN**

 LINTAS RAYA  
 LINTAS CABANG  
 LINTAS NON OPERASI



MTL/KM. 484+679  
 JN/KM. 492+443  
 WJ/KM. 500+836  
 KDG/KM. 507+617  
 WT/KM. 514+188  
 STL/KM. 524+633  
 RWL/KM. 533+674  
 PTN/KM. 538+253  
 YK/KM. 542+494 (Boo-Yk)  
 KM. 167+081 (Sm-Yk)

LPN/KM. 165+774  
 MGW/KM. 159+664  
 KLS/KM. 155+588  
 BBN/KM. 151+070  
 SWT/KM. 145+227  
 KT/KM. 138+493  
 KET/KM. 134+694  
 CE/KM. 129+200  
 DL/KM. 122+933  
 GW/KM. 117+398  
 PWS/KM. 110+750

SK/KM. 260+634  
 PL/KM. 256+484  
 KMR/KM. 251+670  
 GPL/KM. 246+408  
 MSR/KM. 242+740  
 SRI/KM. 233+761  
 KRO/KM. 228+552  
 KDB/KM. 222+492

PNA/KM. 51+189  
 MG/KM. 46+535  
 MGP/KM. 44+275  
 NTY/KM. 40+895  
 BAK/KM. 33+456  
 NTL/KM. 25+545  
 TS/KM. 24+532  
 TPL/KM. 19+688  
 MDI/KM. 15+215  
 BR/KM. 9+487  
 KTU/KM. 1-502

SLO/KM. 107+814 (Sm-Yk)  
 KM. 262+720 (Sb-Slo)  
 GMB/KM. 19+200  
 KOK/KM. 97+191  
 SLM/KM. 88+827  
 SUM/KM. 79+823  
 GPK/KM. 72+130  
 GDI/KM. 65+257  
 MGT/KM. 63+784

KM. 27+485  
 PRN/KM. 27+189  
 TMG/KM. 13+792  
 SCA/KM. 55+741  
 GMW/KM. 71+300  
 BNO/KM. 74+330  
 JMB/KM. 79+227  
 ABR/KM. 83+410 (YK)  
 KM. 36+763 (KEJ)  
 TTG/KM. 30+581  
 BRG/KM. 20+609.5  
 GGD/KM. 15+203

KE SM  
 KEJ/KM. 34+131  
 BATS DAOP VI YK  
 KM. 35+300  
 EDS/KM. 36+612  
 GN/KM. 41+815  
 TNR/KM. 47+717  
 KSD/KM. 56+135  
 KE SM  
 BATS DAOP VI YK  
 KM. 5+300

BATS DAOP VI YK  
 KM. 221+000

---

LAMPIRAN 2  
TABEL KEKUATAN LOK DIESEL

---

---

---

1	TYPE LOK	BB 200	BB 201	BB 202	BB 203	BB 300	BB 301	BB 302	BB 303	BB 304	CC-200	CC-201	DD-200	DD-301	BB-140	
2	DE / DH PABRIK - NEGARA	USA	USA	USA	USA	KRUPP	KRUPP	HENSCHL	HENSCHL	HENSCHL	GE USA	GE USA	KRUPP	KRUPP		
3	TEKANAN - GANDAR/TON	12,4	13	11	13	9	13	11	10,7	13	12	13,58	8,5	7		
4	KECEPATAN MAKSIMUM KM/JAM	120	120	100	120	75	120	90	90	120	90	120	50	50		
5	H P (HORSE POWER)	875	1425	1000	1300	680	1500/ x) 900	1000	1000	1500	1600	1950	340	340		
6	DAYA TARIK DALAM TON DENGAN ANGKA LERENG PENENTU  P = PENUMPANG a. KILAT b. CEPAT c. PENUMPANG  BC = BARANG CEPAT  B/C = BARANG/ CAMPURAN  P (V=70 KM/JAM) BT (V=50 KM/JAM) B/C (V=45 KM/JAM)	0% P BC	190 950 1050	1000 1800 2050	502 901 1160	1100 1550 2100	200 500 600	170 900 1150	550 1040 1250	540 1030 1190	1000 1000 2000	1150 1500 1750	1420 2395 2815	180 225	170 230	
		3% P BC	275 300 600	545 905 1052	309 554 640	580 840 950	150 300 350	242 475 545	285 570 755	310 500 600	535 920 1050	640 1060 1200	750 1185 1365	105 150	80 120	
		5% P BC	200 375 420	395 665 767	240 422 480	450 640 750	100 210 220	180 345 400	220 370 435	200 375 430	200 375 430	480 730 850	560 875 1000	60 80	60 80	
		7% P BC	150 300 330	305 500 582	193 336 372	325 500 570	75 175 200	160 285 330	180 310 363	175 350 375	300 500 500	370 620 660	465 730 815	50 60	40 50	
		10% P BC	110 226 250	210 375 433	144 252 300	275 380 450	60 125 175	85 195 225	120 220 255	115 215 250	235 400 460	200 400 500	330 510 590	30 40	30 40	
		14% P BC	75 150 185	170 283 335	98 175 220	100 280 340	35 75 100	67 143 165	80 160 190	80 155 180	175 290 340	200 340 360	240 380 435	20 30	20 30	
		16% P BC	50 125 150	180 274 327	88 165 180	160 250 300	60 80	52 122 141	60 140 165	65 130 150	150 250 300	170 290 310	205 330 380	-	-	
		18% P BC	35 110 135	118 213 259	71 132 160	140 210 250	60 75	28 109 126	60 120 150	40 110 125	140 235 280	140 250 275	180 290 340	-	-	MENGETAHUI ERTIS
		20% P BC	25 95 115	90 190 225	60 122 140	125 200 240	50 60	32 87 105	50 100 125	50 100 120	125 220 260	120 220 235	155 255 295	-	-	
		25% P BC	20 70 80	70 140 167	42 90 100	80 160 190	35 50	20 62 75	35 75 95	30 50 60	80 150 180	80 170 185	115 195 230	-	-	
		30% P BC	15 55 75	40 100 125	29 67 80	75 130 170	25 35	15 51 63	20 50 65	20 65 75	60 125 150	50 125 135	90 157 185	-	-	
		35% P BC	10 40 60	20 70 95	- - -	50 100 125	- -	38 50	30 50	40 60	50 105 125	25 100 110	70 130 155	-	-	
40% P BC	5 30 40	10 50 65	- -	40 80 100	- -	27,5 37,5	40 45	35 50	40 80 100	25 70 90	50 100 120	-	-			

X) = LOK YANG TANPA BLOWER

KURSI DAN DAFTAR YANG BUKAN OLEH PERUSAHAAN DAN BANGUNAN  
DAFTAR TERSEBUT ADAS PASAR GRAFIK HAULING LOAD LOK BARU

DISKUSI OLEH: M. TAMMIL

(Sukanto)  
NIP. 12.00.22809



---

LAMPIRAN 3  
LINTAS KORIDOR SOLO – YOGYAKARTA

---

---

---

NO	NO	NAMA	KAINAN	LOK	KERETA	NO	BP	ORANG	GRUP	Jumlah dipindahkan
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1018	Ka barang	84						177,56	281,55
2	2350	Ka barang	84						331,97	118,97
3	2356	Ka barang	84						331,97	118,97
4	2354	Ka barang	84						331,97	118,97
5	3068	Ka barang	84						524,31	608,90
6	3058	Ka barang	84						384,33	468,33
7	3318	Ka barang	84						278,87	342,87
8	3002	Ka barang	84						863,87	947,87
9	2355	Ka barang	84						778,80	862,80
10	1017	Ka barang	84						129,17	213,17
11	2351	Ka barang	84						355,36	439,36
12	2357	Ka barang	84						87,17	171,17
13	3067	Ka barang	84						76,60	160,60
14	3057	Ka barang	64						486,07	570,07
15	3319	Ka barang	84						275,17	359,17
16	3001	Ka barang	84						246,87	330,87
17	19	Dwipangga	84			320	40	40	31,95	111,95
18	21	Argowillis	84			160	40	40	18,60	74,60
19	22	Argowillis	84			160	40	40	18,60	74,60
20	92	Sanaka	84			225	35	40	18,60	84,60
21	64	Bima	84			280	40	40	30,50	108,50
22	63	Bima	84			280	40	40	30,50	108,50
23	94	Muhara	84			245	35	40	28,75	117,50
24	93	Muhara	84			245	35	40	28,75	117,50
25	66	Turonggo	84			300	40	40	32,60	125,60
26	78	Senja Ut. Sio	84			250	35	40	26,10	99,10
27	77	Senja Ut. Sio	84			250	35	40	26,10	99,10
28	104	daya Baya	84			245	35	40	25,55	99,55
29	103	daya Baya	84			245	35	40	25,55	99,55
30	80	Pajajaran	84			220	35	40	24,90	89,90
31	79	Mataram	84			220	35	40	24,90	89,90
32	136	Gaya baru Ms	84			351	39	39	31,40	108,40
33	135	Gaya baru Ms	84			351	39	39	31,05	105,05
34	138	Mataramaja	84			382	39	39	35,60	120,60
35	137	Mataramaja	84			382	39	39	35,90	120,90

shantitas maks. per hari di Januari 2000.

NO.	NO	NAMA	KAVAN	LOK	KEBETA	KM	BL	ORANG	BOND	DUMLAH
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
36	140	Bengawan	84	10	312	78	78	33,80	532,45	15 397
37	139	Bengawan	84	10	312	78	78	33,95	537,95	907,80
38	146	Pasundan	84	7	195	78	78	21,55	378,65	507,95
39	145	Pasundan	84	7	195	78	78	22,10	379,10	378,65
40	152	Timorati	84	10	312	78	78	31,75	505,75	379,10
41	151	Titonadi	84	5	273	78	78	31,30	466,30	505,75
42	154	kahuripan	64	7	234	39	39	35,20	372,20	466,30
43	153	kahuripan	64	7	234	39	39	21,75	358,75	372,20
44	156	Cisadane	64	7	234	39	39	21,45	353,45	358,75
45	155	Cisadane	64	7	234	39	39	21,35	352,45	353,45
46	202	Purbaya	64	5	156	39	39	18,05	352,35	352,45
47	201	Purbaya	64	5	156	39	39	18,05	352,35	352,35
48	204	Sitanjung	64	7	196	78	78	21,70	359,70	352,35
49	203	Sitanjung	64	7	196	78	78	21,70	359,70	359,70
50		Logawati	84	9	259	78	78	26,45	457,45	359,70
51		Logawati	84	9	259	78	78	26,50	457,50	457,45
52	167	Pramex	64	4	168			12,05	444,05	457,50
53	168	Pramex	64	4	168			12,05	444,05	444,05
54	169	Pramex	64	4	168			12,45	444,45	444,05
55	170	Pramex	64	4	168			12,25	444,25	444,45
56	171	Pramex	64	4	168			12,35	444,35	444,25
57	172	Pramex	64	4	168			12,50	444,50	444,35
58	173	Pramex	64	4	168			12,50	444,50	444,50
59	174	Pramex	64	4	168			12,40	444,40	444,50
60	9	Pramex	64	4	168			12,40	444,40	444,40
61	10	Pramex	64	4	168			12,45	444,45	444,40
62	91	Sancaka	84	8	225	35	40	24,50	408,50	444,45
63	55	Turonggo	84	10	300	40	40	32,45	496,45	408,50
64	20	Dwipangga	84	10	320	40	40	31,95	495,95	496,45
65	17	Argo Lawu	84	10	320	40	40	31,95	495,95	495,95
66	18	Argo Lawu	84	10	320	40	40	31,95	495,95	495,95
Jumlah berat :										
			2.900	5.111	555	676	532,45	5.622,32	26.595,8	

UNTAS KORIDOR 3LO /K KECEPATAN MAX : 100 KM/JAM

LINTAS/KORIDOR : SLO - YK KECEPATAN MAX : 105 Km/Jam

NO. JRUT	NO KA	NAMA KA	RANG	BERAT (TON)						JUMLAH	
			KAIAN KA	LOK KERETA	PNP.	KM	BP/ KMP	ORANG PNP	GER BONG		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		Jumlah pindahan :		5.144	12.013		750	1.851	1.216	5.622	26.596
67	8182	Lebaran	11	84	315		35	35	44,00		513,00
68	8181	Lebaran	11	84	315		70		44,00		513,00
69		KLBRI	7	84	200		40	40	28,00		392,00
70		KLBRI	7	84	200		40	40	28,00		392,00
71	8186	Lebaran	10	84	315		35		40,00		474,00
72	8185	Lebaran	9	84	245		35	35	36,00		435,00
73	8162	Lebaran	10	84	280		35	35	40,00		474,00
74	8161	Lebaran	9	84	280		35		36,00		435,00
75	8184	Lebaran	8	84	210		35	35	32,00		396,00
76	8183	Lebaran	8	84	210		35	35	32,00		396,00
77	8130	Lebaran	4	84	70		35	35	16,00		240,00
78	8129	Lebaran	5	84	140			35	20,00		279,00
79	8198	Lebaran	8	84	210		40	40	32,00		406,00
80	8197	Lebaran	8	84	210		40	40	32,00		406,00
81	134 S	Lebaran	10	84	280		35	35	40,00		474,00
82	133 S	Lebaran	10	84	280		35	35	40,00		474,00
83	130 S	Lebaran	10	84	280		35	35	40,00		474,00
84	129 S	Lebaran	10	84	280		35	35	40,00		474,00
85	68 S	Lebaran	10	84	320		40	40	40,00		524,00
86	69 S	Lebaran	10	84	320		40	40	40,00		524,00
87	62 S	Lebaran	10	84	320		40	40	40,00		524,00
88	61 S	Lebaran	10	84	320		40	40	40,00		524,00
89	4 S	Lebaran	10	84	320		40	40	40,00		524,00
90	3 S	Lebaran	10	84	320		40	40	40,00		524,00
Jumlah berat :				7.160	18.253		1.640	2.635	2.075,55	5.622,32	37.386,8
Jumlah berat kereta pnp.:				24.604,55							

---

**DAOP VI YOGYAKARTA**  
**JALAN PERLINTASAN SEBIDANG**  
**LAMPIRAN 4**

---

---

---

JALAN PERLINTASAN SEBIDANG  
DAOP VI YOGYAKARTA

NO	KORIDOR (LINTAS)	JALAN ORANG/HEWAN	RODA 2	RODA 4	JALAN KENDARAAN			TIDAK TERJAGA	JUMLAH	KETERANGAN
					TERJAGA					
					JJ	OP	INSTANSI LUAR			
1.	SLO-YK	19	4	59	37	13	1 a)	8	82	a). TNAU Mgv.
2.	KTA-YK	64	7	42	14	8	2 b)	18	113	b). Pemda Tk. II Kulon progo.
3.	KDB-SLO	14	18	29	12	3	-	9	61	
4.	GD-SLO	14	23	16	2	3	-	11	58	
5.	KEJ-GD	5	11	3	-	3	-	5	24	
6.	GD-GBN	11	7	1	1	-	-	-	19	
7.	PWS-WNG	-	-	75	1	-	1 c)	73	75	c). Pemda Tk. II Wengiri.
<b>JUMLAH</b>		127	75	230	67	35	4	124	432	

per13-10/1ap

---

LAMPIRAN 5  
PEMERIKSAAN HUJAN  
KECAMATAN KLATEN UTARA  
TAHUN 1990 - 1999

---

---

---

PEMERIKSAAN HUJAN TAHUN : 1999

Tempat Pemeriksaan : PEN. KANTON UTARA Kecamatan : KANTON UTARA

Tinggi diatas per.laut : KE TAUDAN meter Kabupaten : KLATEN

Tgl	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	20	25									15	-
2	45	-									10	-
3		10	10								5	35
4		6			35						2	15
5		4			4						6	8
6		4		25								
7			20									
8		10	15									
9	49	20	10								15	-
10	?	5	40								35	40
11	10		20								10	
12	5										15	
13	3		20		30							
14		5	15	20						10		
15	2		20	30								
16		10	10									
17		10	10	15							5	
18												
19												
20		10										
21	5	15	5							4		20
22	20	10									25	40
23		8								3	44	
24		20	45								40	48
25		11									70	20
26	10											8
27	25	18		15						6		10
28		20										4
29												8
30										5	10	
31	4									10		
Sat	15	19	15	5	49	-	-	-	-	6	16	12
Mulan	224	221	305	159	3	-	-	-	-	43	305	262

Atas nama :

Nama Pemeriksa :

pra-amh wda-13k



1998

Tempat pemeriksaan, KETANDAN, Tinggi di atas permukaan laut :      Meter.

Provinsi : KLATEN Kabupaten : KLATEN, Letak tempat pemeriksaan

Km, Sebelah :      Jarak Kantor Camat :     

Jumlah Hujan dalam milimeter (mm)

Contoh : 9 b.

No. Me No. Kar.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei.	Juni	Juli	Agst.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.
1	-	-	47	37	-	23	-	11	-	-	-	-
2	-	24	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-
3	-	12	8	-	-	12	-	23	-	-	-	-
4	-	4	-	-	12	6	-	-	-	-	-	-
5	-	9	6	-	-	1	-	-	-	-	-	-
6	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	9	26	-	23	-	-	26	-	-	-	-	-
8	36	-	10	-	1	-	-	-	-	-	-	-
9	-	5	6	16	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	16	-	22	7	-	8	-	-	-	-	-
11	-	0	5	17	11	-	-	-	-	-	-	-
12	-	3	-	1	-	-	11	22	-	-	-	-
13	-	-	2	-	-	-	-	-	-	6	-	-
14	35	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
15	47	7	34	-	-	13	-	-	-	-	-	12
16	8	16	-	-	-	13	3	-	-	-	-	-
17	-	10	18	-	-	1	-	-	-	-	-	-
18	-	-	11	-	-	-	-	-	-	2	-	1
19	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	4	11	-	-	-	-	-	2	-	11
21	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
22	-	17	9	-	-	10	-	-	-	5	-	25
23	-	-	-	8	-	-	-	-	-	17	-	-
24	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
25	-	26	-	-	1	-	-	1	-	30	-	-
26	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
27	9	15	53	-	-	-	9	-	-	8	-	4
28	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	30
30	-	-	8	3	-	-	-	-	-	-	-	-
31	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Jumlah	206	219	232	194	53	111	107	17	-	77	-	126
ri - Jan.	9	18	13	10	5	10	7	5	-	8	-	8

Alamat :

Nama pemeriksa :

DAFTAR ASLI  
 TANGKUPAN  
 STASIUN HUJAN  
 No. 85

PEMERIKSAAN HUJAN  
 TAHUN 1997

Tempat pemeriksaan : Kecamatan Klaten, Kabupaten Klaten  
 Tinggi diatas muka laut : 100 meter  
 Letaknya tempat pemeriksaan : 2 km sebelah timur dari Kantor Camat Klaten, Klaten

HUJAN DALAM MILIMETER

Tanggal menakar	Jan.	Febr.	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agus.	Sept.	Oktr.	Nop.	Des.
1	12	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
2	7	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	8	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	11	-	25	-	-	-	-	-	-	-
10	9	6	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	48	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	5	24	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
13	3	46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	27	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	17	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
16	7	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	12	11	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	3	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah	164	235	60	49	38	12	-	-	-	2	81	130
Banyaknya Hujan	12	15	5	5	4	2	-	-	-	1	4	11

Kantor PT Dinas  
 Pengukuran

Manajemen  
 Kuning

Alamat

Pemeriksaan

Pemeriksaan Hujan Tahun : 1966

Tempat pemeriksaan, SEPAHAN, Tinggi di atas permukaan laut : \_\_\_\_\_ Meter.  
 Kecamatan : KLATEN UTARA, Kabupaten : KLATEN, Letak tempat pemeriksaan  
 \_\_\_\_\_ Km, Sebelah : \_\_\_\_\_, Dari Kantor Camat : \_\_\_\_\_

URAH HUJAN DALAM MILLIMETER (mm) Ganti : 9 b.

gl. Me lajar.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei.	Juni	Juli	Ags.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.
1												
2										19		
3										5		
4			30									
5												
6										3		
7			5							8		
8										12		
9			10			3		12				
10			6					5				8
11		12										
12	11		16	5								12
13			2	10								
14		3		8								21
15		10						10				
16				20								4
17			(13)	4								
18			6									
19				15								
20	11	12	4							7		
21	12			2								
22		27	5									
23			10									
24			26			1				18		
25	22	2	12									
26		4	4								11	
27	10	7						8		8		
28	25	3				6						
29		6										
30						15						
31												
mlah	192	153	196	70	24	25	0	55	0	80	97	98
ri - jen.		17	14	2		4	0	4	0	8		

Alamat :

Nama penanggung jawab :

BA. METEOROLOGI DAN GEOFISIKA WILAYAH II  
 STASIUN KLIMATOLOGI KELAS 1 SEMARANG  
 JIN. SILIWANGI NO. 291 TLF. 609016 KODE POS 50145 SMG

STASIUN HUJAN  
 NOMOR.: 86

Pemeriksaan Hujan Tahun : 1995

Tempat pemeriksaan, KETANDAN, Tinggi di atas permukaan laut : \_\_\_\_\_ Meter.

Kecamatan : KLATEN UTARA, Kabupaten : KLATEN, Letak tempat pemeriksaan

\_\_\_\_\_ Km, Sebelah : \_\_\_\_\_, Dari Kantor Camat : \_\_\_\_\_

CURAH HUJAN DALAM MILLIMETER (mm) Contoh : 9 h.

Tgl. No pemer.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei.	Juni	Juli	Ags.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	6	45	3				-					-
2		18	9				5					-
3		13	-				-					-
4	3	7	-				-					-
5		-	25	7			1					3
6		14	12	-			-					-
7	21	-	6	23		3	2					9
8		10	30	3		9	26					2
9	8	3	16	-	5	1	-					24
10		2	24	-	37		12					1
11		-	-	6		23	1			1		11
12		-	-	1						3	38	7
13	4	48	-	-		36				-	11	5
14		12	12	7						10	-	-
15		-	-	-		8				-	12	12
16	26	18	11	23	7	2				27	7	16
17		3	-	-						-	18	-
18		13	-	-		11				-	-	-
19		-	21	-						8	27	-
20	21	9	-	-	5	1				-	48	-
21		-	-	-	15					-	-	-
22		-	7	-						-	12	10
23	5	11	-	-						-	39	-
24		-	-	-						-	-	-
25	27	38	-	-		3				1	16	-
26		-	36	-						-	-	-
27	12	7	-	13		16				29	18	-
28		23	2	-						-	-	-
29	5	-	5	-						-	27	-
30		-	1	-						-	-	-
31	13	-	-	-						-	-	-
Jumlah	190	287	228	90	69	113	49	0	0	74	267	602
Jari-jari	12	18	16	8	5	11	6	0	0	7	12	60

Alamat :

Nama pemeriksa :

BALAI METEOROLOGI DAN GEOFISIKA WILAYAH II  
 STASIUN KLIMATOLOGI KELAS I SEMARANG  
 PESILIHAN NO. 291 TLP. 609016 KODE POS 50145 SMG

STASIUN HUJAN  
 NOMOR.: 26

PENYERIKSAAN HUJAN TAHUN : 1997

Tempat pemeriksaan : KETANGGAN, Tinggi di atas permukaan laut : Meter.

Provinsi : Klaten, Kabupaten : Klaten, Letak tempat pemeriksaan : Km, Sebelah : , Dari Kantor Camat : .

HUJAN DALAM MILIMETER (mm)

Contoh : 9 b .

No. Me. Tgl.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei.	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1			7	7								
2			11	22								
3												
4											10	5
5												
6												12
7												55
8												
9	20		7									
10	20											
11	2			2								
12	2		20									21
13				27								
14			3	5								3
15	3		14								7	
16	20		9	4								55
17	7										3	
18	13											1
19		7	12									
20	15										15	5
21	7		12	3							8	
22	7		10									
23			7	7								
24											10	
25	4											
26												
27												
28	13			14								
29	6									16	8	
30	4											
31	2											4
Jumlah	342	234	500	29	—	0	0	0	0	159	61	131
Rata-rata	11	7	15	10	—	0	0	0	0	5	2	4

Camat :

Pemeriksa :

PEMERIKSAAN HUJAN

TAHUN 19 ~~92~~ 93

STASIUN HUJAN  
No. .... 86 .....

Tempat pemeriksaan Ketandan... Tinggi diatas muka laut... 140... meter  
Kecamatan Ketandan... Kabupaten Klaten...  
Letaknya tempat pemeriksaan... 2,5... km sebelah Timur... dari Kantor  
Camat Ketandan...

HUJAN DALAM MILIMETER

Tanggal menakar	Jan.	Febr.	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agus.	Sept.	Okt.	Nop.	Des.
1	20	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	44
2	15	6.1	-	-	16	-	-	-	8	-	-	40
3	43	2	3	-	-	-	-	-	06	-	-	-
4	20	10.3	-	-	-	-	-	-	41	-	-	18
5	8	4.9	-	-	11	-	-	-	-	-	31	-
6	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
7	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	45	-	13	-	-	-	-	-	-	-
9	17	-	4	6	-	-	-	-	15	-	-	17
10	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
11	61	32	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	12	72
13	11	-	45	-	-	40	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
15	15	15	23	21	-	-	-	-	-	-	-	9
16	-	-	0	-	-	20	-	-	-	-	40	-
17	-	-	-	21	7	-	-	-	-	19	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-	-
20	-	21	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	-
23	19	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
25	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
26	19	-	-	-	-	-	-	-	56	-	-	-
27	46	-	(75)	-	-	-	-	-	-	-	-	26
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	9	29	-	-	19	-	-	-	-	40	-
30	34	-	-	-	-	-	-	-	4	-	6	-
31	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah	389	290	258	86	47	79	-	1	140	87	186	269
Banyaknya Hari Hujan	10	9	10	5	4	3	-	1	6	3	6	11

Alamat Pos:

Pemeriksa:

Tanggal menekap	Jan	Feb	Mare	April	Mei	Juni	Juli	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
31												
30												
29												
28												
27												
26												
25												
24												
23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
Jumlah	812	415	161	233	123	97	9	105	43	157	239	154
Kuantitas Hutan												

RUJUK DALAM MELAKUKAN

Tempat penangkapan KETAWAN  
 Kecamatan 57.7.17.4  
 Kabupaten KALATEN  
 5 km sebelah dan Kantor

STASIS HUNAN  
 NO. 1234

PEMERIKSAAN HUNAN  
 TAHUN 1992

STASIS HUNAN

lokasi :

Kabupaten : *Kecamatan*

elevasi (m) :

Kabupaten :

NOMOR STA	
-----------	--

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
CH	390	459	233	276	12	0	0	0	2	21	109	267

Nama dan Alamat Pemelika :



PEMERIKSAAN HUJAN TAHUN : 1990

Tempat pemeriksaan : Kebondan, Tinggi di atas permukaan laut : \_\_\_\_\_ Meter  
 Kecamatan : \_\_\_\_\_, Kabupaten : Klaten, Letak tempat pemeriksa  
 : \_\_\_\_\_ Km, Sobelah : \_\_\_\_\_, Dari Kantor Camat : \_\_\_\_\_

CURAH HUJAN DALAM MILENTER ( mm )

Contoh : 9 b

TGL. ME HAKAR.	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MEL.	JUNI	JULI	AGS.	SEP.	OKT.	NOV.	DES.
1.	41	37	13	137	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	-	-	19	-	34	-	-	-	-	-	-	5
3.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58
4.	-	-	10	-	-	-	3	-	-	-	-	-
5.	6	13	14	-	-	-	-	-	-	-	-	20
6.	42	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-
7.	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-
8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
9.	-	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.	13	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.	-	-	12	-	5	-	-	-	-	-	13	-
12.	-	10	1	-	-	-	-	-	-	-	12	-
13.	-	13	-	13	-	-	-	-	-	-	-	67
14.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.	13	-	-	21	-	-	-	-	-	-	5	-
17.	32	21	-	24	11	-	-	-	-	-	-	18
18.	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	19
19.	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-
20.	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36
22.	23	-	-	12	31	-	-	-	-	-	-	-
23.	27	-	-	-	39	30	-	10	-	32	-	-
24.	-	-	-	-	-	20	-	1	-	47	32	-
25.	30	33	-	18	-	-	-	-	-	-	10	2
26.	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	4
27.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32
28.	-	36	-	23	-	-	-	-	-	-	-	6
29.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	4
30.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	5
31.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
JUMLAH	404	199	175	282	114	50	3	11	-	79	163	222
H.H	12	8	11	9	5	2	1	2	-	2	9	15

Keterangan :

Alamat :

Pengamat,

H.H = Hari hujan.

---

LAMPIRAN 6  
PEMERIKSAAN HUJAN  
KECAMATAN PRAMBANAN  
TAHUN 1990 - 1999

---

---

20  
140

PEMERIKSAAN HILJAN TAHUN : 1999

Tempat Pemeriksaan : NGELO Kecamatan : PRAMBANAN  
 Tinggi diatas per.laut : GENENG meter Kabupaten : KLATEN

Tgl	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-
2	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	-
3	66	14	-	-	10	-	12	-	-	-	54	9
4	-	23	-	-	2	-	3	-	-	-	2	6
5	-	1	-	-	-	-	10	-	-	-	2	37
6	-	9	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
8	19	63	-	-	15	-	-	-	-	-	-	14
9	15	5	-	-	-	-	-	-	-	-	4	17
10	95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51
11	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	12
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	64
13	-	69	126	-	-	-	-	-	-	4	-	96
14	-	24	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-
15	-	5	24	-	-	-	-	-	-	1	-	-
16	-	10	6	74	-	-	-	-	-	-	-	-
17	26	3	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	5	1	-	-	-	-	-	-	17	-
19	28	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	22	22	-	-	-	-	-	-	-	6	6
22	2	16	-	-	-	-	-	-	-	-	40	-
23	6	17	-	-	-	-	-	-	-	4	27	4
24	26	4	-	-	-	-	-	-	-	-	20	17
25	27	2	-	-	-	-	-	-	31	-	2	22
26	25	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-
27	-	26	-	-	-	26	-	-	-	7	-	30
28	5	3	10	-	-	-	-	-	-	-	-	27
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
31	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
hari hujan	17	20	19	-	31	2	3	-	2	6	13	17
jumlah	431	353	374	169	4	45	25	-	40	38	224	426

Alamat :

Nama Pemeriksa :

pra-amp

Tahun : 1908

Tempat pemeriksaan, NEGLLO ... Jarak di atas permukaan laut : ... Meter.  
 Nama : PRAAMBANGAN ... Kabupaten : KAZEN ... Letak tempat pemeriksaan  
 ... Km, sebelah : ... dari Pantai Barat : ...

Jumlah Hujan dalam Millimeter (mm) Contoh : 9 b.

No. ur.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei.	Juni.	Juli.	Agst.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.
1	-	-	47	-	7	7	-	-	-	-	14	15
2	-	-	3	-	-	-	-	10	-	-	14	-
3	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	25	9
4	-	-	52	-	-	-	-	-	-	-	-	4
5	-	23	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	25	40	4	20	-	-	4	12	-	20	35	-
7	16.5	9	-	11	-	-	12	-	-	16	5	-
8	2	40	5	-	-	-	5	-	-	-	-	-
9	10	47	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	8	21	10	-	-	-	-	-	-	15	3
11	-	43	2	-	-	-	7	-	-	-	5	-
12	-	-	18	-	-	-	6	-	-	-	-	-
13	-	-	35	13	-	-	-	-	-	-	-	-
14	11	50	8	10	-	12	-	-	-	-	-	-
15	12	30	42	-	-	12	-	-	-	-	-	-
16	40	15	-	-	-	39	-	-	-	-	-	-
17	-	10	1	-	-	-	-	-	-	-	79	-
18	-	20	1	-	-	-	17	-	-	12	37	35
19	5	-	20	-	-	-	-	-	-	6	0	26
20	10	8	-	-	-	11	-	-	-	23	125	2
21	-	20	-	-	-	1	-	-	-	14	15	23
22	-	12	4	5	-	5	-	-	-	-	-	3
23	-	1	41	1	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	-	-
25	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	60
26	-	7	7	-	13	-	1	-	-	-	-	13
27	25	37	51	-	-	6	33	-	-	-	-	2
28	-	23	-	-	-	-	-	-	8	2	3	2
29	25	-	-	-	-	11	-	-	-	6	8	6
30	24	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-	60
31	10	-	15	-	6	-	-	-	-	63	-	26
Jumlah	225.5	462	431	131	227	121	110	21	8	206	443	194
si - Jan.	13	18	21	10	4	10	5	2	1	11	14	16

Alamat : Nama pemeriksa :

No. Urut	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei.	Juni	Juli	Ags.	Sep.	Okta.	Nov.	Des.
1	8											
2												
3												
4	7										12.5	
5	4										5	
6												
7	35											
8												
9												
10	15		35	10	15							
11				(60)								
12					15						25	
13					15							
14												
15											5.5	
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23											6	
24												
25												
26												
27											10	
28											15	
29											25	
30												
31												
Jumlah	239	219	75	159	20						25	16

Contoh : 9 b.

FORM HUKUM DALAM NEGERI (K)

nama, golongan :

tempat : tempat pendaftaran :

tempat pendaftaran : tempat di atas permukaan laut : meter.

1997

20

FEMERIKSAAN HUJAN TAHUN : 1966

Tempat pemeriksaan : KELING , Tinggi di atas permukaan laut : \_\_\_\_\_ Meter.  
 Kecamatan : PAKSIKILAN , Kabupaten : KLATEN , Letak tempat pemeriksaan  
 \_\_\_\_\_ Km, Sebelah : \_\_\_\_\_ , Dari Kantor Camat : \_\_\_\_\_

RAH HUJAN DALAM MILENETER (mm)

Contoh : 9 b.

No. Me kar.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei.	Juni	Juli	Ags.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.
1							1			14	-	30
2										35	-	25
3										42	-	
4		7								-		
5										-	35	
6										-	6	
7		30	30							10	53	
8		34									25	10
9								30				
10												25
11		40		17								14
12		7										(67)
13	25	19									21	21
14				30								
15	41	21		22								10
16												
17												11
18				22								
19		53										
20	41	8									19	
21												
22	24											
23												
24										12		
25	10											
26		15									35	20
27	10	18						7				
28		25	7									
29		15								13		10
30												
31												
Jumlah	380	292	150	102	15		0	37	0	126	223	243
Si- man.	12	13	11	5	1		0	2	0	6	9	11

Alamat :

Nama pemeriksa :

BA METEROLOGI DAN GEOMATIKA WILAYAH I  
 STASIUN KLIMATOLOGI KELAS I SEMARANG  
 JLN. SILIWANGI NO. 291 TLF. 609016 KODE POS 50145 SMC

STASIUN HUJAN  
 NOMOR.: 18

PEMERIKSAAN HUJAN TAHUN : 1995

Tempat pemeriksaan, KEMUDO , Tinggi di atas permukaan laut : \_\_\_\_\_ Meter.  
 Kecamatan : PAHABANAN ; Kabupaten : KLATEN , Letak tempat pemeriksaan  
 Km, Sebelah : \_\_\_\_\_ , Dari Kantor Camat : \_\_\_\_\_

URAH HUJAN DALAM MILLIMETER (mm) Contoh : 9 b.

Tgl. Me pemer. khar.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei.	Juni	Juli	Ags.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	20	-	38	-	-							-
2	-	-	-	8	18							19
3	18	31	16	-	-							-
4	48		15	52	23							19
5	67	68	-	8								-
6	15	59	13									40
7	-	-	-									
8	32	40	-			20	10					
9	27	37	6	15								
10	50	-	-									
11	10	25	-							15	-	
12	-	8	72							9	-	98
13	20	30	-							-	21	
14	-	-	36							-	9	
15	-	15	-			7				8	21	
16	21	-	-	37						10	-	10
17	15	24	-							-	-	
18	68	1	-			30				6	23	
19	12	30	53	10	25	25						
20	28	15	-								82	7
21	8	-	-								25	9
22	-	14	8								36	10
23	-	16	-								31	
24	-	27	-								-	8
25	10	-	-								115	
26	15	13	-								5	
27	-	-	20	33		60				24	9	
28	-	5	21	47							15	
29	14	-	-	12	25						8	
30	-	-	-		-						16	
31	19	-	-		40							
Jumlah	572	460	298	232	131	92	30	0	0	72	401	180
hari - hujan.	20	18	11	9	5	5	1	0	6	6	14	9

Alamat :

Nama pemeriksa;

BALAI METEOROLOGI DAN GEOFISIKA WILAYAH II  
 STASIUN KLIMATOLOGI KELAS I SEMARANG  
 JL. SILIWANGI NO. 291 TLP. 600016 KODE POS 50145

STASIUN HUJAN  
 NOMOR.: /8

Pemeriksaan Hujan Tahun : 1994

Tempat pemeriksaan : Klaten, Tinggi di atas permukaan laut : \_\_\_\_\_ Meter.

Kecamatan : Klaten, Kabupaten : Klaten, Letak tempat pemeriksaan :

Km, Sebelah : \_\_\_\_\_, Dari Kantor Camat : \_\_\_\_\_

HASIL HUJAN DALAM MILIMETER (mm)

Cantoh : 9 b.

No. Me. Bor.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei.	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.
1	-	-	18	18							-	18
2	-	-	42								-	-
3	-	-	66								6	-
4	-	-	31								9	-
5	-	-	-									-
6	10	-	80									-
7	24	-	12									21
8	25	-	25									-
9	23	-	48		5							21
10	8	-	18		9							12
11	23	-	53									10
12	-	-	19									-
13	32	-	-									-
14	16	-	-									42
15	-	-	-									-
16	-	-	-								67	20
17	-	-	-								-	-
18	8	-	16									22
19	-	-	30									-
20	10	-	-								18	-
21	-	-	-								-	-
22	-	-	20								-	-
23	20	-	56								12	-
24	20	-	20								-	-
25	10	-	44								-	-
26	12	-	-								-	-
27	30	-	-								-	-
28	-	-	10								12	-
29	-	-	-								5	-
30	20	-	14							19	-	-
31	7	-	-							-	-	-
Jumlah	336	371	604	161	14	0	0	0		19	124	213
Pri- man	19		19		2	0	0	0	0	1	6	8

Alamat :

Pemeriksa :



PENYERIKSAAN HUJAN TAHUN : 1993

Tempat pemeriksaan : KEMUDU , Tinggi di atas permukaan laut : Meter.

Kecamatan : PRAMBANAN , Kabupaten : KULONAGUNG , Lokasi tempat pemeriksaan

1 Km, Sebelah : , Dari Kantor Camat :

CURAH HUJAN DALAM MILLIMETER ( mm ) Contoh : 9 b.

Tgl.Me nakar.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei.	Juni	Juli	Agst.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.
1	12				22						-	-
2					49						-	15
3		25			-						-	23
4		10	12		19						-	-
5	10	24									-	-
6	13	14	13	36							-	18
7		22		49							-	20
8		10		-		10					-	6
9			6	22		-					-	-
10			40	10		36					-	-
11			-								-	7
12			54								28	-
13	10					12					12	6
14											22	-
15											16	-
16	15		20								-	-
17	-		2			2					-	-
18	9	40	16								-	-
19					10						18	16
20											-	5
21	40	10	10								-	12
22	20	20				10					-	40
23	47										7	30
24	22			12							-	13
25	10										-	15
26											-	-
27			16								-	-
28	20		26		9						12	-
29	-		7								9	-
30	7		-								13	-
31	-		15								-	-
Jumlah	235	175	245	129	109	82	-	-	-	-	127	226
hari - ujan.	13	9	13	5	5	5	-	-	-	-	9	14

Lamanat :

Pemeriksa :

PEMERIKSAAN HUJAN TAHUN: 1992

Tempat pemeriksaan : Kemudo Tinggi di atas permukaan laut : \_\_\_\_\_ Meter.  
 Kecamatan : Prauban Kabupaten : Klaten, Letak tempat pemeriksaan  
 : \_\_\_\_\_ Km, Sebelah : \_\_\_\_\_, Dari Kantor Camat : \_\_\_\_\_

ARAH HUJAN DALAM MILIMETER ( mm ) Contoh : 9 b.

NO. ME JAKAR.	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MEI	JUNI	JULI	AGS.	SEP.	OKT.	NOV.	DES.
1	10	32	-	-	8		-	-	-	-	-	-
2	-	10	8	-	-		-	16	9	-	10	38
3	21	-	-	9	14		-	-	-	-	-	10
4	-	33	-	6	1		-	-	8	-	-	-
5	-	-	4	5	1		-	-	-	-	-	-
6	-	8	23	10	7		-	-	16	-	-	-
7	12	11	-	-			-	-	-	-	-	-
8	-	18	15	-		17	-	-	-	-	-	9
9	5	85	-	50			-	-	-	28	-	-
10	85	-	21	-			-	-	-	-	-	30
11	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-
12	14	15	-	-			-	-	-	-	-	-
13	-	58	50	-			-	-	-	-	16	8
14	-	-	-	-			-	-	-	-	-	7
15	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-
16	22	7	8	-			-	-	-	-	-	-
17	16	13	-	10			-	-	-	-	24	-
18	-	9	78	-			-	-	-	-	-	-
19	8	-	-	10			-	-	-	-	10	-
20	-	7	40	-			-	-	-	7	-	-
21	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-
22	17	14	-	10			-	-	-	-	-	-
23	11	-	13	7	35		-	-	5	-	-	-
24	49	-	-	-	11	5	-	8	4	-	-	-
25	-	15	5	-	9		-	-	-	21	-	-
26	26	13	-	-			-	-	-	5	-	-
27	-	-	-	9			-	10	-	-	-	-
28	38	7	-	-		8	-	70	-	13	-	-
29	-	-	-	-			-	-	-	-	10	-
30	6	-	-	-	15		-	67	-	18	-	-
31	-	-	-	-	-		-	8	-	-	-	41
JMLAH	340	355	265	126	99	30	-	179	42	92	153	145
REL. TAN.	15	17	11	10	7	3	-	6	5	6	3	7

fisika

ALAMAT : Kemudo  
Kec. Prauban.  
Kab. Klaten

PERANGKAT : Plan. Peny.  
Kor. Lanjau.

DALAM RANGKAIAN SURVEI GEOFISIKAL WILAYAH II  
 SURvei GEOFISIKAL KLAS I SEMARANG  
 JLN. SILIWANGI NO. 291 TELP. 20016 KODE POS 50145 SNG

STASIUN HUJAN  
 NOMOR.: 18.

PEMERIKSAAN HUJAN TAHUN: 1991

Tempat pemeriksaan : KEMUDO, Tinggi di atas permukaan laut : Meter.

Kecamatan : PRAMBANAN, Kabupaten : KLATEN, Letak tempat pemeriksaan

: Km, Sebelah : , Dari Kantor Camat :

JURAH HUJAN DALAM MILEMETER ( mm )

Contoh : 9 b.

NO. STASIUN SAKAR.	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MEI	JUNI	JULI	AGS.	SEP.	OKT.	NOV.	DES.
1	12	-	12	20	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	53	-	32	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	10	23	-	26	-	-	-	-	-	-	-	14
6	20	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	8
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
9	21	10	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-
10	-	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	10	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	30	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	9	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	25	-	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	15	47	-	-	-	-	-	-	-	-	6
20	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	11	-	8	-	-	-	-	-	-	15	12
22	17	16	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-
23	24	9	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
29	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
30	7	-	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUMLAH	260	390	182	215	13	-	-	-	-	-	59	97
ARI - HUJAN	12	17	6	8	1	-	-	-	-	-	3	8

LOKASI : Kemudo  
 Kec. Prambanan  
 Kab. Klaten

PEMERIKSA : Mantri Pengairan  
 Kongsiklangan

Pemeriksaan Hujan Tahun : 1997

Tempat pemeriksaan : Kemudi, Tinggi di atas permukaan laut : Meter  
 Kecamatan : Karanganyar, Kabupaten : Klaten, Lotak tempat pemeriksaan :  
 Km, Sebelah : , Dari Kantor Pusat :

CURAH HUJAN DALAM MILLISEKON ( mm )

Contoh : 9 b.

NO. LEMBAR KURIR.	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY.	JUNI	JULI	AUG.	SEP.	OKT.	NOV.	DES.
1.		5	-	91	-	-	-	-	-	-	-	-
2.		-	12	-	-	16	-	10	-	-	-	10
3.		-	14	10	-	-	-	-	-	-	-	20
4.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.		-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	21
6.		-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.		-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	8
8.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.		-	25	17	-	-	-	-	-	-	-	-
10.		-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
13.		45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36
14.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.		30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.		-	-	48	-	-	-	-	-	-	-	-
17.		-	48	14	-	-	-	-	-	-	-	8
18.		5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
19.		-	11	-	-	-	-	-	-	-	30	3
20.		12	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-
21.		-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-
22.		-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-
23.		-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	11
24.		-	32	-	-	5	-	-	-	30	-	-
25.		10	-	-	-	-	-	-	-	8	-	8
26.		-	40	16	29	-	-	-	-	-	-	-
27.		30	9	-	-	8	-	-	-	-	-	50
28.		48	-	20	-	-	-	-	-	-	-	28
29.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26
30.		7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28
31.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
JUMLAH		203	221	247	31	30	16	16	10	38	55	
H.H		8.	12	8	2	2	1	1		2	2	

Keterangan :

Alamat :

Pengamat,

H.H = Hari Hujan.

TAHUN 1990 - 1999

KECAMATAN DELANGGU

PEMERIKSAAN HUJAN

LAMPIRAN 7

PEMERIKSAAN HUJAN TAHUN 1999

Tempat Pemeriksaan : SD WANTI

Kecamatan : DELANGGEM

Tinggi diatas per laut : 750 m

Kabupaten : Klaten

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	25	17	-	-	10							
2	15	-	-	-	-						14	-
3	26	5	-	-	-							12
4	-	-	-	-	-							-
5	-	-	-	-	10							22
6	-	-	20	-	-							-
7	15	-	10	30	-							-
8	-	18	10	-	-							39
9	55	12	5	-	10							-
10	25	8	15	-	10						15	-
11	30	16	-	-	1						24	34
12	-	-	-	-	-						18	7
13	10	-	9	20	-					6	-	45
14	5	20	32	5	-					10	14	20
15	-	-	-	30	-					-	17	-
16	20	-	12	-	-					20		-
17	15	17	40	-	-							-
18	-	7	32	-	-							10
19	40	12	5	-	-							-
20	110	-	-	-	-							-
21	-	15	5	-	-							15
22	10	32	-	-	-						25	30
23	30	10	-	-	-	9					40	12
24	10	40	15	-	-						38	8
25	-	9	-	-	-						75	-
26	32	55	-	-	-							20
27	15	17	-	5	-			15	25			12
28	-	20	-	5	-							22
29	8	-	-	-	-							-
30	9	-	50	-	-							-
31	15	-	-	-	-					24		80
Mar	21	18	14	-	55	1	-	1	1	4	10	16
Jumlah	572	330	295	145	4	9	-	15	25	60	220	388

pra-amh wk4-jak

Alamat :

Nama Pemeriksa :

77A  
-77b

Bentuk ...  
...

NO. REKAM : 1998

Tempat pemeriksaan : RD. NANTIL, Tinggi di atas permukaan laut : \_\_\_\_\_ Meter.  
 Kecamatan : DELANGGU, Kabupaten : KLATEN, Letak tempat pemeriksaan  
 Km, sebelah : \_\_\_\_\_ dari Kantor Camat : \_\_\_\_\_

RAH HUJAN DALAM MILIMETER (mm)

Contoh : 9 b.

No. Urut	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei.	Juni	Juli	Agst.	Sep.	Okt.	Nop.	Des.
1	-	-	5	16	15	-	-	-	-	-	-	-
2	-	25	9	12	11	-	3	51	-	-	-	-
3	-	5	42	-	-	-	-	41	-	-	-	-
4	-	9	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	4	11	21	-	7	22	-	-	-	-	-	-
6	3	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	5	-	-	14	-	-	9	-	-	18	-	-
8	37	40	-	45	-	-	10	-	-	-	-	-
9	2.8	2	27	-	-	-	15	-	-	-	-	-
10	-	-	9	25	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	11	11	22	25	-	5	-	-	-	-	-
12	-	42	11	52	61	-	-	-	-	-	-	-
13	8	14	5	-	-	-	10	13	-	-	-	-
14	7	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-
15	75	-	54	20	-	10	-	-	-	-	-	-
16	41	22	4	-	-	12	-	-	-	-	-	-
17	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	60	3	-	-	-	8	-	-	-	-	-
19	35	55	32	11	-	22	-	-	-	24	-	-
20	-	-	41	-	-	-	-	-	-	40	-	-
21	51	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	8	17	-	-	10	-	-	-	22	-	-
23	-	5	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	4	-	-	-	-	8	-	-	15	-	-
25	-	42	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	31	-	-	-	8	6	-	-
27	-	-	17	14	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	8	-	-	-	51	-	-	-	-	-
29	27	-	-	-	-	-	-	-	-	55	-	-
30	30	-	-	13	2	-	-	-	-	36	-	-
31	10	-	-	-	-	-	12	-	-	40	-	-
Jah	375	590	347	122	157	234	156	57	8	261	-	-
1 - Jan.	15	18	19	15	7	6	11	3	1	9	-	-

Alamat :

Nama pemeriksa :

DAFTAR ASLI  
UNTUK DITAHAN

STASION HUJAN  
No. 774

PEMERIKSAAN HUJAN  
TAHUN 1997

Tempat pemeriksaan: *Kentik* Tinggi diatas muka laut: *± 133* meter

Kecamatan: *Dlungu* Kabupaten: *Malam*

Jaraknya tempat pemeriksaan *± 2* km sebelah *Taman Laut* dari Kantor

HUJAN DALAM MILIMETER

Tanggal menakar	Jan.	Febr.	Marcl.	April.	Mei.	Junl.	Jull.	Agus.	Sept.	Oktr.	Nop.	Dcs.
1	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	26
2	0	82	0	0	0	0	8	0	0	0	0	7
3	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
4	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	7	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
8	6	71	0	3	0	0	0	0	0	0	0	32
9	12	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	8
10	51	0	52	0	0	0	0	0	0	0	0	6
11	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	11
12	0	39	0	0	0	7	0	0	0	0	0	89
13	22	23	0	5	5	0	0	0	0	0	23	0
14	13	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	20	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	9	0	0	3	59	0	0	0	0	0	0	23
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	8	0	12	19	0	0	0	0	0	10	0	0
24	25	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	11	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	212	489	71	93	89	7	8	0	0	10	45	346
Banyaknya Hari Hujan	13	13	4	8	3	1	1	0	0	1	8	15

Alamat: *Bayan, Gunung, Gunung, Malam, Hutan, Dlungu, Malam, Hutan*  
 Pemerintah: *Daerah*  
 NIP: 500.028.137



PEMERIKSAAN HUJAN  
TAHUN 19 96

DAFTAR ASLI  
UNTUK DITAHAN

STASIUN HUJAN  
No. 721

Tempat pemeriksaan WANZIL Tinggi diatas muka laut 133 meter  
Kecamatan DELANGGU Kabupaten KLATEN  
Letaknya tempat pemeriksaan + 1/2 km sebelah TIMUR LAUT dari Kantor  
Camat DELANGGU

HUJAN DALAM MILIMETER

Tanggal menakar	Jan.	Febr.	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agus.	Sept.	Okt.	Nop.	Des.
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
2	12	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-
3	30	-	-	-	-	3	-	-	-	12	-	-
4	6	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	13
5	14	-	139	-	-	-	-	-	-	-	45	11
6	-	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	15	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	8	2	-	-	-	-	-	-	-	21	-	4
9	4	13	-	-	-	3	-	-	-	-	15	-
10	-	12	18	6	-	-	-	45	-	29	-	-
11	-	11	25	-	-	-	-	35	-	-	-	-
12	22	10	-	4	-	-	-	-	-	-	18	65
13	-	2	22	-	-	-	-	-	-	-	42	-
14	12	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-
15	-	-	6	18	9	-	-	-	-	-	-	28
16	-	3	15	17	-	-	-	-	-	-	-	-
17	15	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-
18	45	8	17	5	-	-	-	-	-	-	8	2
19	60	-	22	3	-	-	-	-	-	-	13	-
20	7	-	49	-	24	-	-	-	-	-	3	-
21	5	7	-	15	-	-	-	-	-	25	26	-
22	-	5	35	-	-	-	-	-	-	-	9	-
23	2	15	7	5	-	-	-	-	-	-	7	-
24	45	-	15	-	-	-	-	-	-	19	-	-
25	-	32	5	-	-	-	-	-	-	-	2	-
26	13	65	60	-	-	-	-	-	-	-	38	-
27	40	5	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	35	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	45	15	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-
31	-	-	9	-	-	-	-	-	-	48	-	-
Jumlah	353	279	414	79	33	6	-	98	-	195	232	130
Banyaknya Hari Hujan	18	18	17	9	2	2	-	3	-	8	12	7

Alamat  
Di Pektan Rse Delanggu

Pemeriksa.  
Sri Lestari

PEMERIKSAAN HUJAN  
TAHUN 1975

DAFTAR TURUNAN  
UNTUK DIKLIRIM

STASIUN HUJAN  
NO. 771

Tempat Pemeriksaan WANTIL ..... Tinggi diatas muka laut ..... 133 meter.  
Kecamatan DELANGGU ..... Kabupaten PLATEN .....  
Letaknya tempat pemeriksaan ± 1 1/2 ..... Km sebelah TIMUR LAUT ..... dari kantor  
Camat DELANGGU .....

HUJAN DALAM MILIMETER

Tanggal pemeriksaan	Jan	Febr	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agst	Sept	Okt	Nop	Des
1	13	50	6	19	14	-	-	-	-	-	-	-
2	10	60	35	4	15	-	-	-	-	-	-	5
3	-	107	-	-	5	-	-	-	-	-	2	-
4	5	12	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7	-	3	5	-	-	-	-	-	-	30	-
6	55	11	4	20	3	-	-	-	-	-	-	-
7	-	2	15	-	-	-	-	-	-	-	4	13
8	9	14	34	-	-	43	-	-	-	-	11	35
9	-	-	4	4	-	15	-	-	-	-	-	-
10	25	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
11	17	20	-	-	-	-	12	-	-	-	30	-
12	29	55	-	-	30	-	-	-	-	7	-	28
13	13	25	4	-	-	-	-	-	-	4	17	36
14	19	38	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
15	-	-	16	-	-	-	-	-	-	24	2	15
16	-	7	17	-	-	3	-	-	-	5	23	3
17	5	-	-	-	-	-	-	-	-	67	-	-
18	2	30	13	-	18	-	-	-	-	-	28	-
19	7	38	25	-	31	-	-	-	-	26	-	-
20	3	-	15	-	-	-	2	-	-	-	-	-
21	31	7	-	-	-	32	-	-	-	15	65	-
22	9	-	-	-	-	107	-	-	-	5	13	-
23	-	8	29	-	-	3	-	-	-	-	-	8
24	39	-	40	-	-	-	-	-	-	-	31	-
25	27	25	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
26	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	-
27	11	98	24	-	-	8	-	-	-	-	10	-
28	95	4	-	-	-	-	-	-	-	24	-	-
29	-	-	12	-	2	-	-	-	-	-	10	-
30	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-
31	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah	406	542	300	77	124	211	14	-	-	182	346	150
Banyaknya Hari Hujan	22	20	18	6	8	7	2	-	-	10	16	9

BALAI METEOROLOGI DAN GEOFISIKA WILAYAH II  
 STASIUN KLIMATOLOGI KLAS I SEMARANG  
 SILIWANGI NO. 291 TLP. 609016 KODE POS 50145 SMG

STASIUN HUJAN  
 NOMOR.: 714

Pemeriksaan Hujan Tahun : 1997

Waktu pemeriksaan : 17/11/97, Tinggi di atas permukaan laut : \_\_\_\_\_ Meter.

Desa : DEKTERO, Kabupaten : KILIKEN, Letak tempat pemeriksaan:

Ka. Sebelah : \_\_\_\_\_, Dari Kantor Camat : \_\_\_\_\_

Hujan dalam milimeter (mm) Contoh : 9 b.

No. Urut	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei.	Jun.	Jul.	Agst.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.
1			7			7					20	5
2			3									20
3			12									
4	44		59								18	
5	12		17		12						8	
6	3		3									13
7			47									
8	12		13									55
9	30		9									
10	20		5									25
11	15		20								10	42
12	3		49		5							
13			8									
14	7											17
15	2											7
16	12											
17	12										49	17
18											2	
19	12		75								2	
20	12		4									
21											49	
22												
23			65								10	
24			18									
25			30									
26			85									
27			8									
28	12		12							4		
29			10								50	
30			2									
31									1	7	2	
Jumlah	488	453	556	206	17	0	0	0	0	11	226	221
Rata-rata			25		2	0	0	0	0	2	11	9

Head :

Pemeriksa :

PENYERIKSAAN HUJAN TAHUN : 1993

Tempat pemeriksaan : WAMTILU , Tinggi di atas permukaan laut : Meter.

Lokamatan : DELATIGU , Kabupaten : PASURU , Letak tempat pemeriksaan

Km, Sebelah : , Dari Kantor Pusat :

CURAH HUJAN DALAM MILLIMETER ( mm )

Contoh : 9 b.

Sgl. Me No.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai.	Juni	Juli	Agst.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.
1		8		16	-						-	5
2		-		12	9						-	32
3		35	11	13	3						-	6
4	8	28	12	-							-	2
5	-	45	-	10							12	-
6	18	33	-	23		5					-	-
7	98	49	-	12		-					-	68
8	5	-	25	16		-					-	-
9	6	9	-	6		41				2	-	10
10	8	7	2	3		-					-	13
11	-		55	2		2					-	-
12	11		-	2		4					-	-
13	25		32	15		-					-	2
14				27		-					10	4
15		2		11		10					25	-
16	9	-		2		17					4	-
17	10	6	34	3							2	-
18	12	-	2	6							11	-
19	71	3		25							-	-
20	24										27	-
21	-										48	-
22	34	9	16								28	20
23	25	3									10	20
24	11										5	3
25	11		2								8	-
26	66	4	3								2	8
27	10	7	4								-	-
28	-	-	20	20							3	-
29	27		3		25						5	-
30	2		25								5	-
31	9		5								-	-
Jumlah	500	241	250	214	7	42	-	-	-	2	213	191
Jan.	22	14	18	19	3	6	-	-	-	1	10	12

Alamat :

Pemeriksa :

DAFTAR ASLI  
UNTUK DITAHAN  
STASIUN HUJAN  
No. 774

PEMERIKSAAN HUJAN  
TAHUN 1992

Tempat pemeriksaan: 10077  
Tempat datar muka laut: Stasiun  
Kecamatan: Tembung Kabupaten  
Jaraknya tempat pemeriksaan: km sebelah dari Kantor

HUJAN DALAM MILIMETER

Tanggal menakat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Des.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Okt.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sept.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agus.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maret	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jan.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	349	344	349	344	349	344	349	344	349	344	349	344	349	344	349	344	349	344	349	344	349	344	349	344	349	344	349	344	349	344	349
Luasnya luas																															

Alamat

Pemeriksa

PEMERIKSAAN HUJAN TAHUN: 1991

empat pemeriksaan : DELANGGU, Tinggi di atas permukaan laut : \_\_\_\_\_ Meter.  
 kecamatan : \_\_\_\_\_, Kabupaten : KLATEN, Letak tempat pemeriksaan  
 \_\_\_\_\_ Km, Sebelah : \_\_\_\_\_, Dari Kantor Camat : \_\_\_\_\_

URAH HUJAN DALAM MILIMETER ( mm )

Contoh : 9 b.

OL. NO. STASIUN	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUNI	JULI	AGS.	SEP.	OKT.	NOV.	DES.
1	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	23	16	55	-	-	-	-	-	-	-	-	39
3	48	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72
4	-	15	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
6	34	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
7	8	7	9	-	-	-	-	-	-	-	-	5
8	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
9	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
10	40	23	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	2	22	-	-	-	-	-	-	-	-	47	-
13	13	2	-	-	-	-	-	-	-	-	19	76
14	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32
15	29	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
16	-	10	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	5	61	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-
18	2	11	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-
19	67	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	75	3	7	-	-	-	-	-	-	15	37
21	27	28	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-
22	13	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
23	49	3	-	3	-	-	-	-	-	-	16	-
24	24	18	-	-	-	-	-	-	-	-	41	8
25	12	2	-	-	-	-	-	-	-	6	3	7
26	22	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
27	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	78	30
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUMLAH	512	475	125	29	-	-	-	-	-	6	234	344
HARI HUJAN	21	25	6	3	-	-	-	-	-	1	9	16

PEMERIKSA : Kee. Delunggu  
 Kab. Klaten.  
 Jateng.

PEMANGGAT : Dinas Pertanian Tanaman  
 Pangan Kee Delunggu

PEMERIKSAAN HUJAN TAHUN : 1997

Tempat pemeriksaan : Pelzooq, Tinggi di atas permukaan laut : \_\_\_\_\_ Meter  
 Kecamatan : Pelandaq, Kabupaten : Kelate, Letak tempat pemeriksaan  
 : \_\_\_\_\_ Km, Sebelah : \_\_\_\_\_, Dari Kantor Camat : \_\_\_\_\_

CURAH HUJAN DALAM MILIMETER ( mm ) Contoh : 9 b.

TGL. IE HARI.	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MEI.	JUNI	JULI	AGS.	SEP.	OKT.	NOV.	DES.
1.				49								
2.												53
3.				57								10
4.												22
5.		3										
6.				30								8
7.												
8.				41								
9.		17										
10.				6	37							
11.												
12.												
13.												
14.												40
15.												6
16.												
17.		13										
18.		23										15
19.		6									10	40
20.		51									50	3
21.		39										45
22.		3			6	2						3
23.			6		4							
24.						40					6	
25.						30					40	
26.					7						10	5
27.				3	20							2
28.												9
29.											4	4
30.											70	
31.												8
JUMLAH		155	158	194	24	72					190	273
H.H		8.	6.	7	5	3					7.	16.

Keterangan : \_\_\_\_\_ Alat : \_\_\_\_\_ Pengamat, \_\_\_\_\_  
 H.H = Hari Hujan.

---

LAMPIRAN 8  
PEMERIKSAAN SUHU UDARA  
YOGYAKARTA

---

---





PROGRAM DATA IKLIM/PANAH  
 DATA (SATUAN) : CURAH HUJAN AAT &  
 LOKASI : UGM - YOG YA

THN : JAN : FEB : MAR : APR : MEI : JUN : JUL : AGS : SEP : OKT : NOV : DES : KET

THN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	KET
1975													
76													
77													
78													
79													
80													
81	268	440	192	128	184	52	80	4	27	91	553	248	
82	433	261	145	212	-	-	7	-	-	-	17	246	
83	481	123	265	269	355	13	-	-	-	203	157	195	
84	601	408	274	249	121	17	-	14	117	138	165	485	
85	373	283	454	119	41	194	16	15	4	59	116	122	
86	476	124	120	227	2	215	24	4	109	101	132	214	
87	705	280	15	323	15	43	1	0	0	0	78	122	
88	442	457	284	115	115	40	0	0	0	129	153	276	
89	508	286	274	961	171	89	142	42	0	26	155	247	
90	400	110	224	142	51	48	77	52	0	27	24	48	6
91	459	173	204	131	117	27	0	0	0	0	448	280	
92	653	492	359	224	78	16	48	-	150	408	348	47	
93	390	193	396	344	100	x	1	3	0	0	250	215	
94	215	454	652	171	37	113	-	-	-	18	39	124	
95	472	578	25	144	45	147	50	0	4	77	164	256	
96	306	250	113	153	18	4	15	0	201	417	269	177	
97	280	228	39	143	37	-	-	-	-	-	37	20	784
98	270	389	225	305	35	204	144	28	75	321	270	305	2297
99	400	279	387	240	106	42	57	0	0	90	178	343	2122
2000	316	406	2189	236	54	69	2	47	1	138	268	229	
JML	1042	4463	3443	2992	1092	7803	7395	132	405	1462	5035	3080	
RAJA	470	372	287	249	99	80	49	22	81	162	252	292	

PARAH :

---

LAMPIRAN 9  
Pemeriksaan Suhu Udara  
SURAKARTA

---

---

KATOLIK

PARAF :

Tahun	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES	REK1
1975													
76													
77													
78													
79	26.2	26.5	26.4	25.9	25.1	25.4	25.9	26.4	26.9	27.4	27.9	28.4	28.8
80													
81	27.1	27.4	27.7	28.0	28.3	28.6	28.9	29.2	29.5	29.8	30.1	30.4	30.7
82													
83	26.5	26.4	26.3	26.2	26.1	26.0	25.9	25.8	25.7	25.6	25.5	25.4	25.3
84	25.3	25.4	25.5	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5
85	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9	27.0	27.1
86	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8
87	25.5	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7
88	25.5	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7
89	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9
90	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9
91	25.4	25.5	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6
92	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9	27.0	27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6
93	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9	27.0	27.1	27.2
94	26.7	26.8	26.9	27.0	27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	27.8	27.9
95	26.8	26.9	27.0	27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	27.8	27.9	28.0
96	26.9	27.0	27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	27.8	27.9	28.0	28.1
97	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9
98	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	27.8	27.9	28.0	28.1	28.2	28.3	28.4	28.5
99	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8
2000	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8
JML	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9	27.0
RATA	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9	27.0

THN : JAN : FEB : MAR : APR : MEI : JUN : JUL : AGS : SEP : OKT : NOV : DES : REK1

PENGOLAHAN DATA IKLIM/TANAH  
 DATA (SAFUAN) : SUKMA UDARA (KIRMA)  
 LOKASI : AOTI SIA M H R MO. (SUCARMA)

82  
 81  
 79

BLANGKO PENGOLAHAN DATA IKLIM

UNSUR: CURAH HUJAN (mm)

LOKASI: ADISUMARMO (SURABAYA)

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES	
1975													
1976													
1977													
1978													
1979													
1980													
1981													
1982													jumlah
✓ 1983	284	297	358	149	422	30	0	14	-	358	33	673	2618
1984	739	403	323	293	163	61	19	22	145	91	146	80	2481
1985	514	395	245	209	120	62	19	4	6	262	170	x	2286
1986	306	416	477	187	100	222	89	13	132	147	289	316	2694
1987	378	595	430	42	45	126	43	0	1	12	128	44	2241
1988	578	409	468	131	217	60	6	10	9	245	348	281	2801
1989	487	443	102	132	113	96	222	74	0	197	121	269	2256
1990	493	240	137	282	64	79	61	19	50	80	84	561	2142
1991	622	773	111	179	1	0	5	0	0	29	237	488	2445
1992	234	289	460	337	90	39	45	195	94	153	504	290	2731
1993	496	382	196	236	92	156	12	5	23	99	384	300	2380
1994	496	765	773	205	137	-	-	-	-	76	283	216	295
1995	451	548	483	305	135	139	26	2	87	201	247	187	279
1996	264	354	298	105	103	65	1	141	32	215	296	184	2052
1997	266	428	190	88	73	0	13	1	-	1	122	234	1411
1998	250	314	337	463	57	163	233	67	25	247	109	356	262
1999	439	457	308	178	93	15	26	6	20	229	187	340	2291
2000	253	301	400	206	85	29	21	8	71	128	210	96	
2001													
2002													
2003													
2004													
2005													
2006													
2007													
2008													
2009													
2010													

---

YOGYAKARTA - SOLO  
ALINEMEN HORIZONTAL  
LAMPIRAN 10

---

---

### Hasil Perhitu

KM	g (LA)	Pergeseran			Panjang tangen (Tt) (m)	Lengkung Circle (Lc) (m)
		p (m)	q (m)	y (L) (m)		
<b>Stasiun Solo Balapan</b>						
109 + 098,8	3,00	0,0011	0,038	0,15	12,50	25,00
<b>Stasiun Purwosari (111 + 593,95)</b>					0,00	
111 + 593,95	6,00	0,0057	0,102	0,41	30,62	61,23
112 + 666,30	6,00	0,2626	0,959	3,83	17,46	35,04
117 + 076,90					0,00	
<b>Stasiun Gawok (117 + 121 + 106,50)</b>						
121 + 106,50	2,00	1,1735	2,074	8,30	58,21	115,43
122 + 573,68	4,00	0,0019	0,053	0,21	37,49	75,09
122 + 871						
<b>Stasiun Delanggu (123 + 077,23)</b>						
123 + 077,23						
123 + 250,70	4,00	0,1586	0,709	2,84	77,70	154,94
123 + 428,40	8,00	0,0011	0,038	0,15	45,00	89,99
123 + 674,30	4,00	0,0876	0,527	2,11	79,67	155,02
123 + 857,50	8,00	0,0010	0,037	0,15	28,38	57,77
128 + 308,20	8,00	0,0003	0,016	0,07	42,46	84,95
128 + 458,40	12,00	0,2004	0,857	3,43	113,07	224,96
128 + 658,70	16,00	0,1544	0,735	2,94	53,10	107,07
129 + 019,80						
<b>Stasiun Ceper (129 + 129 + 412,90)</b>						
129 + 412,90	24,00	0,0000	0,005	0,02	72,50	145,45
129 + 606,90	28,00	0,0132	0,169	0,68	21,75	43,63
132 + 783,90	14,00	0,0926	0,542	2,17	150,00	298,05

	Lengkung Peralihan (PLA) (m)	Pergeseran			Panjang tangen (Tt) (m)	Lengkung Circle (Lc) (m)
		p (m)	q (m)	y (L) (m)		
<b>Stasiun Ket</b>						
135 + 167,9	126,00	0,1544	0,735	2,94	135,00	268,29
135 + 576,6	120,00	0,1920	0,800	3,20	99,15	197,19
136 + 461,2	78,00	0,0132	0,169	0,68	121,35	242,60
138 + 077,8	60,00	0,0034	0,075	0,30	36,00	73,30
138 + 214,4	60,00	0,0034	0,075	0,30	18,00	38,40
<b>Stasiun Kla</b>						
138 + 853,4	60,00	0,0034	0,075	0,30	52,20	104,72
139 + 024,5	66,00	0,0059	0,104	0,41	43,23	86,53
139 + 459,0	24,00	0,0000	0,005	0,02	10,80	21,67
<b>Stasiun Src</b>						
149 + 057,5	120,00	0,3000	1,000	4,00	186,06	360,93
<b>Stasiun Pra</b>						
151 + 732,1	120,00	0,3000	1,000	4,00	217,80	418,83
<b>Stasiun Ka</b>						
157 + 207,1	114,00	0,0926	0,542	2,17	260,00	508,91
<b>Stasiun Ma</b>						
<b>Stasiun I</b>						
166 + 269,8	100,00	0,25	0,83	3,33	65,50	131,00
166 + 664,8	100,00	0,17	0,69	2,78	28,50	56,98
<b>Stasiun Yo</b>						

$$Peninggian = 0,01 \cdot h \cdot V_{maks} \quad \text{Panjang tangen (Tt)} = R \cdot \text{tg } \frac{1}{2} \alpha$$

$$P \quad \text{Panjang lengkung (Lc)} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \alpha}{360}$$



---

LAMPIRAN II  
ALINEMEN VERTIKAL  
YOGYAKARTA - SOLO

---

---

## Daftar Alinemen Vertikal Yogyakarta – Solo

KM	PVI	Grade (0/00)	Lv
107+787,9	93.790	-0.469	
<b>Stasiun Solo Balapan (107 + 914)</b>			
108+300	93.550	0.000	3.749
108+700	93.550	1.000	8.000
109+100	93.950	2.962	15.692
110+400	97.800	1.000	15.692
<b>Stasiun Purwosari (110 + 750)</b>			
110+950	98.350	1.690	5.521
111+660	99.550	0.000	13.521
111+950	99.550	5.389	43.111
112+850	104.400	1.600	30.311
113+050	104.720	0.000	12.800
113+400	104.720	3.050	24.400
114+000	106.550	3.767	5.733
114+300	107.680	4.550	6.267
114+700	109.500	0.917	29.067
115+300	110.050	1.564	5.176
115+850	110.910	4.817	26.024
116+450	113.800	6.500	13.467
117+050	117.700	0.200	50.400
<b>Stasiun Gawok (117 + 410)</b>			
118+050	117.900	4.455	34.036
118+600	120.350	6.300	14.764
119+100	123.500	2.683	28.933
119+700	125.110	0.726	15.656
120+650	125.800	6.182	43.644
121+200	129.200	3.315	22.931
121+850	131.355	0.445	22.959
122+400	131.600	2.400	15.636
122+900	132.800	0.545	14.836
<b>Stasiun Delanggu (123 + 050)</b>			
123+450	133.100	-5.588	49.070
124+300	128.350	-2.500	24.706
124+500	127.850	-0.833	13.333
124+800	127.600	3.667	36.000
125+400	129.800	-0.480	33.173
125+900	129.560	-4.700	33.760
126+300	127.680	-0.720	31.840
126+550	127.500	2.629	26.789
126+900	128.420	0.000	21.029
127+200	128.420	-5.520	44.160
127+450	127.040	0.000	44.160
127+600	127.040	2.914	23.314
127+950	128.060	1.943	7.771

128+300	128.740	6.080	33.097
129+050	133.300	0.000	48.640
<b>Stasiun Ceper (129 + 247,95)</b>			
129+400	133.300	2.833	22.667
129+700	134.150	6.500	29.333
130+000	136.100	5.667	6.667
130+300	137.800	4.859	6.463
132+000	146.060	0.274	36.681
132+950	146.320	4.652	35.025
134+300	152.600	3.326	10.604
<b>Stasiun Ketandan (134 + 740,14)</b>			
135+250	155.760	-0.867	33.544
135+550	155.500	1.500	18.933
135+850	155.950	-0.538	16.308
136+500	155.600	-3.000	19.692
137+500	152.600	-4.333	10.667
137+950	150.650	0.000	34.667
<b>Stasiun Klaten (138 + 542,57)</b>			
139+300	150.650	1.375	11.000
139+700	151.200	5.175	30.000
140+500	155.300	5.240	0.920
140+750	156.610	0.800	35.520
141+400	157.130	-0.100	7.200
141+700	157.100	-1.800	13.600
141+900	156.740	-4.311	20.089
142+350	154.800	-2.444	14.933
142+800	153.700	0.000	19.556
143+350	153.700	-5.111	40.889
143+800	151.400	0.400	44.089
144+100	151.520	7.400	56.000
144+300	153.000	3.600	30.400
144+550	153.900	-5.800	75.200
144+900	151.870	0.060	46.880
<b>Stasiun Srowot (145 + 295,50)</b>			
145+400	151.900	-4.111	33.369
145+850	150.050	-1.818	18.343
146+400	149.050	-0.036	14.255
146+950	149.030	3.689	29.802
147+400	150.690	0.550	25.111
147+600	150.800	-2.000	20.400
147+700	150.600	-7.000	40.000
148+000	148.500	-5.000	16.000
148+200	147.500	-0.500	36.000
148+600	147.300	-4.667	33.333
149+050	145.200	-6.667	16.000
149+200	144.200	1.000	61.333
149+400	144.400	8.100	56.800
149+900	148.450	-2.779	87.031
150+005,8	148.156	-8.348	44.554
150+300	145.700	-1.667	53.451
150+600	145.200	0.556	17.778

<b>Stasiun Prambanan (151 + 145)</b>			
151+500	145.700	-1.571	17.016
151+850	145.150	-4.167	20.762
152+150	143.900	-6.846	21.436
152+800	139.450	0.000	54.769
153+050	139.450	-6.462	51.692
154+350	131.050	-5.230	9.852
155+350	125.820	0.000	41.840
<b>Stasiun Kalasan (155 + 658,10)</b>			
155+950	125.820	-2.771	22.171
156+300	124.850	-3.833	8.495
156+600	123.700	-5.727	15.152
157+150	120.550	-1.750	31.818
157+350	120.200	-3.286	12.286
157+700	119.050	3.771	56.457
158+050	120.370	0.000	30.171
158+350	120.370	-5.714	45.714
158+700	118.370	0.000	45.714
159+000	118.370	4.778	38.222
159+450	120.520	0.720	32.462
159+700	120.700	-2.900	28.960
<b>Stasiun Maguwo (159 + 727)</b>			
160+200	119.250	-7.167	34.133
160+500	117.100	-4.900	18.133
160+700	116.120	0.150	40.400
160+900	116.150	6.333	49.467
161+500	119.950	0.000	50.667
161+800	119.950	-4.067	32.533
162+250	118.120	-0.489	28.622
162+700	117.900	-4.250	30.089
163+500	114.500	0.000	34.000
163+700	114.500	3.400	27.200
163+950	115.350	2.545	6.836
164+500	116.750	0.000	20.364
165+000	116.750	-3.900	31.200
165+500	114.800	-2.333	12.533
165+800	114.100	0.000	18.667
166+300	114.100	-5.750	46.000
166+500	112.950	-1.000	38.000
166+700	112.750	1.450	19.600
166+900	113.040	-0.730	17.440
<b>Stasiun Yogyakarta (167 + 195,45)</b>			
167+200	112.821		

---

TEGANGAN IJIN SUBGRADE

LAMPIRAN 12

---

---

## Tegangan Ijin Tanah

Km	$\delta_{terjadi}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\delta_{ijin}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
108,500	0,9676	1,435	Aman
109,000	0,9676	1,183	Aman
110,000	0,9676	0,728	Tidak aman
111,000	0,9676	0,339	Tidak aman
112,000	0,9676	0,776	Tidak aman
113,000	0,9676	3,980	Aman
114,000	0,9676	1,324	Aman
115,000	0,9676	1,685	Aman
116,000	0,9676	0,674	Tidak aman
117,000	0,9676	1,691	Aman
118,000	0,9676	0,691	Tidak aman
119,500	0,9676	2,336	Aman
120,000	0,9676	0,851	Tidak aman
121,000	0,9676	1,189	Aman
122,000	0,9676	1,885	Aman
123,000	0,9676	0,291	Tidak aman
124,000	0,9676	0,438	Tidak aman
125,000	0,9676	0,333	Tidak aman
126,000	0,9676	1,322	Aman
129,000	0,9676	1,412	Aman
130,000	0,9676	0,867	Tidak aman
132,500	0,9676	0,786	Tidak aman
134,000	0,9676	1,630	Aman
135,000	0,9676	1,329	Aman
136,000	0,9676	0,305	Tidak aman
137,000	0,9676	0,278	Tidak aman
138,500	0,9676	0,858	Tidak aman
139,500	0,9676	1,194	Aman
140,500	0,9676	1,119	Aman
141,000	0,9676	0,304	Tidak aman
143,000	0,9676	1,051	Aman
145,500	0,9676	1,037	Aman
146,000	0,9676	0,796	Tidak aman
148,000	0,9676	0,748	Tidak aman
149,500	0,9676	0,896	Tidak aman
151,000	0,9676	0,601	Tidak aman
154,500	0,9676	1,164	Aman
158,000	0,9676	0,751	Tidak aman
162,000	0,9676	0,873	Tidak aman
163,500	0,9676	1,406	Aman

Sumber : perhitungan penulis

**DIMENSI DRAINASI**

**LAMPIRAN 13**

Tabel Perhitungan Dimensi Drainasi

Lokasi	Arah Drainasi	Debit Q (m <sup>3</sup> /det)	Ukuran	
			a (cm)	b (cm)
Prambanan	melintang	0,0131	50	60
	memanjang	0,00628	30	60
	memanjang	0,00605	30	60
Delanggu	melintang	0,0129	50	60
	memanjang	0,00628	30	60
	memanjang	0,007183	30	60
Klaten	melintang	0,0109	50	60
	memanjang	0,0052	30	60
	memanjang	0,006018	30	60

Sumber : perhitungan penulis



---

**TABEL KOEFISIEN ALIRAN**

**TABEL KECEPATAN**

**LAMPIRAN 14**

---

---

Kecepatan aliran pembuangan air (V) tergantung pada bahan pembentuk

saluran pada tabel 1 dan nilai C, koefisien aliran bergantung pada tata guna tanah terdapat pada lampiran tabel 2.

Tabel 1 Kecepatan (V)

Bahan	Kecepatan Aliran V (m/det)
Beton	0,6 – 3,0
Aspal	0,6 – 1,5
Pasangan batu/bata	0,6 – 1,8
Kerakal, atau lempung yang sangat kompak	0,6 – 1,0
Pasir kasar, atau tanah berkerakal atau berpasir	0,3 – 0,6
Lempung dan sedikit pasir	0,2 – 0,3
Tanah berpasir halus, atau berlanau	0,1 – 0,2

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJK, 1986

Tabel 2 Harga C tergantung tata guna tanah

Tata Guna Tanah	C
Daerah komersial - kota	0,70 – 0,95
- sebelah kota	0,50 – 0,70
Daerah industri - padat	0,60 – 0,90
- kurang padat	0,50 – 0,80
Daerah pemukiman - penuh rumah	0,50 – 0,80
- ada yang kosong	0,30 – 0,50
Daerah hijau/tanah olahan dan hutan	0,10 – 0,30

Sumber : Peraturan Dinas 10, PJK, 1986

---

---

**LAMPIRAN 15**  
**GAMBAR ALINEMEN HORIZONTAL**  
**GAMBAR ALINEMEN VERTIKAL**

---