

**INTERNSHIP - CS22-4703**

**LAPORAN INTERNSHIP**

**PROYEK PEMBANGUNAN JALUR GANDA JALAN KA LINTAS  
SELATAN JAWA KM. 43+800 s/d 49+500 ANTARA  
MOJOKERTO - SEPANJANG LINTAS SURABAYA - SOLO  
(PAKET: JGMS-8)**

**MUHAMMAD ALFIYAN ZULFA    NRP. 5012201003**

**IKBAR MAKHABBATAN SALAM    NRP. 5012201114**

**Dosen Pembimbing**

**Dr. Catur Arif Prastyanto, S.T., M.Eng.**

**NIP. 19700708 199802 1 001**

**Pembimbing Lapangan**

**Febrianto Adi Wibowo**

**Program Studi Teknik Sipil**

**Departemen Teknik Sipil**

**Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2023**



**INTERNSHIP - CS22-4703**

**LAPORAN INTERNSHIP**

**PROYEK PEMBANGUNAN JALUR GANDA JALAN KA LINTAS  
SELATAN JAWA KM. 43+800 s/d 49+500 ANTARA  
MOJOKERTO - SEPANJANG LINTAS SURABAYA - SOLO  
(PAKET: JGMS-8)**

**MUHAMMAD ALFIYAN ZULFA      NRP. 5012201003**

**IKBAR MAKHABBATAN SALAM      NRP. 5012201114**

Dosen Pembimbing

**Dr. Catur Arif Prastyanto, S.T., M.Eng.**

NIP. 19700708 199802 1 001

Pembimbing Lapangan

**Febrianto Adi Wibowo**

**Program Studi Teknik Sipil**

Departemen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2023

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**LAPORAN INTERNSHIP**  
**PROYEK PEMBANGUNAN JALUR GANDA JALAN KA LINTAS**  
**SELATAN JAWA KM. 43+800 s/d KM. 49+500 ANTARA MOJOKERTO–**  
**SEPANJANG LINTAS SURABAYA–SOLO (PAKET: JGMS-8)**

MUHAMMAD ALFIYAN ZULFA    NRP. 5012201003  
IKBAR MAKHABBATAN SALAM    NRP. 5012201114

Surabaya, 7 Mei 2023

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing Lapangan

2.1.



Dr. Catur Arif Prastyanto, ST., M.Eng

Febrianto Adi Wibowo

NIP. 19670319 200212 1 005

Kuangan dan Administrasi

Mengetahui,

Sekretaris Departemen I

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan

Departemen Teknik Sipil FTSPK - ITS



Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

NIP. 19800430 202501 1 002

## IDENTITAS PENULIS

### Biografi Penulis

#### 1. Mahasiswa 1

Nama : Muhammad Alfiyan Zulfa  
NRP : 5012201003  
Departemen : Teknik Sipil  
Angkatan : 2020

#### 2. Mahasiswa 2

Nama : Ikbar Makhabbatan Salam  
NRP : 5012201114  
Departemen : Teknik Sipil  
Angkatan : 2020

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas berkah, rahmat, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan kerja praktik di proyek **PEMBANGUNAN JALUR GANDA JALAN KA LINTAS SELATAN JAWA KM. 43+800 s/d KM. 49+500 ANTARA MOJOKERTO – SEPANJANG LINTAS SURABAYA – SOLO (PAKET: JGMS-8)**. Kerja praktik merupakan salah satu mata kuliah yang wajib ditempuh oleh mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Kerja praktik yang kami lakukan dimulai dari tanggal 19 Desember 2022 sampai dengan tanggal 19 Februari 2023, atau terhitung selama dua (2) bulan dengan total 281 jam pelaksanaan.

Dalam proses pengerjaannya, penulis menemui banyak kendala yang tidak dapat penulis selesaikan tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, karena itu tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Catur Arif Prastyanto, ST. M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing proses kerja praktik dan penyusunan laporan kerja praktik ini.
2. PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan kegiatan kerja praktik di protek Pembangunan Jalur Ganda Jalan KA Lintas Selatan Jawa KM. 43+800 s/d KM. 49+500 Antara Mojokerto-Sepanjang Lintas Surabaya-Solo.
3. Teman-teman Departemen Teknik Sipil ITS yang telah mendukung dan membagi ilmunya dalam proses kerja praktik serta penyusunan laporan ini.

Dalam penulisan laporan ini, kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan. Maka dari itu kami mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kebaikan laporan ini di masa yang akan datang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi, pembaca, penulis, dan semua pihak yang terkait dalam aktivitas kerja praktik.

Surabaya, Maret 2023

Penyusun

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN .....   | iii  |
| IDENTITAS PENULIS.....  | iv   |
| KATA PENGANTAR.....   | v    |
| DAFTAR ISI .....  | vi   |
| DAFTAR GAMBAR .....   | viii |
| DAFTAR TABEL .....  | xii  |
| BAB I PENDAHULUAN.....  | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1    |
| 1.2 Overview Proyek .....   | 3    |
| 1.3 Maksud dan Tujuan.....  | 5    |
| 1.4 Manfaat .....   | 5    |
| BAB II PELAKSANAAN PEKERJAAN DI LAPANGAN .....                    | 6    |
| 2.1 Pekerjaan Perkuatan Tanah dan Timbunan .....                  | 6    |
| 2.2 Pekerjaan Jembatan Kereta Api .....                           | 22   |
| 2.2.1 Pekerjaan Struktur Bawah.....                               | 25   |
| 2.2.2 Pekerjaan Struktur Atas ( <i>Erection</i> Jembatan).....    | 41   |
| 2.3 Pekerjaan <i>Rigid Pavement</i> .....                         | 46   |
| BAB III TUGAS SELAMA KERJA PRAKTIK .....                          | 54   |
| 3.1 Perhitungan Volume Sedimen untuk Kebutuhan <i>Claim</i> ..... | 54   |
| 3.1.1 Pendahuluan.....  | 54   |
| 3.1.2 Data Perhitungan Sedimentasi .....                          | 54   |
| 3.1.3 Kesimpulan .....  | 55   |
| 3.2 Kontrol Kekuatan Tulangan <i>U-Ditch</i> .....                | 55   |
| 3.2.1 Pendahuluan.....  | 55   |
| 3.2.2 Data dan Perhitungan Kekuatan Tulangan <i>U-Ditch</i> ..... | 55   |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 3.2.3                                       | Kesimpulan .....  | 58  |
| 3.3   | Menganalisis Debit Banjir Sungai terhadap Struktur di Lapangan .....  | 58  |
| 3.3.1                                       | Pendahuluan.....  | 58  |
| 3.3.2                                       | Data dan Perhitungan Struktur di Lapangan .....                       | 59  |
| 3.3.3                                       | Kesimpulan .....  | 87  |
| BAB IV HAL MENARIK DAN PENYELESAIANNYA..... |   | 90  |
| 4.1   | Pemilihan Alternatif Perkuatan tanah .....                            | 90  |
| 4.1.1                                       | Hal Menarik pada Pemilihan Alternatif Perkuatan tanah .....           | 90  |
| 4.1.2                                       | Penyelesaian.....   | 91  |
| 4.2   | Perencanaan Perkuatan tanah dan Perkuatan Lereng.....                 | 91  |
| 4.2.1                                       | Hal Menarik pada Perkuatan tanah dan Perkuatan Lereng .....           | 91  |
| 4.2.2                                       | Penyelesaian.....   | 92  |
| 4.3   | Metode Pelaksanaan <i>Erection</i> Jembatan Kereta Api .....          | 93  |
| 4.3.1                                       | Hal Menarik pada Pelaksanaan <i>Erection</i> Jembatan Kereta Api..... | 93  |
| 4.3.2                                       | Penyelesaian.....   | 93  |
| 4.4   | Pelaksanaan Konstruksi Struktur Bawah Jembatan.....                   | 94  |
| 4.4.1                                       | Hal Menarik pada Pelaksanaan Konstruksi Bawah Jembatan .....          | 94  |
| 4.4.2                                       | Penyelesaian.....   | 95  |
| BAB V DOKUMENTASI KEGIATAN.....             |   | 96  |
| 5.1   | Kegiatan pada Area Pekerjaan <i>Railway Track</i> .....               | 96  |
| 5.2   | Kegiatan pada Area Pekerjaan Jembatan Kereta Api.....                 | 102 |
| 5.3   | Kegiatan pada Area Pekerjaan Lainnya .....                            | 115 |
| BAB VI PENUTUP .....                        |   | 123 |
| 6.1   | Kesimpulan .....  | 123 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                        |   | 124 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1. 1 Lokasi Proyek Pembangunan Jalur Ganda Mojokerto – Sepanjang ..                                  | 1  |
| Gambar 1. 2 Titik Lokasi Stasiun dan Jembatan KA Proyek Pembangunan Jalur Ganda Mojokerto – Sepanjang ..... | 2  |
| Gambar 1. 3 Progres Rencana Proyek pada Kurva S.....  | 4  |
| Gambar 2. 1 Cuplikan Stratigrafi Tanah KM. 48+450 s.d. KM 48+650 .....                                      | 7  |
| Gambar 2. 2 Potongan Melintang Layout Perkuatan Tanah dan Timbunan .....                                    | 10 |
| Gambar 2. 3 Proses Pemasangan Rel.....  | 13 |
| Gambar 2. 4 Pengukuran Pancang Rel.....   | 13 |
| Gambar 2. 5 Posisi Rel yang Terpancang .....  | 13 |
| Gambar 2. 6 Ilustrasi Metode Pelaksanaan Pekerjaan Tanah Borepile dibungkus Geotekstil .....                | 16 |
| Gambar 2. 7 Pelaksanaan Pekerjaan Pekerjaan Tanah Berbutir dibungkus Geotekstil di Lapangan .....           | 16 |
| Gambar 2. 8 Ilustrasi Metode Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Tanah Pilihan ..                                | 19 |
| Gambar 2. 9 Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Tanah Pilihan di Lapangan .....                                  | 19 |
| Gambar 2. 10 Ilustrasi Pengujian CBR.....   | 20 |
| Gambar 2. 11 Ilustrasi Pengujian <i>Plate Bearing</i> .....   | 21 |
| Gambar 2. 12 Rencana <i>Siteplan</i> Jembatan Akses .....   | 23 |
| Gambar 2. 13 Rencana Jembatan Akses dan Jug Penyetelan.....   | 24 |
| Gambar 2. 14 Foto Jembatan Akses dan Jug Penyetelan di Lapangan .....                                       | 25 |
| Gambar 2. 15 Ilustrasi Pekerjaan <i>Dewatering</i> Pilar 3.....   | 26 |
| Gambar 2. 16 Ilustrasi Pekerjaan <i>Footing</i> Pilar 3 .....   | 27 |
| Gambar 2. 17 Tampak Atas Pilar 3 .....  | 27 |
| Gambar 2. 18 Tampak Samping Pilar 3 .....   | 28 |
| Gambar 2. 19 Pelaksanaan Pemasangan SSP .....   | 29 |
| Gambar 2. 20 Proses <i>Dewatering</i> Pilar 3 .....   | 29 |
| Gambar 2. 21 Proses Pembobokan Borepile Pilar 3 .....   | 30 |
| Gambar 2. 22 Pekerjaan Penulangan <i>Footing</i> Pilar 3 .....  | 31 |
| Gambar 2. 23 Pekerjaan Pemasangan Bekisting <i>Footing</i> Pilar 3.....                                     | 31 |
| Gambar 2. 24 Proses Pengecoran <i>Footing</i> Pilar 3.....  | 32 |
| Gambar 2. 25 Uji Slump di Lapangan .....  | 33 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2. 26 Ilustrasi Pekerjaan Badan Pilar 3 .....                       | 35 |
| Gambar 2. 27 Tampak Atas Pilar 3 .....                                     | 35 |
| Gambar 2. 28 Tampak Samping Pilar 3 .....                                  | 36 |
| Gambar 2. 29 Proses Pemasangan Bekisting dan Pembesian Badan Pilar 3 ..... | 37 |
| Gambar 2. 30 Proses Pengecoran Badan Pilar 3 .....                         | 38 |
| Gambar 2. 31 Uji Slump di Lapangan .....                                   | 39 |
| Gambar 2. 32 Rencana <i>Siteplan</i> Jembatan Kereta Api .....             | 41 |
| Gambar 2. 33 Rencana Potongan Jembatan Kereta Api .....                    | 42 |
| Gambar 2. 34 Jembatan Akses di Lapangan .....                              | 44 |
| Gambar 2. 35 Timbunan Tanah sebagai Akses di Lapangan.....                 | 45 |
| Gambar 2. 36 Proses <i>Erection</i> Jembatan di Lapangan.....              | 45 |
| Gambar 2. 37 Alinyemen Horizontal <i>Rigid Pavement</i> Jalan Akses .....  | 47 |
| Gambar 2. 38 Tampak Atas Pembesian <i>Rigid Pavement</i> .....             | 47 |
| Gambar 2. 39 Potongan Melintang <i>Rigid Pavement</i> .....                | 47 |
| Gambar 2. 40 Bekisting <i>Rigid Pavement</i> .....                         | 49 |
| Gambar 2. 41 <i>Wiremesh Rigid Pavement</i> .....                          | 50 |
| Gambar 2. 42 Uji Kuat Tekan Beton.....                                     | 52 |
| Gambar 3. 1 Tampak Depan U-Ditch.....                                      | 56 |
| Gambar 3. 2 Tampak Samping U-Ditch.....                                    | 56 |
| Gambar 3. 3 Hasil Analisis Kontrol Kekuatan Tulangan U-Ditch.....          | 58 |
| Gambar 3. 4 Garis Potongan Melintang pada Tampak Atas Sungai .....         | 60 |
| Gambar 3. 5 Penampang Sungai .....   | 61 |
| Gambar 3. 6 <i>Rating Curve</i> .....                                      | 66 |
| Gambar 3. 7 Plottingan Debit Banjir pada Grafik <i>Rating Curve</i> .....  | 66 |
| Gambar 3. 8 Tegangan Air yang Terjadi .....                                | 67 |
| Gambar 3. 9 Plottingan Debit Sedimen pada <i>Rating Curve</i> .....        | 69 |
| Gambar 3. 10 Tegangan Sedimen yang Terjadi .....                           | 70 |
| Gambar 3. 11 Tegangan Air pada SSP .....                                   | 72 |
| Gambar 3. 12 Tegangan Sedimen pada SSP .....                               | 73 |
| Gambar 3. 13 Pemodelan Borepile pada <i>Software Geo5</i> .....            | 79 |
| Gambar 3. 14 <i>Input Geometri</i> .....                                   | 79 |
| Gambar 3. 15 <i>Output</i> dan Kontrol Daya Dukung Borepile .....          | 80 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 3. 16 <i>Output</i> Penurunan Borepile .....                                | 80  |
| Gambar 3. 17 Diagram Tegangan pada WF .....  | 86  |
| Gambar 3. 18 Hasil Analisis Salah Satu WF Menggunakan SAP2000 .....                | 86  |
| Gambar 3. 19 Hasil Analisis Semua WF Menggunakan SAP2000 .....                     | 87  |
| Gambar 3. 20 <i>Deformed Shape</i> yang Terjadi pada WF.....                       | 87  |
| Gambar 4. 1 Contoh Hasil Uji Sondir pada Ruas KM. 48+400 s.d 49+500.....           | 90  |
| Gambar 4. 2 Pemancangan Rel Bekas sebagai Perkuatan Tanah.....                     | 91  |
| Gambar 4. 3 Tampak Atas KM. 48+900 s/d 49+000 .....                                | 92  |
| Gambar 4. 4 Pekerjaan Erection Jembatan KA dari KM. 49+000.....                    | 94  |
| Gambar 4. 5 Pekerjaan Erection Jembatan KA dari KM. 49+250.....                    | 94  |
| Gambar 4. 6 <i>Siteplan</i> Lokasi Pekerjaan Jembatan KA .....                     | 95  |
| Gambar 5. 1 Pekerjaan Marking Pancang Rel untuk Perkuatan Tanah .....              | 96  |
| Gambar 5. 2 Pekerjaan Pemotongan Pancang Rel .....                                 | 96  |
| Gambar 5. 3 Pekerjaan Pemancangan Rel .....  | 97  |
| Gambar 5. 4 Kondisi Pancang Rel di Lapangan .....                                  | 97  |
| Gambar 5. 5 Penggelaran Geotekstil.....  | 97  |
| Gambar 5. 6 Mobilisasi Material Tanah Berbutir Menggunakan <i>Dump Truck</i> ..... | 98  |
| Gambar 5. 7 Perataan Material Tanah Berbutir Menggunakan <i>Bulldozer</i> .....    | 98  |
| Gambar 5. 8 Penyiraman Air pada Material Tanah Berbutir.....                       | 98  |
| Gambar 5. 9 Pemadatan Material Tanah Berbutir.....                                 | 99  |
| Gambar 5. 10 Penjahitan Geotekstil.....  | 99  |
| Gambar 5. 11 Mobilisasi Material Tanah Pilihan.....                                | 99  |
| Gambar 5. 12 Perataan Material Tanah Timbunan.....                                 | 100 |
| Gambar 5. 13 Pemadatan Material Tanah Timbunan.....                                | 100 |
| Gambar 5. 14 Penyesuaian <i>Slope</i> Timbunan Menggunakan <i>Excavator</i> .....  | 100 |
| Gambar 5. 15 Pemancangan CCSP di Lapangan .....                                    | 101 |
| Gambar 5. 16 Pembobokan CCSP .....   | 101 |
| Gambar 5. 17 Penulangan dan Pemasangan Bekisting Pilecap CCSP .....                | 102 |
| Gambar 5. 18 Pengecoran Pilecap CCSP.....  | 102 |
| Gambar 5. 19 Kondisi Jembatan Akses.....   | 103 |
| Gambar 5. 20 Kondisi Timbunan Akses .....  | 103 |
| Gambar 5. 21 Pengelasan H-beam .....   | 104 |

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 5. 22 Pemotongan H-beam .....  | 104 |
| Gambar 5. 23 Perataan Timbunan Batu <i>Boulder</i> .....                    | 104 |
| Gambar 5. 24 <i>Pemancangan Steel Sheet Pile untuk Membendung Air</i> ..... | 105 |
| Gambar 5. 25 Penutupan Aliran Air Menggunakan Tanah Berlumpur .....         | 105 |
| Gambar 5. 26 <i>Dewatering Area P-3</i> .....                               | 106 |
| Gambar 5. 27 Pembobokan <i>Borepile P-3</i> .....                           | 106 |
| Gambar 5. 28 Pembesian <i>Footing Pier P-3</i> .....                        | 106 |
| Gambar 5. 29 Pemasangan Bekisting <i>Footing Pier P-3</i> .....             | 107 |
| Gambar 5. 30 Pengecoran <i>Footing Pier P-3</i> .....                       | 107 |
| Gambar 5. 31 Pembesian Badan Pier P-3 .....                                 | 107 |
| Gambar 5. 32 Pemasangan Bekisting Badan Pier P-3 .....                      | 108 |
| Gambar 5. 33 Pengecoran Badan Pier P-3 .....                                | 108 |
| Gambar 5. 34 Hasil Pengecoran <i>Footing</i> dan Badan Pier P-3 .....       | 109 |
| Gambar 5. 35 Produk Lem Beton yang Digunakan .....                          | 109 |
| Gambar 5. 36 Produk Pelapis Bekisting yang Digunakan .....                  | 110 |
| Gambar 5. 37 <i>Truck Mixer</i> .....                                       | 111 |
| Gambar 5. 38 <i>Concrete Pump</i> .....                                     | 111 |
| Gambar 5. 39 Kerucut Abram untuk Uji Slump Beton Pier .....                 | 111 |
| Gambar 5. 40 Proses Uji Slump Beton Pier .....                              | 112 |
| Gambar 5. 41 Hasil Uji Slump Beton Pier .....                               | 112 |
| Gambar 5. 42 Pemasangan Jug Penyetelan .....                                | 113 |
| Gambar 5. 43 <i>Erection</i> Rangka Batang Jembatan .....                   | 113 |
| Gambar 5. 44 Pengangkutan Rangka Batang Jembatan .....                      | 114 |
| Gambar 5. 45 Kondisi Jembatan KA yang Telah Ter- <i>erection</i> .....      | 114 |
| Gambar 5. 46 Rangka Batang Jembatan .....                                   | 115 |
| Gambar 5. 47 Pemasangan Bekisting <i>Rigid Pavement</i> .....               | 115 |
| Gambar 5. 48 Pembesian <i>Rigid Pavement</i> .....                          | 116 |
| Gambar 5. 49 Pengecoran <i>Rigid Pavement</i> .....                         | 116 |
| Gambar 5. 50 Pengujian Kuat Tekan Beton <i>Rigid Pavement</i> .....         | 117 |
| Gambar 5. 51 Hasil Uji Kuat Tekan Beton <i>Rigid Pavement</i> .....         | 117 |
| Gambar 5. 52 Kantor Proyek PT. Wijaya Karya .....                           | 118 |
| Gambar 5. 53 Direksi Keet Proyek .....                                      | 118 |

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 5. 54 Gudang/ <i>Warehouse</i> Proyek .....                    | 119 |
| Gambar 5. 55 Penjelasan <i>Overview</i> Proyek .....                  | 119 |
| Gambar 5. 56 Papan <i>Toolbox Meeting</i> .....                       | 119 |
| Gambar 5. 57 Pengerjaan Tugas 1.....                                  | 120 |
| Gambar 5. 58 Pengerjaan Tugas 2.....                                  | 120 |
| Gambar 5. 59 Pengerjaan Tugas 3.....                                  | 120 |
| Gambar 5. 60 Dokumentasi Penulis di Lapangan 1 .....                  | 121 |
| Gambar 5. 61 Dokumentasi Penulis di Lapangan 2.....                   | 121 |
| Gambar 5. 62 Foto Bersama dengan Pembimbing Lapangan PT. Wijaya Karya | 122 |

### **DAFTAR TABEL**

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Spesifikasi Material Geotekstil .....                               | 8  |
| Tabel 2. 2 Peralatan Pekerjaan Pemancangan Rel .....                           | 11 |
| Tabel 2. 3 Material Pekerjaan Pemancangan Rel.....                             | 11 |
| Tabel 2. 4 Tenaga Kerja Pekerjaan Pemancangan Rel .....                        | 12 |
| Tabel 2. 5 Peralatan Pekerjaan Tanah Berbutir dibungkus Geotekstil .....       | 14 |
| Tabel 2. 6 Material Pekerjaan Tanah Berbutir dibungkus Geotekstil .....        | 14 |
| Tabel 2. 7 Tenaga Kerja Pekerjaan Tanah Berbutir dibungkus Geotekstil.....     | 15 |
| Tabel 2. 8 Peralatan Pekerjaan Timbunan Tanah Pilihan .....                    | 17 |
| Tabel 2. 9 Material Pekerjaan Timbunan Tanah Pilihan .....                     | 17 |
| Tabel 2. 10 Tenaga Kerja Pekerjaan Timbunan Tanah Pilihan.....                 | 18 |
| Tabel 3. 1 Rekapitulasi Luas Penampang Basah dan Keliling Basah Per Pias ..... | 62 |
| Tabel 3. 2 Rekapitulasi Perhitungan V dan Q .....                              | 65 |
| Tabel 3. 3 Koefisien Seret dan Angkat.....                                     | 71 |
| Tabel 3. 4 Beban pada Borepile .....   | 79 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan jalur ganda kereta api lintas selatan merupakan Proyek Strategis Nasional (PSN) yang bertujuan meningkatkan kapasitas transportasi kereta api dalam menghubungkan pusat-pusat perekonomian di Pulau Jawa bagian selatan. Pembangunan jalur ganda KA ini direncanakan sepanjang 361 km yang mencakup Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur (Alexander, 2021). Proyek ini juga dibagi menjadi sejumlah bagian/*section*, dimana salah satunya adalah jalur ganda Mojokerto – Sepanjang yang terletak di Provinsi Jawa Timur. Proyek pembangunan jalur ganda KA Mojokerto – Sepanjang dibagi menjadi 9 paket pekerjaan, di mana untuk lokasi kerja praktik sendiri berada pada paket 8 atau KM 43+800 s.d KM 49+500 dengan lingkup pekerjaan meliputi pekerjaan *railway track*, jembatan KA, dan stasiun.

Proyek pembangunan jalur ganda paket 8 yang seperti tertera pada **Gambar 1.1** memiliki nilai Rp146.161.697.000 dimana pekerjaan dimulai pada Juni 2021 dengan waktu pelaksanaan selama 28 bulan atau sampai Desember 2023. Proyek ini dikerjakan oleh PT. Wijaya Karya dan PT. Nazma Tata Laksana dengan porsi pembagian 70% dan 30%. Detail lingkup pekerjaan pada proyek ini meliputi pembangunan *railway track* sepanjang 5,7 km, pembangunan struktur bawah stasiun Tarik dan pembangunan jembatan kereta api dengan bentang 250 m dengan lokasi setiap pekerjaan pada **Gambar 1.2**.



Gambar 1. 1 Lokasi Proyek Pembangunan Jalur Ganda Mojokerto – Sepanjang

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*



Gambar 1. 2 Titik Lokasi Stasiun dan Jembatan KA Proyek Pembangunan Jalur Ganda Mojokerto – Sepanjang  
*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

Berdasarkan uraian deskripsi dan lingkup pekerjaan Proyek Pembangunan Jalur Ganda KA Mojokerto – Sepanjang di atas, maka dapat disimpulkan hal-hal menarik yang ada pada proyek tersebut sebagai berikut:

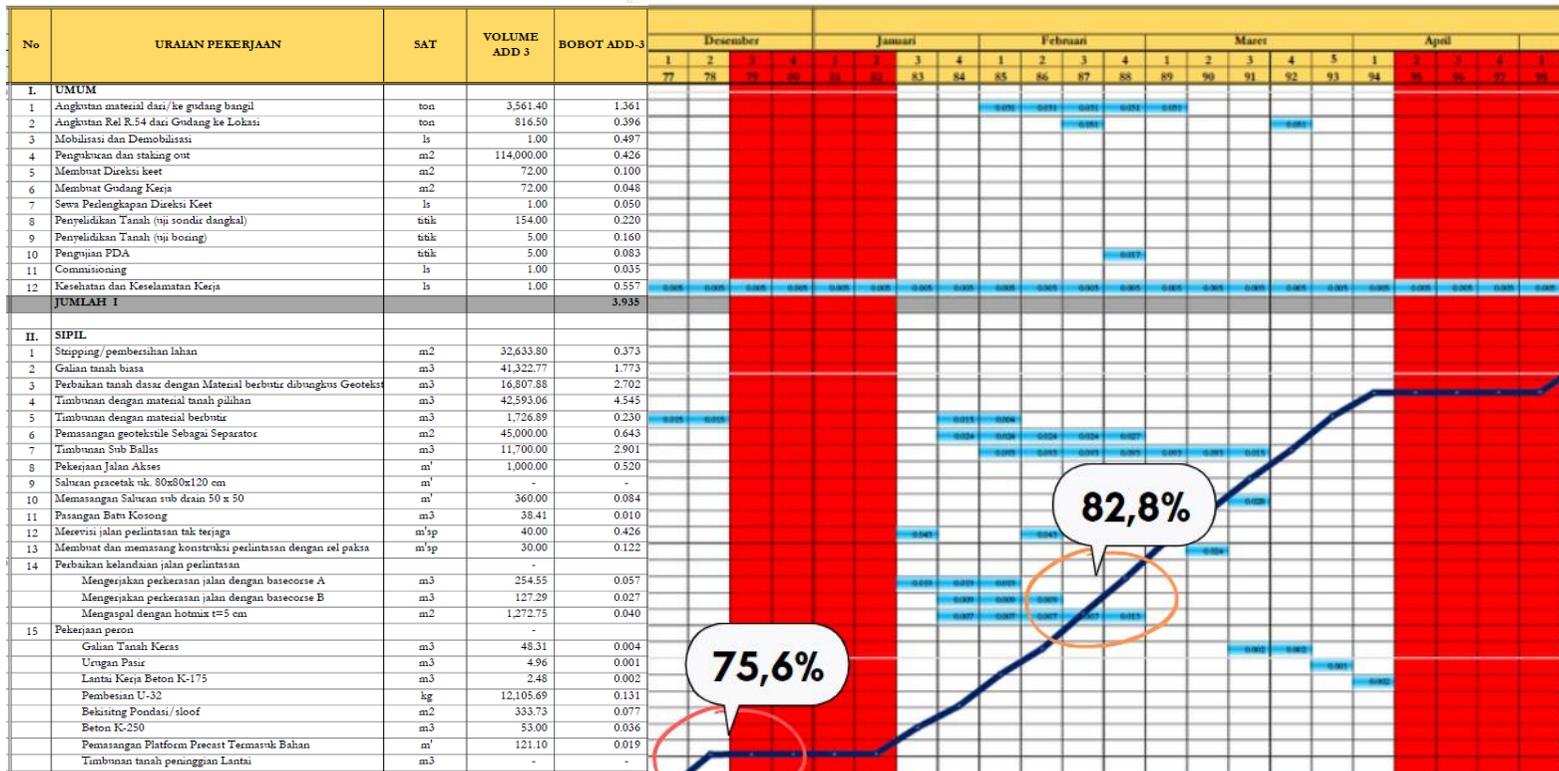
1. Proyek pembangunan jalur ganda KA Mojokerto – Sepanjang dengan salah satu lingkup pekerjaannya adalah pembangunan jembatan KA bentang 246,6 m yang melewati Sungai Brantas oleh PT. Wijaya Karya menjadi salah satu proyek jembatan yang terdapat di Jawa Timur.
2. Pekerjaan pembangunan jembatan merupakan pekerjaan yang kompleks, dimana memerlukan keterkaitan antara bidang-bidang teknik sipil, meliputi struktur, transportasi, hidrologi, geoteknik dan manajemen konstruksi.
3. Pengerjaan jembatan kereta api pada proyek ini dihadapkan langsung pada permasalahan yang disebabkan oleh faktor alam, yakni tinggi muka air sungai yang tinggi sepanjang tahun. Hal tersebut membuat diperlukannya improvisasi agar dapat terlaksana tepat waktu.

Kerja praktik ini juga akan menjadi tempat pengimplementasian teori-teori yang telah diajarkan untuk merencanakan dan menjalankan proyek konstruksi, serta mampu mengatasi permasalahan-permasalahan di lapangan.

## 1.2 Overview Proyek

Kerja praktik berlangsung selama 2 bulan, mulai Tanggal 19 Desember 2022 s.d 19 Februari 2023. Berdasarkan kurva S proyek yang disajikan pada **Gambar 1.3**, capaian proyek pembangunan pada saat kerja praktik dimulai mencapai 76,5%, sedangkan di akhir kegiatan kerja praktik, proyek pembangunan telah mencapai progres sebesar 82,8%. Dimana berdasarkan pengamatan di lapangan dan Diskusi dengan pihak kontraktor, dengan persentase tersebut seharusnya pada rentang Bulan Desember 2022 sampai Februari 2023 pekerjaan pilar jembatan dan perkuatan tanah selesai dilakukan. Serta menyisakan pekerjaan *erection* jembatan bentang ke-4, lapisan subbalas dan balas, dan pemasangan bantalan beton dan rel.

Sedangkan untuk capaian progres aktual, proyek ini mengalami keterlambatan daripada sebagaimana mestinya. Hasil diskusi dengan pihak kontraktor menyimpulkan bahwa hal tersebut disebabkan oleh debit aliran sungai yang besar dengan durasi yang tidak menentu, sehingga mengganggu pelaksanaan pekerjaan elemen struktur jembatan.



Gambar 1. 3 Progres Rencana Proyek pada Kurva S

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO

### **1.3 Maksud dan Tujuan**

Tujuan dari penulisan laporan kerja praktik ini adalah melaporkan segala kegiatan konstruksi yang berlangsung pada Proyek Pembangunan Jalur Ganda KA Mojokerjo – Sepanjang sesuai dengan bidang yang ditinjau. Dengan demikian, dapat disimpulkan tujuan dari pelaksanaan kerja praktik ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui lingkup dan peranan setiap bidang teknik sipil (struktur, transportasi, hidrologi, geoteknik dan manajemen konstruksi) dalam Proyek Pembangunan Jalur Ganda KA Mojokerto – Sepanjang.
2. Mengetahui metode pelaksanaan dari salah satu properti Proyek Pembangunan Jalur Ganda KA Mojokerjo – Sepanjang.
3. Mengetahui faktor – faktor dari permasalahan yang terjadi selama proyek berlangsung dan antisipasi dari masalah tersebut.

Mengingat luasnya bidang perencanaan dari Proyek Pembangunan Jalur Ganda KA Mojokerjo – Sepanjang maka ditentukan batasan masalah pada laporan kerja praktik ini sebagai berikut:

1. Hanya meninjau beberapa bagian dari pelaksanaan konstruksi yang berlangsung selama kegiatan kerja praktik.
2. Tidak meninjau aspek waktu dan biaya dari proyek.

### **1.4 Manfaat**

Adanya kegiatan kerja praktik pada proyek Pembangunan Jalur Ganda Jalan KA Lintas Selatan Jawa KM 43+800 s/d KM 49+500 Antara Mojokerto-Sepanjang Lintas Surabaya-Solo, diharapkan terdapat beberapa manfaat di antaranya:

1. Bagi Perguruan Tinggi, laporan kerja praktik yang telah disusun, dapat menjadi bahan /referensi studi terkait proyek konstruksi sejenis.
2. Bagi Perusahaan, Hasil analisis dan pengamatan yang dilakukan selama kerja praktik dapat menjadi bahan masukan bagi perusahaan dalam pengambilan keputusan kedepannya.
3. Bagi Mahasiswa, Menjadi sarana dalam mendalami ilmu di bidang teknik sipil khususnya ilmu praktis. Selain itu, kegiatan Kerja Praktik ini menjadi salah satu syarat kelulusan mahasiswa S1 Teknik Sipil FTSPK-ITS.

## BAB II

### PELAKSANAAN PEKERJAAN DI LAPANGAN

#### 2.1 Pekerjaan Perkuatan Tanah dan Timbunan

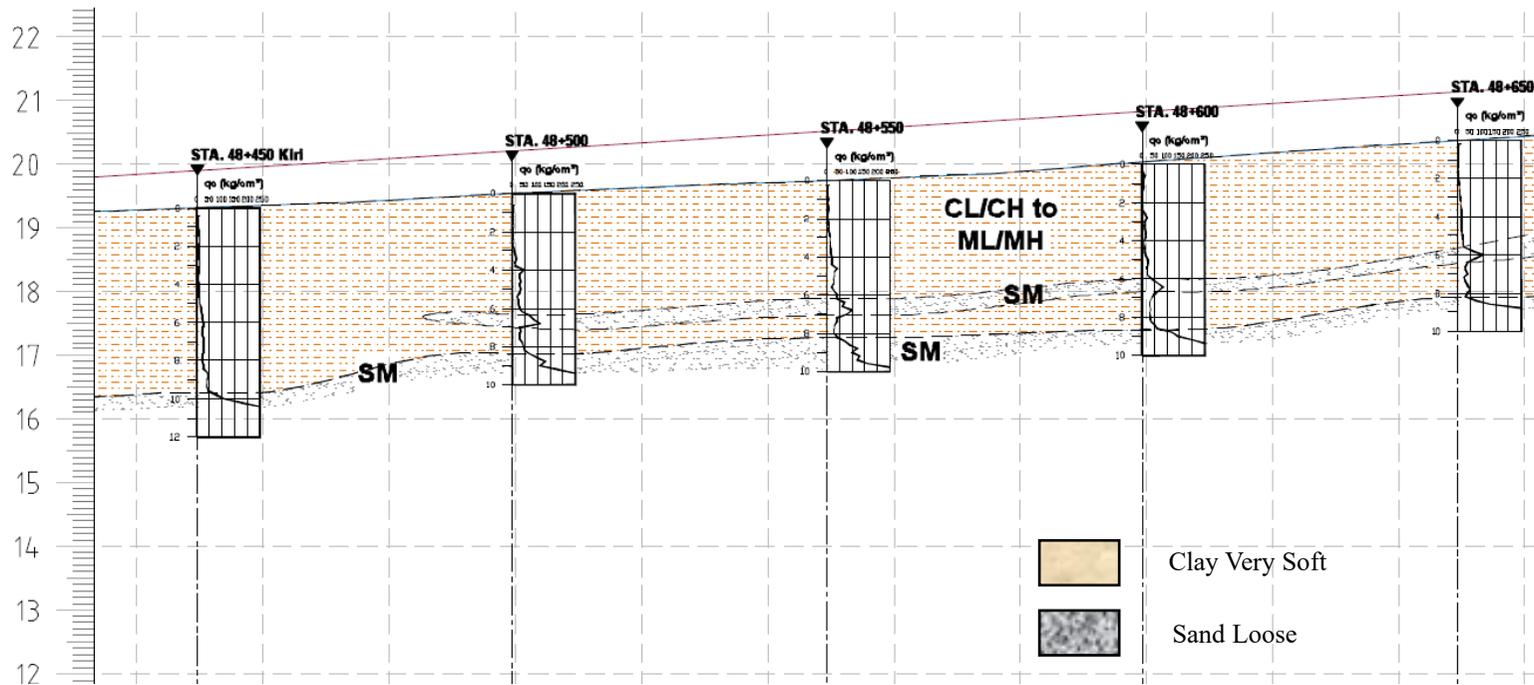
##### a. Perencanaan

Perkuatan tanah dan timbunan diperlukan sebagai upaya peningkatan daya dukung tanah asli dengan cara mempercepat pemampatannya. Hal tersebut diperlukan agar tanah mampu menahan beban tanah timbunan, struktur rel kereta dan kereta itu sendiri. Perencanaan perkuatan tanah ini mengacu pada SNI 8460-2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik.

Dalam proyek pembangunan jalur ganda ini, pekerjaan perkuatan tanah yang masuk dalam lingkup pekerjaan PT. Wijaya Karya mulai KM. 48+000 s.d KM. 49+500. Dimana beberapa metode perkuatan tanah yang direncanakan, meliputi:

1. Pemancangan menggunakan rel bekas;
2. Perkuatan menggunakan tanah berbutir dibungkus geotekstil;
3. Pemilihan timbunan menggunakan tanah pilihan.

Metode perkuatan tanah diatas ditentukan berdasarkan kondisi tanah di lapangan yang telah dilakukan uji sondir di banyak titik sepanjang trase jalur ganda KA. Berikut adalah cuplikan stratigrafi tanah dasar pada KM. 48+450 s.d KM. 48+650 yang disajikan pada **Gambar 2.1**. Pada stratigrafi tersebut terlihat jelas bahwa tanah dasarnya didominasi oleh tanah lempung lunak dengan sedikit pasir lepas. Kedalaman tanah lunak pun bervariasi sepanjang ruas tersebut, dengan rentang 8 – 11 m dari muka tanah.



Gambar 2. 1 Cuplikan Stratigrafi Tanah KM. 48+450 s.d. KM 48+650

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO

Perencanaan perkuatan tanah dibantu dengan software Plaxis untuk analisis stabilitas lereng timbunan di atasnya. Kesimpulan dari perencanaan tersebut adalah diperlukannya perkuatan tanah untuk meningkatkan daya dukung tanahnya. Perencanaan perkuatan tanah memiliki spesifikasi item pekerjaannya disajikan sebagai berikut:

1. Tanah Berbutir dibungkus Geotekstil

Spesifikasi dan persyaratan material berbutir, meliputi:

- Batu kali atau batu gunung berkualitas baik, keras, tidak pores dan tidak boleh berukuran lebih dari 25 cm.
- Berbentuk pecah/bulat, pasir, atau kombinasinya.
- Material berbutir tidak boleh mengandung lumpur dan bahan organic sebagai berikut:
  - Lumpur (ASTM C235) > 5%
  - Bahan organik (ASTM C142) > 5%
- Gradasi material berbutir (ASTM C136), meliputi:
  - Ukuran maksimum 40 mm
  - Material lolos saringan 4,75 mm 25% - 90%
  - Material lolos saringan 0,075 mm 0% - 10%

Adapun untuk spesifikasi material geotekstil disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. 1 Spesifikasi Material Geotekstil

| Karakteristik Material Geotekstile              | Persyaratan                                 |
|---|---|
| Jenis Produk                                    | Continuous Filamen non woven needle punched |
| Material Dasar                                  | 100% polypropylene, UV Stabilized           |
| Massa nominal                                   | > 500 g/m <sup>2</sup>                      |
| Tebal   | > 4,5 mm                                    |
| Berlawanan Arah Mesin (Arah Melintang)          |   |
| Kuat Tarik                                      | > 50 kN/m                                   |
| Elongasi  | > 40%                                       |
| Searah Mesin (Arah Memanjang)                   |   |
| Kuat Tarik                                      | > 30 kN/m                                   |
| Elongasi  | > 40%                                       |
| Kapasitas pengaliran vertikal pada 50 mm tinggi | > 40 mm/s                                   |
| Ketahanan Jebol (Test CBR)                      | > 6000 N                                    |
| Berlawanan Arah Mesin (Arah Melintang)          |   |
| Kuat Sobek Trapezoid                            | > 1000 N                                    |
| Searah Mesin (Arah Memanjang)                   |   |
| Kuat Sobek Trapezoid                            | > 700 N                                     |
| Berlawanan Arah Mesin (Arah Melintang)          |   |
| Kuat Tarik Grab                                 | > 2500 N                                    |
| Elongasi  | > 60%                                       |
| Searah Mesin (Arah Memanjang)                   |   |
| Kuat Tarik Grab                                 | > 1500 N                                    |
| Elongasi  | > 80%                                       |
| Indeks Ketahanan Jebol                          | > 1200 N                                    |

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO

## 2. Timbunan Tanah Pilihan

Spesifikasi dan persyaratan timbunan tanah pilihan, meliputi:

- Material tanah pilihan tidak boleh mengandung bahan-bahan berbahaya, sampah, kotoran dan material asing.
- Material yang diklasifikasikan oleh *United Classification System* sebagai OL, OH, atau Pt tidak boleh digunakan sebagai material pilihan.
- Material pilihan harus memiliki batas cair maksimal 80% dan batas plastis maksimal 50% dengan indeks plastisitas tidak lebih dari 30%.
- Nilai CBR laboratorium material timbunan tidak kurang dari 6% pada contoh tanah terendam yang dipadatkan hingga 95% dari kepadatan kering maksimum.
- Material tanah pilihan untuk timbunan tidak boleh mengandung *montmorillon fe*.
- *Borrow Pit* harus dalam kondisi kering pada saat dilakukan pengambilan material.

Adapun pula potongan melintang dari *layout* area perkuatan tanah dan timbunan pada KM. 48+450 yang disajikan pada Gambar 2.3. Pada gambar di bawah ini disajikan detail pekerjaan perkuatan tanah yang meliputi, pancang rel bekas, tanah berbutir yang dibungkus geotekstil dan timbunan tanah pilihan.



b. Pelaksanaan

1. Pancang Rel

Pekerjaan pemancangan rel sebagai salah satu metode perkuatan tanah meliputi pekerjaan persiapan dan pelaksanaan pemancangan rel. Persiapan pekerjaan ini meliputi:

- Melakukan perizinan kepada pihak terkait;
- Melakukan survey lokasi dan pemberian batas area pekerjaan sebelum melakukan mobilisasi peralatan, termasuk jalan akses menuju area pekerjaan;
- Melakukan pengecekan kelayakan alat berat sesuai standard dan prosedur yang berlaku sebelum dilakukan mobilisasi ke area pekerjaan;
- Melakukan mobilisasi peralatan, material dan tenaga kerja.

Peralatan, material dan tenaga kerja dalam pekerjaan ini meliputi:

- Peralatan

Adapaun peralatan yang dibutuhkan pada pekerjaan pemancangan rel disajikan dalam **Tabel 2.2**.

Tabel 2. 2 Peralatan Pekerjaan Pemancangan Rel

| No | Uraian                 | Vol | Sat  | Ket          |
|----|------------------------|-----|------|--------------|
| 1  | Theodilite             | 1   | Set  | terkalibrasi |
| 2  | Waterpass              | 1   | Set  | Terkalibrasi |
| 4  | Crane                  | 1   | unit | SIA          |
| 5  | Excavator Vibro Hammer | 1   | unit | SIA          |
| 6  | Truck 8 ton            | 1   | unit | STNK         |

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

- Material

Adapaun material yang dibutuhkan pada pekerjaan pemancangan rel disajikan dalam **Tabel 2.3**.

Tabel 2. 3 Material Pekerjaan Pemancangan Rel

| No | Uraian          | Vol   | Sat | Ket                 |
|----|-----------------|-------|-----|---------------------|
| 1  | Solar           |       | Ltr | sesuai kebutuhan    |
| 2  | Oli             |       | Ltr | sesuai kebutuhan    |
| 3  | Grease          |       | Kg  | sesuai kebutuhan    |
| 5  | Rel R.38 & R.42 | 38450 | m'  | Panjang @ 5 meter ✓ |

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

- Tenaga Kerja

Adapun tenaga kerja yang dibutuhkan pada pekerjaan pemancangan rel disajikan dalam Tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2. 4 Tenaga Kerja Pekerjaan Pemancangan Rel

| No | Personil            | Vol | Sat | Ket               |
|----|---------------------|-----|-----|-------------------|
| 1  | Pelaksana           | 1   | org | SKA / SKT         |
| 2  | Petugas K3          | 1   | org | Sertifikasi / SKA |
| 3  | Train Wather        | 3   | org | SKT               |
| 4  | Surveyor            | 1   | org | SKT               |
| 5  | Asisten Surveyor    | 1   | org | SKT               |
| 6  | Helper              | 1   | org | SKT               |
| 7  | Operator Alat Berat | 2   | org | SIO               |
| 8  | Mandor              | 1   | org | SKT               |
| 9  | Pekerja             | 3   | org | SKT               |
| 10 | Sopir               | 1   | org | SIM               |

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO

Adapun untuk metode pelaksanaan pekerjaan pemancangan rel di area pekerjaan, meliputi:

- Menentukan area pekerjaan Bersama dengan konsultan dan *owner*;
- Pengukuran dan pemberian batas pekerjaan;
- Melakukan *marking* pekerjaan dan penentuan koordinat serta elevasinya;
- Melakukan pekerjaan pendatangan material yang dibutuhkan;
- Mobilisasi pekerja dan alat berat ke lokasi pekerjaan;
- Melakukan *safety induction* kepada pekerja dan operator alat berat;
- Melakukan pekerjaan pemancangan rel;
- Melakukan pengukuran elevasi dan penentuan kelurusan material yang dipancang;
- Pekerjaan *finishing*.

Gambaran pekerjaan pemancangan rel disajikan pada **Gambar 2.3** samapai **Gambar 2.5**, dimana meliputi alat berat yang digunakan, pemancangan rel, pengukuran elevasi dan posisi rel yang telah terpancang.



Gambar 2. 3 Proses Pemancangan Rel

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*



Gambar 2. 4 Pengukuran Pancang Rel

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*



Gambar 2. 5 Posisi Rel yang Terpancang

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

## 2. Tanah Berbutir dibungkus Geotekstil

Pekerjaan tanah berbutir dibungkus geotekstil sebagai salah satu metode perkuatan tanah meliputi pekerjaan persiapan dan pelaksanaan tanah berbutir dibungkus geotekstil. Persiapan pekerjaan ini meliputi:

- Melakukan perizinan kepada pihak terkait;
- Melakukan survey lokasi dan pemberian batas area pekerjaan sebelum melakukan mobilisasi peralatan, termasuk jalan akses menuju area pekerjaan;
- Melakukan pengecekan kelayakan alat berat sesuai standard dan prosedur yang berlaku sebelum dilakukan mobilisasi ke area pekerjaan;
- Melakukan mobilisasi peralatan, material dan tenaga kerja.

Peralatan, material dan tenaga kerja yang dibutuhkan dalam pekerjaan ini meliputi:

- Peralatan

Adapun peralatan yang dibutuhkan pada pekerjaan tanah berbutir dibungkus geotekstil disajikan dalam **Tabel 2.5**.

Tabel 2. 5 Peralatan Pekerjaan Tanah Berbutir dibungkus Geotekstil

| No | Uraian     | Vol | Sat  | Ket          |
|----|------------|-----|------|--------------|
| 1  | Theodilite | 1   | Set  | Terkalibrasi |
| 2  | Waterpass  | 1   | Set  | Terkalibrasi |
| 3  | Bulldozer  | 1   | unit | SIO          |
| 4  | Excavator  | 2   | unit | SIO          |
| 5  | Dump Truck | 2   | unit | STNK         |

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

- Material

Adapun material yang dibutuhkan pada pekerjaan tanah berbutir dibungkus geotekstil dibutuhkan disajikan dalam **Tabel 2.6**.

Tabel 2. 6 Material Pekerjaan Tanah Berbutir dibungkus Geotekstil

| No | Uraian                     | Vol      | Sat | Ket              |
|----|----------------------------|----------|-----|------------------|
| 1  | Solar                      |          |     | sesuai kebutuhan |
| 2  | Oli                        |          |     | sesuai kebutuhan |
| 3  | Grease                     |          |     | sesuai kebutuhan |
| 4  | Timbunan Material Berbutir | 23031.03 | m3  |                  |

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

- Tenaga Kerja

Adapun tenaga kerja yang dibutuhkan pada pekerjaan tanah berbutir dibungkus geotekstil disajikan dalam **Tabel 2.7**.

Tabel 2. 7 Tenaga Kerja Pekerjaan Tanah Berbutir dibungkus Geotekstil

| No | Personil            | Vol | Sat | Ket               |
|----|---------------------|-----|-----|-------------------|
| 1  | Pelaksana           | 1   | org | SKA / SKT         |
| 2  | Petugas K3          | 1   | org | Sertifikasi / SKA |
| 3  | Train Watcher       | 4   | org | Sertifikasi / SKA |
| 4  | Surveyor            | 1   | org | SKT               |
| 5  | Asisten Surveyor    | 1   | org | SKT               |
| 6  | Helper              | 1   | org | SKT               |
| 7  | Operator Alat Berat | 2   | org | SIO               |
| 8  | Sopir DT            | 2   | org | SIM               |
| 9  | Pekerja             | 4   | org | SKT               |

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO

Adapun untuk metode pelaksanaan pekerjaan tanah berbutir dibungkus geotekstil di area pekerjaan, meliputi:

- Menghamparkan geotekstil selebar galian yang telah digali sebelumnya, pemasangannya dilakukan secara melintang arah *track*;
- Melakukan penghamparan material timbunan perlayer (20 cm) dengan menggunakan bantuan alat berat berupa *bulldozer*;
- Kemudian dilakukan pemadatan dengan menggunakan alat berat *vibro roller*;
- Setelah mencapai ketebalan rencana perkuatan tiap lapisnya (60 cm), dilakukan penutupan lapis timbunan menggunakan geotekstil yang sebelumnya telah dihamparkan dan dilebihkan dari tepi timbunan;
- Melakukan penjahitan geotekstil menggunakan alat jahit dan benang yang sesuai dengan prosedur material dari geotekstil;
- Metode pelaksanaan diatas dilakukan berulang sampai mencapai *top elevation design* yang ditentukan.

Adapun gambaran dari metode pelaksanaan pekerjaan tanah berbutir dibungkus geotekstil dapat diilustrasikan seperti pada **Gambar 2.6**, dan kondisi pelaksanaan di lapangan pada **Gambar 2.7** di bawah ini.



Gambar 2. 6 Ilustrasi Metode Pelaksanaan Pekerjaan Tanah Borepile dibungkus Geotekstil

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*



Gambar 2. 7 Pelaksanaan Pekerjaan Pekerjaan Tanah Berbutir dibungkus Geotekstil di Lapangan

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

### 3. Timbunan Tanah Pilihan

Pekerjaan timbunan tanah pilihan sebagai salah satu metode perkuatan tanah meliputi pekerjaan persiapan dan pelaksanaan timbunan tanah pilihan. Persiapan pekerjaan ini meliputi:

- Melakukan perizinan kepada pihak terkait;
- Melakukan survey lokasi dan pemberian batas area pekerjaan sebelum melakukan mobilisasi peralatan, termasuk jalan akses menuju area pekerjaan;

- Melakukan pengecekan kelayakan alat berat sesuai standard dan prosedur yang berlaku sebelum dilakukan mobilisasi ke area pekerjaan;
- Melakukan mobilisasi peralatan, material dan tenaga kerja.

Peralatan, material dan tenaga kerja yang dibutuhkan dalam pekerjaan ini meliputi:

- Peralatan

Adapun peralatan yang dibutuhkan pada pekerjaan timbunan tanah pilihan disajikan dalam **Tabel 2.8**.

Tabel 2. 8 Peralatan Pekerjaan Timbunan Tanah Pilihan

| No | Uraian     | Vol | Sat  | Ket          |
|----|------------|-----|------|--------------|
| 1  | Theodilite | 1   | Set  | Terkalibrasi |
| 2  | Waterpass  | 1   | Set  | Terkalibrasi |
| 3  | Bulldozer  | 1   | unit | SIO          |
| 4  | Excavator  | 2   | unit | SIO          |
| 5  | Dump Truck | 2   | unit | STNK         |

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

- Material

Adapun material yang dibutuhkan pada timbunan tanah pilihan dibutuhkan disajikan dalam **Tabel 2.9**.

Tabel 2. 9 Material Pekerjaan Timbunan Tanah Pilihan

| No | Uraian                    | Vol    | Sat | Ket              |
|----|---------------------------|--------|-----|------------------|
| 1  | Solar                     |        |     | sesuai kebutuhan |
| 2  | Oli                       |        |     | sesuai kebutuhan |
| 3  | Grease                    |        |     | sesuai kebutuhan |
| 4  | Timbunan Material Pilihan | 65,361 | m3  |                  |

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

- Tenaga Kerja

Adapun tenaga kerja yang dibutuhkan pada pekerjaan timbunan tanah pilihan disajikan dalam **Tabel 2.10**.

Tabel 2. 10 Tenaga Kerja Pekerjaan Timbunan Tanah Pilihan

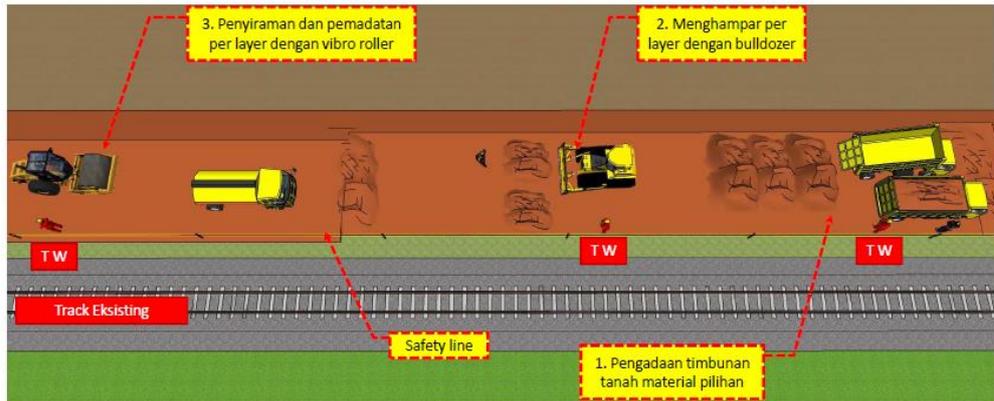
| No | Personil            | Vol | Sat | Ket               |
|----|---------------------|-----|-----|-------------------|
| 1  | Pelaksana           | 1   | org | SKA / SKT         |
| 2  | Petugas K3          | 1   | org | Sertifikasi / SKA |
| 3  | Train Watcher       | 4   | org | Sertifikasi / SKA |
| 4  | Surveyor            | 1   | org | SKT               |
| 5  | Asisten Surveyor    | 1   | org | SKT               |
| 6  | Helper              | 1   | org | SKT               |
| 7  | Operator Alat Berat | 4   | org | SIO               |
| 8  | Sopir DT            | 2   | org | SIM               |
| 9  | Pekerja             | 4   | org | SKT               |

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO

Adapun untuk metode pelaksanaan pekerjaan timbunan tanah pilihan di area pekerjaan, meliputi:

- Melakukan *trial embankment* lapangan untuk mendapatkan jumlah lintasan di lapangan sebelum pekerjaan timbunan dilakukan;
- *Dump truck* pembawa material timbunan tanah pilihan masuk ke area pekerjaan dan menuangkan material pada area yang akan dikerjakan;
- Melakukan penghamparan material timbunan dengan menggunakan bantuan *bulldozer*;
- Penghamparan dilakukan perlayer pemadatan timbunan, yaitu 20 cm;
- Melakukan penyiraman dengan menggunakan *water tanker truck* hingga mendapatkan kadar air optimal lapangan;
- Melakukan pemadatan menggunakan *vibro roller* sesuai dengan jumlah lintasan yang sudah disetujui sebelumnya;
- Melakukan pengulangan metode pelaksanaan di atas sampai mencapai ketinggian elevasi timbunan yang direncanakan;
- Melakukan pengujian CBR dan *plate bearing* sesuai dengan spesifikasi teknis.

Adapun gambaran dari metode pelaksanaan pekerjaan timbunan tanah pilihan dapat diilustrasikan seperti pada **Gambar 2.8**, dan kondisi pelaksanaan di lapangan pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2. 8 Ilustrasi Metode Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Tanah Pilihan

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO



Gambar 2. 9 Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Tanah Pilihan di Lapangan

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO

c. Pemeriksaan

1. Pancang Rel

Pemeriksaan pekerjaan pancang rel yang dilakukan adalah pemeriksaan terhadap elevasi pemancangan rel yang telah dilakukan. Elevasi rel di atas muka tanah harus sesuai dengan yang direncanakan.

2. Tanah Berbutir dibungkus Geotekstil

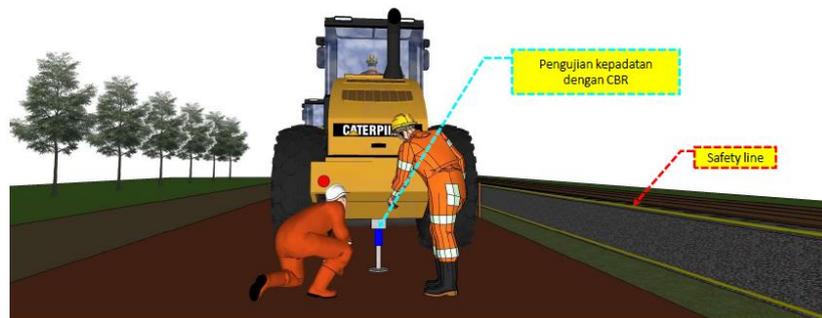
Pemeriksaan pekerjaan pemasangan geotekstil separator adalah pemeriksaan terhadap kerusakan material/sobek yang terjadi akibat proses pengangkutan, persiapan dan pemasangan.

### 3. Timbunan Tanah Pilihan

Pengujian/pemeriksaan dilakukan setelah pelaksanaan pekerjaan timbunan tanah pilihan selesai dilakukan sebagai bentuk evaluasi terhadap pekerjaan tersebut. Adapun pengujian/pemeriksaan yang dilakukan meliputi:

- Pengujian Kepadatan CBR

Pengujian kepadatan CBR dilakukan setelah penghamparan dan pemadatan lapis pertama dengan tebal 30 cm selesai dilakukan. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan panjang lintasan pemadatan. Adapun ilustrasi pengujian CBR seperti pada **Gambar 2.10**.

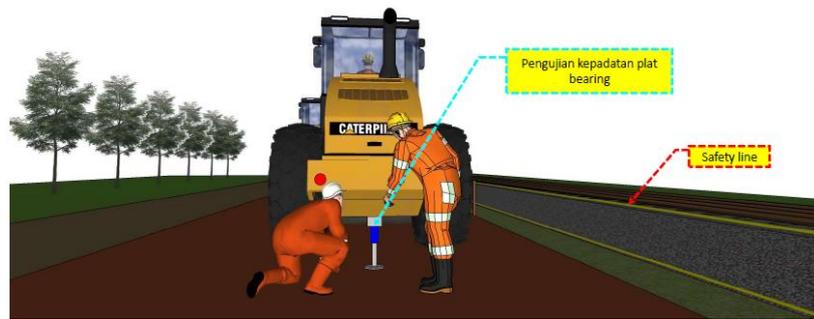


Gambar 2. 10 Ilustrasi Pengujian CBR

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

- Pengujian Kepadatan *Plate Bearing*

Pengujian kepadatan *plate bearing* dilakukan setiap 500 m<sup>2</sup> lapisan timbunan tanah yang telah dipadatkan. Pengujian hasil pemadatan lapisan terakhir dengan ketebalan 30 cm dilakukan sesuai dengan nilai minimum yang harus dipenuhi sebesar 11 kg/m<sup>3</sup>. Adapun ilustrasi pengujian *plate bearing* seperti pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2. 11 Ilustrasi Pengujian *Plate Bearing*

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

d. Tindakan

Untuk pengujian *California Bearing Ration* (CBR), jika hasil pengujian belum memenuhi persyaratan, maka dapat dilakukan langkah-langkah berikut:

1. Melakukan pemeriksaan kesesuaian kondisi pengujian dengan spesifikasi atau standar yang digunakan, seperti kadar air pada tanah, kepadatan, ataupun metode pengujian yang digunakan.
2. Jika kondisi pengujian sudah sesuai, maka perlu dilakukan pengujian ulang dengan menggunakan teknik yang berbeda.
3. Jika hasil pengujian masih belum memenuhi persyaratan yang digunakan, maka perlu dilakukan evaluasi ulang terhadap spesifikasi konstruksi yang telah ditetapkan dan mempertimbangkan opsi lain sebagai alternatif penyelesaian. Contohnya, seperti penambahan lapisan pelindung atau melakukan perencanaan desain khusus untuk memperbaiki tanah *subgrade* yang belum memenuhi persyaratan tersebut.

Untuk pengujian *Plate Bearing*, jika hasil pengujian belum memenuhi persyaratan yang ditetapkan, maka dapat dilakukan beberapa Tindakan untuk mengatasi masalah tersebut. Beberapa Tindakan yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Evaluasi ulang  
Jika hasil pengujian tidak memenuhi persyaratan, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap kondisi tanah pada lokasi pengujian,

serta faktor-faktor yang memengaruhi kapasitas dukung tanah, seperti kadar air pada tanah, kedalaman tanah, kondisi geologi, dan lain-lain.

2. Pengujian ulang

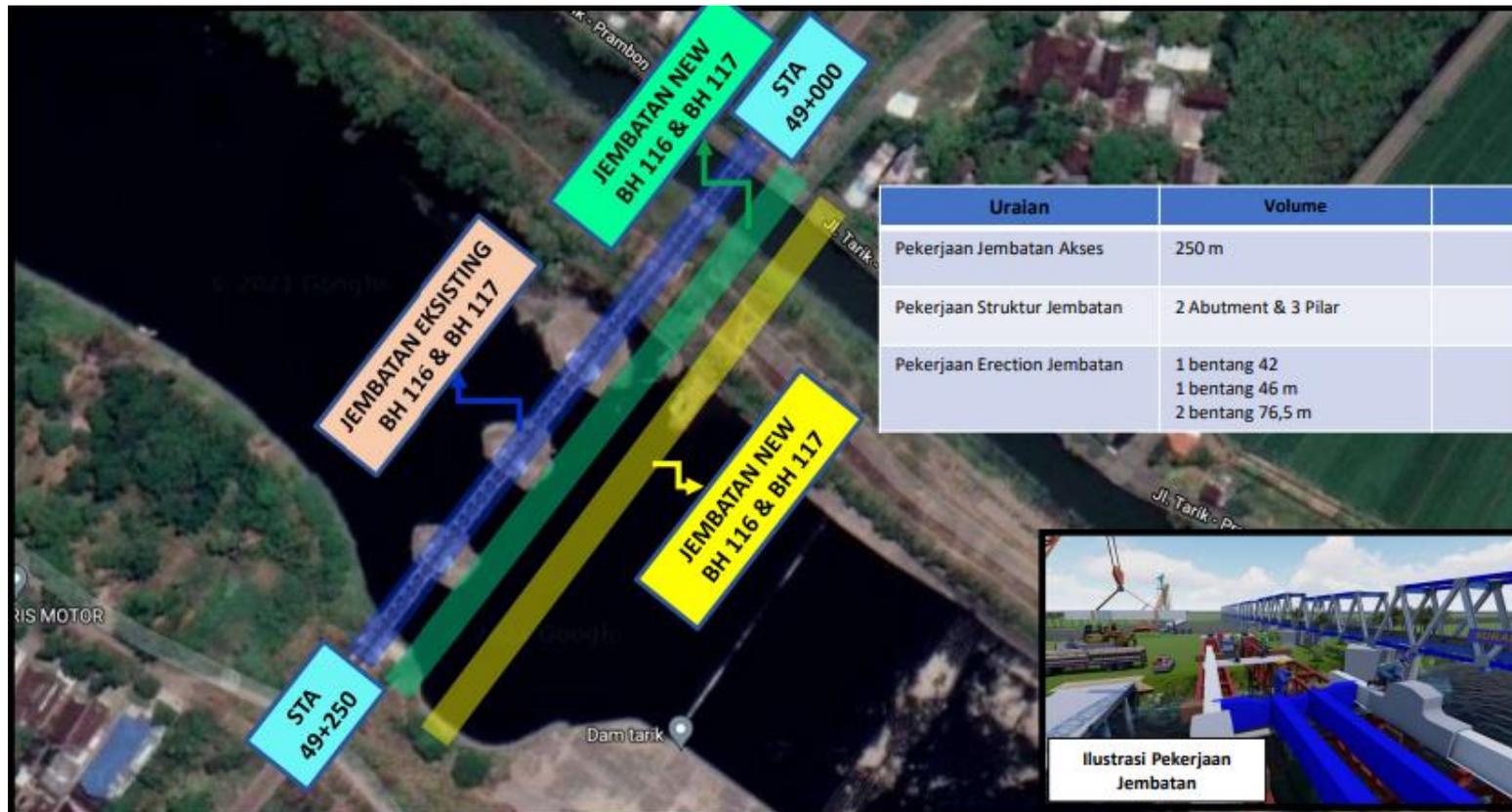
Apabila hasil yang didapat masih belum memenuhi persyaratan maka perlu dilakukan pengujian ulang dengan metode yang lebih tepat dan sesuai dengan kondisi tanah yang ada pada lokasi pengujian.

3. Perbaikan struktur tanah

Jika hasil pengujian menunjukkan bahwa tanah memiliki kepadatan yang belum memenuhi persyaratan atau memiliki kepadatan yang rendah, maka dapat dilakukan perbaikan struktur tanah lagi. Contohnya, dengan pemasangan geotekstil, *grouting*, atau pemadatan tanah.

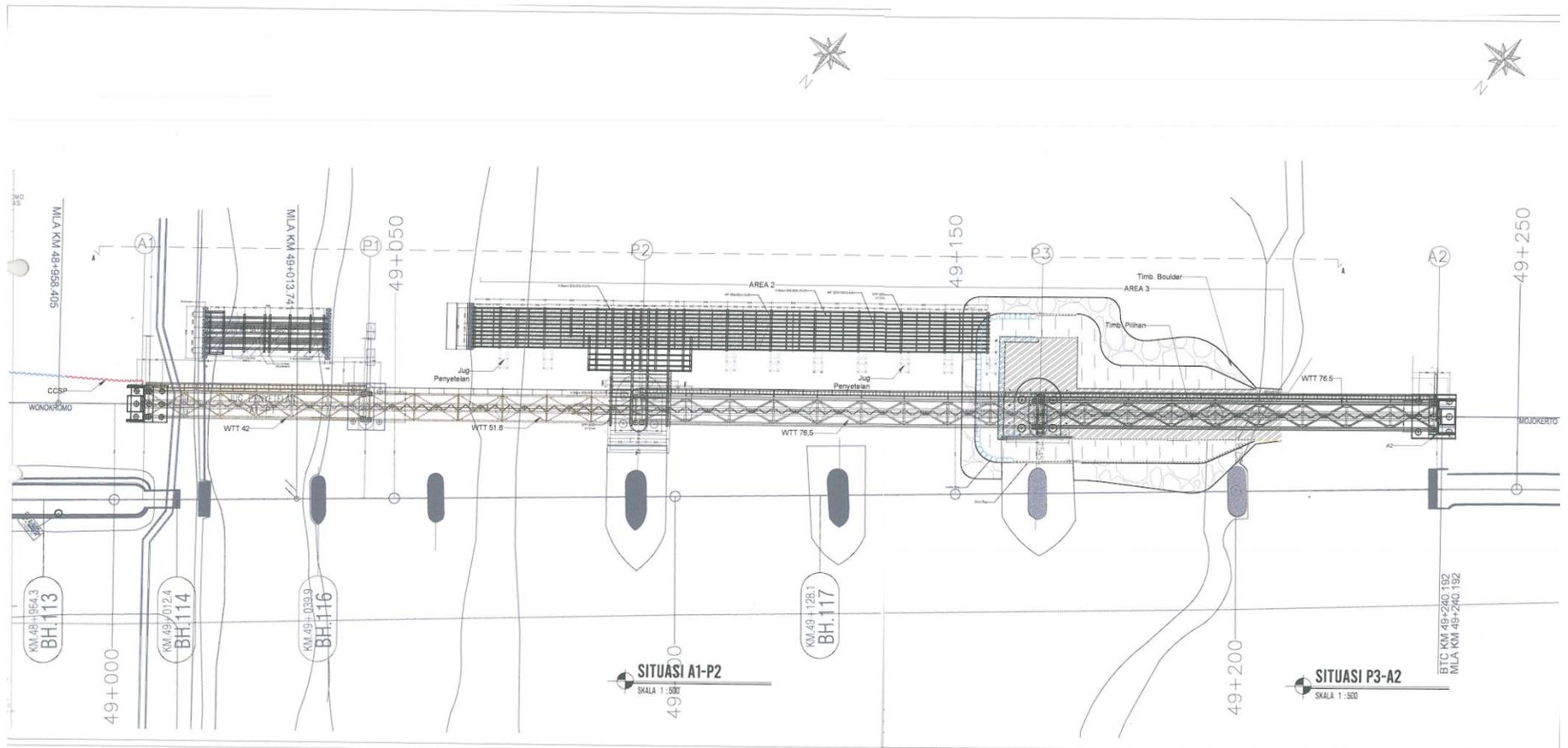
## 2.2 Pekerjaan Jembatan Kereta Api

Dalam perencanaan metode konstruksinya, pekerjaan *erection* jembatan ini akan dilakukan menggunakan jembatan akses sebagai akses alat berat, pekerja, dan material di sepanjang sungai. Selain itu, digunakan pula juga penyetelan sebagai penyangga rangka jembatan yang sedang dilakukan *erection* sebelum nantinya dilakukan penggeseran ke titik yang telah ditentukan. Jembatan ini juga direncanakan akan dibangun secara bertahap mulai dari bentang pertama sampai keempat (dari arah Mojokerto – Sepanjang). Detail ilustrasi dan foto jembatan akses disajikan pada **Gambar 2.12** sampai **Gambar 2.14**.



Gambar 2. 12 Rencana Siteplan Jembatan Akses

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO



Gambar 2. 13 Rencana Jembatan Akses dan Jug Penyetyelan

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO



Gambar 2. 14 Foto Jembatan Akses dan Jug Penyetelan di Lapangan

## 2.2.1 Pekerjaan Struktur Bawah

### 2.2.1.1 Pekerjaan *Footing*

#### a. Perencanaan

Secara umum metode pekerjaan pekerjaan *footing* pilar jembatan kereta api dibagi menjadi 2, yakni untuk *footing* pilar pada area tanah dan pada area sungai yang memiliki ketinggian air tertentu. Selama berlangsungnya kerja praktik, pekerjaan yang sedang berlangsung adalah pekerjaan untuk pilar 3, yang berlokasi di tengah sungai, alat berat yang digunakan pada pekerjaan ini beroperasi melalui jembatan akses. Oleh karena itu, untuk perencanaan metode pelaksanaan pekerjaan *footing* pilar 3 adalah sebagai berikut:

- Pemasangan pengaman menggunakan *Steel Sheet Pile (SSP)* di sekitar area pekerjaan *footing* pilar 3. Titik pemancangan SSP telah ditentukan oleh surveyor dan pemasangan SSP dilakukan menggunakan *vibro excavator*. SSP dipancang sampai ujung atasnya lebih tinggi 1 m dari muka air banjir, atau sekitar 6 – 7 m dari dasar sungai.

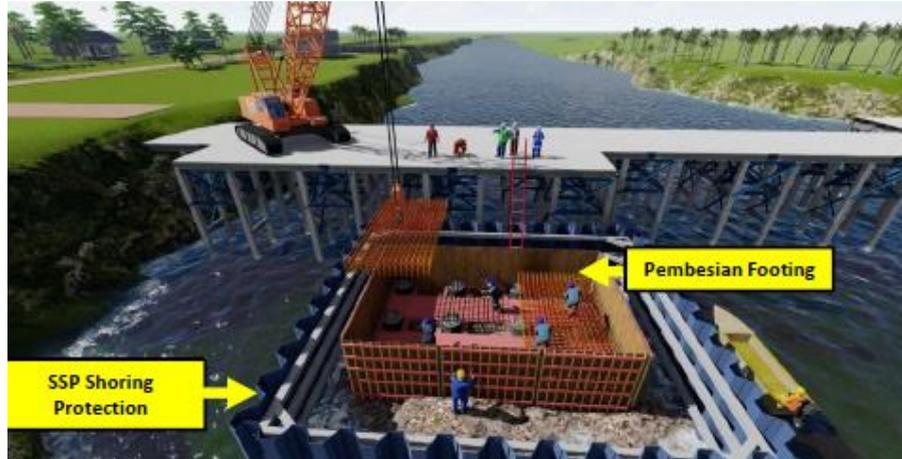
- Setelah SSP terpancang mengelilingi area pekerjaan *footing* pilar 3, maka dilakukan proses *dewatering* air yang berada di dalam area tersebut. Pekerjaan *dewatering* dilakukan dengan menggunakan pompa submersible yang disupport oleh genset, kemudian dipastikan kondisi permukaan area kerja telah kering.
- Kemudian dilakukan proses pembobokan kepala borepile oleh para pekerja lapangan, pembobokan dilakukan secara manual menggunakan palu dan secara semi otomatis menggunakan *jack hammer*.
- Pekerjaan selanjutnya adalah pekerjaan *footing* itu sendiri, dimana diawali dengan pengecoran lantai kerja, pemasangan pembesian *footing*, bekisting *footing*, dan pengecoran *footing*.

Pelaksanaan pekerjaan tersebut dapat diilustrasikan pada **Gambar 2.15** dan **Gambar 2.16** di bawah ini:



Gambar 2. 15 Ilustrasi Pekerjaan *Dewatering* Pilar 3

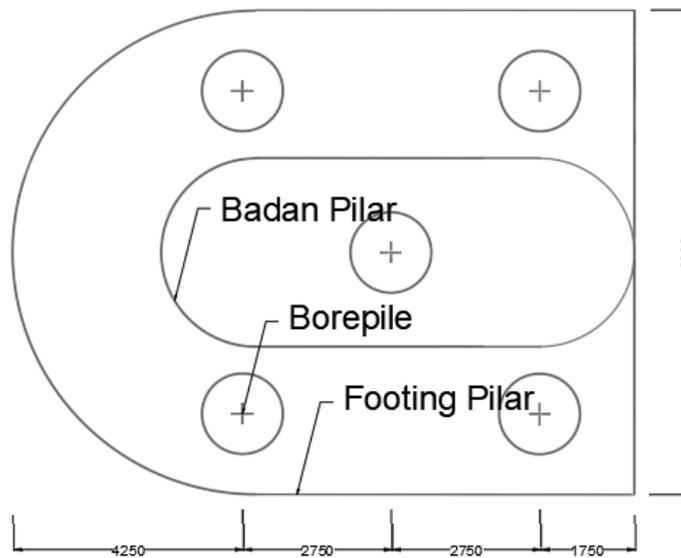
Sumber: PT. WIKA – NTL KSO



Gambar 2. 16 Ilustrasi Pekerjaan *Footing* Pilar 3

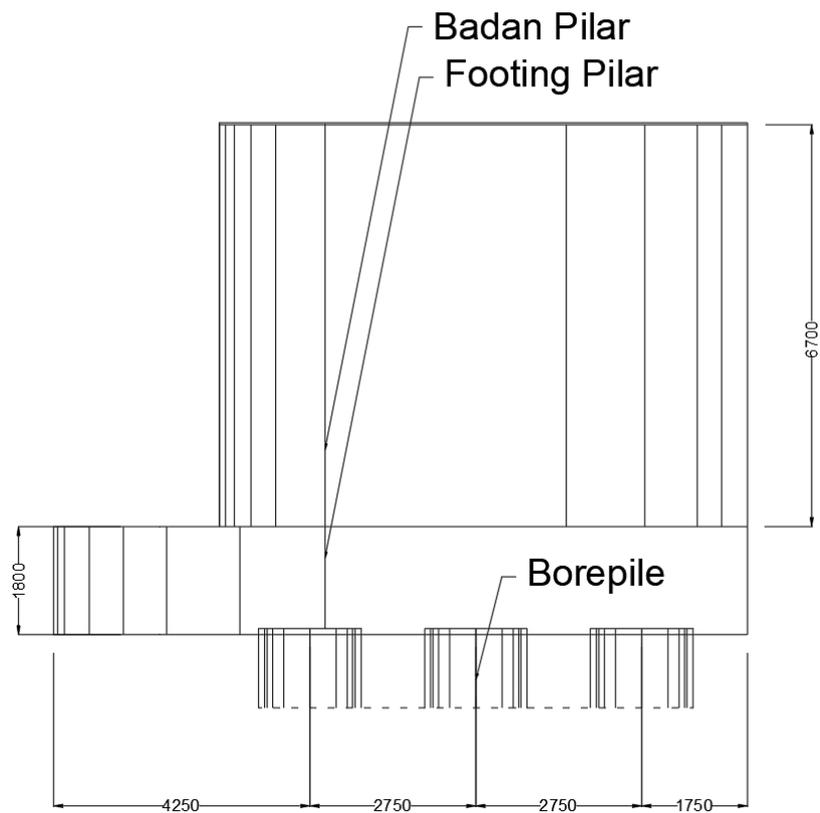
*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

Dalam pekerjaan *footing* pilar ini direncanakan menggunakan material beton K-300 dan besi fy 420 MPa dengan detail gambar teknik pada **Gambar 2.17** dan **Gambar 2.18** sebagai berikut:



Gambar 2. 17 Tampak Atas Pilar 3

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*



Gambar 2. 18 Tampak Samping Pilar 3

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO

#### b. Pelaksanaan

Pelaksanaan pekerjaan *footing* pilar 3 dilakukan dengan metode tertentu, dimana metode tersebut meliputi, pemasangan SSP sebagai area kerja, *dewatering*, pembobokan *borepile*, pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran serta pelepasan bekisting dan *curing*. Untuk detail setiap pekerjaan tersebut disajikan di bawah ini:

##### 1. Pemasangan Perkuatan SSP

Pemasangan Steel Sheet Pile bertujuan untuk membentuk *coverdam* yang berfungsi sebagai pencegah masuknya aliran air ke area lantai kerja. Pemasangan SSP dilakukan menggunakan *vibro excavator* melalui jembatan akses, dengan dokumentasi pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. 19 Pelaksanaan Pemasangan SSP

## 2. Pekerjaan Dewatering

Pelaksanaan pekerjaan *dewatering* dilakukan menggunakan 3 buah pompa yang ditenagai oleh *genset*. Setelah dipastikan kondisi permukaan kering, pekerjaan dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Dokumentasi di lapangan untuk pekerjaan *dewatering* disajikan pada **Gambar 2.20**.



Gambar 2. 20 Proses *Dewatering* Pilar 3

### 3. Pembobokan Borpile (*Pile Head Treatment*)

Pembobokan Borpile dilakukan agar tulangan borpile dapat disambungkan dengan tulangan *footing* pilar. Proses pembobokan dilakukan oleh 5 orang pekerja dan 1 orang pengawas. Pekerjaan pembobokan ini dilakukan menggunakan peralatan palu dan mesin bobok. Dokumentasi di lapangan untuk pekerjaan pembobokan disajikan pada **Gambar 2.21**.



Gambar 2. 21 Proses Pembobokan Borepile Pilar 3

### 4. Pembesian *Footing* Pilar

Setelah tahap pembobokan selesai, pekerjaan penulangan *Footing* pilar dapat dilakukan dengan ukuran dan dimensi sesuai dengan gambar kerja yang telah disiapkan. Setelah semua pembesian terpasang, akan dilakukan *checklist* oleh pengawas. Apabila sudah mendapat persetujuan dari pengawas, maka dapat

dilakukan pekerjaan selanjutnya. Dokumentasi di lapangan untuk pekerjaan pembesian disajikan pada **Gambar 2.22**.



Gambar 2. 22 Pekerjaan Penulangan *Footing* Pilar 3

#### 5. Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Footing* Pilar

Pemasangan bekisting (*formwork*) bertujuan untuk menahan dan membentuk beton selama proses pengecoran. Bekisting yang telah dipasang selanjutnya akan dilapisi minyak bekisting (Sika Separol) dengan tujuan agar beton tidak menempel pada bekisting. Dokumentasi di lapangan untuk pekerjaan pemasangan bekisting disajikan pada **Gambar 2.23**.



Gambar 2. 23 Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Footing* Pilar 3

#### 6. Pekerjaan Pengecoran *Footing* Pilar

Setelah bekisting dan penulangan selesai di cek, pekerjaan pengecoran dapat dimulai. Sebelum dituang, dilakukan tes *slump* pada beton terlebih dahulu. Bila beton telah memenuhi syarat, maka pengecoran dapat dilakukan.

Beton dituang dari *mixer* ke dalam *Concrete Pump* untuk disalurkan pada titik cor yaitu ke dalam bekisting Pilar 3. Selama pengecoran, pelaksana tetap mengawasi pekerjaan dan pekerja melakukan perataan beton menggunakan *vibrator*. Volume beton yang dibutuhkan pada Pilar 3 adalah sebanyak  $\pm 150 \text{ m}^3$ . Setelah semua beton telah dituang, dapat dilakukan perataan permukaan beton. Dokumentasi di lapangan untuk pekerjaan pengecoran disajikan pada **Gambar 2.24**.



Gambar 2. 24 Proses Pengecoran *Footing* Pilar 3

#### 7. Pelepasan Bekisting *Footing* Pilar dan *Curing* Beton

Setelah beton melewati masa *setting time*, maka bekisting dapat dilepas. Pada tahap ini juga dilakukan *curing*, dengan tujuan untuk memastikan proses hidrasi dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai dan menjaga agar beton tidak mengalami susut yang berlebihan akibat kehilangan kelembapan yang membuat keretakan.

c. Pemeriksaan

Pemeriksaan/pengujian yang dilakukan pada pekerjaan ini adalah sebagai berikut:

1. Uji Slump

Dalam pekerjaan ini, uji slump dilakukan ketika truk *mixer* telah sampai di area pekerjaan. Uji slump dilakukan untuk mengetahui tingkat *workability* beton yang digunakan apakah sudah sesuai dengan perencanaan pekerjaan. Dimana pada pekerjaan ini direncanakan nilai slump sebesar 8 - 12 cm. Pelaksanaan pengujian slump berdasarkan SNI 1972 008 sendiri disajikan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. 25 Uji Slump di Lapangan

Dari pengujian ini, didapatkan nilai slump sebesar 12 cm, hal ini telah sesuai dengan nilai slump yang direncanakan untuk pekerjaan struktur bawah jembatan.

d. Tindakan

Untuk pengujian *slump* pada campuran beton, bila tidak didapatkan hasil yang belum memenuhi dapat dilakukan hal sebagai berikut :

1. Ulangi pengujian. Jika pengujian *slump* beton tidak memenuhi syarat, maka dapat dilakukan pengujian ulang untuk dilakukan evaluasi kembali terhadap konsistensi beton.
2. Tambahkan air atau zat aditif. Jika nilai *slump* yang didapatkan terlalu kecil yang berarti campuran beton terlalu kaku, maka dapat dilakukan penambahan air ataupun zat aditif tertentu (seperti *superplasticizer*) ke dalam campuran beton untuk mencapai konsistensi yang diharapkan. Akan tetapi, penambahan air atau zat aditif harus ditinjau terlebih dahulu agar kualitas beton yang diharapkan tidak terganggu.
3. Jika nilai *slump* yang dihasilkan terlalu besar atau berarti campuran beton yang dihasilkan terlalu *encer* atau lembek, maka dapat dicoba menambahkan zat aditif (seperti *retarder*) atau bahan pengikat (seperti *semen*, *fly ash*). Namun, penambahan zat dan bahan tersebut harus ditinjau terlebih dahulu agar kualitas beton yang diharapkan tidak terganggu.

### **2.2.1.2 Pekerjaan Badan *Pier***

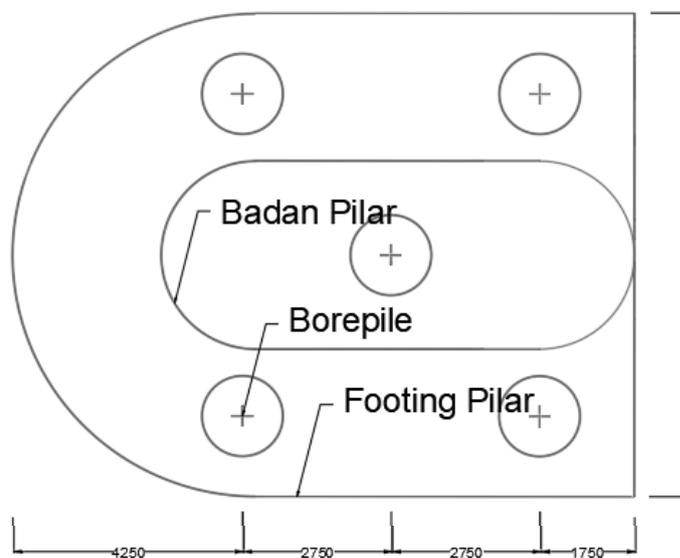
a. Perencanaan

Metode pelaksanaan pekerjaan badan pilar/ kurang lebih sama dengan metode pekerjaan *footing* pilar, karena memang pekerjaan badan pilar dilakukan setelah pekerjaan *footing* pilar selesai. Metode pelaksanaan pekerjaan tersebut meliputi pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran dan *curing*. Dalam pelaksanaannya, pekerjaan ini dibagi menjadi 3 tahapan, dengan setiap tahapan dilakukan dengan ketinggian badan pilar kurang lebih 2 m. Untuk lebih jelasnya, detail pekerjaan badan pilar dapat dilihat pada ilustrasi gambar di bawah ini:



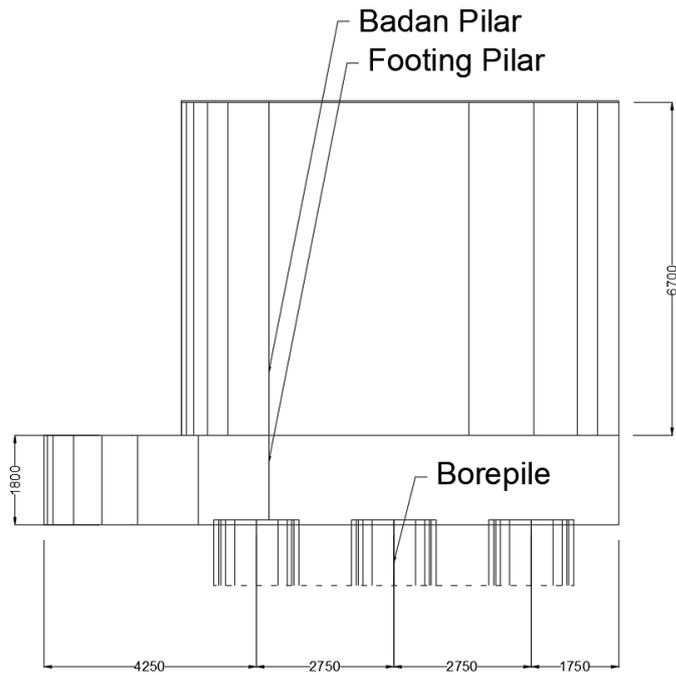
Gambar 2. 26 Ilustrasi Pekerjaan Badan Pilar 3

Dalam pekerjaan *footing* pilar ini direncanakan menggunakan material beton K-300 dan besi fy 420 MPa dengan detail gambar teknis yang disajikan pada **Gambar 2.27** dan **Gambar 2.28**.



Gambar 2. 27 Tampak Atas Pilar 3

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*



Gambar 2. 28 Tampak Samping Pilar 3

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO

#### b. Pelaksanaan

Setelah *footing* pilar sudah dalam keadaan kering, pekerjaan dilanjutkan untuk melakukan pengecoran badan *pier*. Sama halnya dengan pengecoran pada *footing*, pengecoran badan *pier* juga dilakukan mulai dari pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran dan *curing*. Adapun untuk lebih detailnya dijelaskan di bawah ini:

##### 1. Pekerjaan Pembesian Badan Pilar

Setelah beton *footing* pilar telah melewati masa *setting time* dengan adanya pemeriksaan oleh pihak pengawas pekerjaan maka pekerjaan dapat dilanjutkan ke pekerjaan selanjutnya, yaitu pembesian badan pilar.

Pembesian badan pilar dilakukan secara bertahap dengan membagi pilar ke dalam 3 segmen, yaitu segmen bawah, tengah, dan atas. Penulangan dilaksanakan urut dari segmen bawah hingga atas dan sesuai rencana dimensi yang telah ditetapkan serta dilaksanakan dengan persetujuan pengawas. Tiap segmen dapat dikerjakan apabila segmen sebelumnya telah selesai pekerjaan pengecoran.

## 2. Pekerjaan Pemasangan Bekisting Badan Pilar

Setelah pengawas melakukan *checklist* pembesian, maka selanjutnya dapat dilaksanakan pemasangan bekisting (*formwork*) badan pilar. Sama halnya dengan pemasangan bekisting *footing* pilar, bekisting badan pilar juga diberi minyak bekisting (Sika Separol) yang bertujuan agar beton tidak menempel pada bekisting sehingga memudahkan proses pelepasan bekisting.

Pekerjaan pemasangan bekisting juga dibagi ke dalam 3 segmen, yaitu segmen bawah, tengah, dan atas. Tiap segmen dapat dikerjakan apabila segmen sebelumnya telah selesai pekerjaan pengecoran. Dokumentasi di lapangan untuk pekerjaan pemasangan bekisting pilar disajikan pada **Gambar 2.29**.



Gambar 2. 29 Proses Pemasangan Bekisting dan Pembesian Badan Pilar 3

## 3. Pekerjaan Pengecoran Badan Pilar

Tahap pengecoran badan pilar dilakukan menggunakan *concrete pump* dengan mutu beton K-300 sesuai gambar kerja dan spesifikasi teknik. Sebelum proses penuangan beton, dilakukan tes *slump* pada campuran beton. Apabila beton telah memenuhi syarat, maka proses penuangan dapat dilakukan. Beton yang telah dituang ke dalam bekisting, selanjutnya akan

dipadatkan menggunakan *vibrator*. Proses pemadatan menggunakan *vibrator* sebaiknya tidak dilakukan terlalu lama pada satu titik, untuk mencegah terjadinya *bleeding* akibat air pada beton terpisah dari agregatnya karena terkena getaran yang terlalu lama. Dokumentasi di lapangan untuk pekerjaan pengecoran pilar disajikan pada **Gambar 2.30**.



Gambar 2. 30 Proses Pengecoran Badan Pilar 3

#### 4. Pelepasan Bekisting Badan Pilar dan *Curing* Beton

Setelah beton melewati masa *setting time*, bekisting dapat dilepas. Lubang akibat perkuatan bekisting yang terbentuk pada permukaan badan pilar dapat ditutup menggunakan campuran semen putih dan lem beton (Sika bond). Proses *curing* juga dilakukan selama proses *finishing* ini, untuk mencegah terjadinya keretakan.

Pekerjaan segmen selanjutnya dapat dilakukan apabila sudah mendapat persetujuan oleh pengawas.

#### c. Pemeriksaan

Pemeriksaan/pengujian yang dilakukan pada pekerjaan ini adalah sebagai berikut:

## 1. Uji Slump

Dalam pekerjaan ini, uji slump dilakukan ketika truk *mixer* telah sampai di area pekerjaan. Uji slump dilakukan untuk mengetahui tingkat *workability* beton yang digunakan apakah sudah sesuai dengan perencanaan pekerjaan. Dimana pada pekerjaan ini direncanakan nilai slump sebesar 8 - 12 cm. Pelaksanaan pengujian slump berdasarkan SNI 1972 008 sendiri disajikan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. 31 Uji Slump di Lapangan

Dari pengujian ini, didapatkan nilai slump sebesar 12 cm, hal ini telah sesuai dengan nilai slump yang direncanakan untuk pekerjaan struktur bawah jembatan.

## d. Tindakan

Untuk pengujian *slump* pada campuran beton, bila tidak didapatkan hasil yang belum memenuhi, maka:

1. Ulangi pengujian. Jika pengujian *slump* beton tidak memenuhi syarat, maka dapat dilakukan pengujian ulang untuk dilakukan evaluasi kembali terhadap konsistensi beton.
2. Tambahkan air atau zat aditif. Jika nilai *slump* yang didapatkan terlalu kecil yang berarti campuran beton terlalu kaku, maka dapat dilakukan penambahan air ataupun zat aditif tertentu (seperti *superplasticizer*) ke dalam campuran beton untuk mencapai konsistensi yang diharapkan. Akan tetapi, penambahan air atau zat aditif harus ditinjau terlebih dahulu agar kualitas beton yang diharapkan tidak terganggu.
3. Jika nilai *slump* yang dihasilkan terlalu besar atau berarti campuran beton yang dihasilkan terlalu *encer* atau lembek, maka dapat dicoba menambahkan zat aditif (seperti *retarder*) atau bahan pengikat (seperti *semen*, *fly ash*). Namun, penambahan zat dan bahan tersebut harus ditinjau terlebih dahulu agar kualitas beton yang diharapkan tidak terganggu.

Berikut adalah catatan hasil pengamatan yang harus diperhatikan dalam pengerjaan badan *pier*:

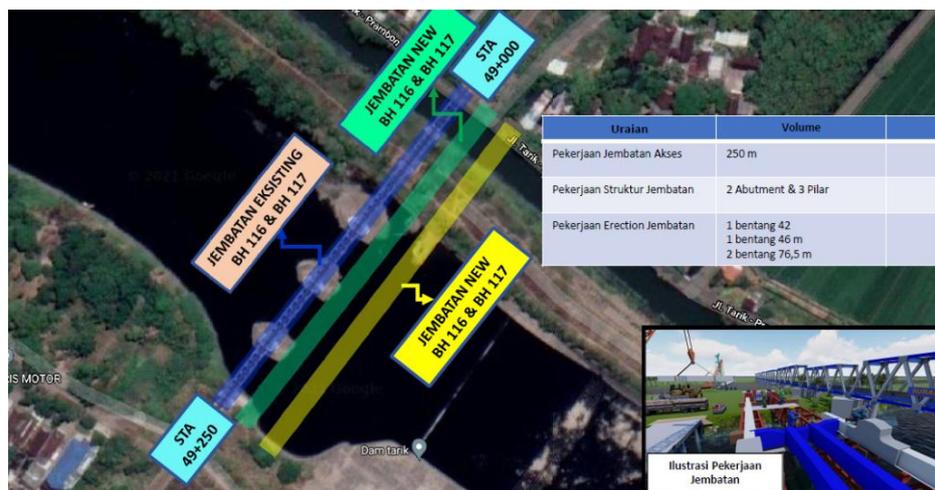
1. Alat berat yang digunakan : concrete pump dan mixer
2. Total volume beton untuk pengecoran *footing* adalah 140 m<sup>3</sup>, dengan total 20 truck mixer
3. Total volume beton untuk pengecoran badan adalah 182 m<sup>3</sup>, dengan total 26 truck mixer
4. Pengecoran pilar dilakukan secara bertahap dengan 3 kali tahapan
5. Beton yang digunakan memiliki nilai slump 10-12 cm
6. Jarak jatuh beton maks. 1,5 m, agar tidak terjadi segregasi
7. Vibrator digunakan selama 5-15 dt per titik, agar tidak terjadi bleeding
8. Menggunakan sika bond untuk lem beton dan grouting
9. Menggunakan sika separanol untuk melapisi bekisting

## 2.2.2 Pekerjaan Struktur Atas (*Erection* Jembatan)

### a. Perencanaan

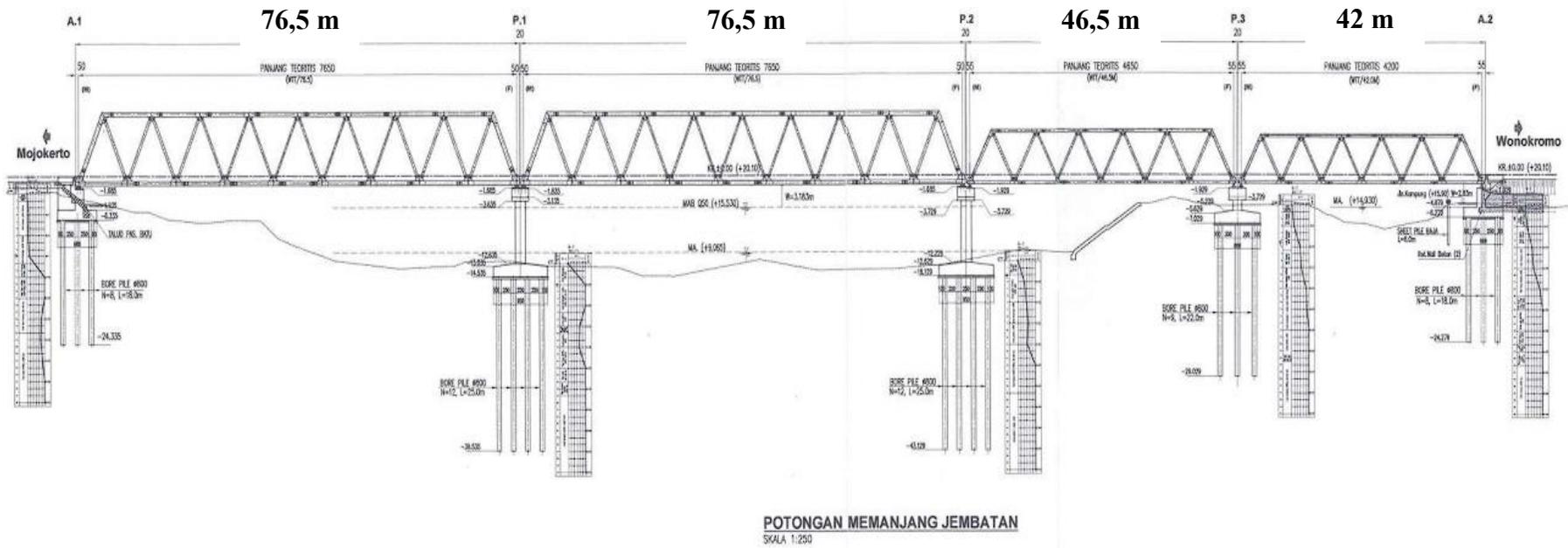
Pekerjaan struktur atas (*erection* jembatan) pada proyek jalur ganda KA Mojokerto – Sepanjang ini dapat dikatakan sebagai pekerjaan yang cukup kompleks. Hal tersebut dikarenakan jembatan memiliki panjang total 250 meter yang dibagi menjadi 4 bentang, serta sungai yang dilewati adalah Sungai Brantas dengan debit aliran yang sangat besar sepanjang tahun.

Metode konstruksi setiap bentang jembatannya, dilakukan pembagian segmen – segmen. Setiap segmen jembatan meliputi, rangka *bracing* bawah, gelagar, rangka batang bawah, rangka batang diagonal, rangka batang atas dan rangka *bracing* atas. Ilustrasi segmen tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah. Setelah konstruksi setiap segmen selesai, maka akan dilakukan proses pengakuan baut – baut jembatan, pemasangan *railing* dan jalan akses, bantalan rel dan rel kereta itu sendiri. Jika bentang jembatan telah selesai, maka dapat dilakukan penggeseran ke lokasi yang direncanakan. Detail perencanaan metode konstruksi disajikan pada **Gambar 2.32** dan **Gambar 2.33**.



Gambar 2. 32 Rencana *Siteplan* Jembatan Kereta Api

*Sumber : PT. WIKA – NTL KSO*



Gambar 2. 33 Rencana Potongan Jembatan Kereta Api

Sumber : PT. WIKA – NTL KSO

b. Pelaksanaan

Pada pelaksanaan *erection* jembatan, terdapat beberapa perbedaan dibandingkan metode yang telah direncanakan. Hal tersebut dikarenakan beberapa masalah yang mempengaruhi kinerja dan efektivitas serta efisiensi pelaksanaan pekerjaan. Beberapa perubahan yang dimaksud adalah:

- Penggantian jembatan akses pada sisi seberang sungai dengan timbunan batuan boulder sebagai akses alat berat, material, dan pekerja.
- Penggantian sistem *erection* yang awalnya direncanakan satu arah dari KM kecil menuju KM besar menjadi sistem dua arah yang nantinya selesai di tengah bentang.

Faktor/masalah yang paling mempengaruhi adalah debit aliran sungai yang cukup deras sepanjang tahun, sehingga membuat pekerjaan bentang 2 dan 3 serta jembatan akses bagian tengah cukup sulit dilakukan.

Selanjutnya, untuk pelaksanaan *erection* jembatan setiap segmennya dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Seluruh alat berat, pekerja, dan material akan menggunakan jembatan akses sebagai tempat/lokasi beroperasi/mobilisasi;
- Proses *erection* dilakukan di atas jug penyetelan yang telah disesuaikan elevasi ketinggiannya;
- *Erection* pertama yang dilakukan adalah *erection* gelagar melintang dan gelagar memanjang;
- Setelah itu, dilakukan *erection* untuk rangkaih baja bagian bawahnya beserta rangka *bracing* bawah;
- Jika sudah, maka rangka baja diagonal dapat dipasang;
- Kemudian, dilakukan *erection* untuk rangka baja bagian atas dan rangka *bracing* bagian atas;
- Setiap proses *erection* antar elemen rangka baja, juga dilakukan pemasangan sambungan yang menggunakan pelat baja dan baut, proses pembautan tidak langsung dilakukan secara erat;

- Tahapan di atas dilakukan secara berulang hingga segmen terakhir, yang kemudian dapat dilakukan pemasangan *railing*, bantalan rel, dan rel kereta;
- Selanjutnya adalah pengujian lendutan dan camber pada keseluruhan bentang jembatan;
- Apabila hasil lendutan dan camber sudah memenuhi persyaratan yang ditentukan, maka baut – baut pada setiap sambungan dapat dikencangkan, sebelum pada akhirnya dilakukan penggesaran jembatan pada titik yang direncanakan.

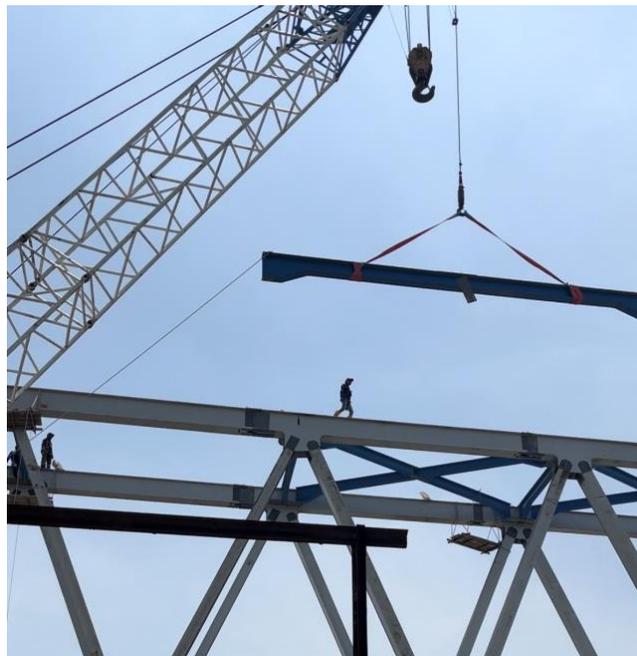
Berikut kami sajikan ilustrasi gambar terkait proses *erection* jembatan seperti yang sudah dijelaskan di atas:



Gambar 2. 34 Jembatan Akses di Lapangan



Gambar 2. 35 Timbunan Tanah sebagai Akses di Lapangan



Gambar 2. 36 Proses *Erection* Jembatan di Lapangan

c. Pemeriksaan

Pemeriksaan/pengujian yang dilakukan pada pekerjaan ini adalah sebagai berikut:

### 1. Tes *Camber*

Pengujian tes *Camber* dilakukan di atas jembatan dan dilakukan kalibrasi dengan tujuan untuk memastikan pengukuran beban. Kemudian, beban diaplikasikan pada *camber* secara bertahap hingga mencapai beban maksimum yang diinginkan. Pada tiap pemberian beban, deformasi yang terjadi pada jembatan akan dipantau menggunakan alat deformasi (seperti *strain gauge*). Untuk pengujian beban dinamis pada jembatan, akan dipantau dengan menggunakan alat khusus (seperti *accelerometer* atau alat pengukur getaran lainnya). Apabila pengujian telah selesai dilakukan, maka data yang dikumpulkan akan dianalisis untuk dilakukan evaluasi kinerja struktur jembatan. Hasil yang didapatkan meliputi evaluasi kemampuan jembatan untuk menahan beban, tegangan maksimum yang terjadi pada struktur jembatan, dan evaluasi keretakan atau kerusakan struktur lainnya. Persyaratan *camber* pada pengujian memiliki toleransi ini adalah  $-12$  sampai  $+8$  mm dari standard yang digunakan.

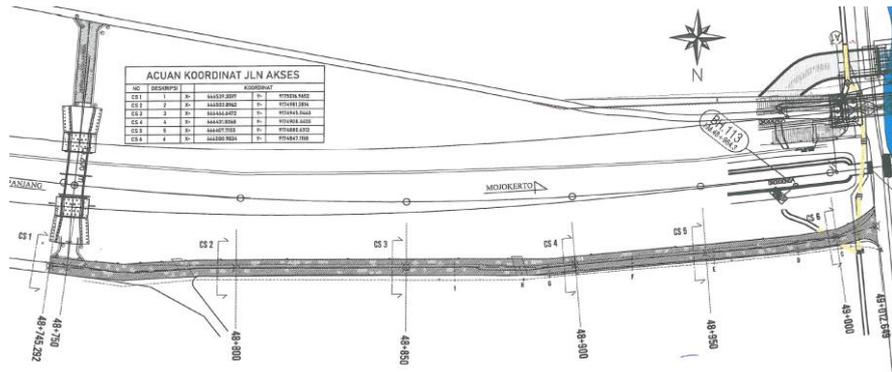
#### d. Tindakan

Untuk pengujian tes *Camber*, apabila didapatkan hasil yang belum memenuhi persyaratan maka dapat dilakukan penyesuaian elevasi *bearing pad* dan melakukan pengujian ulang untuk memastikan hasil pengujian yang didapatkan.

## 2.3 Pekerjaan *Rigid Pavement*

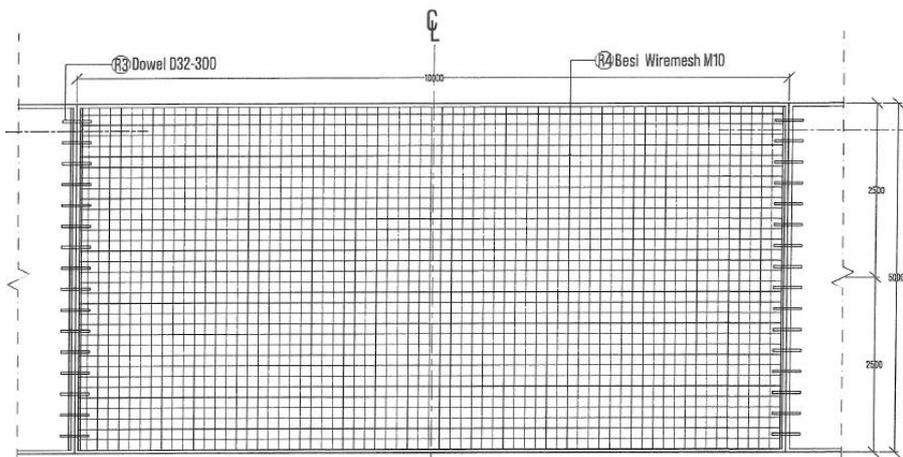
### a. Perencanaan

Pekerjaan *rigid pavement* pada saat kerja praktik ini dibangun sebagai jalan akses alat berat dan material untuk pekerjaan timbunan tanah sisi kanan sebelum abutmen 1. *Rigid pavement* ini direncanakan sepanjang 262 m dengan lebar 5 m. Rencana material perkerasan jalan yang akan digunakan adalah material limestone, tanah pilihan *basecourse* B, beton K-300 dan *wiremesh* M10. Untuk detail perencanaan *rigid pavement* ini dapat dilihat pada **Gambar 2.37**, **Gambar 2.38**, dan **Gambar 2.39**.



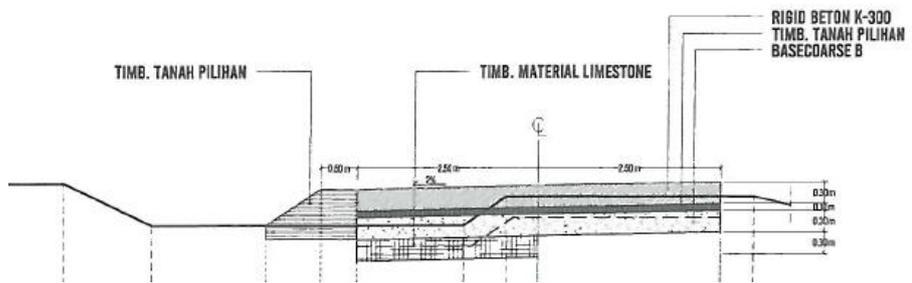
Gambar 2. 37 Alinyemen Horizontal *Rigid Pavement* Jalan Akses

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO



Gambar 2. 38 Tampak Atas Pembesian *Rigid Pavement*

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO



Gambar 2. 39 Potongan Melintang *Rigid Pavement*

Sumber: PT. WIKA – NTL KSO

b. Pelaksanaan

Pekerjaan *rigid pavement* pada jalan desa sebagai akses pekerjaan timbunan dilakukan dengan dua tahapan, yakni pekerjaan persiapan dan pekerjaan *rigid pavement* itu sendiri. Pekerjaan persiapan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Pengadaan peralatan dan material yang dibutuhkan, dimana peralatan yang disiapkan meliputi, cangkul, sekop, palu, linggis, roskam, tang, *concrete vibrator* dan peralatan K3. Sedangkan untuk materialnya meliputi, pipa  $\frac{3}{4}$  dim, papan bekisting, rangka bekisting, paku, kawat, *limestone*, *wiremesh* M10, dan beton K-300;
- Pemeriksaan barang dan material sesuai standar dan perencanaan yang telah dilakukan;
- Mobilisasi peralatan, material dan pekerja ke area pekerjaan *rigid pavement*.

Setelah pekerjaan persiapan selesai dilakukan, maka pekerjaan *rigid pavement* dapat dikerjakan, dengan metode pelaksanaan sebagai berikut:

1. Pembersihan Area Jalan Eksisting

Pertama, untuk memastikan jalan eksisting layak untuk dilakukan pengecoran *rigid pavement*, perlu dilakukan pembersihan dan perbaikan jalan eksisting. Hal tersebut dilakukan untuk meratakan kondisi jalan eksisting, apabila terdapat gundukan tanah maka akan dilakukan pembersihan/pengerukan menggunakan linggis. Sedangkan ketika terdapat lubang, maka akan dilakukan penambalan menggunakan pecahan batu *boulder/limestone*.

2. Pengecoran Lantai Kerja

Setelah sepanjang jalan eksisting dirasa sudah cukup rata, maka dapat dilakukan pengecoran lantai kerja. Lantai kerja menggunakan material *flow concrete* dengan ketebalan pengecoran setebal 5 cm. Pengecoran dilakukan secara bertahap dari KM kecil sepanjang jalan tersebut. Berikut adalah metode pelaksanaan lengkapnya adalah sebagai berikut:

- Beton dituangkan pada jalan secara bertahap pada beberapa titik;
- Para pekerja melakukan *spreading* beton tersebut ke seluruh area jalan yang akan di-*rigid pavement*;
- Setelah beton merata, dilakukan finishing untuk memperhalus permukaan dan menyesuaikan ketebalan, setebal 5 cm.

### 3. Pemasangan Bekisting

Pada pekerjaan *rigid pavement*, bekisting yang digunakan adalah bekisting dari triplek dengan rangka besi. Pemasangan bekisting disesuaikan dengan desain rencana lebar dan tinggi jalan, dimana selebar 3 m, dan setinggi 25 cm. Dalam pelaksanaannya, ketika ditemui bahwa terdapat lubang di bawah bekisting akibat kondisi jalan eksisting yang tidak merata, maka dilakukan penambalan menggunakan lembaran triplek sesuai kebutuhan. Berikut kondisi bekisting ketika sudah terpasang di lapangan yang disajikan pada **Gambar 2.40**.



Gambar 2. 40 Bekisting *Rigid Pavement*

### 4. Pemasangan Pembesian

Setelah lantai kerja dan ekisting sudah selesai dikerjakan di lapangan, pembesian dapat dilakukan. Pembesian *rigid pavement*

menggunakan *wiremesh* M10. Metode pelaksanaannya, pekerja menyusun *wiremesh* tersebut di atas lantai kerja dan menyesuaikan dengan bekisting yang terpasang. Berikut adalah pembesian *rigid pavement* di lapangan yang disajikan pada **Gambar 2.41**.



Gambar 2. 41 *Wiremesh Rigid Pavement*

##### 5. Pengecoran *Rigid Pavement*

Pengecoran dilakukan menggunakan beton mutu K-300 dengan nilai slump yang cukup kecil. Pengecoran dilakukan bertahap mulai dari KM terkecil. Adapun untuk detail metode pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- *Truck mixer* menuju pada posisi/area pengecoran di lapangan;
- Beton dialirkan secara berkala oleh para pekerja;
- Pekerja melakukan perataan beton yang telah dialirkan ke seluruh area rencana *rigid pavement*;
- Pekerja menggunakan *concrete vibrator* ke beberapa area pengecoran agar beton dapat merata ke sisi bawa bekisting/*wiremesh*;
- Melakukan *finishing* sisi atas beton menggunakan roskam;
- Metode pelaksanaan tersebut dilakukan secara bertahap sampai ke titik akhir pekerjaan *rigid pavement*.

### c. Pemeriksaan

Pemeriksaan/pengujian yang dilakukan pada pekerjaan ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Uji Slump

Dalam pekerjaan ini, uji slump dilakukan ketika truk *mixer* telah sampai di area pekerjaan. Uji slump dilakukan untuk mengetahui tingkat *workability* beton yang digunakan apakah sudah sesuai dengan perencanaan pekerjaan. Dimana pada pekerjaan ini direncanakan nilai slump sebesar 3 – 4 cm. Dari pengujian ini, didapatkan nilai slump sebesar 20 cm, hal ini telah sesuai dengan nilai slump yang direncanakan untuk pekerjaan *rigid pavement*.

#### 2. Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan terhadap benda uji yang sebelumnya telah dibuat pada saat hari pengecoran *rigid pavement*. Hal tersebut dilakukan agar benda uji tersebut mampu mewakili kuat tekan *rigid pavement* pada umur yang sama. Terdapat 2 benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian ini dilakukan ketika beton berumur 14 hari, hasil tes menunjukkan kuat tekan beton telah mencapai 24 MPa. Hasil tersebut telah melebihi rencana kuat beton pada umur 14 hari. Kuat tekan rencana beton K-300 adalah 80% dari  $f'c$ , dimana  $f'c$  untuk beton K-300 adalah sebesar 24,9 MPa. Jadi kuat tekan rencana beton *rigid pavement* pada umur 14 hari adalah sebesar 19,92 MPa. Pelaksanaan pengujian uji tekan di lokasi proyek disajikan pada **Gambar 2.42**.



Gambar 2. 42 Uji Kuat Tekan Beton

d. Tindakan

Untuk pengujian *slump* pada campuran beton, bila tidak didapatkan hasil yang belum memenuhi dapat dilakukan hal sebagai berikut :

1. Ulangi pengujian. Jika pengujian *slump* beton tidak memenuhi syarat, maka dapat dilakukan pengujian ulang untuk dilakukan evaluasi kembali terhadap konsistensi beton.
2. Tambahkan air atau zat aditif. Jika nilai *slump* yang didapatkan terlalu kecil yang berarti campuran beton terlalu kaku, maka dapat dilakukan penambahan air ataupun zat aditif tertentu (seperti *superplasticizer*) ke dalam campuran beton untuk mencapai konsistensi yang diharapkan. Akan tetapi, penambahan air atau zat aditif harus ditinjau terlebih dahulu agar kualitas beton yang diharapkan tidak terganggu.
3. Jika nilai *slump* yang dihasilkan terlalu besar atau berarti campuran beton yang dihasilkan terlalu *encer* atau lembek, maka dapat dicoba menambahkan zat aditif (seperti *retarder*) atau bahan pengikat (seperti *semen*, *fly ash*). Namun, penambahan zat dan bahan tersebut harus ditinjau terlebih dahulu agar kualitas beton yang diharapkan tidak terganggu.

Untuk pengujian kuat tekan beton, bila tidak didapatkan hasil yang belum memenuhi dapat dilakukan hal sebagai berikut :

1. Melakukan analisis penyebab hasil pengujian yang buruk. Perlu dilakukan analisis penyebab hasil pengujian yang buruk, seperti memeriksa kualitas bahan baku, waktu pengadukan, proporsi campuran, dan faktor lainnya.
2. Menambahkan zat aditif atau bahan lainnya. Apabila setelah dilakukan analisis didapatkan bahwa campuran beton dapat diperbaiki dengan menambahkan zat aditif atau bahan lainnya, maka dapat dilakukan penambahan zat aditif atau bahan lain. Namun, harus dilakukan perhitungan terlebih dahulu agar didapatkan hasil yang diharapkan.
3. Jika penyebab buruknya hasil yang didapatkan adalah karena desain campuran yang kurang baik, maka perlu dilakukan evaluasi ulang terhadap desain campuran beton tersebut dan membuat desain campuran baru yang memenuhi syarat.
4. Jika beton sudah terlanjur terpasang pada suatu proyek konstruksi, maka perlu dilakukan penggantian terhadap beton tersebut.
5. Setelah dilakukan perbaikan, perlu dilakukan pengujian ulang terhadap beton untuk memastikan bahwa beton telah memenuhi syarat dan spesifikasi yang berlaku.

## BAB III

### TUGAS SELAMA KERJA PRAKTIK

#### 3.1 Perhitungan Volume Sedimen untuk Kebutuhan *Claim*

##### 3.1.1 Pendahuluan

*Claim* konstruksi dilakukan dengan tujuan untuk meminta pertambahan waktu, biaya, atau kompensasi lain yang diajukan oleh kontraktor kepada pemilik proyek. Pengajuan *Claim* dapat dibagi menjadi 4 jenis utama, yaitu *claim* atas kerugian karena disebabkan oleh perubahan kontrak yang dilakukan pemilik, *claim* atas tambahan elemen nilai kontrak, *claim* yang dibuat karena perubahan kerja, dan *claim* karena penangguhan proyek.

Pada proyek pembangunan jalur ganda jalan KA lintas Selatan Jawa ini, menggunakan timbunan tanah dan *boulder* sebagai metode kerja untuk akses jalan alat berat melakukan pekerjaan pada Pilar 3 jembatan. Timbunan tanah dan *boulder* dibuat menutupi sebagian aliran sungai, sehingga terjadi sedimentasi di sekitar timbunan tersebut. Hal ini menyebabkan diperlukannya pekerjaan perbaikan. Oleh karena itu, *claim* akan diajukan karena terjadi perubahan kerja.

##### 3.1.2 Data Perhitungan Sedimentasi

Data yang tersedia untuk keperluan perhitungan volume sedimen di Sungai ini adalah sebagai berikut :

1. Gambar penampang melintang sungai dan timbunan
2. Volume sedimen yang ada di lapangan

Perhitungan sedimentasi diawali dengan menggambar perkiraan sedimentasi sesuai keadaan di lapangan menggunakan aplikasi Autocad. Setelah gambar selesai, dapat diperoleh koordinat elevasi tiap titik yang kemudian akan dihitung menggunakan metode polygon pada Ms. Excel. Besaran volume sedimentasi yang diperoleh dari hitungan Excel harus mendekati besaran volume sedimentasi yang terjadi di lapangan.

### 3.1.3 Kesimpulan

Setelah perhitungan volume sedimentasi selesai, hasil perhitungan volume tersebut dibandingkan dengan volume sedimentasi yang ada di lapangan. Apabila sudah sesuai, maka dilanjutkan dengan pembuatan laporan perhitungan sebagai bukti agar *claim* dapat diajukan.

## 3.2 Kontrol Kekuatan Tulangan *U-Ditch*

### 3.2.1 Pendahuluan

*U-ditch* dirancang sebagai jalur air dan juga sebagai jembatan untuk dilewati orang ataupun kendaraan besar. Kontrol kekuatan *u-ditch* ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah *u-ditch* dapat menahan beban gandar truk sebesar 20 ton.

### 3.2.2 Data dan Perhitungan Kekuatan Tulangan *U-Ditch*

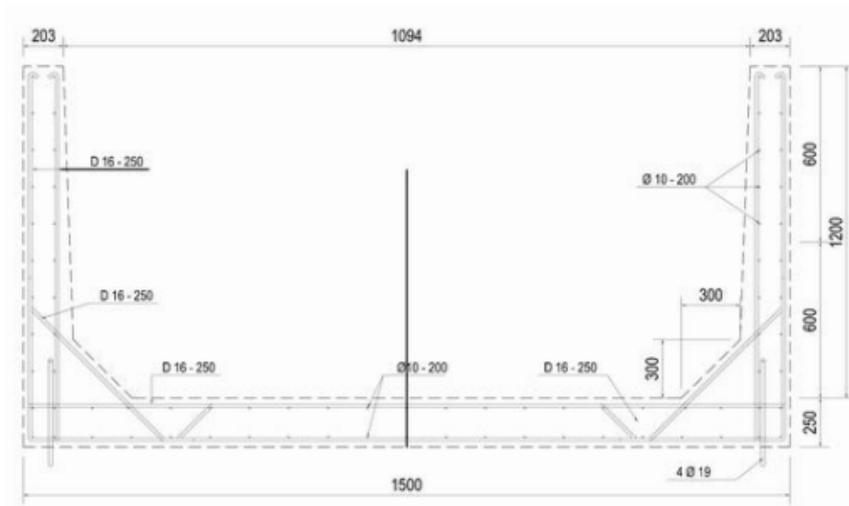
Perhitungan kontrol kekuatan tulangan *u-ditch* memerlukan data sebagai berikut :

|                          |            |   |       |                   |
|--------------------------|------------|---|-------|-------------------|
| Panjang <i>u-ditch</i> , | $l$        | = | 1,2   | m                 |
| Lebar <i>u-ditch</i> ,   | $b$        | = | 1,5   | mm                |
| Beban gandar truk,       | $P$        | = | 200   | kN                |
| Lebar lajur jalan        | $L$        | = | 3,5   | m                 |
| Beban merata truk,       | $q_{truk}$ | = | 47,62 | kN/m <sup>2</sup> |

Data Tanah Timbunan

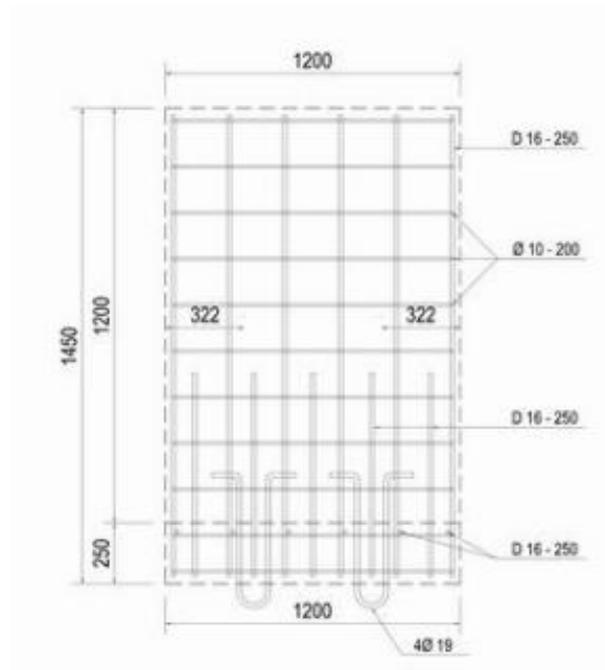
|          |   |       |                   |
|----------|---|-------|-------------------|
| $\gamma$ | = | 18,0  | kN/m <sup>3</sup> |
| $\phi$   | = | 35    | °                 |
| $c_u$    | = | 0,8   | kN/m <sup>2</sup> |
| $K_a$    | = | 0,271 |                   |
| $H$      | = | 1,450 | m                 |

Penampang dari *U-ditch* disajikan pada **Gambar 3.1** dan **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 1 Tampak Depan U-Ditch

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*



Gambar 3. 2 Tampak Samping U-Ditch

*Sumber: PT. WIKA – NTL KSO*

- **Perhitungan Beban Mati (DL)**

|                    |    |   |        |                   |
|--------------------|----|---|--------|-------------------|
| Berat beton,       | wc | = | 25,0   | kN/m <sup>3</sup> |
| Luas penampang,    | V  | = | 1,0368 | m <sup>2</sup>    |
| Berat box culvert, | Q  | = | 25,92  | kN/m              |

- **Perhitungan Beban Mati Tambahan (SDL)**

|                     |         |   |      |                   |
|---------------------|---------|---|------|-------------------|
| Tebal aspal,        | t aspal | = | 0,1  | m                 |
| Berat aspal,        | w aspal | = | 22,0 | kN/m <sup>3</sup> |
| Beban merata aspal, | q aspal | = | 2,2  | kN/m <sup>2</sup> |

- **Perhitungan Beban Hidup (LL)**

|                     |        |   |       |                   |
|---------------------|--------|---|-------|-------------------|
| Beban gandar truk,  | P      | = | 20    | ton               |
|                     |        | = | 200   | kN                |
| Lebar lajur jalan,  | L      | = | 3,5   | m                 |
| Panjang box culvert | Lt     | = | 1,2   | m                 |
| Beban merata truk,  | q truk | = | 47,62 | kN/m <sup>2</sup> |

- **Perhitungan Tegangan Vertikal**

|                         |  |   |       |                   |
|-------------------------|--|---|-------|-------------------|
| Tegangan vertikal atas, | $\sigma_{v1} = q \text{ aspal} + q \text{ truk}$ | = | 49,82 | kN/m <sup>2</sup> |
| Tegangan vertikal bwh,  | $\sigma_{v2} = \sigma_{v1} + \gamma.H$           | = | 75,92 | kN/m <sup>2</sup> |

- **Perhitungan Tegangan Horizontal**

|                            |   |   |       |                   |
|----------------------------|---|---|-------|-------------------|
| Tegangan horizontal atas,  | $\sigma_{h1} = \sigma_{v1}.K_a - \frac{2c_u}{\sqrt{K_a}}$ | = | 12,66 | kN/m <sup>2</sup> |
| Tegangan horizontal bawah, | $\sigma_{h2} = \sigma_{v2}.K_a - \frac{2c_u}{\sqrt{K_a}}$ | = | 19,73 | kN/m <sup>2</sup> |

- **Perhitungan Tegangan Air**

|                     |       |   |      |                   |
|---------------------|-------|---|------|-------------------|
| Berat jenis air,    | w air | = | 10   | kN/m <sup>3</sup> |
| Tinggi box culvert, | H     | = | 1,45 | m                 |

|                               |                                |   |   |                   |
|-------------------------------|--------------------------------|---|---|-------------------|
| Tegangan vertikal air bawah,  | $\sigma_{v \text{ air bawah}}$ | = | 0 | kN/m <sup>2</sup> |
| Tegangan horizontal air atas, | $\sigma_{h \text{ air atas}}$  | = | 0 | kN/m <sup>2</sup> |

|                                |                      |   |      |                   |
|--------------------------------|----------------------|---|------|-------------------|
| Tegangan horizontal air bawah, | $\sigma_h$ air bawah | = | 14,5 | kN/m <sup>2</sup> |
|--------------------------------|----------------------|---|------|-------------------|

- **Perhitungan Beban yang Bekerja pada U-Ditch**

|                       |                                 |       |      |
|-----------------------|---------------------------------|-------|------|
| Teg. Horizontal atas  | $\sigma_{h1} \times l$          | 15,19 | kN/m |
| Teg. Horizontal bawah | $\sigma_{h2} \times l$          | 23,68 | kN/m |
| Teg. Horizontal total | =                               | 38,87 | kN/m |
|                       |                                 |       |      |
| Teg. Hor. Air bawah   | $\sigma_h$ air bawah $\times l$ | 17,4  | kN/m |

Kemudian, beban yang bekerja di *-input* ke aplikasi IdeaStatica untuk dilakukan kontrol tulangan.

Setelah dilakukan *run* pada aplikasi, didapatkan hasil sebagai berikut pada **Gambar 3.3**.

| Section check for position: Section 1 (1.20m Right) |                |                      |                         |                         |                      |                       |           | Check | Value [%]         | Status |   |
|---|----------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-----------|-------|-------------------|--------|---|
| Governing type of check                             | Combination    | N <sub>Ed</sub> [kN] | M <sub>Ed,y</sub> [kNm] | M <sub>Ed,x</sub> [kNm] | V <sub>Ed</sub> [kN] | T <sub>Ed</sub> [kNm] | Value [%] | Check |                   |        |   |
| Torsion   | ULSF ST(6)(14) | 0.2                  | -24.6                   | 64.8                    | 20.5                 | -78.3                 | 81.8      | OK    | Capacity N-M-M    | 6.6    | ✓ |
|   |                |                      |                         |                         |                      |                       |           |       | Shear             | 68.8   | ✓ |
|   |                |                      |                         |                         |                      |                       |           |       | Torsion           | 90.6   | ✓ |
|   |                |                      |                         |                         |                      |                       |           |       | Interaction       | 90.6   | ✓ |
|   |                |                      |                         |                         |                      |                       |           |       | Stress Limitation | 1.3    | ✓ |
|   |                |                      |                         |                         |                      |                       |           |       | Crack Width       | 0.0    | ✓ |
|   |                |                      |                         |                         |                      |                       |           |       | Detailing         | 100.0  | ✓ |

Gambar 3. 3 Hasil Analisis Kontrol Kekuatan Tulangan U-Ditch

### 3.2.3 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan kekuatan menggunakan aplikasi IdeaStatica, didapatkan bahwa desain *U-ditch* dapat menahan beban gandar truk sebesar 20 ton.

## 3.3 Menganalisis Debit Banjir Sungai terhadap Struktur di Lapangan

### 3.3.1 Pendahuluan

Proyek pembangunan jalur ganda KA Mojokerto – Sepanjang ini terdiri dari pekerjaan tanah, pekerjaan rel, dan pekerjaan jembatan KA. Jembatan KA tersebut melintasi sungai Brantas dengan Panjang total 250 meter. Pada

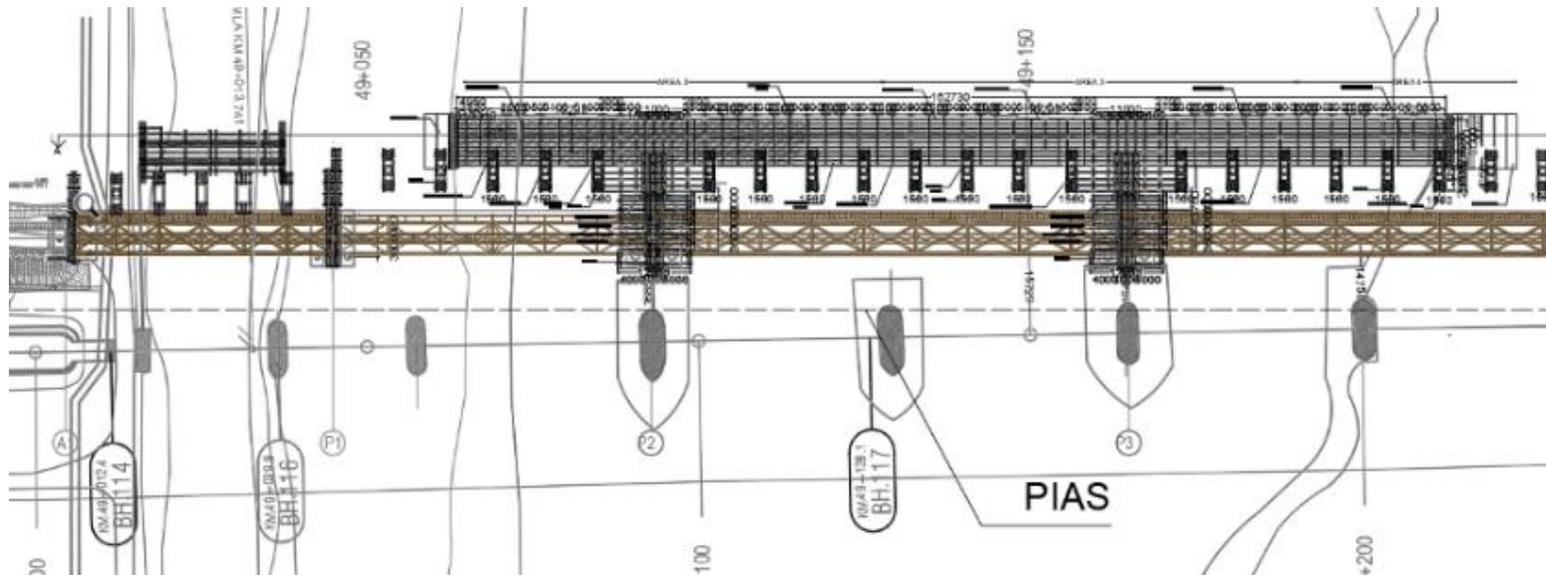
proses pembangunan jembatan KA proyek jalur ganda Mojokerto – Sepanjang ini, membutuhkan beberapa elemen struktur untuk mendukung berjalannya proses pembangunan. Adapun elemen struktur tersebut, di antaranya Steel Sheet Pile sebagai perkuatan, Borepile, dan Profil baja WF untuk jug penyetelan jembatan. Sebelum menerapkan elemen struktur tersebut, diperlukan analisis kekuatan terhadap air banjir, sedimen, dan hanyutan yang terjadi pada sungai. Elemen struktur yang direncanakan harus memenuhi persyaratan sehingga layak diterapkan.

### **3.3.2 Data dan Perhitungan Struktur di Lapangan**

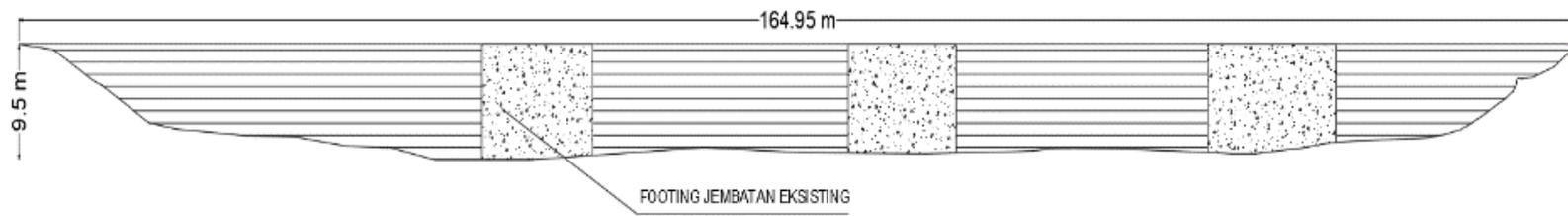
Berikut data yang digunakan dalam perhitungan ini:

- **Data Analisis Debit Sungai, Sedimentasi, dan Beban Hanyutan**

Perhitungan luas penampang sungai didapatkan dengan cara menggambarkan penampang sungai menggunakan *software* AutoCad tepat pada potongan melintang di ujung pier jembatan eksisting, atau dapat dilihat pada **Gambar 3.4**. Penggambaran penampang sungai juga disesuaikan dengan kontur sungai yang dapat dilihat pada gambar di atas. Berikut penampang sungai disajikan pada **Gambar 3.5**



Gambar 3. 4 Garis Potongan Melintang pada Tampak Atas Sungai



Gambar 3. 5 Penampang Sungai

Melalui *software* AutoCad, didapatkan data luas penampang basah (A) dan keliling basah (P) per pias, dengan ketinggian tiap piasnya adalah 1 meter. Rekapitulasi data tersebut kami sajikan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3. 1 Rekapitulasi Luas Penampang Basah dan Keliling Basah Per Pias

| <b>h</b> | <b>A</b>          | <b>P</b> |
|----------|-------------------|----------|
| (m)      | (m <sup>2</sup> ) | (m)      |
| 9.5      | 938.64            | 186.17   |
| 9.0      | 876.49            | 178.62   |
| 8.0      | 753.27            | 169.00   |
| 7.0      | 634.08            | 158.71   |
| 6.0      | 519.59            | 147.60   |
| 5.0      | 408.14            | 138.13   |
| 4.0      | 299.79            | 128.22   |
| 3.0      | 194.79            | 118.29   |
| 2.0      | 96.74             | 99.19    |
| 1.0      | 21.83             | 67.48    |
| 0.0      | 0.00              | 0.00     |

Analisis perhitungan debit aliran sungai dan sedimentasi membutuhkan data-data sebagai variabel dalam perhitungan, yang meliputi:

1. Debit banjir yang ditinjau (Qb) = 1096,56 m<sup>3</sup>/dt
2. Lebar sungai (B) = 164,95 m
3. Koefisien manning (n) = 0,04
4. Kemiringan dasar saluran (I) = 0,0009

- **Data Analisis Kekuatan Steel Sheet Pile**

Perhitungan analisis kekuatan *steel sheet pile* membutuhkan data sebagai berikut:

|                         |    |   |    |   |
|-------------------------|----|---|----|---|
| Panjang SSP,            | L  | = | 12 | m |
| Panjang SSP terpancang, | Lt | = | 5  | m |

|                         |      |   |      |                   |
|-------------------------|------|---|------|-------------------|
| Berat volume air,       | Wair | = | 10   | kN/m <sup>3</sup> |
| Tinggi muka air banjir, | hB   | = | 6.70 | m                 |

Lapis 1 (z = 0 - 3 m)

|                             |                |   |      |                   |
|-----------------------------|----------------|---|------|-------------------|
| Tebal lapisan tanah,        | h              | = | 3.0  | m                 |
| Berat volume tanah,         | $\gamma_{sat}$ | = | 8.0  | kN/m <sup>3</sup> |
| Kohesi tanah,               | c              | = | 0.0  | kN/m <sup>2</sup> |
| Kohesi tanah efektif,       | c'             | = | 0.0  | kN/m <sup>2</sup> |
| Sudut geser dalam tanah,    | $\phi$         | = | 14.0 |                   |
| Sudut geser dalam tanah ef, | $\phi'$        | = | 9.3  |                   |

Lapis 2 (z = 3 - 9 m)

|                             |                |   |      |                   |
|-----------------------------|----------------|---|------|-------------------|
| Tebal lapisan tanah,        | h              | = | 6.0  | m                 |
| Berat volume tanah,         | $\gamma_{sat}$ | = | 21.0 | kN/m <sup>3</sup> |
| Kohesi tanah,               | c              | = | 0.0  | kN/m <sup>2</sup> |
| Kohesi tanah efektif,       | c'             | = | 0.0  | kN/m <sup>2</sup> |
| Sudut geser dalam tanah,    | $\phi$         | = | 39.5 |                   |
| Sudut geser dalam tanah ef, | $\phi'$        | = | 26.3 |                   |

- Data Analisis Stabilitas Borepile**

Perhitungan analisis stabilitas *borepile* membutuhkan data sebagai berikut :

|                    |   |   |     |   |
|--------------------|---|---|-----|---|
| Panjang Borepile,  | L | = | 29  | m |
| Diameter Borepile, | l | = | 1,5 | m |

|                       |       |   |       |                    |   |     |   |
|-----------------------|-------|---|-------|--------------------|---|-----|---|
| Diameter material,    | Dbatu | = | 120   | cm                 | = | 1.2 | m |
| Volume material,      | V     | = | 0.905 | m <sup>3</sup>     |   |     |   |
| Berat jenis material, | W     | = | 1.5   | ton/m <sup>3</sup> |   |     |   |
| Massa total material, | m     | = | 1.36  | ton                |   |     |   |

|                           |   |   |        |                |
|---------------------------|---|---|--------|----------------|
| Koefisien manning,        | n | = | 0.04   |                |
| Kemiringan dasar saluran, | S | = | 0.0009 |                |
| Luas penampang basah,     | A | = | 599.14 | m <sup>2</sup> |
| Keliling basah,           | P | = | 155.21 | m              |
| Luas/keliling basah,      | R | = | 3.86   | m              |

- **Data Analisis Kekuatan Profil Baja WF**

Perhitungan analisis kekuatan profil baja WF membutuhkan data sebagai berikut :

|                                    |      |   |       |                   |
|------------------------------------|------|---|-------|-------------------|
| Panjang WF di atas permukaan tanah | L    | = | 10    | m                 |
| Lebar WF,                          | l    | = | 300   | mm                |
| Mutu Baja,                         |      | = | BJ 37 |                   |
| Berat volume air,                  | Wair | = | 10    | kN/m <sup>3</sup> |
| Tinggi muka air banjir,            | hb   | = | 6,70  | m                 |

- **Perhitungan Analisis Debit Sungai, Sedimentasi, dan Beban Hanyutan**

**Perhitungan Rating Curve**

*Rating curve* merupakan grafik debit aliran sungai terhadap tinggi muka airnya, dalam perhitungannya digunakan beberapa rumus diantaranya:

1. Rumus Manning

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Dengan keterangan:

V : Kecepatan aliran sungai (m/dt)

n : Koefisien manning

R : Ratio luas penampang basah terhadap keliling basah (m)

I : Kemiringan dasar saluran

2. Rumus Debit

$$Q = A \cdot V$$

Dengan keterangan:

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

A : Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

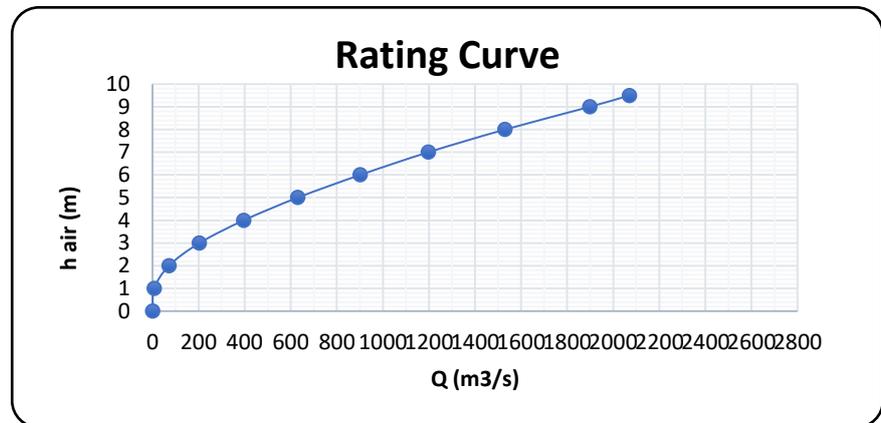
V : Kecepatan aliran sungai (m/dt)

Berikut adalah rekapitulasi perhitungan kecepatan dan debit yang disajikan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3. 2 Rekapitulasi Perhitungan V dan Q

| <b>h</b> | <b>A</b>          | <b>P</b> | <b>R</b> | <b>n</b> | <b>i</b> | <b>V</b> | <b>Q</b>             |
|----------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------------|
| (m)      | (m <sup>2</sup> ) | (m)      | (m)      |          |          | (m/dt)   | (m <sup>3</sup> /dt) |
| 9.5      | 938.64            | 186.17   | 5.04     | 0.040    | 0.0009   | 2.21     | 2069.93              |
| 9.0      | 876.49            | 178.62   | 4.91     | 0.040    | 0.0009   | 2.17     | 1898.25              |
| 8.0      | 753.27            | 169.00   | 4.46     | 0.040    | 0.0009   | 2.03     | 1530.11              |
| 7.0      | 634.08            | 158.71   | 4.00     | 0.040    | 0.0009   | 1.89     | 1197.38              |
| 6.0      | 519.59            | 147.60   | 3.52     | 0.040    | 0.0009   | 1.74     | 901.79               |
| 5.0      | 408.14            | 138.13   | 2.95     | 0.040    | 0.0009   | 1.54     | 630.31               |
| 4.0      | 299.79            | 128.22   | 2.34     | 0.040    | 0.0009   | 1.32     | 396.08               |
| 3.0      | 194.79            | 118.29   | 1.65     | 0.040    | 0.0009   | 1.05     | 203.72               |
| 2.0      | 96.74             | 99.19    | 0.98     | 0.040    | 0.0009   | 0.74     | 71.36                |
| 1.0      | 21.83             | 67.48    | 0.32     | 0.040    | 0.0009   | 0.35     | 7.72                 |
| 0.0      | 0.00              | 0.00     | 0.00     | 0.040    | 0.0009   | 0.00     | 0.00                 |

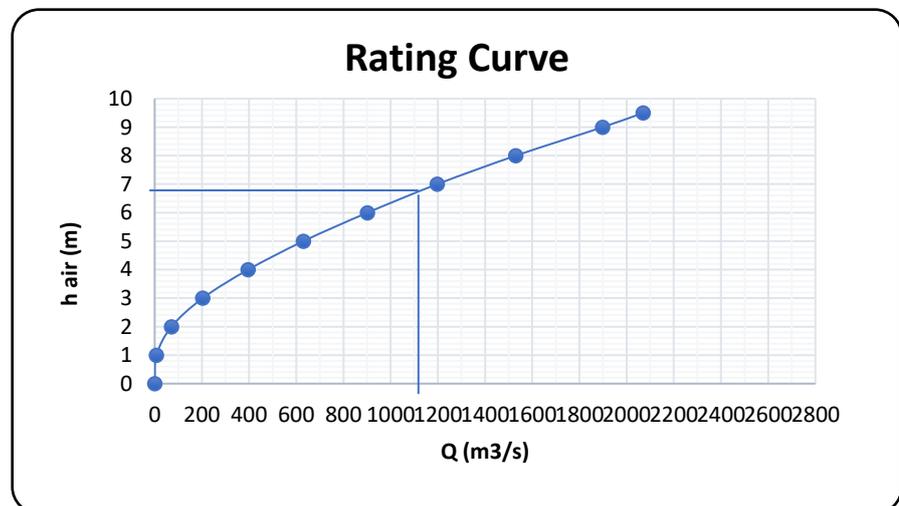
Dari data diatas, dapat disajikan grafik *rating curve* sebagai berikut:



Gambar 3. 6 *Rating Curve*

### Perhitungan Tegangan Akibat Air Sungai

Perhitungan tegangan akibat air sungai dapat dilakukan dengan melakukan plotting debit banjir yang ditinjau ( $Q_b$ ) pada grafik *rating curve*, sehingga didapatkan  $h$  air banjir.



Gambar 3. 7 Plottingan Debit Banjir pada Grafik *Rating Curve*

Dari plottingan tersebut, maka didapatkan ketinggian air banjir sebesar 6,7 meter. Perhitungan tegangan air pada titik tertentu dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_{\text{air}} = W_{\text{air}} \cdot h_{\text{air}}$$

dimana:

$$W_{\text{air}} = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$h_{\text{air}} = 6,7 \text{ m}$$

Sehingga dari perhitungan tersebut, didapatkan data sebagai berikut:

1. Tegangan air di muka air

$$\sigma_{\text{air}} = W_{\text{air}} \cdot h_{\text{air}}$$

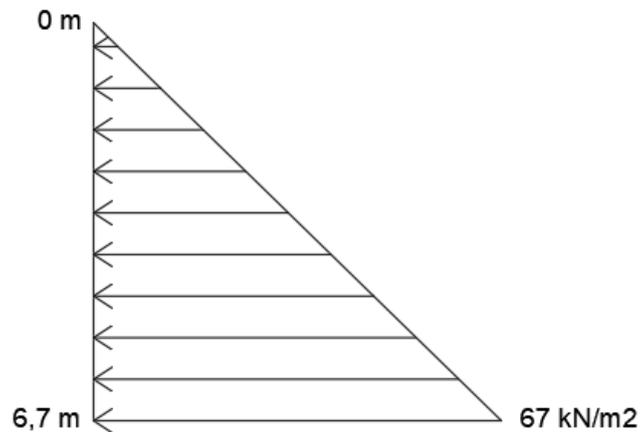
$$\sigma_{\text{air}} = 10 \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}^2$$

2. Tegangan air di dasar sungai

$$\sigma_{\text{air}} = W_{\text{air}} \cdot h_{\text{air}}$$

$$\sigma_{\text{air}} = 10 \cdot 6,7 = 67 \text{ kN/m}^2$$

Berikut adalah gambar tegangan akibat air yang terjadi pada sungai:



Gambar 3. 8 Tegangan Air yang Terjadi

### Perhitungan Tegangan Akibat Sedimentasi

Perhitungan terjadinya sedimentasi merujuk pada penelitian terkait perhitungan konsentrasi dan debit sedimen pada Sungai Brantas yang terdapat pada Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam

Malang. Didapatkan persamaan-persamaan terkait perhitungan konsentrasi dan debit sedimen berdasarkan beberapa percobaan/pebelitian yang dilakukan oleh penulis. Persamaan tersebut meliputi:

1. Konsentrasi sedimen melayang

$$C = 0,0112 \cdot Qb^{0,981}$$

Dimana;

$$Qb = 1096,56 \text{ m/dt}$$

2. Debit sedimen

$$Qs = 0,0864 \cdot C \cdot Qb$$

Sehingga dari perhitungan menggunakan persamaan di atas, didapatkan hasil sebagai berikut:

3. Konsentrasi sedimen melayang

$$C = 0,0112 \cdot Qb^{0,981} = 10,75 \text{ mg/liter}$$

4. Debit sedimen

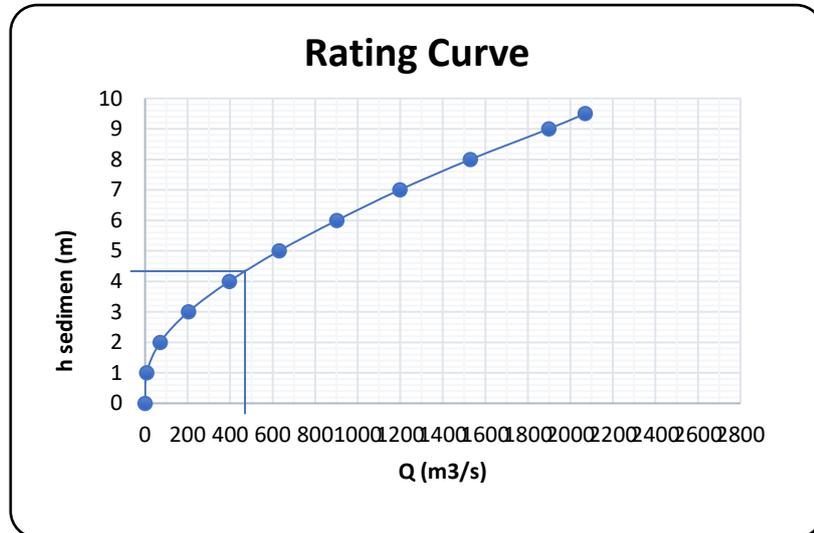
$$Qs = 0,0864 \cdot C \cdot Qb = 1018,68 \text{ ton/hari}$$

Debit sedimen (m<sup>3</sup>/dt)

$$Qs = Qs/Ws, \quad Ws : \text{Berat volume sedimen} = 1,8 \text{ ton/m}^3$$

$$Qs = 1018,68/1,8 = 565,93 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Debit sedimen tersebut diplotkan pada grafik *rating curve* sehingga didapatkan ketinggian sedimen sebesar 4,7 m dari dasar sungai.



Gambar 3. 9 Plottingan Debit Sedimen pada *Rating Curve*

Perhitungan tegangan horizontal akibat sedimen memiliki rumusan seperti perhitungan tegangan akibat air, koefisien tanah/sedimen aktif diabaikan untuk mendapatkan tegangan sedimen kritis.

$$\sigma_{\text{sedimen}} = W_{\text{sedimen}} \cdot h_{\text{sedimen}} \text{ dimana:}$$

$$W_{\text{sedimen}} = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$h_{\text{sedimen}} = 4,7 \text{ m}$$

Sehingga dari perhitungan tersebut, didapatkan data sebagai berikut:

1. Tegangan sedimen di ketinggian 4,7 m dari dasar sungai

$$\sigma_{\text{sedimen}} = W_{\text{sedimen}} \cdot h_{\text{sedimen}}$$

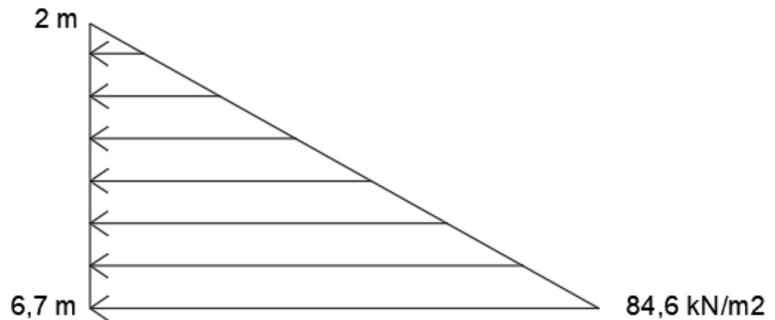
$$\sigma_{\text{sedimen}} = 18 \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}^2$$

2. Tegangan sedimen di dasar sungai

$$\sigma_{\text{sedimen}} = W_{\text{sedimen}} \cdot h_{\text{sedimen}}$$

$$\sigma_{\text{sedimen}} = 18 \cdot 4,7 = 84,6 \text{ kN/m}^2$$

Berikut adalah gambar tegangan akibat sedimen yang terjadi pada sungai:



Gambar 3. 10 Tegangan Sedimen yang Terjadi

### Perhitungan Beban Hanyutan

Perhitungan beban hanyutan dilakukan menggunakan *design code* SNI 1725-2016 terkait pembebanan untuk jembatan. Dari *design code* tersebut didapatkan rumusan gaya geset akibat benda hanyutan sebagai berikut:

$$T_{EF} = 0,5 \cdot C_D \cdot V_s^2 \cdot A_d$$

Dengan keterangan:

$T_{EF}$  = Gaya seret (kN)

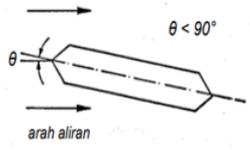
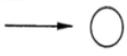
$C_D$  = Koefisien seret

$V_s^2$  = Kecepatan aliran air sungai (m/dt)

$A_d$  = Luas proyeksi benda/pilar tegak lurus aliran (m<sup>2</sup>)

Tabel 3. 3 Koefisien Seret dan Angkat

Sumber : SNI 1725-2016

| Bentuk pilar  | Koefisien seret (C <sub>s</sub> ) | Koefisien angkat (C <sub>i</sub> ) |                |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|----------------|
|  | 0,8                               | θ                                  | C <sub>i</sub> |
|  | 1,4                               | 0°                                 | 0              |
|  | 0,7                               | 5°                                 | 0,5            |
|   | 0,7                               | 10°                                | 0,9            |
|   |                                   | 20°                                | 0,9            |
|   |                                   | ≥ 30°                              | 1,0            |
|   |                                   | Tidak dapat digunakan              |                |
|  | 0,7                               | Tidak bisa dipakai                 |                |

Dikarenakan perhitungan gaya seret akibat hanyutan bergantung pada luas elemen yang tegak lurus aliran sungai, maka dilakukan perhitungan gaya seret pada masing-masing elemen yang ditinjau:

1. *Steel Sheet Pile (SSP)*

Data perhitungan:

|                          |                |   |         |                    |
|--------------------------|----------------|---|---------|--------------------|
| Debit banjir             | QB             | = | 1096.56 | m <sup>3</sup> /dt |
| Luas penampang sungai,   | A              | = | 599.14  | m <sup>2</sup>     |
| Kecepatan aliran sungai, | V <sub>s</sub> | = | 1.83    | m/dt               |
| Koefisien seret,         | C <sub>d</sub> | = | 1.4     |                    |
| Luas proyeksi pilar,     | A <sub>d</sub> | = | 1.19    | m <sup>2</sup>     |

Perhitungan:

$$T_{EF} = 0,5 \cdot 1,4 \cdot 1,83^2 \cdot 1,19 = 2,79 \text{ kN}$$

2. *Steel Pipe Pile (SPP)*

Data perhitungan:

|                        |    |   |         |                    |
|------------------------|----|---|---------|--------------------|
| Debit banjir           | QB | = | 1096.56 | m <sup>3</sup> /dt |
| Luas penampang sungai, | A  | = | 599.14  | m <sup>2</sup>     |

|                          |    |   |      |                |
|--------------------------|----|---|------|----------------|
| Kecepatan aliran sungai, | Vs | = | 1.83 | m/dt           |
| Koefisien seret,         | Cd | = | 0.7  |                |
| Luas proyeksi pilar,     | Ad | = | 3.16 | m <sup>2</sup> |

Perhitungan:

$$T_{EF} = 0,5 \cdot 0,7 \cdot 1,83^2 \cdot 3,16 = 3,7 \text{ kN}$$

- **Perhitungan Analisis Kekuatan Steel Sheet Pile**

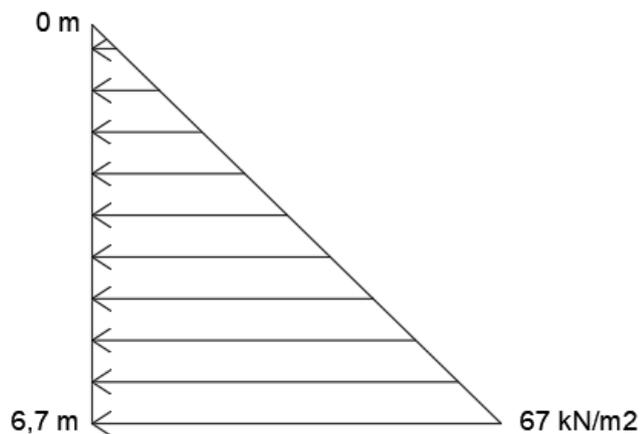
### Tegangan Air pada SSP

Tegangan air sungai menjadi tegangan beban aktif pada *steel sheet pile*, dengan besaran yang sama seperti analisis pada bab sebelumnya.

Sisi Aktif

$$\sigma_{\text{air di permukaan}} = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{air di dasar sungai}} = 67 \text{ kN/m}^2$$



Gambar 3. 11 Tegangan Air pada SSP

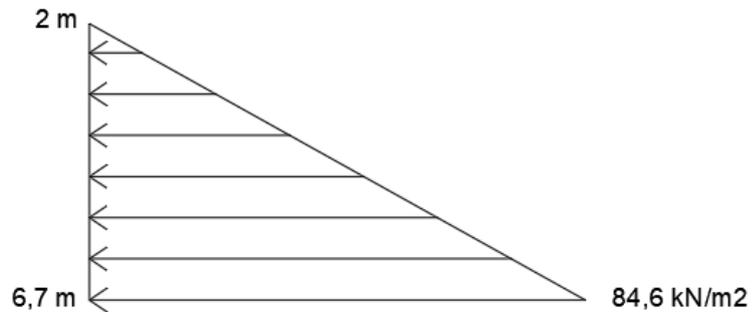
### Tegangan Sedimen pada SSP

Tegangan sedimen menjadi tegangan beban aktif pada *steel sheet pile*, dengan besaran yang sama seperti analisis pada bab sebelumnya.

Sisi Aktif

$\sigma_{\text{sedimen di atas}} = 0 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{\text{air di dasar sungai}} = 84.6 \text{ kN/m}^2$



Gambar 3. 12 Tegangan Sedimen pada SSP

### Beban Hanyutan pada SSP

Beban hanyutan yang terjadi pada *Steel Sheet Pile* adalah sebagai berikut:

$$T_{EF} = 0,5 \cdot 1,4 \cdot 1,83^2 \cdot 1,19 = 2,79 \text{ kN}$$

### Tegangan Tanah pada SSP

Perhitungan tegangan horizontal tanah pada *Steel Sheet Pile* berpedoman pada Materi Bahan Ajar Mata Kuliah Timbunan dan Konstruksi Penahan Tanah Teknik Sipil ITS. Detail perhitungannya sendiri adalah sebagai berikut:

#### 1. Perhitungan $K_a$ dan $K_p$

| Lapis 1 |   |       |
|---------|---|-------|
| $K_a$   | = | 0.721 |
| $K_p$   | = | 1.387 |

| Lapis 2 |   |       |
|---------|---|-------|
| $K_a$   | = | 0.385 |
| $K_p$   | = | 2.594 |

## 2. Tegangan Vertikal Tanah

### Sisi Aktif

| Titik | Tegangan |   |      |       |                   |
|-------|----------|---|------|-------|-------------------|
| 1     | 151.6    |   |      |       | kN/m <sup>2</sup> |
| 2     | 175.6    |   |      |       | kN/m <sup>2</sup> |
| 3     | 175.6    | + | 21.0 | (D-3) | kN/m <sup>2</sup> |

### Sisi Pasif

| Titik | Tegangan |   |      |       |                   |
|-------|----------|---|------|-------|-------------------|
| 1     | 0.0      |   |      |       | kN/m <sup>2</sup> |
| 2     | 24.0     |   |      |       | kN/m <sup>2</sup> |
| 3     | 24.0     | + | 21.0 | (D-3) | kN/m <sup>2</sup> |

## 3. Tegangan Horizontal Tanah

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}$$

### Sisi Aktif

| Titik | Tegangan |   |     |       |                   |
|-------|----------|---|-----|-------|-------------------|
| 1     | 109.3    |   |     |       | kN/m <sup>2</sup> |
| 2a    | 126.6    |   |     |       | kN/m <sup>2</sup> |
| 2b    | 67.7     |   |     |       | kN/m <sup>2</sup> |
| 3     | 67.7     | + | 8.1 | (D-3) | kN/m <sup>2</sup> |

### Sisi Pasif

| Titik | Tegangan |   |      |       |                   |
|-------|----------|---|------|-------|-------------------|
| 1     | 0.0      |   |      |       | kN/m <sup>2</sup> |
| 2a    | 33.3     |   |      |       | kN/m <sup>2</sup> |
| 2b    | 62.3     |   |      |       | kN/m <sup>2</sup> |
| 3     | 62.3     | + | 54.5 | (D-3) | kN/m <sup>2</sup> |

#### 4. Tekanan Tanah pada SSP

##### Sisi Aktif

|           |   |        |                    |    |
|-----------|---|--------|--------------------|----|
| P1        | = | 327.87 | kN                 |    |
| P2        | = | 25.95  | kN                 |    |
| P3        | = | 67.68  | (D-3)              | kN |
| P4        | = | 4.05   | (D-3) <sup>2</sup> | kN |
| Phanyutan | = | 2.79   | kN                 |    |
| Pair      | = | 224.45 | kN                 |    |
| Psedimen  | = | 198.81 | kN                 |    |

##### Sisi Pasif

|    |   |       |                    |    |
|----|---|-------|--------------------|----|
| P1 | = | 49.94 | kN                 |    |
| P2 | = | 62.27 | (D-3)              | kN |
| P3 | = | 27.24 | (D-3) <sup>2</sup> | kN |

#### Momen yang Terjadi Akibat Gaya-gaya pada SSP

Momen pada SSP disebabkan oleh tekanan/gaya yang terjadi, dengan titik putar pada titik terbawah SSP. Dengan demikian momen dapat dihitung dengan mengalikan tekanan/gaya yang terjadi dengan masing-masing lengan gayanya. Lengan gaya dihitung dari titik terbawah SSP ke jarak masing-masing tekanan/gaya yang terjadi. Perhitungan lengan gaya tersebut meliputi:

##### Sisi Aktif

|           |   |       |       |      |   |
|-----------|---|-------|-------|------|---|
| L1        | = | (D-3) | +     | 1.5  | m |
| L2        | = | (D-3) | +     | 1.0  | m |
| L3        | = | 0.5   | (D-3) | m    |   |
| L4        | = | 0.3   | (D-3) | m    |   |
| Lhanyutan | = | (D-3) | +     | 9.7  | m |
| Lair      | = | (D-3) | +     | 5.23 | m |
| Lsedimen  | = | (D-3) | +     | 4.57 | m |

Sisi Pasif

|    |   |       |       |     |   |
|----|---|-------|-------|-----|---|
| L1 | = | (D-3) | +     | 1.0 | m |
| L2 | = | 0.5   | (D-3) | m   |   |
| L3 | = | 0.3   | (D-3) | m   |   |

Sehingga didapatkan masing-masing momennya adalah sebagai berikut:

Sisi Aktif

|           |   |        |         |      |         |      |
|-----------|---|--------|---------|------|---------|------|
| M1        | = | 327.87 | (D-3)   | +    | 491.80  | Kn-m |
| M2        | = | 25.95  | (D-3)   | +    | 25.95   | Kn-m |
| M3        | = | 33.84  | (D-3)^2 | Kn-m |         |      |
| M4        | = | 1.35   | (D-3)^3 | Kn-m |         |      |
| Mhanyutan | = | 2.79   | (D-3)   | +    | 27.07   | Kn-m |
| Mair      | = | 224.45 | (D-3)   | +    | 1174.62 | Kn-m |
| Msedimen  | = | 198.81 | (D-3)   | +    | 907.90  | Kn-m |

Sisi Pasif

|      |   |       |         |      |       |      |
|------|---|-------|---------|------|-------|------|
| M1   | = | 49.94 | (D-3)   | +    | 49.94 | Kn-m |
|      | = | 31.13 | (D-3)^2 | Kn-m |       |      |
| Mair | = | 9.08  | (D-3)^3 | Kn-m |       |      |

**Kontrol Kedalaman SSP Minimum Terpancang**

Kontrol kedalaman pemancangan minimum SSP dapat dilakukan dengan mencari besaran nilai D apabila total momen yang terjadi sama dengan 0 (nol).

$$\sum M = 0$$

$$7.73 (D-3)^3 + -2.71 (D-3)^2 + -729.93 (D-3) = 2577.40$$

Perhitungan besaran nilai D pada persamaan momen diatas didapatkan dengan metode iterasi menggunakan *goalseek* pada Microsoft Excel. Sehingga didapatkan nilai D sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\sum M &= 0.00 \text{ kN-m} \\ (D-3) &= 11.31 \text{ m} \\ D &= 14.31 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kedalaman pemancangan minimum untuk SSP agar mampu menahan beban-beban yang terjadi adalah sedalam 14,31 meter. Kontrol dilakukan terhadap kedalaman pemancangan SSP dilapangan, yakni sedalam 5 meter.

$$\begin{aligned}L_t &> D \\ 5 \text{ m} &> 14,31 \text{ m} \quad \text{NOT OK!}\end{aligned}$$

### Kontrol Profil terhadap Momen Maksimum

*Steel Sheet Pile* (SSP) juga perlu dilakukan pengontrolan terhadap momen maksimum yang terjadi akibat beban-beban. Momen maksimum disini dikontrol dengan *section modulus* profil SSP yang digunakan. Perhitungan momen maksimum yang terjadi dapat dilakukan dengan menurunkan persamaan momen di atas dan disamadengankan dengan 0 (nol). Dari perhitungan tersebut didapatkan besaran dari variabel yang ada yakni (D-3), nilai tersebut dapat digunakan untuk menentukan besaran momen maksimum yang terjadi. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sum M d(D-3) &= 0 \\ 23.20 (D-3)^2 + -5.41 (D-3) + -729.9343 &= 0\end{aligned}$$

Dengan iterasi menggunakan *goalseek* didapatkan nilai (D-3) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sum M dx = 0 &= 0.00 \text{ kN} \\ (D-3)_1 &= 5.71 \text{ m...}(dipakai!) \\ (D-3)_2 &= -5.49 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga momen maksimum yang terjadi adalah sebesar 5394,19 kN-m.

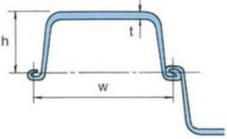
Momen maksimum di atas dilakukan perhitungan untuk mendapatkan besarnya *section modulus* ( $S_{Mmaks}$ ). Perhitungannya adalah membagi momen maksimum dengan *yield point* pada spesifikasi SSP yakni sebesar 490.000 kPa. Untuk spesifikasi *class* dan profilnya adalah sebagai berikut:

Spesifikasi Material

| Standard                                   | Class | Yield Point (kPa) |
|--|-------|-------------------|
| Hot Rolled Steel Sheet Piles<br>JIS A 5528 | SY295 | 490000            |

(Sumber : Brosur SSP Nippon Steel)

Spesifikasi Profil

| Shape   | Type     | Wide (mm) | Section Modulus (cm <sup>3</sup> ) |
|---|----------|-----------|------------------------------------|
|  | NS-SP-IV | 400       | 2270                               |

(Sumber : Brosur SSP Nippon Steel)

Perhitungan *section modulus* akibat momen maksimum adalah sebagai berikut:

$$S_{Mmaks} = M_{maks} / \text{Yield Point}$$

$$S_{Mmaks} = 0.01100854 \text{ m}^3$$

$$S_{Mmaks} = 11008.54 \text{ cm}^3$$

*Section modulus* akibat momen maksimum harus lebih kecil dari *section modulus* pada spesifikasi SSP.

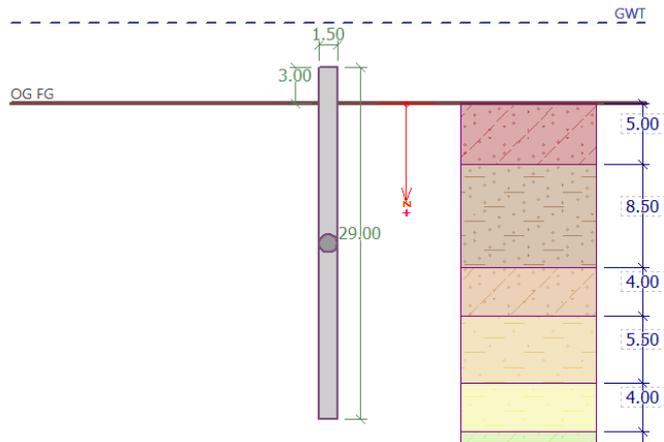
$$S_{\text{profile}} > S_{Mmaks}$$

$$2270 \text{ cm}^3 > 11008,54 \text{ cm}^3 \text{ NOT OK!}$$

- **Perhitungan Stabilitas Borepile**

**Kontrol Kekuatan dan Penurunan *Borepile* P-2 dengan Geo5**

Perhitungan kontrol kekuatan *borepile* dilakukan menggunakan *software* Geo5, dengan inputan sebagai berikut:



Gambar 3. 13 Pemodelan Borepile pada *Software* Geo5

Tabel 3. 4 Beban pada Borepile

| No. | Load<br>new<br>edit | Name    | N<br>[kN] | M <sub>x</sub><br>[kNm] | M <sub>y</sub><br>[kNm] | H <sub>x</sub><br>[kN] | H <sub>y</sub><br>[kN] | Type   |
|-----|---------------------|---------|-----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| 1   | Yes                 | Air     | 118.34    | 118.34                  | 355.02                  | 0.00                   | 0.00                   | Design |
| 2   | Yes                 | Sedimen | 149.43    | 149.43                  | 448.29                  | 0.00                   | 0.00                   | Design |

— Basic dimensions —

Cross section of pile :

Pile diameter : d =  [m]

Pile length : l =  [m]

Material of pile :

— Technology —

Technology :

— Location —

Pile head offset : h =  [m]

Depth of finished grade : h<sub>z</sub> =  [m]

Gambar 3. 14 *Input* Geometri

Dari *input* pemodelan, beban dan geometri seperti di atas, didapatkan output sebagai berikut:

**Verification of bearing capacity : NAVFAC DM 7.2**

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.  
Factor determining critical depth  $k_{dc} = 1.00$

Verification of compressive pile:  
Most unfavorable load case No. 2. (Sedimen)

Pile skin bearing capacity  $R_s = 456.49$  kN  
Pile base bearing capacity  $R_b = 1113.30$  kN

Pile bearing capacity  $R_c = 1569.80$  kN  
Ultimate vertical force  $V_d = 149.43$  kN

Safety factor =  $10.51 > 2.00$

Pile bearing capacity is **SATISFACTORY**

Gambar 3. 15 *Output* dan Kontrol Daya Dukung Borepile



Gambar 3. 16 *Output* Penurunan Borepile

Kesimpulannya, dengan kondisi adanya beban akibat tegangan air banjir dan sedimen didapatkan *Safety Factor* (SF) sebesar 10,51. SF tersebut lebih besar dari SF minimum (2,5), sehingga *borepile* aman terhadap beban yang terjadi. Untuk penurunan maksimum yang terjadi adalah 25 mm.

**Perhitungan Momentum Akibat Material dalam Sungai**

Perencanaan momentum yang terjadi pada *borepile* disebabkan oleh tabrakan material batuan dengan ukuran yang besar akibat debit aliran air yang cukup tinggi. Data-data dari material batuan yang direncanakan adalah sebagai berikut:

|                       |                   |   |       |                    |   |     |   |
|-----------------------|-------------------|---|-------|--------------------|---|-----|---|
| Diameter material,    | D <sub>batu</sub> | = | 120   | cm                 | = | 1.2 | m |
| Volume material,      | V                 | = | 0.905 | m <sup>3</sup>     |   |     |   |
| Berat jenis material, | W                 | = | 1.5   | ton/m <sup>3</sup> |   |     |   |
| Massa total material, | m                 | = | 1.36  | ton                |   |     |   |

Selanjutnya untuk perhitungan kecepatan material batuan di dalam air dengan rumus manning dan momentum yang disebabkan adalah sebagai berikut:

|                            |   |   |        |                |
|----------------------------|---|---|--------|----------------|
| Koefisien manning,         | n | = | 0.04   |                |
| Kemiringan dasar saluran,  | S | = | 0.0009 |                |
| Luas penampang basah,      | A | = | 599.14 | m <sup>2</sup> |
| Keliling basah,            | P | = | 155.21 | m              |
| Luas/keliling basah,       | R | = | 3.86   | m              |
| Maka,                      |   |   |        |                |
| Kecepatan material,        | v | = | 1.85   | m/dt           |
| Momentum yang ditimbulkan, | p | = | 2.51   | ton-m/dt       |

#### Perhitungan Daya Dukung Lateral *Borepile*

Dalam perhitungan daya dukung lateral pada *borepile* jembatan digunakan rumus berikut:

$$Hu = \frac{2Mu}{e + 0,55 \sqrt{\frac{Mu}{\gamma d Kp}}}$$

Dimana:

|                              |         |   |       |                |
|------------------------------|---------|---|-------|----------------|
| Sudut geser dalam rata-rata, | $\phi$  | = | 36.17 | ...korelasi    |
| Sudut geser dalam efektif,   | $\phi'$ | = | 24.11 |                |
| Diameter tiang,              | D       | = | 1.5   | m              |
| Kedalaman tiang,             | L       | = | 26    | m              |
| Jarak gaya ke muka tanah,    | e       | = | 3     | m              |
| Koefisien tanah pasif,       | Kp      | = | 2.38  |                |
| Luas penampang tiang,        | A       | = | 1.77  | m <sup>2</sup> |
| Berat jenis tiang,           | Wtiang  | = | 2.50  | ton/m          |
| Berat sendiri tiang,         | q       | = | 4.42  | ton/m          |

|                       |    |   |        |       |
|-----------------------|----|---|--------|-------|
| Momen maksimum tiang, | My | = | 373.46 | ton-m |
|-----------------------|----|---|--------|-------|

Maka didapatkan daya dukung lateral *borepile* adalah sebagai berikut:

$$\text{Tahanan lateral tiang, } H_u = 113.92 \text{ ton}$$

### Kontrol Daya Dukung Lateral *Borepile* terhadap Momentum

Kontrol dilakukan dengan membandingkan daya dukung lateral *borepile* dengan momentum yang terjadi akibat tubrukan dengan material batuan, dimana:

$$\begin{aligned} H_u &> p \\ 113,92 \text{ ton} &> 2,51 \text{ ton} \quad \mathbf{OK!} \end{aligned}$$

### Kedalaman *Scouring* di Dasar *Borepile*

Perhitungan terjadinya *scouring* pada dasar tanah *borepile* menggunakan metode *Froehlich*, dengan rumusan seperti di bawah ini:

$$d_s = 0,32 b K \left( \frac{b'}{b} \right)^{0,02} \left( \frac{y}{b} \right)^{0,46} f_r^{0,2} \left( \frac{b}{D_{50}} \right)^{0,08} + 1,0$$

Dalam rumus di atas, dibutuhkan bilangan Froude, dengan rumusan sebagai berikut:

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| Keterangan :                           | efisien jenis pilar                |
| $d_s$ = kedalaman gerusan (m)          | =1,3 untuk pilar berujung kotak,   |
| $f_r$ = bilangan Froude                | 1,0 untuk pilar bulat dan berujung |
| $y$ = kedalaman aliran (m)             | at, K=0,7 untuk pilar berujung     |
| $b$ = lebar pilar                      | tip).                              |
| $b'$ = $b \cos \theta + l \sin \theta$ |                                    |
| $\theta$ = sudut aliran                |                                    |
| $l$ = panjang pilar (m)                |                                    |
| $D_{50}$ = ukuran butiran (m)          |                                    |

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

Keterangan:

Fr : angka Froude (Froude number)

V : kecepatan aliran

g : percepatan gravitasi

D : kedalaman hidraulik

$$D = \frac{A}{T}$$

A : luas tampang aliran

T : lebar permukaan aliran

Perhitungan kedalaman *scouring* dengan rumusan di atas, disajikan sebagai berikut:

|                           |     |   |        |                   |
|---------------------------|-----|---|--------|-------------------|
| Luas penampang aliran,    | A   | = | 599.14 | m <sup>2</sup>    |
| Lebar permukaan aliran,   | T   | = | 128.24 | m                 |
| Kedalaman hidraulik,      | D   | = | 4.67   | m                 |
| Kecepatan aliran,         | v   | = | 1.83   | m/dt              |
| Percepatan gravitasi,     | g   | = | 9.81   | m/dt <sup>2</sup> |
| Bilangan froude,          | Fr  | = | 0.27   |                   |
| Diameter borepile,        | b   | = | 1.5    | m                 |
| Sudut aliran,             | θ   | = | 0      |                   |
| Diameter efektif,         | b'  | = | 1.5    | m                 |
| Kedalaman aliran,         | y   | = | 6.70   | m                 |
| Koefisien bentuk pilar,   | K   | = | 1      |                   |
| Ukuran butiran lolos 50%, | D50 | = | 0.833  |                   |
| Kedalaman gerusan,        | ds  | = | 1.11   | m                 |

Didapatkan kedalaman *scouring* yang terjadi di bawah masing-masing *borepile* adalah sedalam 1,11 meter.

- **Perhitungan Analisis Kekuatan Profil Baja WF**

**Tegangan Air Pada Profil Baja WF**

Berikut adalah perhitungan tegangan air banjir yang terjadi pada WF:

Perhitungan Tegangan Akibat Air Banjir:

|                               |            |   |                     |                   |       |                   |
|-------------------------------|------------|---|---------------------|-------------------|-------|-------------------|
| Berat volume air,             | $W_{air}$  | = | 10                  | kN/m <sup>3</sup> |       |                   |
| Tinggi muka air banjir,       | $h_B$      | = | 6,70                | m                 |       |                   |
| Tegangan air di muka air,     | $\sigma_a$ | = | $W_{air} \cdot h_0$ | =                 | 0,00  | kN/m <sup>2</sup> |
| Tegangan air di dasar sungai, | $\sigma_b$ | = | $W_{air} \cdot h_B$ | =                 | 67,00 | kN/m <sup>2</sup> |

Beban Merata Akibat Air yang Bekerja Pada

WF:

|  |                  |   |                    |   |      |      |
|--|------------------|---|--------------------|---|------|------|
| Lebar WF,  | $l$              | = | 0,3                | m |      |      |
| Beban merata air yang bekerja pada WF di muka air,     | $\sigma_a$<br>WF | = | $\sigma_a \cdot l$ | = | 0    | kN/m |
| Beban merata air yang bekerja pada WF di dasar sungai, | $\sigma_b$<br>WF | = | $\sigma_b \cdot l$ | = | 20,1 | kN/m |

**Tegangan Sedimen Pada Profil Baja WF**

Perhitungan tegangan akibat sedimen:

|                           |            |   |                 |   |       |                   |
|---------------------------|------------|---|-----------------|---|-------|-------------------|
| Tegangan di ujung atas,   | $\sigma_a$ | = | $W_s \cdot h_0$ | = | 0,00  | kN/m <sup>2</sup> |
| Tegangan di dasar sungai, | $\sigma_b$ | = | $W_s \cdot h_s$ | = | 84,60 | kN/m <sup>2</sup> |

Beban Merata Akibat Sedimen yang Bekerja Pada WF :

|  |                  |   |                |              |
|--|------------------|---|----------------|--------------|
| Lebar WF,  | $l$              | = | 0,3            | m            |
| Beban merata sedimen yang bekerja pada WF di ujung atas,   | $\sigma_a$<br>WF | = | $\sigma_a * l$ | = 0 kN/m     |
| Beban merata sedimen yang bekerja pada WF di dasar sungai, | $\sigma_b$<br>WF | = | $\sigma_b * l$ | = 25,38 kN/m |

### Beban Hanyutan Pada Profil Baja WF

Perhitungan tegangan akibat hanyutan :

SNI 1725 Tahun 2016

|                          |      |   |          |                    |
|--------------------------|------|---|----------|--------------------|
| Debit Banjir             | QB   | = | 1096,56  | m <sup>3</sup> /dt |
| Luas Penampang Sungai,   | A    | = | 599,14   | m <sup>2</sup>     |
| Kecepatan Aliran Sungai, | Vs   | = | 1,83022  | m/dt               |
| Luas Permukaan WF,       | Ap   | = | 2,01     | m <sup>2</sup>     |
| Koefisien Seret,         | Cd   | = | 0,7      |                    |
| Gaya Seret,              | T ef | = | 3,699746 | kN                 |

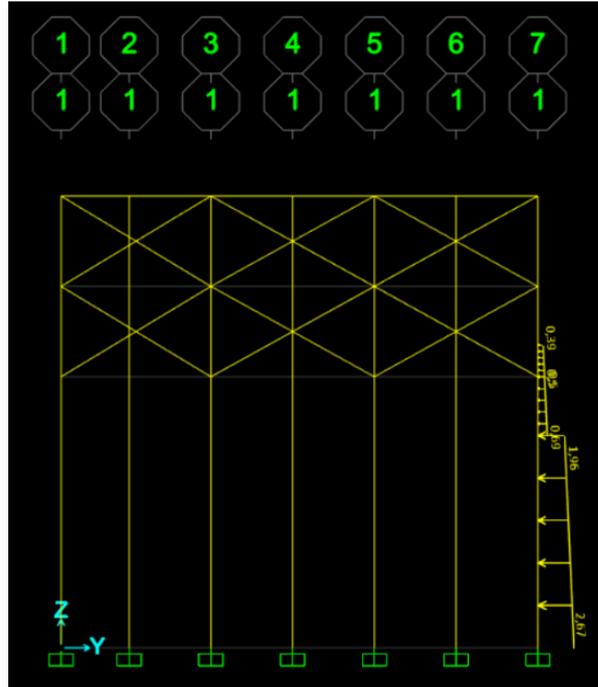
Beban Merata Pada WF Akibat hanyutan :

|                                       |          |   |          |      |
|---------------------------------------|----------|---|----------|------|
| Beban Merata akibat hanyutan pada WF, | T ef * l | = | 7,855087 | kN/m |
|---------------------------------------|----------|---|----------|------|

Setiap beban yang di-*input* dibagi 3 terlebih dahulu, karena terdapat 3 pile yang terkena beban.

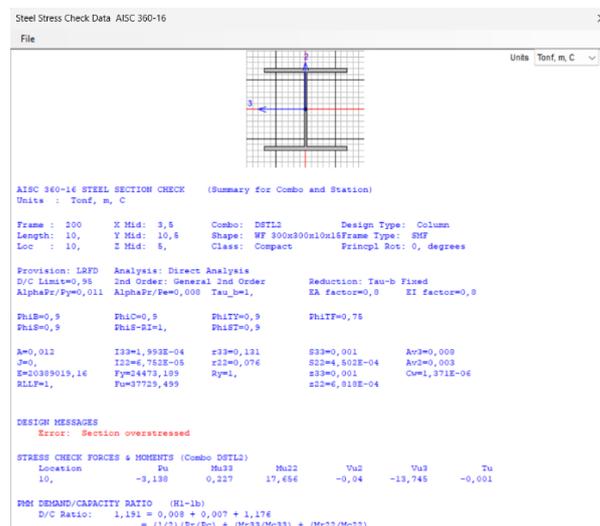
### Kontrol Kekuatan WF Menggunakan SAP2000

Dari input pemodelan WF dengan menerapkan beban air, sedimen, dan hanyutan pada baris paling depan susunan WF diperoleh hasil analisis sebagai berikut :



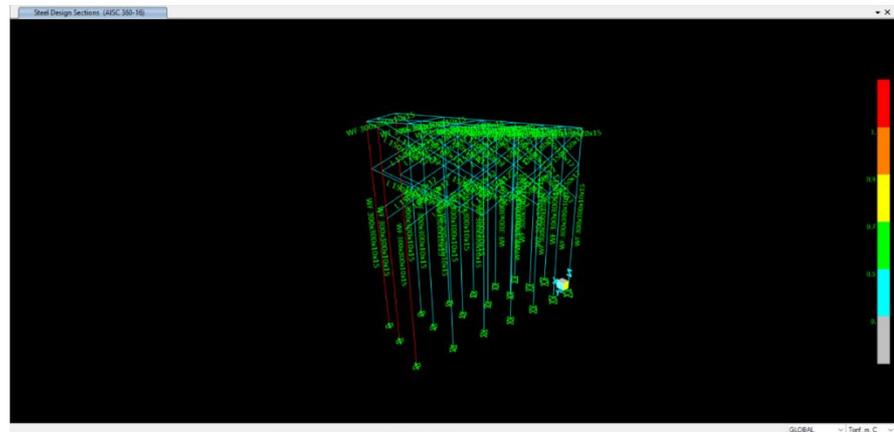
Gambar 3. 17 Diagram Tegangan pada WF

Diperoleh nilai *moment ratio* paling besar bernilai 1,191 yang berarti WF mengalami *overstressed*.

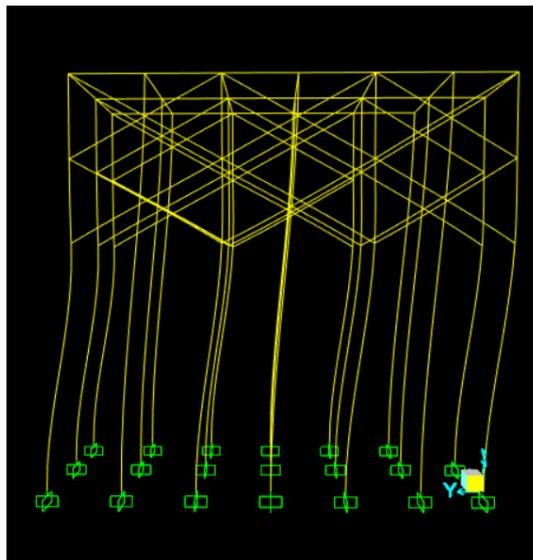


Gambar 3. 18 Hasil Analisis Salah Satu WF Menggunakan SAP2000

Baris terdepan WF pada jembatan akses tidak mampu menahan



Gambar 3. 19 Hasil Analisis Semua WF Menggunakan SAP2000



Gambar 3. 20 *Deformed Shape* yang Terjadi pada WF

### 3.3.3 Kesimpulan

- **Analisis Kekuatan Steel Sheet Pile (SSP)**

Sesuai perhitungan analisis kekuatan *Steel Sheet Pile* pada sub-bab sebelumnya, diperoleh hasil *section modulus* akibat momen maksimum lebih besar dari pada *section modulus* spesifikasi SSP yang dipakai. Maka dari itu disarankan beberapa perbaikan yang dapat dilakukan, yaitu sebagai berikut :

1. Penggantian SSP eksisting di lapangan dengan ukuran yang lebih panjang (minimal 22 m).
2. Penggantian SSP eksisting di lapangan dengan profil penampang yang lebih besar agar mampu menahan momen maksimum yang terjadi. Tipe SSP yang disarankan adalah NS-SP-10H+HY (S = 19970 cm<sup>3</sup>).
3. Menambahkan *bracing* H beam (300x300) sebanyak 3 baris di sisi dalam SSP.
4. Pemancangan SSP dilakukan minimal sedalam 14,31 m dari dasar sungai.

- **Analisis Stabilitas Borepile**

Setelah dilakukan analisis perhitungan kerusakan yang terjadi pada *borepile* diidentifikasi bahwa dasar sungai pada *borepile* mengalami *scouring*. Identifikasi tersebut berdasarkan perhitungan di bawah ini:

Perhitungan kedalaman *scouring* dengan menggunakan metode *Froehlich*, disajikan sebagai berikut:

|                           |          |   |        |                   |
|---------------------------|----------|---|--------|-------------------|
| Luas penampang aliran,    | A        | = | 599.14 | m <sup>2</sup>    |
| Lebar permukaan aliran,   | T        | = | 128.24 | m                 |
| Kedalaman hidraulik,      | D        | = | 4.67   | m                 |
| Kecepatan aliran,         | v        | = | 1.83   | m/dt              |
| Percepatan gravitasi,     | g        | = | 9.81   | m/dt <sup>2</sup> |
| Bilangan froude,          | Fr       | = | 0.27   |                   |
| Diameter borepile,        | b        | = | 1.5    | m                 |
| Sudut aliran,             | $\theta$ | = | 0      |                   |
| Diameter efektif,         | b'       | = | 1.5    | m                 |
| Kedalaman aliran,         | y        | = | 6.70   | m                 |
| Koefisien bentuk pilar,   | K        | = | 1      |                   |
| Ukuran butiran lolos 50%, | D50      | = | 0.833  |                   |
| Kedalaman gerusan,        | ds       | = | 1.11   | m                 |

Didapatkan kedalaman *scouring* yang terjadi di bawah masing-masing *borepile* adalah sedalam 1,11 meter.

Berdasarkan analisis kerusakan yang terjadi pada *borepile*, maka didapatkan saran perbaikan sebagai berikut:

1. Penambahan *casing plate* pada *borepile* setinggi *scouring* yang terjadi (1,11m).

Dengan saran perbaikan di atas, risiko kerusakan/penurunan *borepile* akibat *scouring* dapat diminimalisir. Karena yang semula terdapat permukaan beton *borepile* setinggi 1,11 m yang terekspos akibat *scouring* dan berisiko tergerus oleh aliran air, maka sudah tidak akan terjadi lagi. Permukaan beton yang terekspos tersebut sudah tertutup oleh *casing plate*.

- **Analisis Kekuatan Profil Baja WF**

Setelah dilakukan analisis kekuatan WF menggunakan aplikasi SAP2000, dapat disimpulkan bahwa barisan WF yang terpancang di posisi paling depan mengalami *overstress* apabila terkena beban air banjir, sedimentasi, dan hanyutan.

Kerusakan yang terjadi pada WF tersebut terjadi karena rasio dari tegangan yang terjadi terhadap tegangan izin bernilai lebih dari 1. Dari perhitungan SAP2000 diperoleh rasio sebesar 1,191.

Berdasarkan analisis kerusakan yang terjadi pada WF, maka didapatkan saran perbaikan sebagai berikut :

1. Melakukan penggantian profil baja WF dengan menggunakan *Steel Pipe Pile* (SPP) dengan diameter 310 mm dan tebal 12 mm.

Dengan melakukan perbaikan di atas, akan didapatkan rasio tegangan yang terjadi terhadap tegangan izin bernilai kurang dari 1, yaitu 0,578. Sehingga, barisan SPP yang berada di posisi paling depan dapat menahan total beban (beban air banjir, sedimen, dan hanyutan)

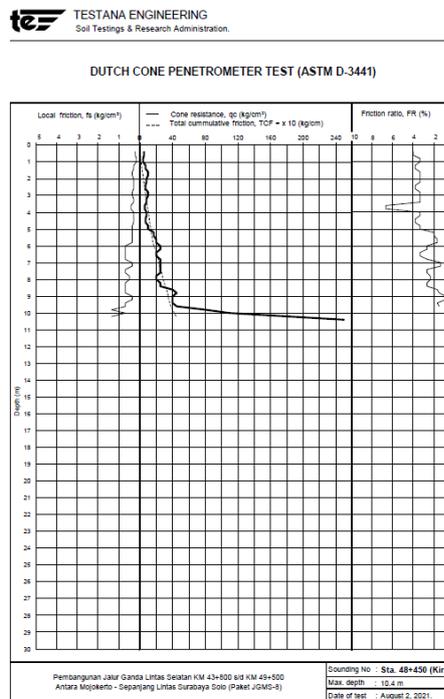
## BAB IV HAL MENARIK DAN PENYELESAIANNYA

### 4.1 Pemilihan Alternatif Perkuatan tanah

#### 4.1.1 Hal Menarik pada Pemilihan Alternatif Perkuatan tanah

Berdasarkan hasil uji sondir di sepanjang ruas proyek pembangunan jalur ganda KA Mojokerto – Sepanjang ini, menunjukkan bahwa proyek ini dilakukan di atas tanah lunak sedalam 5 – 12 m. Utamanya pada ruas KM. 48+400 s.d 49+500 yang memiliki timbunan setinggi 4 – 6 m. Sehingga perlu direncanakan metode perkuatan tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah asli dan meminimalisasi pemampatan yang akan terjadi.

Pada awalnya, metode perkuatan tanah yang akan digunakan adalah penggalian tanah asli sedalam 1 m, pemancangan *mini pile* sedalam 5 m berjarak 0,5 m, perkuatan tanah berbutir dibungkus geotekstil, dan penggunaan tanah pilihan sebagai timbunan. Namun, setelah dilakukan perhitungan volume dan RAB, didapatkan nominal yang sangat besar. Hal tersebut mendorong pihak kontraktor untuk merencanakan alternatif yang lebih efisien dalam aspek biaya.



Gambar 4. 1 Contoh Hasil Uji Sondir pada Ruas KM. 48+400 s.d 49+500

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*

#### 4.1.2 Penyelesaian

Mendapati permasalahan di atas, pihak kontraktor didampingi konsultan pengawas memiliki dua alternatif pilihan. Alternatif pertama adalah mengganti *mini pile* menggunakan cerucuk bambu. Sedangkan alternatif kedua adalah mengganti *mini pile* menggunakan rel tipe R33 bekas dari pihak *owner*. Setelah dilakukan analisis perhitungan *safety factor*, alternatif kedua adalah alternatif yang memenuhi persyaratan  $SF > 1,5$ . Ditambah, penggunaan pemancangan rel tipe R33 bekas sedalam 5 m dengan jarak 0,5 m masih dapat dioptimasi dengan merubah jarak menjadi 1 m.



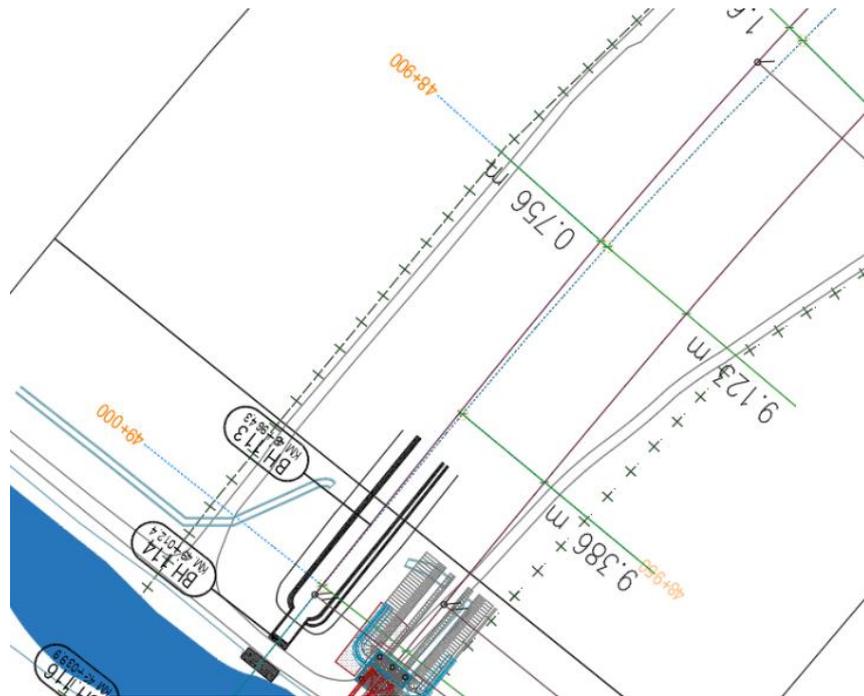
Gambar 4. 2 Pemancangan Rel Bekas sebagai Perkuatan Tanah

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*

## 4.2 Perencanaan Perkuatan tanah dan Perkuatan Lereng

### 4.2.1 Hal Menarik pada Perkuatan tanah dan Perkuatan Lereng

Pada pekerjaan jalur ganda KA Mojokerto – Sepanjang ini berada di atas tanah lunak sedalam 5 – 12 m di bawah muka tanah asli (berdasarkan hasil uji sondir), sehingga diperlukan perbaikan dan perkuatan tanah. Utamanya pada ruas dengan timbunan yang cukup tinggi, yakni ruas KM. 48+900 s.d 49+000 yang memiliki tinggi timbunan 3 – 6 m. Ditambah lagi pada ruas KM tersebut kemiringan timbunan harus disesuaikan, akibat jarak area proyek ke pemukiman yang terlalu dekat.



Gambar 4. 3 Tampak Atas KM. 48+900 s/d 49+000

Sumber : PT WIKA-NTL KSO

#### 4.2.2 Penyelesaian

Pada awalnya KM. 48+900 s/d KM. 49+000, dilakukan metode perkuatan tanah dasar yang sama dengan ruas lainnya, yakni menggunakan pancang rel R33 bekas dengan kedalaman 5 meter berjarak 1 meter, tanah berbutir dibungkus geotekstil dan timbunan tanah pilihan. Namun, dari hasil pemodelan yang dilakukan dengan aplikasi Plaxis, diketahui adanya *sliding* pada struktur timbunan pilihan serta adanya *clash* antara ujung timbunan bawah dengan area pemukiman warga, sehingga diperlukan perencanaan alternatif perkuatan tanah dan perkuatan lereng.

Perkuatan tanah dan perkuatan lereng yang akan direncanakan adalah menggunakan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP). CCSP dipilih karena kondisi tanah timbunan pilihan yang tinggi (4,2 meter) serta jarak ROW yang terlalu dekat. Tipe CCSP yang digunakan sebagai perkuatan tanah adalah W – 325 A dengan Panjang 12 m. Berdasarkan hasil pemodelan pada aplikasi Plaxis, diperoleh nilai SF (*safety factor*) perkuatan penahan tanah timbunan menggunakan CCSP W – 325 A sebesar 1,534. Nilai SF yang diperoleh telah memenuhi syarat yaitu  $SF > 1,5$  (PM Tahun 2012).

### **4.3 Metode Pelaksanaan *Erection* Jembatan Kereta Api**

#### **4.3.1 Hal Menarik pada Pelaksanaan *Erection* Jembatan Kereta Api**

Jembatan kereta api yang dibangun pada Proyek Jembatan KA Mojokerto – Sepanjang ini berjenis *Welded Through Truss*. Proses pekerjaan Jembatan KA terdiri mulai dari pemasangan jug penyetelan, pekerjaan erection konstruksi baja, *setting chamber*, *impact baut*, *setting* andas atau perletakan, *grouting* andas, pemasangan bantalan kayu dan rel, dan pengelasan rel dengan las Thermit. Pekerjaan *erection* jembatan dilakukan setelah jug penyetelan telah dipasang dan dipastikan kokoh untuk menopang jembatan. Satu per satu batang disusun sesuai dengan urutan dan penempatannya mengacu pada desain. Mulai dari *lower chord*, *floorbeam*, *stringer*, dan *main girder*. Pada proses *erection*, penegencangan baut sementara sebesar 40% dari rencana.

Pada rencana awal, pelaksanaan pekerjaan *erection* ini dilakukan dari satu arah yaitu dari KM. 49+000 s.d KM 49+250. Namun, karena terjadi penundaan pekerjaan-pekerjaan struktur bawah jembatan akibat debit sungai yang besar, maka perlu dilakukan perubahan metode kerja agar pekerjaan jembatan tetap dapat selesai tepat waktu.

#### **4.3.2 Penyelesaian**

Menanggapi masalah tersebut, pihak konsultan pengawas menyarankan untuk melakukan pekerjaan *erection* jembatan KA dilakukan dari 2 arah yaitu dari KM. 49+000 dan 49+250 mengarah ke tengah bentang. Pekerjaan *erection* dari KM. 49+000 dilakukan melalui jembatan akses yang sebelumnya telah dibangun, sedangkan pekerjaan *erection* dari arah KM. 49+250 dilakukan melalui timbunan *boulder* dan tanah pilihan. Sebagai catatan, pekerjaan *erection* pada KM.49+250 tidak dapat dilakukan di atas jembatan akses, karena *erection* jembatan akses pun terbatas/terhalang oleh debit sungai yang besar. Hal ini dilakukan untuk mempersingkat waktu pekerjaan *erection* jembatan KA tersebut. Sehingga, proses pengerjaan tetap sesuai waktu rencana yang sudah dibuat.



Gambar 4. 4 Pekerjaan Erection Jembatan KA dari KM. 49+000

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 4. 5 Pekerjaan Erection Jembatan KA dari KM. 49+250

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*

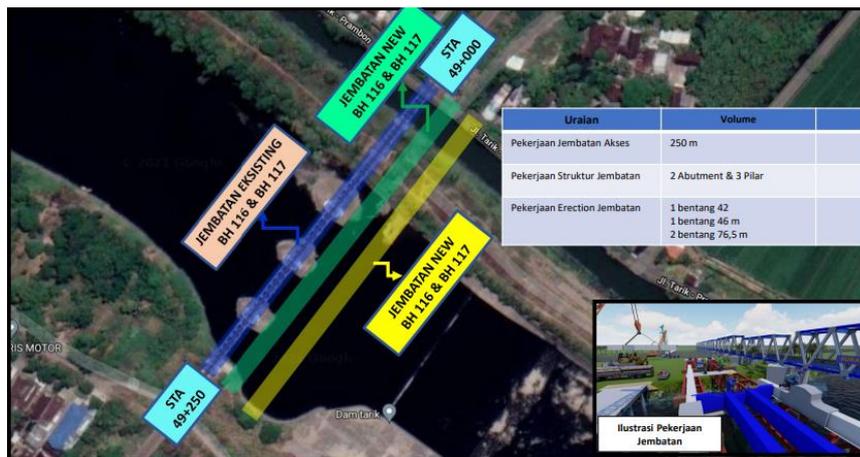
#### **4.4 Pelaksanaan Konstruksi Struktur Bawah Jembatan**

##### **4.4.1 Hal Menarik pada Pelaksanaan Konstruksi Bawah Jembatan**

Proses pengerjaan struktur bawah Jembatan KA Mojokerto – Sepanjang ini, dilakukan dengan menggunakan jembatan akses. Jembatan akses dibuat terbentang melintasi Sungai Brantas dan berfungsi sebagai jalur

beroperasinya alat berat serta pekerja agar dapat mengerjakan Pilar 2 dan 3 yang berada di tengah sungai.

Pada awalnya, jembatan akses akan dibuat melintasi Sungai Brantas dan pengerjaan struktur bawah jembatan dilakukan mulai dari KM. 49+050 hingga KM. 49+250. Namun, karena debit air sungai yang besar menyebabkan pekerjaan pilar harus ditunda. Sehingga, harus dilakukan perubahan metode pekerjaan struktur bawah jembatan.



Gambar 4. 6 Siteplan Lokasi Pekerjaan Jembatan KA

Sumber : PT WIKA-NTL KSO

#### 4.4.2 Penyelesaian

Untuk mempersingkat waktu karena terjadi masalah yang terjadi di luar dugaan, pihak pengawas menyarankan pekerjaan struktur bawah Jembatan KA Mojokerto – Sepanjang dikerjakan dari dua arah secara bersamaan, yaitu dari KM. 49+000 ke tengah bentang untuk Pilar 2 dan KM. 49+250 ke tengah bentang untuk Pilar 3. Pekerjaan struktur bawah jembatan KA KM. 49+000 Pilar 2 memanfaatkan jembatan akses sebagai metode kerja, sedangkan untuk pekerjaan struktur bawah jembatan KA KM. 49+250 Pilar 3 menggunakan timbunan *boulder* dan tanah pilihan sebagai sarana kerja.

## BAB V DOKUMENTASI KEGIATAN

### 5.1 Kegiatan pada Area Pekerjaan *Railway Track*

Pekerjaan yang sedang berlangsung terkait area *railway track* pada saat kerja praktik sedang berlangsung adalah pekerjaan perkuatan tanah, sub ballast dan ballast. Dokumentasi terkait pekerjaan-pekerjaan tersebut disajikan di bawah ini.

Pekerjaan perkuatan tanah sendiri dibagi menjadi beberapa pekerjaan seperti yang sudah dijelaskan pada Bab II, dimana meliputi pemancangan rel, timbunan tanah berbutir dibungkus geotekstil dan timbunan tanah pilihan, adapun dokumentasinya adalah sebagai berikut:



Gambar 5. 1 Pekerjaan Marking Pancang Rel untuk Perkuatan Tanah

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 2 Pekerjaan Pematangan Pancang Rel

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 3 Pekerjaan Pemancangan Rel

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 4 Kondisi Pancang Rel di Lapangan

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 5 Penggelaran Geotekstil

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 6 Mobilisasi Material Tanah Berbutir Menggunakan *Dump Truck*

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 7 Perataan Material Tanah Berbutir Menggunakan *Bulldozer*

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 8 Penyiraman Air pada Material Tanah Berbutir

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 9 Pemadatan Material Tanah Berbutir

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 10 Penjahitan Geotekstil

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 11 Mobilisasi Material Tanah Pilihan

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 12 Perataan Material Tanah Timbunan

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 13 Pemasatan Material Tanah Timbunan

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*



Gambar 5. 14 Penyesuaian *Slope* Timbunan Menggunakan *Excavator*

*Sumber : PT WIKA-NTL KSO*

Pada area dekat abutmen 1 terjadi penyempitan lahan untuk area timbunan, hal tersebut dikarenakan ada pemukiman warga di sebelah kiri abutment 1. Karena hal tersebut, digunakan perkuatan lereng timbunan berupa *Corugated Concrete Sheet Pile*. Berikut adalah dokumentasi yang diambil di lapangan:



Gambar 5. 15 Pemancangan CCSP di Lapangan



Gambar 5. 16 Pembobokan CCSP



Gambar 5. 17 Penulangan dan Pemasangan Bekisting Pilecap CCSP



Gambar 5. 18 Pengecoran Pilecap CCSP

## 5.2 Kegiatan pada Area Pekerjaan Jembatan Kereta Api

Pekerjaan pada area konstruksi jembatan kereta api ketika proses kerja praktik sedang berlangsung meliputi pekerjaan jembatan dan timbunan batu boulder sebagai aksesibilitas pekerja, material dan alat berat, pekerjaan *erection* jembatan dan pekerjaan struktur bawah jembatan. Dokumentasi-dokumentasi dari pekerjaan tersebut disajikan di bawah ini.

Pekerjaan jembatan dan timbunan akses meliputi sub-sub pekerja pula, yakni pemancangan *Steel Pipe Pile/H-beam*, pemotongan dan pengelasan *Steel Pipe Pile/H-beam*. Berikut adalah dokumentasi di lapangannya:



Gambar 5. 19 Kondisi Jembatan Akses



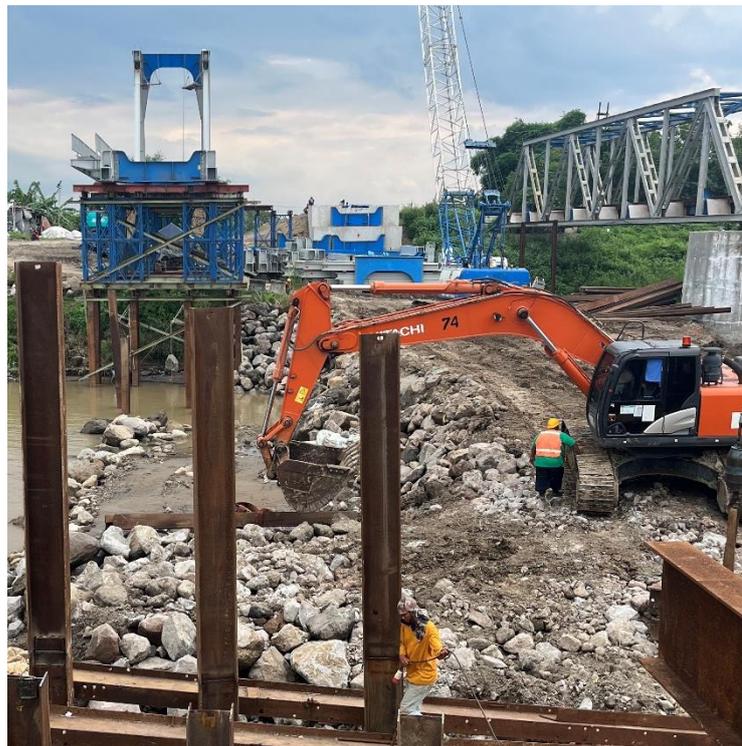
Gambar 5. 20 Kondisi Timbunan Akses



Gambar 5. 21 Pengelasan H-beam



Gambar 5. 22 Pemotongan H-beam

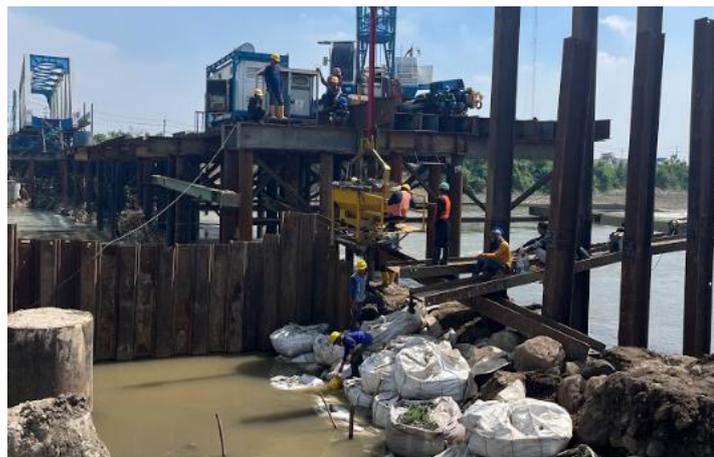


Gambar 5. 23 Perataan Timbunan Batu *Boulder*

Selanjutnya adalah pekerjaan struktur bawah jembatan kereta api, meliputi pekerjaan konstruksi *footing* dan badan pier P-3. Adapun dokumentasinya adalah sebagai berikut:



Gambar 5. 24 *Pemancangan Steel Sheet Pile untuk Membendung Air*



Gambar 5. 25 *Penutupan Aliran Air Menggunakan Tanah Berlumpur*



Gambar 5. 26 *Dewatering Area P-3*



Gambar 5. 27 *Pembobokan Borepile P-3*



Gambar 5. 28 *Pembesian Footing Pier P-3*



Gambar 5. 29 Pemasangan Bekisting *Footing* Pier P-3



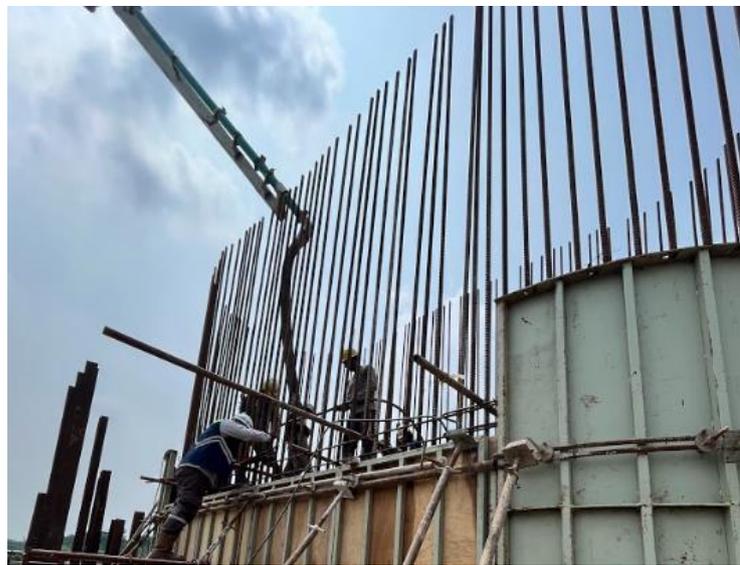
Gambar 5. 30 Pengecoran *Footing* Pier P-3



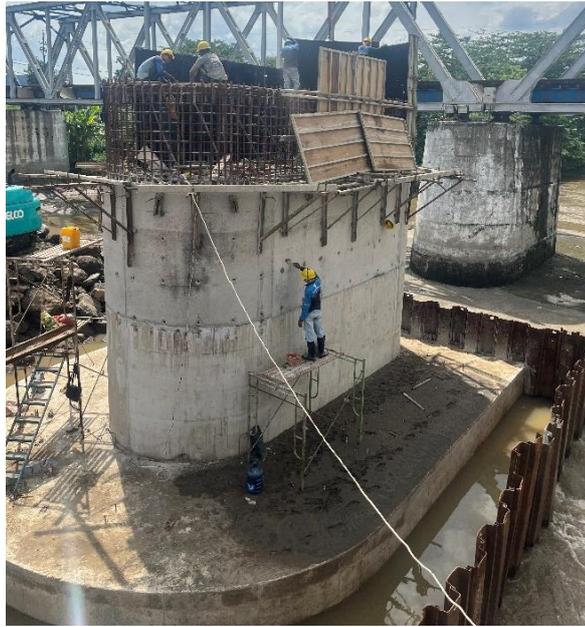
Gambar 5. 31 Pembesian Badan Pier P-3



Gambar 5. 32 Pemasangan Bekisting Badan Pier P-3



Gambar 5. 33 Pengecoran Badan Pier P-3



Gambar 5. 34 Hasil Pengecoran *Footing* dan Badan Pier P-3



Gambar 5. 35 Produk Lem Beton yang Digunakan



Gambar 5. 36 Produk Pelapis Bekisting yang Digunakan



Gambar 5. 37 *Truck Mixer*



Gambar 5. 38 *Concrete Pump*



Gambar 5. 39 Kerucut Abram untuk Uji Slump Beton Pier



Gambar 5. 40 Proses Uji Slump Beton Pier

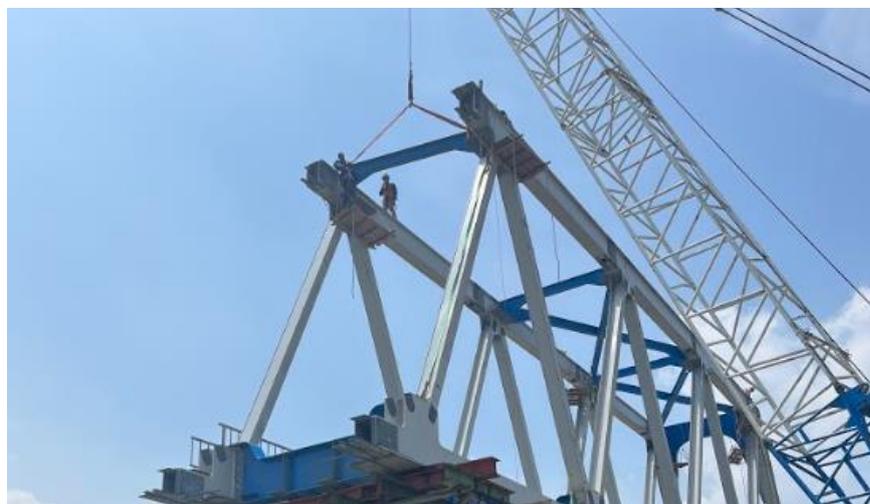


Gambar 5. 41 Hasil Uji Slump Beton Pier

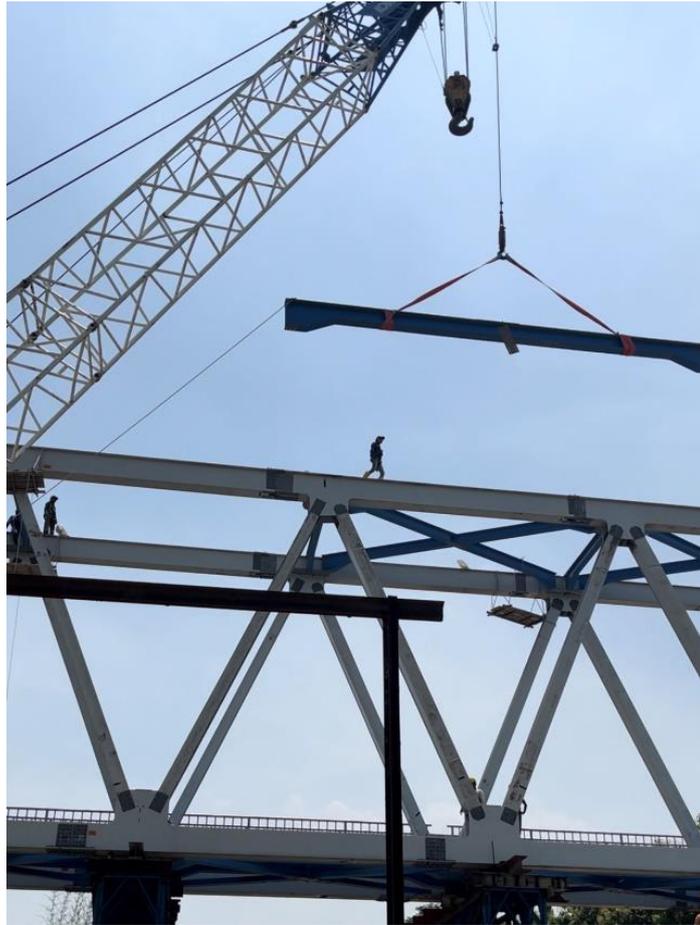
Berikutnya adalah pekerjaan *erection* jembatan, dimana meliputi pekerjaan pemasangan jug penyetelan dan *erection* rangka batang jembatan. Berikut adalah dokumentasi dari pekerjaan tersebut:



Gambar 5. 42 Pemasangan Jug Penyetelan



Gambar 5. 43 *Erection* Rangka Batang Jembatan



Gambar 5. 44 Pengangkutan Rangka Batang Jembatan



Gambar 5. 45 Kondisi Jembatan KA yang Telah Ter-erection



Gambar 5. 46 Rangka Batang Jembatan

### 5.3 Kegiatan pada Area Pekerjaan Lainnya

Pada Sub Bab ini akan disajikan dokumentasi-dokumentasi terkait pekerjaan konstruksi di luar area *railway track* dan jembatan KA, serta kegiatan-kegiatan yang dilakukan penulis selama menjalani kegiatan kerja praktik. Berikut adalah dokumentasi-dokumentasi tersebut:



Gambar 5. 47 Pemasangan Bekisting *Rigid Pavement*



Gambar 5. 48 Pembesian *Rigid Pavement*



Gambar 5. 49 Pengecoran *Rigid Pavement*



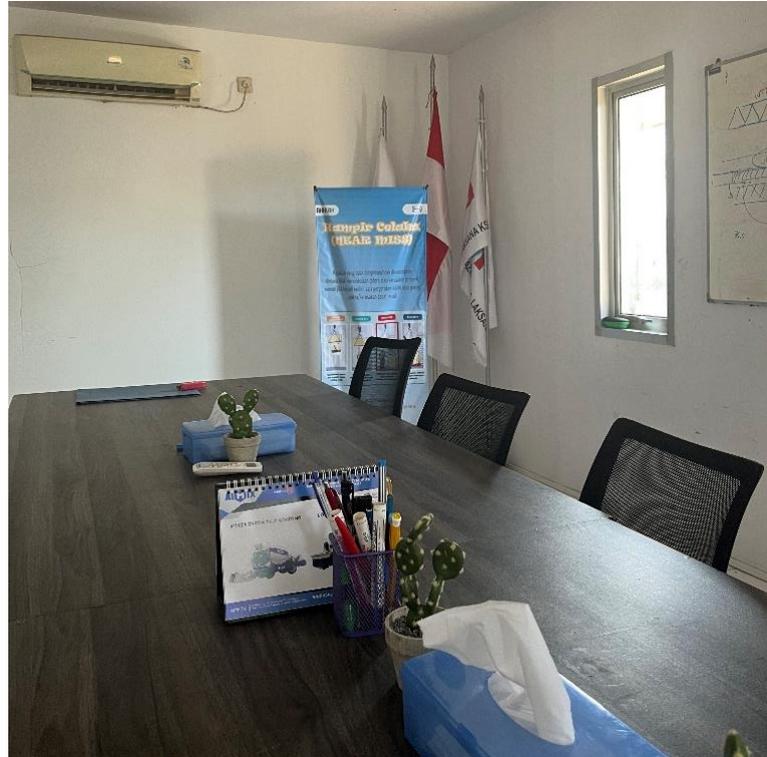
Gambar 5. 50 Pengujian Kuat Tekan Beton *Rigid Pavement*



Gambar 5. 51 Hasil Uji Kuat Tekan Beton *Rigid Pavement*

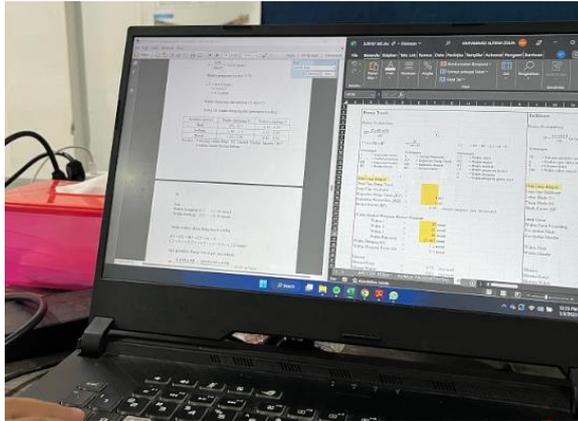


Gambar 5. 52 Kantor Proyek PT. Wijaya Karya

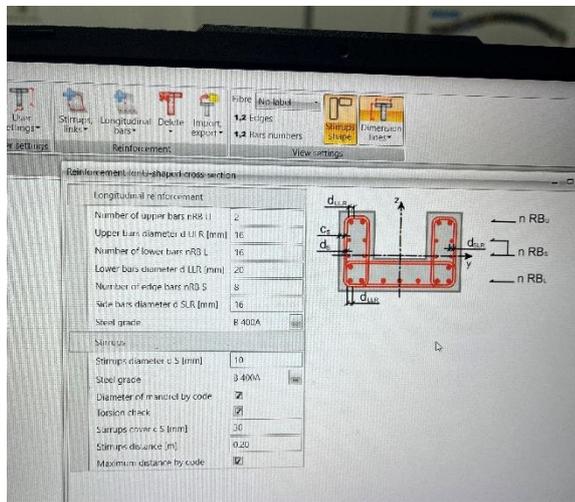


Gambar 5. 53 Direksi Keet Proyek

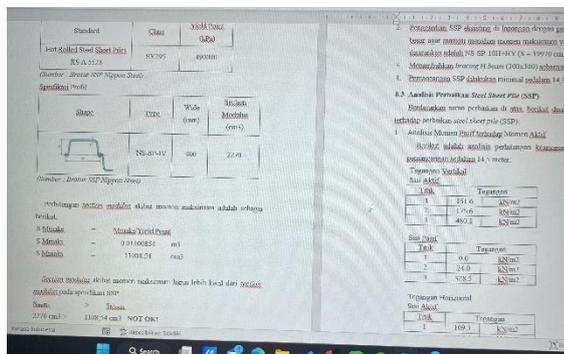




Gambar 5. 57 Pengerjaan Tugas 1



Gambar 5. 58 Pengerjaan Tugas 2



Gambar 5. 59 Pengerjaan Tugas 3



Gambar 5. 60 Dokumentasi Penulis di Lapangan 1



Gambar 5. 61 Dokumentasi Penulis di Lapangan 2



Gambar 5. 62 Foto Bersama dengan Pembimbing Lapangan PT. Wijaya Karya

## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **6.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan kegiatan kerja praktik pada Proyek Pembangunan Jalur Ganda KA Mojokerto – Sepanjang selama 2 bulan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan berikut:

1. Pelaksanaan Proyek Pembangunan Jalur Ganda KA Mojokerto – Sepanjang memakan waktu yang cukup lama karena banyaknya lingkup pekerjaan dan adanya faktor eksternal yang cukup mempengaruhi pelaksanaan proyek.
2. Lingkup pekerjaan pada proyek ini meliputi pekerjaan pembangunan Stasiun Tarik, pembangunan rel kereta sepanjang 5,7 km, dan pembangunan jembatan rel kereta dengan bentang 250 m.
3. Faktor eksternal yang cukup mempengaruhi pelaksanaan pada proyek ini adalah faktor alami pada sungai. Dimana selama pekerjaan struktur bawah jembatan berlangsung, debit aliran air sungai cukup tinggi dengan rentang waktu yang cukup lama.
4. Permasalahan di atas cukup berpengaruh banyak terhadap performa dan kinerja PT. WIKA – NTL KSO dalam menjalankan proyek. Hal tersebut di karenakan terjadinya kemunduran jadwal pekerjaan hingga membengkaknya dana yang dikeluarkan.
5. PT. WIKA – NTL KSO bersama dengan pihak konsultan pengawas telah berupaya menerapkan berbagai macam inovasi dan solusi sebagai bentuk penyelesaian masalah yang dihadapi, sehingga proyek ini tetap berjalan *on track* sesuai dengan kontrak yang telah disepakati.
6. Inovasi dan solusi tersebut meliputi, penggantian metode perkuatan tanah yang semula direncanakan menggunakan *mini pile* menjadi rel kereta bekas dari pihak *owner*, serta perubahan metode pelaksanaan jembatan kereta api yang semula direncanakan dari satu arah menjadi dua arah.
7. Selain mengamati dan mengikuti serangkaian kegiatan di area proyek, secara garis besar terdapat dua tugas yang kami kerjakan, yakni perhitungan volume sedimen, dan pekerjaan tanah untuk keperluan *claim*, dan analisis kekuatan struktur pendukung di lapangan terhadap debit rencana aliran sungai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, H. B. (2021, 10 22). *Begini Progres Terbaru Double Track Jawa Selatan Senilai Rp 12 Triliun*. Diambil kembali dari Kompas.com: <https://www.kompas.com/properti/read/2021/10/22/143000621/begini-progres-terbaru-double-track-jawa-selatan-senilai-rp-12-triliun>
- Kementerian Perhubungan RI. (2019, Februari 2). *MODA TRANSPORTASI KERETA API, MODA ANGKUTAN UMUM MASSAL PILIHAN DI PERKOTAAN*. Diambil kembali dari Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perkeretaapian: <https://djka.dephub.go.id/moda-transportasi-kereta-api-moda-angkutan-umum-massal-pilihan-di-perkotaan-1>
- Kementerian Perhubungan RI. (2020, November 4). *Jalur Ganda KA Lintas Selatan Percepat Mobilisasi Angkutan Orang dan Barang*. Diambil kembali dari Liputan Khusus Kementerian Perhubungan RI: <https://dephub.go.id/post/read/jalur-ganda-ka-lintas-selatan-percepat-mobilisasi-angkutan-orang-dan-barang>
- Kementerian Perhubungan RI. (2022, Februari 22). *Membangun Jaringan Transportasi KA Luar Jawa*. Diambil kembali dari Liputan Khusus Kementerian Perhubungan RI: <https://dephub.go.id/post/read/membangun-jaringan-transportasi-ka-luar-jawa>
- PT. KAI. (2022, Juli 19). *Volume Pelanggan Kereta Api Naik 42% pada Semester I 2022*. Diambil kembali dari Siaran Pern PT. KAI: [https://www.kai.id/information/full\\_news/5379-volume-pelanggan-kereta-api-naik-42-pada-semester-i-2022](https://www.kai.id/information/full_news/5379-volume-pelanggan-kereta-api-naik-42-pada-semester-i-2022)