

BAB 4

PENGOLAHAN DATA

4.1 Data Penelitian

4.1.1 Lokasi Penelitian

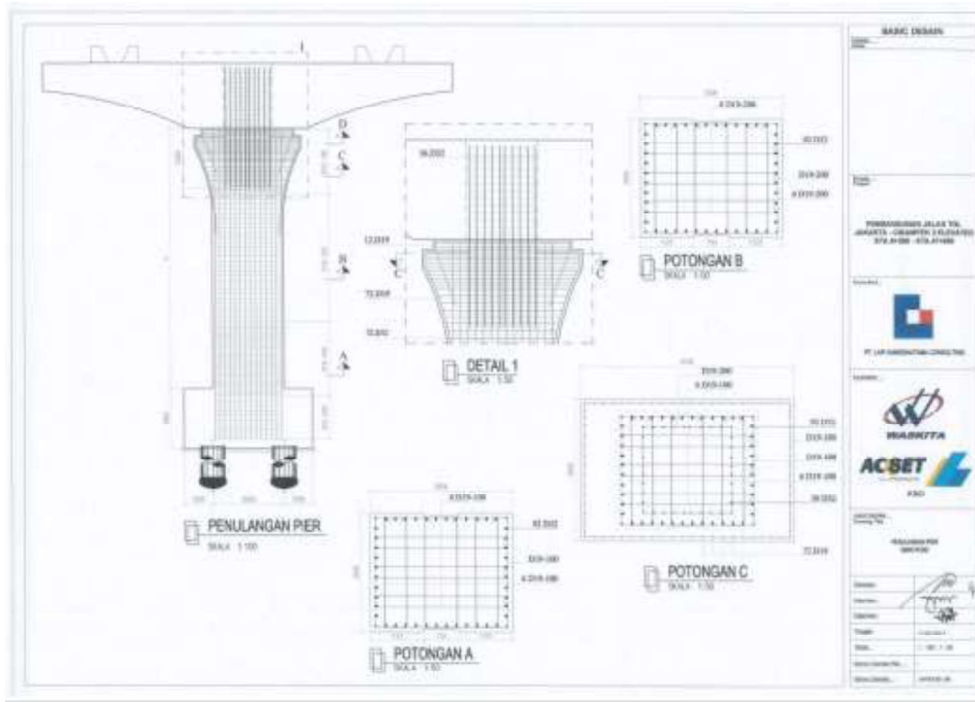
Lokasi penelitian kali ini bertepatan di Proyek Jalan Layang Syekh Mohammed Bin Zayed (MBZ) atau yang sebelumnya dikenal dengan Proyek Tol Jakarta Cikampek II. Jalan Layang MBZ sendiri membentang dari Cikunir hingga Karawang sepanjang 36,4 km. Titik penelitian untuk gambar *detail engineering design* (DED) yang dipilih adalah *longspan* tiga segmen dengan bentang 70 m – 120 m – 70 m yang melintas diatas Jembatan *Grand Wisata* Bekasi yang ditunjukkan pada Gambar 4.1



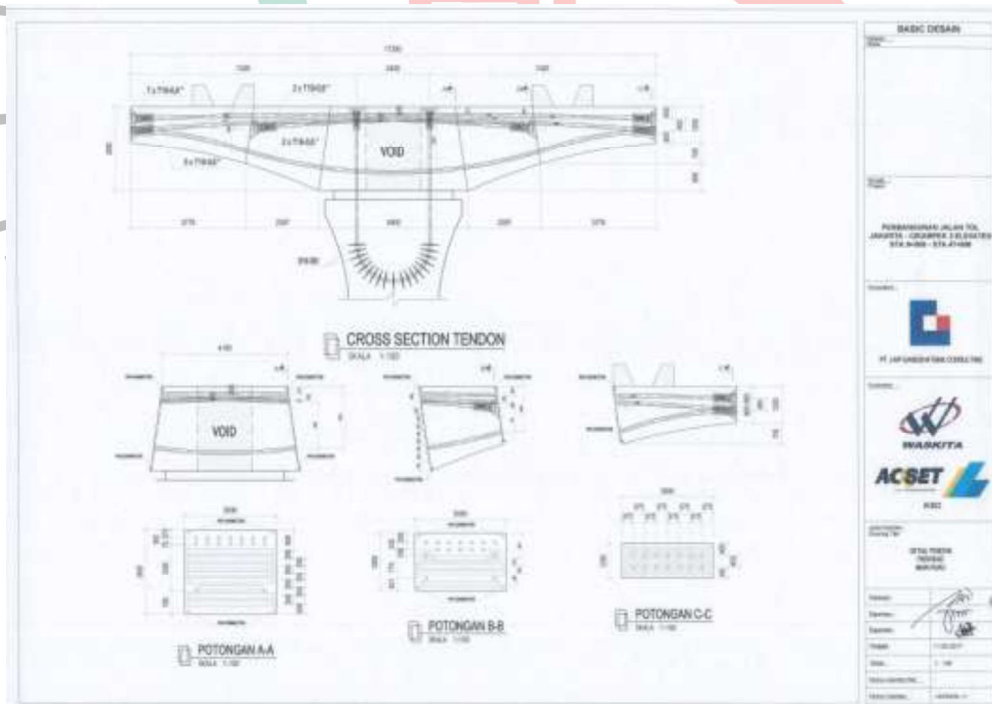
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian (google maps)

4.1.2 Gambar kerja *Basic Design*

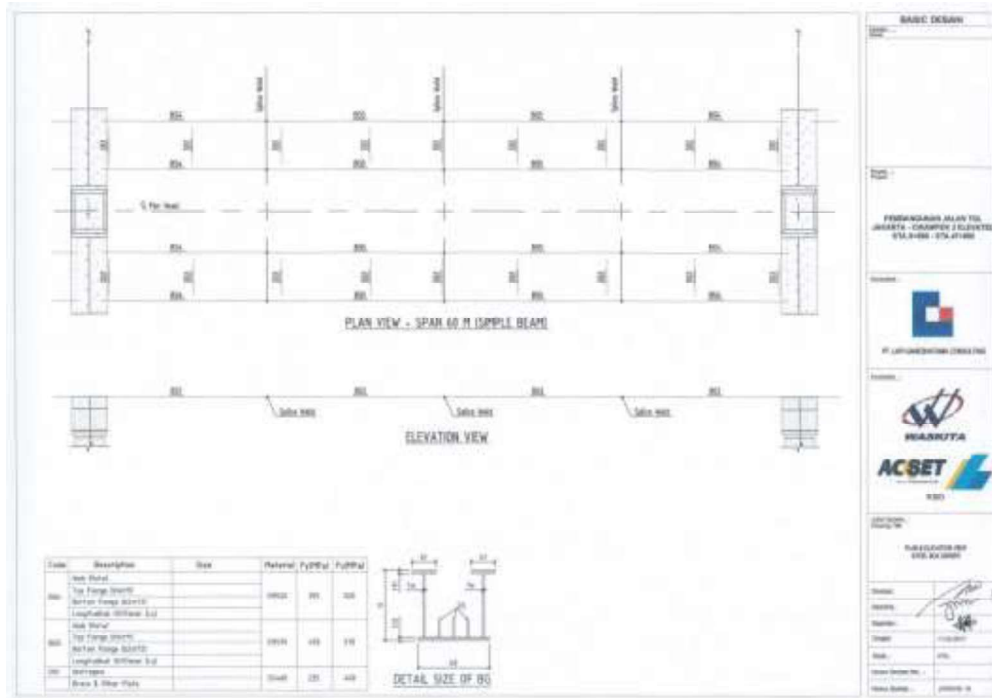
Gambar kerja basic design merupakan salah satu data yang akan digunakan untuk menghitung biaya pada basic design. Gambar kerja meliputi kolom, *pierhead*, *steel box girder* dengan satu segmen bentang 60 m serta pelat lantai kendaraan yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 hingga Gambar gambar 4.5



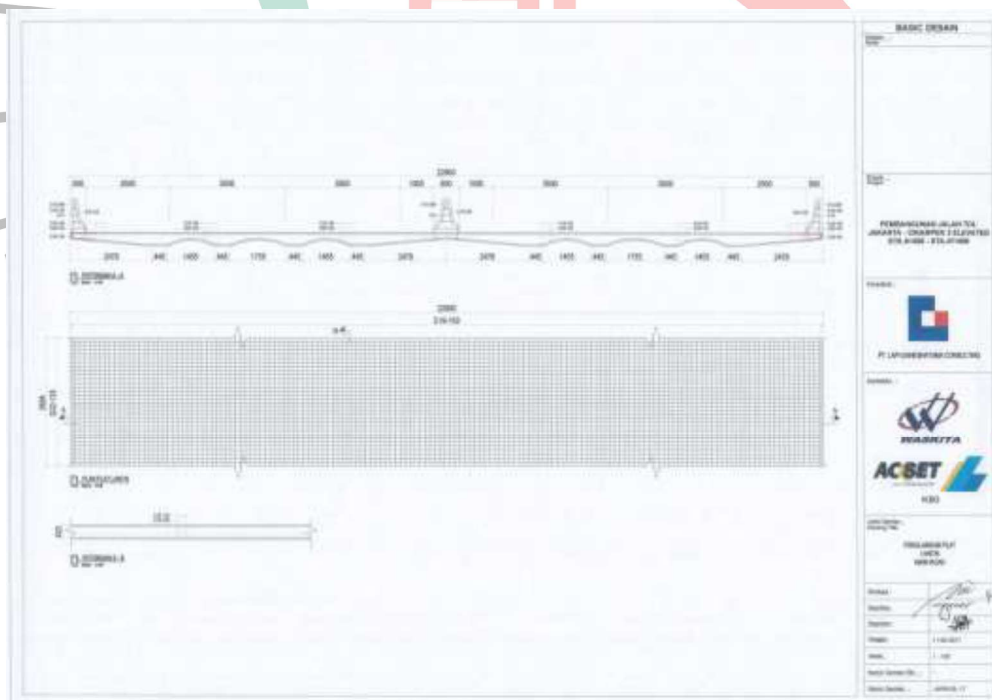
Gambar 4. 2 Penulangan Kolom Basic design (Proyek MBZ)



Gambar 4. 3 Pierhead Basic Design (Proyek MBZ)



Gambar 4. 4 Steel Box girder Basic Design (Proyek MBZ)

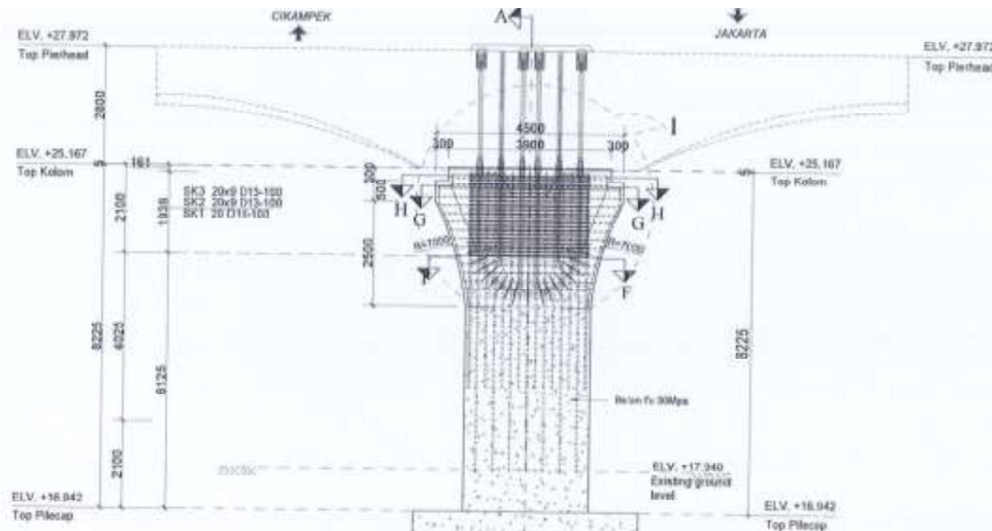


Gambar 4. 5 Pelat Lantai Basic Design (Proyek MBZ)

4.1.3 Gambar Kerja *Detail Engineering Design*

Gambar kerja *detail engineering design* merupakan data yang akan digunakan dalam proses analisis perhitungan biaya *detail engineering design*. Gambar meliputi

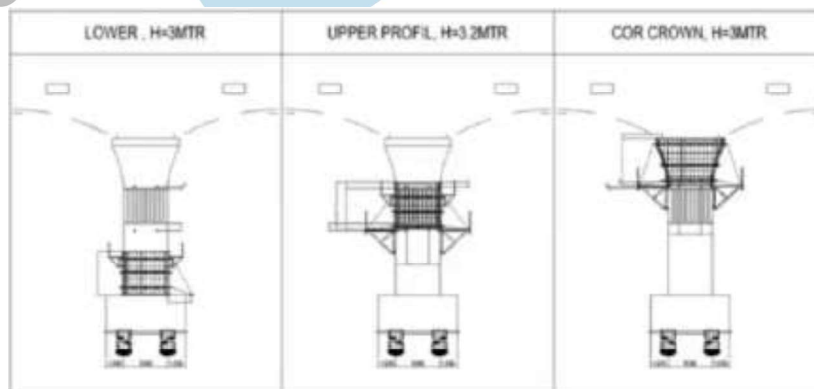
kolom, *pierhead*, *girder* longspan serta pelat lantai kendaraan seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Kolom DED (Proyek MBZ)

4.1.4 Metode Pelaksanaan Pelaksanaan *Pier* (Kolom)

Metode pelaksanaan yang digunakan merupakan pengecoran *case in situ*. Pelaksanaan kolom dilaksanakan secara bertahap berdasarkan ketinggian kolom. Tahapan dimulai dari pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran serta perawatan beton. Pembesian pertama diukur dengan termasuk penambahan overtake untuk tahapan selanjutnya. Setelah pembesian tahap pertama selesai, selanjutnya pemasangan bekisting dengan pelat baja dengan skur yang terbuat dari baja hollow. Pemasangan bekisting dilakukan bertahap seperti gambar 4.7



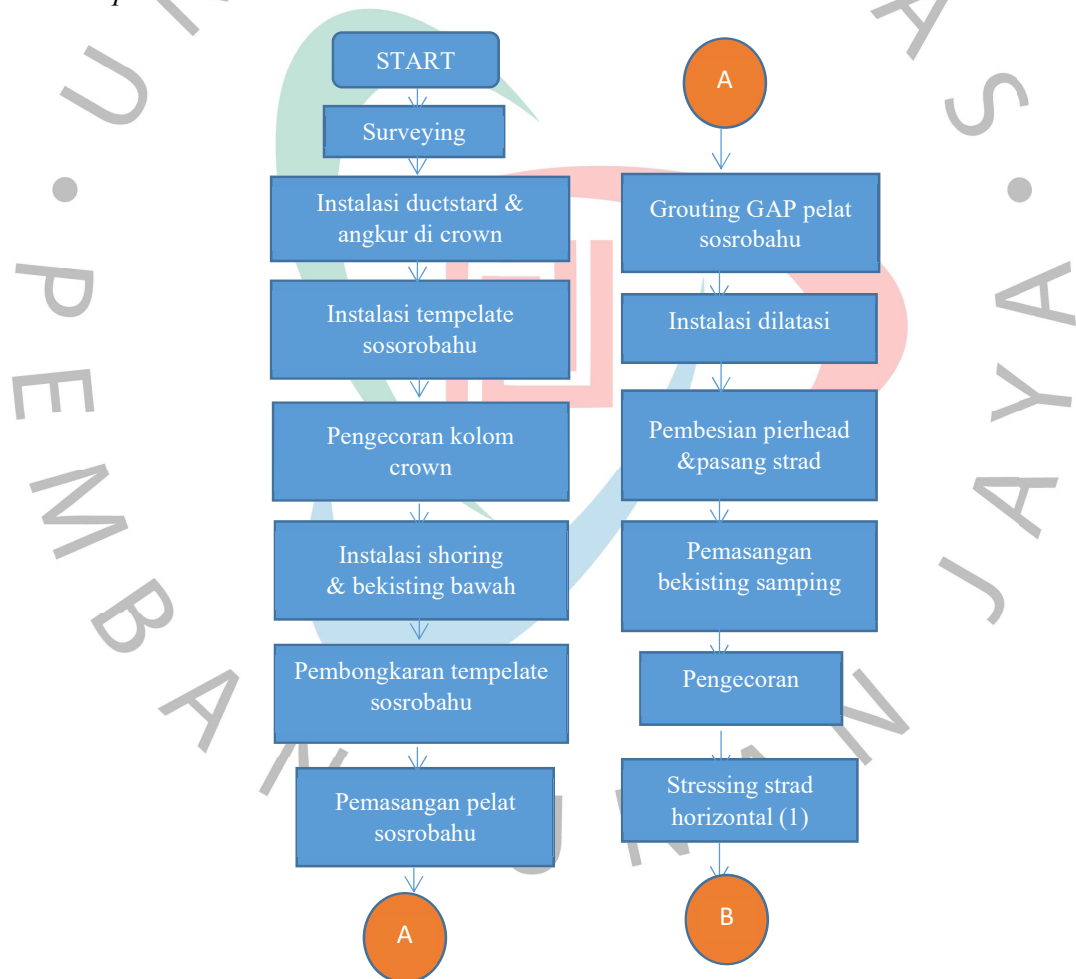
Gambar 4. 7 ilustrasi pemasangan bekisting kolom (Debora dkk, 2018)

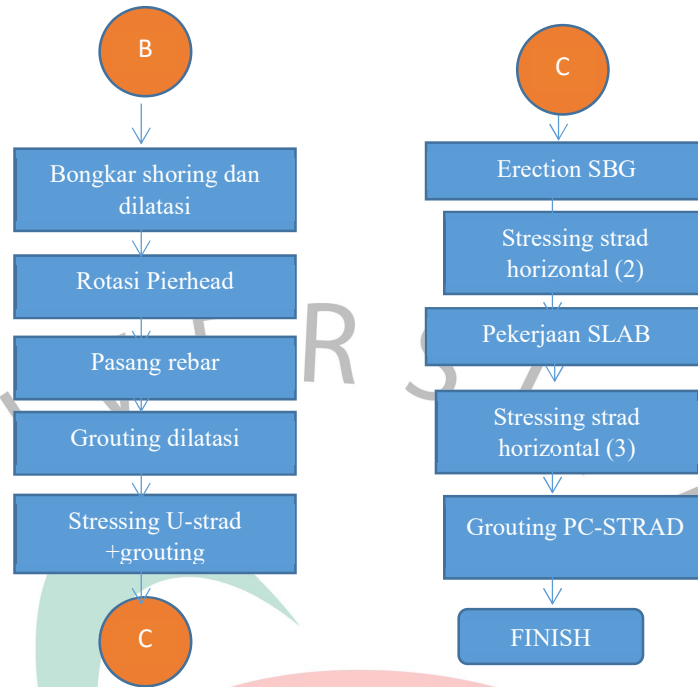
Selanjutnya dapat dilakukan pengecoran dengan menggunakan *concrete pump* serta curing dengan bahan *non-woven*, semua tahapan dilakukan dengan urutan yang sama. Namun, pada pekerjaan *crown* kolom pengecoran dilakukan sebelum pemasangan *tempelate* sosrobahu serta pemasangan *u-duct*.

4.1.5 Metode Pelaksanaan Pierhead

I. Diagram Alir Pelaksanaan *Pierhead*

Pada saat melakukan pekerjaan di lapangan sudah harus memiliki langkah-langkah kerja yang sistematis. Langkah kerja diringkas secara jelas dalam diagram alir pelaksanaan. Gambar 4.8 merupakan diagram alir pelaksanaan *pierhead*





Gambar 4. 8 Diagram alir pelaksanaan Pierhead (Proyek Jalan Layang MBZ)

II. Metode Kerja

i. Pekerjaan persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi melakukan pengujian daya dukung tanah dengan melakukan uji DCP (*Dynamic Cone Penerometer*). Pengujian DCP dilakukan dengan memberikan beban kepada tanah yang akan menjadi titik shoring. Setelah itu, tanah dipadatkan dengan menggunakan alat *vibro roller*. Demi menghindari terjadinya genangan air, maka drainase perlu diperhatikan. Syarat minimum pengerukan drainase yaitu 20 cm dengan jarak dari area kerja hingga drainase sebesar ± 100 cm

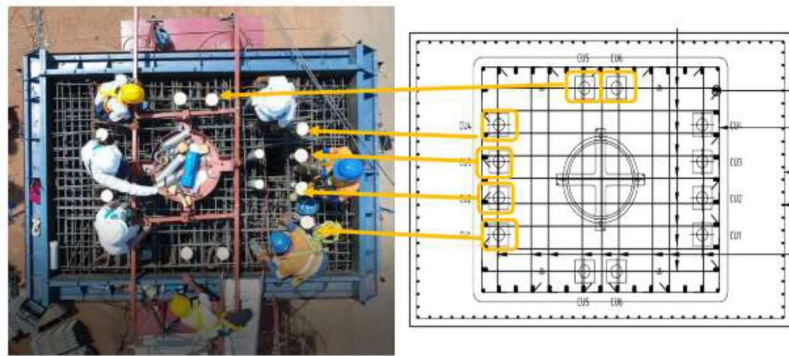
ii. Instalasi shoring dan bekisting bawah

Pada saat umur beton pada pengecoran kolom terakhir sudah memenuhi syarat, dilakukan setting elevasi untuk pemasangan perangkat *sosrobahu*, lalu mulai pemasangan shoring dengan memasang beton *sleeper* terlebih dahulu diikuti dengan pemasangan pipa *frame* dan *base spindle*. Pipa *frame* disambung dengan menggunakan *joint base – plate* dan dikunci dengan baut pengunci. Jika pemasangan *frame shoring* sudah memenuhi elevasi yang direncanakan, selanjutnya pemasangan *head spindle* di setiap tiang

frame dan pemasangan baja WF – 200 sebagai balok penyangga bekisting. Selama proses instalasi, surveyor harus melakukan pengukuran elevasi puncak. Setelahnya baru dapat dilakukan pemasangan bekisting bawah

iii. Pemasangan tempelate sosrobahu dan U-Dutch pada kolom *crown*

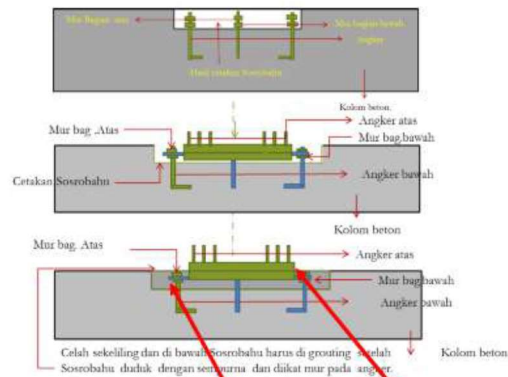
Tempelate sosrobahu merupakan sebuah lokasi yang nantinya sebagai tempat pemasangan alat pemutar sosrobahu. Instalasi tempelate dilaksanakan pada bagian struktur kolom *crown*. Pemasangan U – Dutch dilakukan pada saat pembesian kolom. Proses pemasangan tempelate sosrobahu dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4. 9 Proses pemasangan tempelate *sosrobahu* dan U-Dutch (Proyek Jalan Layang MBZ)

iv. Pemasangan pelat sosrobahu

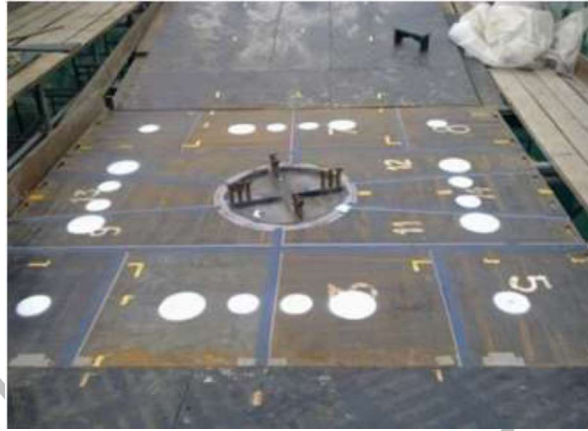
Proses pemasangan pelat sosrobahu dilakukan setelah umur beton kolom *crown* sudah mencapai 24 jam, selanjutnya tempelate sosrobahu dilepas dan pemasangan pelat dapat dilaksanakan. Pelat dengan ukuran diameter 800 mm dan tebal 95 mm dipasang dengan penyetelan tinggi mur pada angkur dengan posisi sesuai dengan elevasi rencana, setelahnya mur dan angkur dikencangkan dengan tarikan yang sama. Lalu lakukan proses grouting dengan material non-shrinkage grout dengan mutu $F_c' 40$ MPa untuk meratakan permukaan kolom *crown* serta mengisi rongga di sekeliling sosrobahu. Gambar 4.10 merupakan proses pemasangan pelat sosrobahu



Gambar 4. 10 Proses pemasangan pelat sosrobahu (Proyek Jalan Layang MBZ)

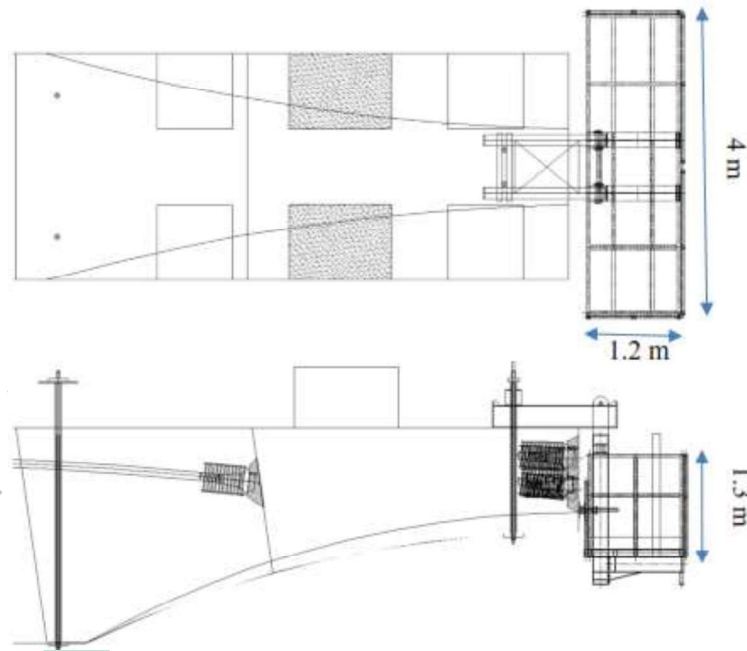
v. Pemasangan dilatasi

Dilatasi merupakan jarak antar kolom dan pierhead agar proses pemutaran sosrobahu dapat dilakukan. Tebal jarak dilatasi adalah 20 mm dan memiliki 3 lapisan. Lapisan pertama merupakan multiple× yang dilapisi sealant di setiap sambungan agar mencegah terjadinya kebocoran. Lapisan kedua merupakan pasir dengan ketebalan 12 mm yang telah diratakan serta dipadatkan. Lapisan selanjutnya adalah pelat baja dengan ketebalan 6 mm yang disetiap sambungan dilapisi sealant untuk mencegah kebocoran. Setelah itu dilakukan marking penentuan koordinat U-Cable seperti pada Gambar 4.11



Gambar 4. 11 Marking U-Cable Stard (Proyek Jalan Layang MBZ)

- vi. Pemasangan pembesian dan U-Ducting dan bekisting samping
Pembesian dilakukan dengan mengikuti acuan shopdrawing pembesian dilakukan langsung di area pekerjaan dan dibantu *service crane* dengan kapasitas 25 ton proses pengangkatan
- vii. Pengecoran *Pierhead*
Pengecoran dapat dilaksanakan setelah pembesian dan bekisting sudah dinyatakan layak. Pengecoran dilakukan dengan satu tahapan menggunakan *concrete pump*. Setelah itu menunggu umur setting beton selama dua hari, lalu bekisting samping dapat dibongkar untuk melakukan proses perawatan. Proses perawatan beton atau curing dilaksanakan selama tujuh hari. Proses curing menggunakan bahan *geotextile non-woven* yang disemprotkan ke permukaan beton
- viii. Pemasangan pelatfotm
Pemasangan pelatfotm dilakukan agar mempermudah proses stressing tendon. Pelatform dipasang menggunakan *service crane* dengan kapasitas 25 ton. Kapasitas maksimum pelatform adalah 1 ton. Pemasangan pelatform dilakukan seperti pada Gambar 4.12



Gambar 4. 12 Pemasangan pelattform (Proyek Jalan Layang MBZ)

- ix. *Stressing PC-Start horizontal* dan bongkar shoring dan dilatasi
Tahapan *stressing* dan bongkar shoring dilaksanakan setelah kekuatan beton sudah 75% dan kurang lebih menunggu selama 14 hari setelah pengecoran. Proses pertama yang dilakukan adalah *stressing* dengan menggunakan *hydraulic stressing jack*, lalu dilanjutkan dengan proses *grouting* dan *finishing* pada pekerjaan *prestressed*. Selanjutnya pembongkaran bekisting dan dilatasi dengan menggunakan *air compressor* yang ditiupkan kearah lapisan pasir hingga hilang, lalu lapisan baja serta *multiple*× juga dilepas sehingga *pierhead* menumpu hanya pada sosrobahu
- x. Proses pemutaran
Alat putar sosrobahu dengan konsep tanpa kabel merupakan sebuah gerigi baja yang berbentuk lingkaran dengan diameter 4.5 m. gerigi baja berperan sebagai rel pemutaran, selain itu juga terdapat empat buah *winch* yang berfungsi sebagai menarik *pierhead* agar dapat berputar. Cara kerja gerigi baja dan *winch* terhubung secara nirkabel dan digerakan secara otomatis dengan menggunakan remote. Selama proses pemutaran diberi oli dengan

menggunakan *hydraulic pump* yang volume nya disesuaikan dengan gaya yang diberikan pada pemutaran

xi. *Stressing* PC-U dan grouting dilatasi

Stressing dilakukan agar *pierhead* menyatu dengan kolom. Proses *stressing* dilaksanakan setelah umur beton *pierhead* mencapai 10-14 hari dengan kekuatan mencapai 75%-80%. Proses pertama yang dilakukan adalah instalasi 6 tendon pada *ducting* yang sudah terpasang sebelumnya, lalu proses grouting area dilatasi terlebih dahulu dengan material non – shrinkage dengan mutu beton $f_c' 40$ MPa. Kemudian proses *stressing* menggunakan *hydraulic stressing jack* dengan tarikan sebesar 75% UTS. Proses *stressing* dilakukan dengan 3 tahap, sebelum pemutaran *pierhead* terdapat proses *stressing* kabel horizontal sisi kiri dan setelah pemutaran terdapat proses *stressing* kabel strand tipe U, tahap kedua dilakukan setelah *steel box* naik *stressing* sebanyak 75% pada sisi kanan dan bawah, tahap selanjutnya setelah slab dan parapet terpasang dilakukan *stressing* pada sisi kanan *pierhead*. Setelah itu baru dapat dilaksanakan pekerjaan *finishing* dengan tahapan grouting pada semua area kabel *prestressed*.

4.1.6 Metode Pelaksanaan Girder

I. *Joint survey*

Kegiatan *joint survey* merupakan kegiatan gabungan antara PT. Waskita Karya sebagai kontraktor utama serta PT. Bukaka sebagai sub-kontraktor instalasi girder. Kegiatan *joint survey* meliputi inspeksi apakah *pierhead* dan *pedestals* sudah sesuai dengan *design* serta memastikan tidak ada penyimpangan pelaksanaan

II. Instalasi *temporary access*

Temporary access meliputi *scaffolding*, *handrailing* dan pencahayaan. Pemasangan *scaffolding* berguna sebagai akses tangga menuju *pierhead* dipasang disetiap lokasi kolom. *Handrailing* akan di pasang mengelilingi *pierhead* sebagai pembatas area kerja di ketinggian.

III. Instalasi *Temporary bearing*

Temporary bearing dipasang sementara pada beton pedestal dan sesuai dengan design yang ada. Selama proses instalasi dilakukan pemeriksaan oleh tenaga ahli *erection girder* serta *surveyor* sesaat sebelum dilakukan *erection girder*

IV. *Ground improvement*

Ground improvement diperlukan agar mempersiapkan lokasi dari crane pad yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku. *Ground improvement* diperlukan pada saat kondisi tanah lembek atau *topography* yang tidak merata

V. *Temporary shoring*

Temporary shoring digunakan ketika *topography* pada kondisi eksisting tidak memungkinkan menjadi lokasi crane. Biasanya, sheetpile digunakan untuk struktur sementara yang berfungsi sebagai penahan tanah timbunan, sheetpile di design oleh tenaga ahli dan bersifat sementara yang akan dihilangkan ketika *erection girder* selesai dilaksanakan.

VI. *Crane pads*

Crane pad dibuat dengan prosedur sebagai berikut:

- i. Gali area yang akan menjadi lokasi *crane pad*
- ii. Compact area yang sudah digali hingga mencapai CBR 6%
- iii. Timbun area menggunakan bongkahan beton, lalu compact hingga padat
- iv. Timbun area dengan limestone dengan tujuan mengisi rongga antar bongkahan beton, lalu compact hingga mencapai CBR 40%
- v. Berikan pelat injak pada area *track crane*

VII. *Erection girder*

Steel box girder akan memulai proses erection dari pukul 23.00 WIB – 04.00 WIB. Lalu lintas akan dibatasi demi keamanan selama berlangsungnya kegiatan *erection girder*. Proses persiapan akan dilakukan pada siang hari, sehingga pada pukul 23.00 WIB sudah siap dilaksanakan kegiatan *erection girder*.

4.1.7 Metode Pelaksanaan Pelat Lantai

Metode pelaksanaan pelat lantai melibatkan serangkaian tahapan persiapan yang meliputi pengukuran (leveling) dan penempatan yang tepat dari steel box girder, pemotongan sheer connector, serta pemasangan instalasi boundeck pada celah antara steel box girder sebagai alas pengecoran.

Pemasangan bekisting dilakukan dengan menggunakan bekisting full system yang berfungsi untuk menahan tekanan beton dari samping. Setelah itu, dilakukan pekerjaan pembesian dan pengecoran menggunakan beton berkualitas $f_c' 35$ MPa. Langkah terakhir adalah perawatan beton melalui proses curing, di mana seluruh permukaan beton dilapisi dengan karung goni dan disiram secara rutin selama tujuh hari.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Harga Satuan Pekerja

Tabel 4.1 merupakan Harga satuan pekerja daerah Bekasi pada tahun 2022

Tabel 4.1 Harga Satuan Pekerjaan

| No. | URAIAN | SATUAN | HARGA SATUAN (Rp.) |
|-----|-------------------|--------|-------------------------|
| I | UPAH: | | |
| 1 | Mandor | hari | Rp153.000,00 |
| 2 | Kepala Tukang | hari | Rp133.900,00 |
| 3 | Tukang | hari | Rp114.800,00 |
| 4 | Pekerja | hari | Rp102.000,00 |
| 5 | Tukang Besi | hari | Rp114.000,00 |
| 6 | Tukang Batu | hari | Rp114.000,00 |
| 7 | Tukang Kayu | hari | Rp114.000,00 |
| 8 | Tukang Las | hari | Rp114.000,00 |
| 9 | Supir | hari | Rp114.800,00 |
| 10 | Pembantu Supir | hari | Rp102.000,00 |
| 11 | Operator | hari | Rp114.800,00 |
| 12 | Pembantu Operator | hari | Rp102.000,00 |
| 13 | Mekanik | hari | Rp114.800,00 |
| 14 | Pembantu Mekanik | hari | Rp102.000,00 |

4.2.2 Harga Satuan Bahan

Harga satuan bahan terdiri dari tiga komponen, yaitu harga satuan bahan baku, harga satuan bahan olahan, dan harga satuan bahan jadi atau bahan yang telah diproduksi sesuai dengan pedoman Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Analisis Harga

Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum. Tabel 4.2 merupakan tabel daftar harga satuan bahan Kota Bekasi tahun 2022

Tabel 4. 2 Harga Satuan Bahan

| No. | URAIAN | SATUAN | HARGA SATUAN (Rp.) |
|-----|--|----------------|-----------------------|
| II | BAHAN : | | |
| 1 | Baja Tulangan | kg | Rp 9.300,00 |
| 2 | Kawat Beton | kg | Rp 22.600,00 |
| 3 | Bekisting untuk rangka jembatan | m ² | Rp 356.800,00 |
| 4 | Minyak Bekisting | liter | Rp 29.600,00 |
| 5 | Beton 41,5 MPa | m ³ | Rp 1.195.000,00 |
| 6 | Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 MPa) | kg | Rp 23.255,17 |
| 7 | Multiple× t=6mm | lembar | Rp 90.000,00 |
| 8 | Pasir | m ³ | Rp 230.700,00 |
| 9 | Pelat baja | kg | Rp 23.255,17 |
| 10 | Sealent | liter | Rp 113.985,00 |
| 11 | Oli | lembar | Rp 44.700,00 |
| 12 | Bout dia 23 mm | kg | Rp 13.000,00 |
| 13 | Beton fc 25 MPa | m ³ | Rp 875.700,00 |
| 14 | Beton fc (30 MPa) | m ³ | Rp 615.000,00 |
| 15 | Beton fc (35 MPa) | m ³ | Rp 690.000,00 |
| 16 | Beton fc(40 MPa) | m ³ | Rp 775.000,00 |
| 17 | Beton fc(41,5 MPa) | m ³ | Rp 800.000,00 |
| 18 | Beton fc(45 MPa) | m ³ | Rp 890.000,00 |

4.2.3 Harga Satuan Alat

Harga satuan alat mencakup harga dari alat-alat yang akan digunakan dalam proses konstruksi. Tabel 4.3 merupakan daftar harga satuan alat Kota Bekasi tahun 2022

Tabel 4. 3 Harga Satuan Bahan

| No. | URAIAN | SATUAN | HARGA SATUAN (Rp) |
|-----|-----------------------------------|--------|----------------------|
| III | PERALATAN | | |
| 1 | Bar bender | Jam | Rp 223.300,00 |
| 2 | Bar cutter | Jam | Rp 223.300,00 |
| 3 | CRANE ON TRACK (75-100) T; 190 HP | Jam | Rp 4.048.800,00 |
| 4 | Concrete Pump | Jam | Rp 3.500.000,00 |
| 5 | Vibrator | Jam | Rp 500.000,00 |
| 6 | Trailer Tronton 30 T; 200 HP | Jam | Rp 386.887,65 |
| 7 | Hydraulic pump | Jam | Rp 907.500,00 |
| 8 | DRUM MIXER | Jam | Rp 108.509,51 |
| 9 | tamper | Jam | Rp 99.646,36 |

4.2.4 Menentukan Bill of Quantity (BoQ)

Pada penelitian kali ini terfokuskan pada komponen struktur atas yang meliputi kolom, *pier head*, girder serta pelat lantai kendaraan. Maka *Bill of Quantity* yang dapat ditentukan mengikuti satu divisi pekerjaan, yaitu divisi struktur. BoQ yang ditentukan tercantum dalam Tabel 4.4

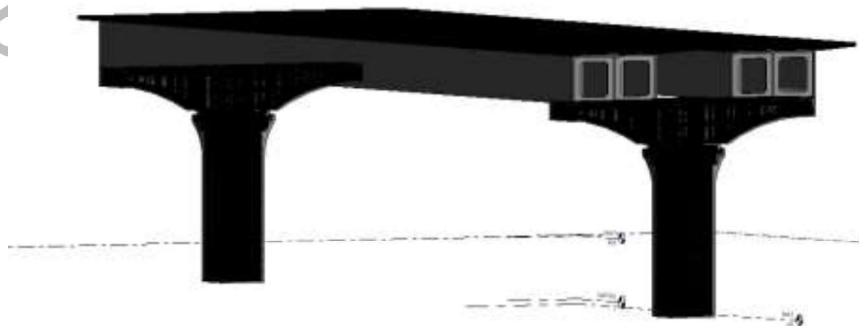
Tabel 4. 4 BoQ Basic Design dan DED

| No. Mata Pembayaran | Uraian | Satuan |
|---------------------|--|----------------|
| 1 | STRUKTUR BETON | |
| 1.1 | Pekerjaan Pembesian | kg |
| 1.2 | Pemasangan Pembesian | kg |
| 1.3 | Pekerjaan Pemasangan Bekisting | m ² |
| 1.4 | Pekerjaan Pengecoran Kolom (30 MPa) | m ³ |
| 1.5 | Pekerjaan Pengecoran PierHead (41,5 MPa) | Kg |
| 1.6 | Pekerjaan Stressing | Ls |
| 1.7 | Pekerjaan Sosrobahu | Ls |
| 2 | PEKERJAAN STEEL BOX GIRDER (SGB) | m ³ |
| 2.1 | Pekerjaan Fabrikasi SGB | |
| 2.3 | Pekerjaan Erection SGB | ls |

4.2.5 Menghitung RAB *Basic Design*

4.2.5.1 Menghitung Volume Pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan sesuai dengan BoQ yang ditentukan, perhitungan dilakukan dengan memanfaatkan Aplikasi *Revit Autodesk*. Tabel 4.5 merupakan rekapitulasi volume yang telah dihitung oleh Aplikasi *Revit Autodesk* seperti pada Gambar 4.13



Gambar 4. 13 Permodelan *Basic Design*

Tabel 4. 5 Volume Pekerjaan *Basic Design*

| No. Mata Pembayaran | Uraian | Satuan | Volume |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| DIVISI 7. STRUKTUR | | | |
| STRUKTUR BETON | | | |

| | | | |
|-----|--|----------------|-----------|
| 1.1 | Pekerjaan Pembesian | kg | 157.853,7 |
| 1.3 | Pekerjaan Pemasangan Bekisting | m ² | 798,0 |
| 1.4 | Pekerjaan Pengecoran Kolom (30 MPa) | m ³ | 171,7 |
| 1.5 | Pekerjaan Pengecoran PierHead (41,5 MPa) | Kg | 582,5 |
| 1.6 | Pekerjaan Stressing | Ls | 2 |
| 1.7 | Pekerjaan Sosrobahu | Ls | 2 |
| 2 | PEKERJAAN STEEL BOX GIRDER (SGB) | m ³ | |
| 2.1 | Pekerjaan Fabrikasi SGB | Kg | 76750 |
| 2.3 | Pekerjaan Erection SGB | ls | 1 |

4.2.5.2 Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) yang disesuaikan dengan Item pekerjaan pada BoQ. berikut merupakan penjelasan mengenai AHSP pada masing-masing item pekerjaan yang tertera di BoQ pekerjaan

1. Pekerjaan Struktur Beton

1. Pekerjaan Pembesian

Pekerjaan meliputi proses pemotongan serta pembengkokan pembesian menggunakan bar bender dan bar cutter. Pada proses menganalisis harga satuan pekerjaan perlu dilakukan perhitungan durasi. Tabel 4.6 digunakan untuk acuan dalam menentukan durasi pekerjaan dalam menggunakan bar bender dan bar cutter. Tabel tersebut dapat digunakan sebagai acuan pekerjaan pembesian pada setiap komponen struktur dari kolom hingga pelat lantai.

Tabel 4. 6 Durasi Pembengkokan Besi

| Kategori | Diameter Tulangan | Dengan mesin (Jam) | |
|----------|-------------------|--------------------|-----------|
| | | Bengkokan | Kaitan |
| 1 | >12 mm | 0,8 – 1,5 | 1,2 – 2,5 |
| 2 | 16 mm – 22 mm | 1 – 2 | 1,6 – 3 |
| 3 | 25 mm | 1,2 – 2,5 | 2 – 4 |
| 4 | <30 mm | 1,5 – 3 | 2,5 – 5 |

Sumber: Analisis (Cara Modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan, 1984

Pada gambar *basic design*, tulangan Sengkang dan ties menggunakan besi dengan diameter 16 mm , 19 mm dan 25 mm.

a. Besi Tulangan 25 mm

Bengkokan : 765

Kaitan : 612

a. Besi Tulangan 19 mm

Bengkokan : 14736

Kaitan : 11790

b. Besi Tulangan 16 mm

Bengkokan : 899

Kaitan : 913

Berdasarkan Tabel 4.6, besi tulangan diameter 16 mm serta 19 mm masuk dalam kategori 2, Sedangkan besi tulangan diameter 25 mm termasuk dalam kategori 3. maka berikut adalah perhitungan durasi pekerjaan:

a. Kategori 2

Jumlah Bengkokan = 14736+899 =15625

Jumlah Kaitan = 11790+91 =12703

Mengacu pada Tabel 4.6 durasi bengkokan adalah 1 – 2 jam, penulis menggunakan asumsi durasi 1,5 jam dengan jumlah bengkokan 15625 maka total durasi bengkokan:

Durasi Bengkokan = $15625 \times \frac{1,5}{100} = 234,375$ jam

Mengacu pada Tabel 4.6 durasi bengkokan adalah 1,6 – 3 jam, penulis menggunakan asumsi durasi 1,6 jam dengan jumlah bengkokan 12703 maka total durasi:

Durasi Kaitan = $12703 \times \frac{1,6}{100} = 203,248$ jam

b. Kategori 3

Jumlah Bengkokan = 899

Mengacu pada Tabel 4.6 durasi bengkokan adalah 1,2 – 2,5 jam, penulis menggunakan asumsi durasi 1,2 jam dengan jumlah bengkokan 899 maka total durasi bengkokan:

Durasi Bengkokan = $889 \times \frac{1,2}{100} = 9,18$ jam

Jumlah kaitan = 913

Mengacu pada Tabel 4.6 durasi bengkokan adalah 2 – 4 jam, penulis menggunakan asumsi durasi 2 jam dengan jumlah bengkokan 913 maka total durasi kaitan:

Durasi Kaitan = $913 \times \frac{2}{100} = 21,2$ jam

c. Total Durasi :

Durasi total :

$$234,375 + 203,248 + 899 + 21,2 = 468,003 \text{ jam} = 66,9 \text{ hari}$$

Asumsi penulis menggunakan 6 grup berdasarkan sumber Buku Soedrajat (halaman 93) menyebutkan bahwa satu grup terdiri dari tiga pekerja serta satu tukang maka durasi yang diperlukan adalah:

$$\text{Durasi total} = \frac{66,9}{6} = 11 \text{ hari}$$

Perhitungan Koefisien

a. Koefisien Tenaga Kerja

Pada perhitungan koefisien tenaga kerja diasumsikan oleh peneliti bahwa jumlah tenaga kerja pada pekerjaan sejumlah sebagai berikut:

Mandor(M) = 1 Orang

Tukang(T) = 6 Orang

Pekerja(P) = 18 Orang

Berdasarkan sumber (Soedrajat, 1984) bahwa produksi bengkokan dan produksi kaitan adalah sebanyak 100 buah/1,5 jam, maka perhitungan jumlah produksi satu hari adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah produksi/1,5 jam} &= 100 \text{ bengkokan} + 100 \text{ kaitan} \\ &= 200 \text{ buah/1,5 jam} \end{aligned}$$

$$\text{Tk} = \text{Jumlah Jam kerja 1 hari} = 7 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Qt} = \text{Produksi 1 hari} &= \frac{7 \text{ jam}}{1,5 \text{ jam}} \times 200 \\ &= 933,33 \text{ buah/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien dengan menggunakan Persamaan 2.18

$$\text{Koefisien mandor} = (2 \times 7) / 933,33 = 0,015$$

$$\text{Koefisien tukang} = (3 \times 7) / 933,33 = 0,0450$$

$$\text{Koefisien pekerja} = (18 \times 7) / 933,33 = 0,1350$$

b. Koefisien Bahan

Bahan yang digunakan adalah besi tulangan serta kawat beton, diasumsikan bahwa nilai faktor kehilangan besi tulangan adalah 1,03 dan kebutuhan kawat beton setiap 1 kg besi tulangan adalah 0,015 (Soedrajat, 1984) kg maka dapat disimpulkan bahwa koefisien bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Koefisien besi tulangan = 1,03
Koefisien kawat beton = 0,015

c. Koefisien Alat

Crane On Track

Durasi pengangkatan

Berat total = 157854 kg

Diasumsikan bahwa kegiatan pemindahan material dengan menggunakan mobile crane dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

Nilai Kec. angkat = 70 m/s

Nilai Kec. swing = 1,5 rpm

Nilai Kec. turun penurunan = 50 m/s

Kapasitas angkut crane = 25 ton = 25000 kg

Tinggi hoisting = 13,6+1 m = 14,6 m

Tinggi penurunan = 1 m

Sudut putar = 60°

Alat dalam kondisi baik = 0,75

Kondisi operator cukup = 0,7

Cuaca kondisi terang = 0,83

Faktor efisiensi alat = $0,75 \times 0,7 \times 0,83$
= 0,435

Durasi Persiapan (t1) = 15 menit

Durasi muat barang = 10 menit

Durasi bongkar barang = 15 menit

Durasi pengangkutan dengan menggunakan persamaan 2.4

Durasi pengangkutan = $\frac{14,6}{70 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435}$
= 0,479 menit

Durasi swing dengan menggunakan persamaan 2. 5

Durasi swing = $\frac{60}{1,5 \left(\frac{\text{round}}{\text{menit}}\right) \times 360 \times 0,435}$
= 0,25 menit

Durasi penurunan dan penurunan kembali menggunakan persamaan 2. 6

$$\begin{aligned} \text{Durasi penurunan} &= \frac{1}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 0,044 \text{ menit} \\ &= 0,0459 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu penurunan kembali} &= \frac{13,6}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 0,625 \text{ menit} \end{aligned}$$

Durasi *cycle time* dengan *crane* = 41,11 menit

Kap. Prod. / jam dengan menggunakan persamaan 2. 7

$$\begin{aligned} \text{Kap. Prod. / jam} &= \frac{0,83 \times 157854 \times 60}{41,11} \\ &= 191.221,44 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien menggunakan persamaan 2. 16

$$\begin{aligned} \text{Koefisien} &= \frac{1}{45824,24} \\ &= 0,000005 \end{aligned}$$

Pekerjaan pembesian dengan menggunakan alat *bar bender* dan *bar cutter*, dengan durasi fabrikasi selama delapan hari serta produksi fabrikasi sebanyak 933,33 buah/hari. Maka perhitungan koefisien alat dengan persamaan 2. 15 adalah sebagai berikut:

$$\text{Koefisien } \textit{bar bender} \text{ dan } \textit{bar cutter} = \frac{11}{933,33} = 0,0120$$

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10% dari jumlah harga satuan tenaga, bahan serta alat. Perhitungan harga satuan tenaga/bahan/alat tertuang pada Tabel 4.7

Tabel 4. 7 AHSP Pekerjaan Pembesian

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |
| Pekerja | 0,1350 | 14.571,43 | 1.967,14 |
| Tukang | 0,0450 | 16.285,71 | 732,86 |
| Mandor | 0,0150 | 21.857,14 | 327,86 |
| Jumlah Harga Satuan Tenaga | | | 3.027,86 |
| B. Bahan | | | |
| Besi Tulangan | 1,0300 | 9.300,00 | 9.579,00 |

| | | | |
|--|----------|--------------|-----------|
| Kawat Beton | 0,0150 | 22.600,00 | 339,00 |
| Jumlah Harga Satuan Bahan | | | 9.042,50 |
| C. Peralatan | | | |
| <i>Bar Bender</i> | 0,01200 | 223.300,00 | 2.679,60 |
| <i>Bar Cutter</i> | 0,01200 | 223.300,00 | 2.679,60 |
| <i>Crane on track</i> | 0,000005 | 4.048.800,00 | 21,17 |
| Jumlah Harga Satuan Alat | | | 5.380,37 |
| Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C) (D) | | | 18.326,23 |
| Overhead & Profit (10% × D) (E) | | | 1.832,62 |
| Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | 20.158,85 |

II. Pekerjaan Pengecoran 30 MPa

- Perhitungan produktivitas alat pada pekerjaan pengecoran 30 MPa untuk pengecoran kolom dan slab. Seperti yang tertuang pada Tabel 2.1 penulis mengasumsikan kondisi alat serta pemeliharaan mesin dalam kondisi baik, maka nilai efisiensi alat 0,75, Tabel 2.2 penulis mengasumsikan kemampuan operator masuk dalam kategori terampil, maka nilai efisiensi 0,80. Serta pada Tabel 2.3 kondisi cuaca terang, maka nilai efisiensi 0,90. Maka nilai efisiensi alat menggunakan persamaan 2.8 adalah sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi alat} = 0,75 \times 0,8 \times 0,9 = 0,54$$

Diketahui bahwa kemampuan *concrete pump* adalah 112 m³/jam, maka nilai *output piston side concrete pump* dengan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$\text{output piston side concrete pump} = 112 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,54 = 60,48 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Durasi pengecoran

Diketahui bahwa volume pengecoran adalah 171,71 m³ dengan menggunakan *truck mixer* berkapasitas 9 m³. Maka jumlah truck mixer sesuai dengan persamaan 2.10 adalah sebagai berikut

$$\text{Jumlah truck mixer} = \frac{171,71}{9} = 19 \text{ truk}$$

Selanjutnya, perhitungan waktu pengecoran meliputi waktu persiapan, waktu pelaksanaan, waktu tambah serta waktu pasca pengecoran

- i. Durasi persiapan diantaranya terdiri dari pengaturan posisi, proses pemasangan pipa serta idle truck mixer dengan durasi prakiraan 40 menit
- ii. Waktu pengecoran (t_2)

$$\frac{\text{volume pengecoran}}{\text{output concrete pump}} = \frac{171,71}{60,48} = 2,84 \text{ menit}$$
- iii. Durasi tambahan merupakan waktu yang dibutuhkan dalam proses perpindahan dan penggantian *truck mixer* serta waktu yang dibutuhkan pada pengujian slump dengan durasi prakiraan 15 menit
- iv. Durasi pasca pelaksanaan meliputi pembersihan serta persiapan kembali dengan durasi 40 menit

Total waktu pekerjaan cor dengan truck mixer adalah

Maka total waktu pengecoran truck mixer adalah

$$\begin{aligned} \text{Total waktu} &= (40 + 2,84 + 15 + 40) \text{ menit} \times 19 \text{ truck} \\ &= 97,84 \times 19 \\ &= 1866,66 \text{ menit} \\ &= 31,11 \text{ Jam} / 7 \text{ jam} \\ &= 4 \text{ hari} \end{aligned}$$

Maka nilai produktivitas perhari dapat dihitung dengan persamaan 2.11

$$\text{Produktivitas perhari} = \frac{171,7}{4} = 42,93 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Truck mixer perhari} = \frac{42,93}{9} = 6 \text{ truck mixer/hari}$$

Perhitungan Koefisien

a. Koefisien Tenaga Kerja

Pada pekerjaan pengecoran diasumsukan membutuhkan tenaga kerja dengan rincian sebagai berikut:

Mandor(M) = 1 orang

Tukang(T) = 1 orang

Pekerja(P) = 3 orang

Diketahui bahwa jumlah produksi perhari serta jam kerja efektif adalah sebagai berikut:

Jumlah produksi perhari = 43,10 m³/hari

Jumlah jam kerja efektif = 7 jam kerja

Maka, koefisien tenaga kerja adalah sebagai berikut:

$$\text{Koefisien mandor} = (1 \times 7) / 42,93 = 0,1631$$

$$\text{Koefisien tukang} = (1 \times 7) / 42,93 = 0,1631$$

$$\text{Koefisien pekerja} = (3 \times 7) / 42,93 = 0,4892$$

b. Koefisien Bahan

Bahan yang digunakan adalah beton yang didatangkan dari *batching plan*, diasumsikan bahwa nilai faktor kehilangan beton, maka dapat disimpulkan bahwa koefisien bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Koefisien beton 30 MPa} = 1,03$$

c. Koefisien Alat

Alat yang digunakan pada pengecoran adalah *concrete pump* dan *vibrator*, Diketahui bahwa jumlah produktivitas perhari serta durasi pengecoran adalah sebagai berikut, maka dapat digunakan perhitungan koefisien alat dengan menggunakan persamaan 2.15

$$\text{Produktivitas perhari} = 42,93 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi pengecoran} = 4 \text{ hari}$$

$$\text{Koefisien alat} = \frac{4}{42,93} = 0,0932$$

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10% dari jumlah harga satuan tenaga, bahan serta alat. Perhitungan harga satuan tenaga/bahan/alat tertuang pada Tabel 4.8

Tabel 4. 8 AHSP Pengecoran 30 MPa

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |
| Pekerja | 0,4892 | 14.571,43 | 7.128,30 |
| Tukang | 0,1631 | 16.285,71 | 2.655,64 |
| Mandor | 0,1631 | 21.857,14 | 3.564,15 |
| Jumlah Harga Satuan Tenaga | | | 13.294,66 |
| B. Bahan | | | |
| Beton 30 MPa | 1,03 | 615.000,00 | 633.450,00 |
| Jumlah Harga Satuan Bahan | | | 633.450,00 |
| C. Peralatan | | | |

| | | | |
|--|--------|--------------|--------------|
| <i>Concrete pump</i> | 0,0932 | 3.500.000,00 | 326.131,27 |
| <i>vibrator</i> | 0,0932 | 500.000,00 | 46.590,18 |
| Jumlah Harga Satuan Alat | | | 372.721,45 |
| Jumlah Harga Satuan Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C) | | | 1.019.519,54 |
| (D) | | | |
| Overhead & Profit (10% × D) | | | 101.951,95 |
| (E) | | | |
| Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | 1.121.471,49 |

III. Pekerjaan Bekisting

Perhitungan Durasi

Diketahui kebutuhan bekisting pada gambar *basic design* adalah sebanyak 798,0 m². Menurut sumber (Soedrajat; 1984), kapasitas pemasangan bekisting setiap 3 jam kerja adalah sebanyak 10 m². Maka, durasi pemasangan bekisting adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= (798,0 \times 3 \text{ jam}/10\text{m}^2) \\ &= 239,4 \text{ jam} \\ &= 35 \text{ hari} \end{aligned}$$

Penulis menggunakan 10 grup tenaga kerja maka durasi menjadi:

$$\text{Durasi} = \frac{35}{10} = 4 \text{ hari}$$

$$\text{Kapasitas produksi/hari} = \frac{239,4}{4} \text{ m}^2 = 199,5 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Perhitungan Kebutuhan Bahan

Berikut adalah kebutuhan bahan dan tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan bekisting:

1. Bekisting baja

$$\text{Ukuran panel} = 1500 \text{ mm} \times 3000 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Panel} = 45 \text{ m}^2$$

$$\text{Bobot} = 171,0 \text{ kg}$$

$$\text{Kebutuhan bekisting} = \frac{798,0}{45} = 18 \text{ panel}$$

2. Minyak bekisting

$$\text{Perhitungan kebutuhan minyak bekisting} = 2,875 /10\text{m}^2$$

(soedrajat; 1989)

kebutuhan minyak bekisting = $2,875 \times 798,0/10m^2 = 229,4$ liter

Perhitungan Koefisien

a. Koefisien Tenaga Kerja

Perhitungan koefisien dengan menggunakan Persamaan 2.18

Koefisien mandor = $(2 \times 7)/ 199,5 = 1,0526$

Koefisien tukang = $(10 \times 7)/ 199,5 = 0,3509$

Koefisien pekerja = $(30 \times 7)/ 199,5 = 0,0702$

b. Koefisien Bahan

Perhitungan koefisien kebutuhan bahan dengan menggunakan persamaan 2.2

Bekisting Baja = $\frac{199,5}{798,0} = 0,2500$

Minyak Bekisting = $\frac{2,875}{798,0} = 0,2873$

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10% dari jumlah harga satuan tenaga, bahan serta alat. Perhitungan harga satuan tenaga/bahan/alat dengan tertuang pada Tabel 4.9

Tabel 4. 9 AHSP Pemasangan Bekisting

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|--|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |
| Pekerja | 1,0526 | 14.571,43 | 15.338,35 |
| Tukang | 0,3509 | 16.285,71 | 5.714,29 |
| Mandor | 0,0702 | 21.857,14 | 1.533,83 |
| Jumlah Harga Satuan Tenaga | | | 22.586,47 |
| B. Bahan | | | |
| Bekisting Baja | 0,25 | 356.800,00 | 89.200,00 |
| Minyak Bekisting | 0,2873 | 29.600,00 | 106,56 |
| Jumlah Harga Satuan Bahan | | | 89.306,56 |
| C. Peralatan | | | |
| Jumlah Harga Satuan Bahan | | | |
| Jumlah Satuan Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C) | | | 111.893,03 |

| | |
|-----------------------------|------------|
| (D) | |
| Overhead & Profit (10% × D) | 11.189,30 |
| (E) | |
| Harga Satuan Pekerjaan | 123.082,33 |
| (D+E) | |

IV. Pekerjaan Pengecoran 41,5 MPa

Perhitungan produktivitas alat pada pekerjaan pengecoran *pierhead* menggunakan tahapan yang sama serta acuan yang sama, maka penulis mengasumsikan kondisi alat serta pemeliharaan mesin dalam kondisi baik, maka nilai efisiensi alat 0,75, kemampuan operator masuk dalam kategori terampil, maka nilai efisiensi 0,80. kondisi cuaca terang, maka nilai efisiensi 0,90. Maka nilai efisiensi alat adalah sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi alat} = 0,75 \times 0,8 \times 0,9 = 0,54$$

Diketahui bahwa kemampuan *concrete pump* adalah 112 m³/jam, maka nilai *output piston side concrete pump* sesuai dengan persamaan 2.9 adalah sebagai berikut:

$$\text{output piston side concrete pump} = 112 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,54 = 60,48 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Durasi pengecoran

Diketahui bahwa volume pengecoran *pier head* adalah 582,5 m³ dengan menggunakan *truck mixer* berkapasitas 9 m³. Maka jumlah truck mixer sesuai dengan persamaan 2.10 adalah sebagai berikut

$$\text{Jumlah truck mixer} = \frac{582,5}{9} = 65 \text{ truk}$$

Selanjutnya, perhitungan waktu pengecoran meliputi waktu persiapan, waktu pelaksanaan, waktu tambah serta waktu pasca pengecoran

- i. Durasi persiapan diantaranya terdiri dari pengaturan posisi, proses pemasangan pipa serta idle truck mixer dengan durasi prakiraan 40 menit
- ii. Waktu pengecoran (t₂)

$$\frac{\text{volume pengecoran}}{\text{output concrete pump}} = \frac{582,5}{60,48} = 9,63 \text{ menit}$$

- iii. Durasi tambahan merupakan waktu yang dibutuhkan dalam proses perpindahan dan penggantian *truck mixer* serta waktu yang dibutuhkan pada pengujian slump dengan durasi prakiraan 15 menit

- iv. Durasi pasca pelaksanaan meliputi pembersihan serta persiapan kembali dengan durasi 40 menit

Total waktu pekerjaan cor dengan truck mixer adalah

$$\begin{aligned}\text{Total waktu} &= (40 + 9,63 + 15 + 40) \text{ menit} \times 10 \text{ truck} \\ &= 101,63 \times 65 \\ &= 6771,97 \text{ menit} / 60 \text{ menit} \\ &= 112,87 \text{ jam} / 7 \text{ jam kerja} \\ &= 16 \text{ hari}\end{aligned}$$

Maka nilai produktivitas perhari dapat dihitung dengan persamaan 2.11

$$\text{Produktivitas perhari} = \frac{\text{volume pengecoran}}{\text{jumlah hari}} = \frac{582,5}{16} = 36,41 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Truck mixer perhari} = \frac{36,41}{9} = 4 \text{ truck mixer/hari}$$

Perhitungan Koefisien

a. Koefisien Tenaga Kerja

Pada pekerjaan pengecoran kolom diasumsikan membutuhkan tenaga kerja dengan rincian sebagai berikut:

Mandor(M) = 1 orang

Tukang(T) = 1 orang

Pekerja(P) = 3 orang

Diketahui bahwa jumlah produksi perhari serta jam kerja efektif adalah sebagai berikut:

Jumlah produksi perhari = 36,41 m³/hari

Jumlah jam kerja efektif = 7 jam kerja

Maka, koefisien tenaga kerja adalah sebagai berikut:

Koefisien mandor = $(1 \times 7)/36,41 = 0,1923$

Koefisien tukang = $(1 \times 7)/36,41 = 0,1923$

Koefisien pekerja = $(3 \times 7)/36,41 = 0,5768$

b. Koefisien Bahan

Bahan yang digunakan adalah beton yang didatangkan dari *batching plan*, diasumsikan bahwa nilai faktor kehilangan beton, maka dapat disimpulkan bahwa koefisien bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Koefisien beton 41,5 MPa = 1,03

c. Koefisien Alat

Alat yang digunakan pada pengecoran kolom adalah concrete pump dan vibrator, Diketahui bahwa jumlah produktivitas perhari serta durasi pengecoran adalah sebagai berikut, maka dapat digunakan perhitungan koefisien alat dengan menggunakan persamaan 2.15

Produktivitas perhari = 36,41 m³/hari

Durasi pengecoran = 16 hari

Koefisien alat = $\frac{16}{36,41} = 0,4359$

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10%.

Perhitungan harga satuan tenaga, bahan dan alat tertuang pada Tabel 4.10

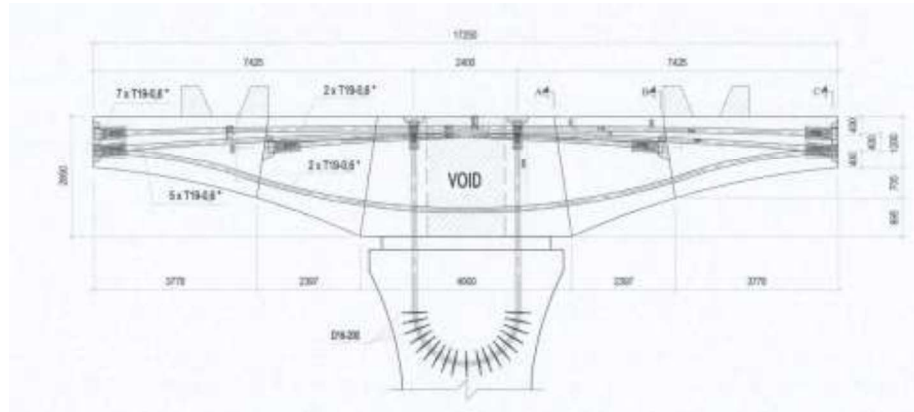
Tabel 4. 10 AHSP Pengecoran Beton 41,5 MPa

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|--|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |
| Pekerja | 0,5768 | 14.571,43 | 8.405,15 |
| Tukang | 0,1923 | 16.285,71 | 3.131,33 |
| Mandor | 0,1923 | 21.857,14 | 4.202,58 |
| Jumlah Harga Tenaga | | | 15.739,06 |
| B. Bahan | | | |
| Beton 30 MPa | 1,0300 | 800.000,00 | 824.000,00 |
| Jumlah Harga Bahan | | | 824.000,00 |
| C. Peralatan | | | |
| <i>Concrete pump</i> | 0,4395 | 3.500.000,00 | 1.538.197,42 |
| <i>vibrator</i> | 0,4395 | 500.000,00 | 219.742,49 |
| Jumlah Harga Alat | | | 1.757.939,91 |
| Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C) | | | 2.597.678,97 |
| (D) | | | |
| Overhead & Profit (10% × D) | | | 259.767,90 |
| (E) | | | |
| Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | 2.857.446,87 |

V. Pekerjaan *Stressing*

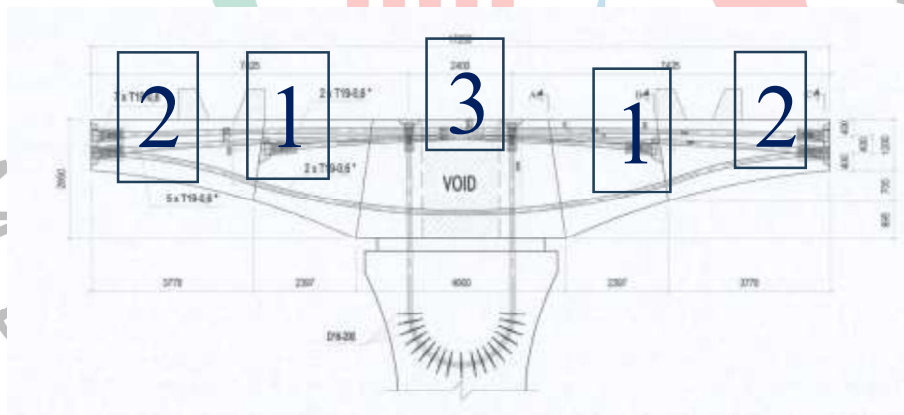
Pekerjaan *stressing* dihitung dengan satuan lumpsum, maka berikut adalah perhitungan biaya *stressing* berdasarkan gambar *basic design* yang tertera pada

Gambar4.16.



Gambar 4. 14 Cross Section Tendon

Berdasarkan Gambar 4.16, *stressing pierhead* terbagi atas 3 segmen, yaitu segmen pertama dengan lokasi *stressing* pada bagian tengah, setelah itu segmen kedua dengan lokasi *stressing* di area pinggir kanan dan kiri dan *stressing* tahap terakhir terletak di area atas. Visualisasi segmen *stressing* dapat dilihat pada Gambar 4.17



Gambar 4. 15 Segmen Stressing Pierhead

Perhitungan Kebutuhan Bahan

I. Segmen 1

Diketahui berikut merupakan kebutuhan bahan *stressing* sesuai dengan yang tertera pada gambar *basic design*:

| | |
|------------------|-------------|
| 1 Tendon | = 19 strand |
| Jumlah tendon | = 2 tendon |
| Bentang pierhead | = 9,68 m |

Berat jenis strand = 1,578 m/kg
 Diameter tendon = 1 dm (r = 0,5 dm)
 Diameter strand = 0,15 dm (r = 0,075 dm)

Luas permukaan Strand = πr^2
 = $3,14 (0,075)^2$
 = 0,017 dm²

Luas permukaan tendon = πr^2
 = $3,14 (0,5)^2$
 = 0,785 dm²

Luas grouting = $0,785 - (19 \times 0,017)$
 = $0,785 - 0,335$
 = 0,449 dm²

Maka kebutuhan bahan pada pekerjaan *stressing* adalah:

Jumlah strand = 19 strand \times 2 tendon = 38 buah
 Berat strand = $38 \times 9,68 \times 1,578 \text{ m/kg} = 580,45 \text{ kg}$
 Kebutuhan grouting = $0,449 \text{ dm}^2 \times 90 \text{ dm}$
 = $40,447 \text{ dm}^3 \times 2$
 = $80,89 \text{ dm}^3$
 = 80,89 L
 = 4 zak semen

Perhitungan Durasi

i. Durasi pengangkatan

Berat total = 580,45 kg

Diasumsikan pengangkatan material dengan menggunakan *mobile crane* dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

Kecepatan angkat = 104 m/min

Kecepatan swing = 2,5 rpm

Kecepatan penurunan = 52 m/min

Kapasitas angkut crane = 5 ton = 5000 kg

Jumlah cycle time pengangkatan = $\frac{580,45 \text{ kg}}{5000} = 1 \text{ kali cycle time}$

Tinggi hoisting = 13,6+1 m = 14,6 m

Tinggi penurunan = 1 m

$$\text{Sudut swing} = 60^\circ$$

$$\text{Sudut putar} = 60^\circ$$

$$\text{Kondisi peralatan baik} = 0,75$$

$$\text{Kondisi operator cukup} = 0,7$$

$$\text{Faktor cuaca terang} = 0,83$$

$$\begin{aligned}\text{Faktor efisiensi alat} &= 0,75 \times 0,7 \times 0,83 \\ &= 0,435\end{aligned}$$

$$\text{Durasi Persiapan (t1)} = 15 \text{ menit}$$

$$\text{Durasi muat barang} = 10 \text{ menit}$$

$$\text{Durasi bongkar barang} = 15 \text{ menit}$$

Durasi pengangkutan dengan menggunakan persamaan 2.4

$$\begin{aligned}\text{Durasi pengangkutan} &= \frac{14,6}{104 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 0,322 \text{ menit}\end{aligned}$$

Durasi swing dengan menggunakan persamaan 2.5

$$\begin{aligned}\text{Waktu swing} &= \frac{60}{2,5 \left(\frac{\text{round}}{\text{menit}}\right) \times 360 \times 0,435} \\ &= 0,15 \text{ menit}\end{aligned}$$

Durasi penurunan dan penurunan kembali menggunakan persamaan 2.6

$$\begin{aligned}\text{Waktu penurunan} &= \frac{1}{52 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 0,044 \text{ menit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu penurunan kembali} &= \frac{\text{Tinggi penurunan}}{\text{kec. Turun} \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times \text{efisiensi}} \\ &= \frac{13,6}{52 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 0,601 \text{ menit}\end{aligned}$$

$$\text{Durasi } cycle \text{ time dengan crane} = 41,11 \text{ menit} = 0,685 \text{ jam}$$

Pada segmen 1 pengangkatan besi strand membutuhkan satu kali *cycle time* maka durasi pengangkatan tetap 41,11 menit

ii. Durasi pemasukan kabel *strand*

Dengan durasi persiapan 5 menit/tendon, maka total durasi persiapan dengan total 2 tendon adalah

$$\text{Persiapan} = 5 \times 2$$

$$= 10 \text{ menit}$$

$$\text{Insert strand} = 19 \times 2 \times 1 \times (9,68/10)\text{m}$$

$$= 36,784 \text{ menit}$$

Dengan durasi pemotongan 5 menit/tendon, maka total durasi pemotongan dengan total 2 tendon adalah

$$\text{Pemotongan} = 5 \times 2$$

$$= 10 \text{ menit}$$

Dengan durasi Pasang polling 5 menit/tendon, maka total durasi Pasang polling dengan total 2 tendon adalah

$$\text{Pasang polling} = 5 \times 2$$

$$= 10 \text{ menit}$$

Dengan durasi Pasang polling 3 menit/tendon, maka total durasi Pasang polling dengan total 2 tendon adalah

$$\text{Stressing} = 3 \text{ menit/tendon} \times \text{jumlah tendon} \times (p/10)\text{m}$$

$$= 3 \times 2 \times (9,68/10)\text{m}$$

$$= 5,808 \text{ menit}$$

$$\text{Total durasi} = 72,59 \text{ menit} = 1,2 \text{ jam}$$

iii. Durasi Grouting

Diketahui bahwa durasi grouting 0,5 menit/liter

$$\text{Durasi grouting} = 80,89 \times 0,5 = 40,445 \text{ menit} = 0,67 \text{ jam}$$

Total durasi meliputi durasi pengangkatan, durasi pemasukan kabel strand dan durasi grouting adalah sebagai berikut

$$\text{Total durasi} = 0,67 \text{ jam} + 1,2 \text{ jam} + 0,685 \text{ jam} = 2,55 \text{ jam} = 1 \text{ hari}$$

Perhitungan Biaya

i. Alat

1 set sewa alat stressing meliputi stressing jack dan grouting pump adalah

$$\text{Rp. } 20.000.000/\text{ls}$$

Perhitungan biaya mobile crane dengan menggunakan persamaan 2. 15

$$\text{Mobile crane} = 2,55 \times \text{Rp. } 130.625$$

$$= \text{Rp. } 333.746,88$$

ii. Bahan

Perhitungan biaya bahan dengan kebutuhan bahan merupakan koefisien bahan menggunakan persamaan 2. 3

$$\begin{aligned}\text{Besi strand} &= 580,45 \times \text{Rp. } 9.100 \\ &= \text{Rp. } 5.282.095,00\end{aligned}$$

$$\text{Semen} = 4 \times \text{Rp. } 48.000 = \text{Rp. } 192.000$$

$$\text{Aditif sika} = 4 \times 20.500 = \text{Rp. } 82.000$$

iii. Tenaga kerja

Perhitungan biaya tenaga kerja dengan kebutuhan tenaga kerja merupakan koefisien tenaga kerja menggunakan persamaan 2. 18

$$\begin{aligned}\text{Tukang besi} &= 4 \times 100.537,20 \\ &= \text{Rp. } 402.292,20\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mandor} &= 1 \times 123.782,40 \\ &= \text{Rp. } 123.782,40\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Operator} &= 1 \times 100.537,20 \\ &= \text{Rp. } 100.537,20\end{aligned}$$

Maka total biaya stressing sosrobahu segmen 1 meliputi kebutuhan alat, bahan dan tenaga kerja adalah = Rp. 26.516.453,68

II. Segmen II

Diketahui berikut adalah berikut merupakan kebutuhan bahan *stressing* sesuai dengan yang tertera pada gambar *basic design*:

$$1 \text{ Tendon} = 19 \text{ strand}$$

$$\text{Jumlah tendon} = 16 \text{ tendon}$$

$$\text{Bentang pierhead} = 17,25 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis strand} = 1,578 \text{ m/kg}$$

$$\text{Diameter tendon} = 1 \text{ dm (r = 0,5 dm)}$$

$$\text{Diameter strand} = 0,15 \text{ dm (r = 0,075 dm)}$$

$$\text{Luas permukaan Strand} = \pi r^2 = 3,14 (0,075)^2 = 0,017 \text{ dm}^2$$

$$\text{Luas permukaan tendon} = \pi r^2 = 3,14 (0,5)^2 = 0,785 \text{ dm}^2$$

$$\text{Luas grouting} = 0,785 - (19 \times 0,017)$$

$$= 0,785 - 0,335$$

$$= 0,449 \text{ dm}^2$$

Maka kebutuhan bahan pada pekerjaan stressing adalah:

| | |
|--------------------|---|
| Jumlah strand | = 19 strand × 16 tendon = 304 buah |
| Berat strand | = 304 × 17,25 × 1,578 m/kg = 8275,032kg |
| Kebutuhan grouting | = 0,449 dm ² × 90 dm |
| | = 40,447 dm ³ × 16 |
| | = 647,152 dm ³ |
| | = 647,152 L |
| | = 25 zak semen |

Perhitungan Durasi

i. Durasi pengangkatan

Berat total = 8275,032 kg

Diasumsikan pengangkatan material dengan menggunakan mobile crane dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

Kecepatan angkat = 70 m/s

● Kecepatan swing = 1,5 rpm

Kecepatan penurunan = 50 m/s

Kapasitas angkut crane = 25 ton = 25000 kg

Jumlah cycle time pengangkatan = $\frac{8275,032kg}{25000} = 1$ kali cycle time

Tinggi hoisting = 13,6+1 m = 14,6 m

Tinggi penurunan = 1 m

Sudut swing = 60°

Sudut putar = 60°

Kondisi peralatan baik = 0,75

Kondisi operator cukup = 0,7

Faktor cuaca terang = 0,83

Faktor efisiensi alat = 0,75 × 0,7 × 0,83
= 0,435

Durasi Persiapan (t1) = 15 menit

Durasi muat barang = 10 menit

Durasi bongkar barang = 15 menit

Durasi pengangkutan dengan menggunakan persamaan 2.4

$$\begin{aligned} \text{Durasi pengangkutan} &= \frac{14,6}{70 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 0,479 \text{ menit} \end{aligned}$$

Durasi swing dengan menggunakan persamaan 2. 5

$$\begin{aligned} \text{Waktu swing} &= \frac{60}{1,5 \left(\frac{\text{round}}{\text{menit}}\right) \times 360 \times 0,435} \\ &= 0,25 \text{ menit} \end{aligned}$$

Durasi penurunan dan penurunan kembali menggunakan persamaan 2. 6

$$\begin{aligned} \text{Waktu penurunan} &= \frac{1}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 0,044 \text{ menit} \\ &= 0,0459 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu penurunan kembali} &= \frac{\text{Tinggi penurunan}}{\text{kec. turun} \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times \text{efisiensi}} \\ &= \frac{13,6}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 0,625 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Durasi } cycle \text{ time dengan crane} = 41,11 \text{ menit} = 0,685 \text{ jam}$$

Pada segmen 1 pengangkatan besi strand membutuhkan satu kali *cycle time* maka durasi pengangkatan tetap 41,39 menit

ii. Durasi pemasukan kabel strand

Dengan durasi persiapan 5 menit/tendon, maka total durasi persiapan dengan total 16 tendon adalah

$$\begin{aligned} \text{Persiapan} &= 5 \times 16 \\ &= 80 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Insert strand} &= 19 \times 16 \times 1 \times (17,25/10)\text{m} \\ &= 524,4 \text{ menit} \end{aligned}$$

Dengan durasi persiapan 5 menit/tendon, maka total durasi persiapan dengan total 16 tendon adalah

$$\begin{aligned} \text{Pemotongan} &= 5 \times 16 \\ &= 80 \text{ menit} \end{aligned}$$

Dengan durasi persiapan 5 menit/tendon, maka total durasi persiapan dengan total 16 tendon adalah

$$\text{Pasang polling} = 5 \times 16$$

$$= 80 \text{ menit}$$

Dengan durasi persiapan 3 menit/tendon, maka total durasi persiapan dengan total 16 tendon adalah

$$\begin{aligned} \text{Stressing} &= 3 \text{ menit/tendon} \times \text{jumlah tendon} \times (p/10)m \\ &= 3 \times 16 \times (17,25/10)m \\ &= 82,8 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Total durasi} = 847,2 \text{ menit} = 14,12 \text{ jam}$$

iii. Durasi Grouting

Diketahui bahwa durasi grouting 0,5 menit/liter

$$\text{Durasi grouting} = 647,152 \times 0,5 = 323,576 \text{ menit} = 5,39 \text{ jam}$$

Total durasi meliputi durasi pengangkatan, durasi pemasukan kabel strand dan durasi grouting adalah sebagai berikut

$$\text{Total durasi} = 14,12 \text{ jam} + 0,685 \text{ jam} + 14,12 \text{ jam} = 29,035 \text{ jam} = 5 \text{ hari}$$

● **Perhitungan Biaya**

i. Alat

1 set sewa alat stressing meliputi stressing jack dan grouting pump adalah

$$\text{Rp. } 20.000.000/\text{ls}$$

$$\text{Mobile crane} = \text{durasi} \times \text{biaya} = 0,685 \times \text{Rp. } 250.625 = \text{Rp. } 171.678,88$$

ii. Bahan

Perhitungan biaya bahan dengan kebutuhan bahan merupakan koefisien bahan menggunakan persamaan 2. 3

$$\begin{aligned} \text{Besi strand} &= 580,45 \times \text{Rp. } 9.100 \\ &= \text{Rp. } 5.282.095,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 25 \times \text{Rp. } 48.000 \\ &= \text{Rp. } 1.200.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aditif sik} &= 25 \times 20.500 \\ &= \text{Rp. } 512.500 \end{aligned}$$

iii. Tenaga kerja

Perhitungan biaya tenaga kerja dengan kebutuhan tenaga kerja merupakan koefisien tenaga kerja menggunakan persamaan 2. 18

$$\text{Tukang besi} = 4 \times 100.537,20 \times 5 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp. } 502.686,00 \\
 \text{Mandor} &= 1 \times 123.782,40 \times 5 \text{ hari} \\
 &= \text{Rp. } 618.912,00 \\
 \text{Operator} &= 1 \times 100.537,20 \times 5 \text{ hari} \\
 &= \text{Rp. } 502.686,00
 \end{aligned}$$

Maka total biaya stressing sosrobahu segmen 1 meliputi kebutuhan alat, bahan dan tenaga kerja adalah = Rp. 28.790.555,88

III. Segmen 3

Diketahui berikut adalah berikut merupakan kebutuhan bahan *stressing* sesuai dengan yang tertera pada gambar *basic design*:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ Tendon} &= 19 \text{ strand} \\
 \text{Jumlah tendon} &= 12 \text{ tendon} \\
 \text{Bentang pierhead} &= 5,525 \text{ m} \\
 \text{Berat jenis strand} &= 1,578 \text{ m/kg} \\
 \text{Diameter tendon} &= 1 \text{ dm (r = 0,5 dm)} \\
 \text{Diameter strand} &= 0,15 \text{ dm (r = 0,075 dm)} \\
 \text{Luas permukaan strand} &= \pi r^2 = 3,14 (0,075)^2 = 0,017 \text{ dm}^2 \\
 \text{Luas permukaan tendon} &= \pi r^2 = 3,14 (0,5)^2 = 0,785 \text{ dm}^2 \\
 \text{Luas grouting} &= 0,785 - (19 \times 0,017) \\
 &= 0,785 - 0,335 \\
 &= 0,449 \text{ dm}^2
 \end{aligned}$$

Maka kebutuhan bahan pada pekerjaan stressing adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah strand} &= 19 \text{ strand} \times 12 \text{ tendon} \\
 &= 228 \text{ buah} \\
 \text{Berat strand} &= 228 \times 5,525 \times 1,578 \text{ m/kg} \\
 &= 1987,81 \text{ kg} \\
 \text{Kebutuhan grouting} &= 0,449 \text{ dm}^2 \times 90 \text{ dm} \\
 &= 40,447 \text{ dm}^3 \times 12 \\
 &= 485,364 \text{ dm}^3 \\
 &= 485,364 \text{ L} \\
 &= 20 \text{ zak semen}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Durasi

i. Durasi pengangkatan

$$\text{Berat total} = 1987,81 \text{ kg}$$

Diasumsikan bahwa kegiatan pemindahan material dengan menggunakan mobile crane dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

$$\text{Nilai kecepatan angkat} = 70 \text{ m/s}$$

$$\text{Nilai kecepatan swing} = 1,5 \text{ rpm}$$

$$\text{Nilai kecepatan penurunan} = 50 \text{ m/s}$$

$$\text{Kapasitas angkut crane} = 25 \text{ ton} = 25000 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah cycle time pengangkatan} = \frac{1987,81}{25000} = 1 \text{ kali cycle time}$$

$$\text{Tinggi hoisting} = 13,6 + 1 \text{ m} = 14,6 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi penurunan} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Sudut swing} = 60^\circ$$

$$\text{Sudut putar} = 60^\circ$$

$$\text{Kondisi peralatan baik} = 0,75$$

$$\text{Kondisi operator cukup} = 0,7$$

$$\text{Faktor cuaca terang} = 0,83$$

$$\text{Faktor efisiensi alat} = 0,75 \times 0,7 \times 0,83 = 0,435$$

$$\text{Durasi Persiapan (t1)} = 15 \text{ menit}$$

$$\text{Durasi muat barang} = 10 \text{ menit}$$

$$\text{Durasi bongkar barang} = 15 \text{ menit}$$

$$\text{Durasi pengangkutan} = \frac{14,6}{70 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435}$$

$$= 0,479 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu swing} = \frac{60}{1,5 \left(\frac{\text{round}}{\text{menit}}\right) \times 360 \times 0,435}$$

$$= 0,25 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu penurunan} = \frac{1}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435}$$

$$= 0,044 \text{ menit}$$

$$= 0,0459$$

$$\text{Waktu penurunan kembali} = \frac{13,6}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435}$$

$$= 0,625 \text{ menit}$$

Durasi *cycle time* dengan crane = 41,11 menit = 0,685 jam

Pada segmen 1 pengangkatan besi strand membutuhkan satu kali *cycle time* maka durasi pengangkatan tetap 41,39 menit

ii. Durasi pemasukan kabel *strand*

Persiapan = 5×12

= 60 menit

Insert strand = $19 \times 12 \times 1 \times (5,5/10)m = 125,4$ menit

Pemotongan = 5×12

= 60 menit

Pasang polling = 5×12

= 60 menit

Stressing = 3 menit/tendon \times jumlah tendon \times (p/10)m

= $3 \times 12 \times (5,5/10)m$

= 19,8 menit

Total durasi = 325,2 menit = 5,42 jam

iii. Durasi Grouting

Diketahui bahwa durasi grouting 0,5 menit/liter

Durasi grouting = $485,364 \times 0,5 = 242,682$ menit = 4,044 jam

Total durasi meliputi durasi pengangkatan, durasi pemasukan kabel strand dan durasi grouting adalah sebagai berikut

Total durasi = $(5,42 + 0,685 + 4,044)$ jam = 10,149 jam = 2 hari

Perhitungan Biaya

i. Alat

1 set sewa alat stressing meliputi stressing jack dan grouting pump adalah

Rp. 20.000.000/ls

Mobile crane = $0,685 \times \text{Rp. } 250.625$

= Rp. 171.678,88

ii. Bahan

Besi strand = $580,45 \times \text{Rp. } 9.100$

= Rp. 5.282.095,00

Semen = $25 \times \text{Rp. } 48.000$

= Rp. 1.200.000

$$\begin{aligned} \text{Aditif sika} &= 25 \times 20.500 \\ &= \text{Rp. } 512.500 \end{aligned}$$

iii. Tenaga kerja

$$\begin{aligned} \text{Tukang besi} &= 4 \times 100.537,20 \times 2 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 201.074,40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= 1 \times 123.782,40 \times 2 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 247.564,80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Operator} &= 1 \times 100.537,20 \times 2 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 804.584,40 \end{aligned}$$

Maka total biaya stressing sosrobahu segmen 1 meliputi kebutuhan alat, bahan dan tenaga kerja adalah = Rp. 28.419.496,68

Maka total biaya stressing adalah sebagai berikut

| | |
|------------------------------|--------------------------|
| Segmen 1 | Rp.26.516.453,68 |
| Segmen 2 | Rp. 28.790.555,88 |
| Segmen 3 | Rp. 28.419.496,68 |
| Total Biaya stressing | Rp. 83.726.506,24 |

VI. Pekerjaan Sosrobahu

Pekerjaan pemutaran pierhead dengan metode sosrobahu meliputi atas beberapa tahapan, dimulai dari pemasangan pelat sosrobahu, pemasangan dilatasi yang terdiri atas tiga lapisan dan pemutaran *pierhead*. Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 merupakan analisis alat dan bahan yang digunakan selama pekerjaan sosrobahu.

Tabel 4. 11 Kebutuhan alat sosrobahu

| No | Tahapan Pekerjaan | Nama Alat | Jumlah |
|----|---------------------|------------------------------|--------|
| 1 | Pemutaran Sosrobahu | <i>Hydraulic pump</i> | 1 |
| | | <i>Crane on track 25 ton</i> | 1 |

Tabel 4. 12 Kebutuhan bahan sosrobahu

| No | Tahapan Pekerjaan | Nama Alat | Jumlah |
|----|----------------------------|--|--------|
| 1 | Pemasangan pelat sosrobahu | Pelat sosrobahu (d = 0,8 m; t=0,095m) | 1 |

| | | | |
|---|---------------------|--|----------------|
| 2 | | Multiplek t = 6mm (2440 mm × 1220 mm) | 26 lembar |
| 3 | Pemasangan dilatasi | Pasir | 0,615 m3 |
| 4 | | Pelat baja t=6mm (2440 mm × 1220 mm) | 26 lembar |
| | | Sealent | 10,35 liter |
| 5 | Pemutaran sosrobahu | Oli | 70 liter |

Analisis produktivitas

- Alat yang digunakan adalah *hydraulic pump* serta *crane on track*, berikut merupakan perhitungan produktivitas alat tersebut,

| | |
|-----------------------------|--|
| Berat jenis besi | = 7850 kg/m ³ |
| Berat jenis pasir | = 1400 kg/m ³ |
| Berat pelat sosrobahu | = 3,14 × 0,4 × 0,4 × 0,095 × 7850 = 374,66 kg |
| Berat Multiple× | = 26 × 0,5 kg = 13 kg |
| Berat Pasir | = 0,615 × 1400 = 861 kg |
| Berat pelat baja | = 17,25 × 3 × 0,006 × 7850 = 2472,75 |
| Berat sealent+oli | = 10,35+70 = 80,35 kg |
| Berat <i>Hydraulic pump</i> | = 102 kg |
| Total berat | = 102+80,35+2472+861+13+374,66 = 3903,01 |
| Nilai kec. angkat | = 70 m/s |
| Nilai kec. swing | = 1,5 rpm |
| Nilai kec. penurunan | = 50 m/s |

Kapasitas angkut crane = 25 ton = 25000 kg

Jumlah cycle time pengangkatan = $\frac{3903,01kg}{25000} = 1$ kali cycle time

Tinggi hoisting = 13,6+1 m = 14,6 m

Tinggi penurunan = 1 m

Sudut swing = 60°

Sudut putar = 60°

Kondisi peralatan baik = 0,75

Kondisi operator cukup = 0,7

Faktor cuaca terang = 0,83

Faktor efisiensi alat = $0,75 \times 0,7 \times 0,83$
= 0,435

Durasi Persiapan (t1) = 15 menit

Durasi muat barang = 10 menit

Durasi bongkar barang = 15 menit

Durasi pengangkutan = $\frac{14,6}{70 \left(\frac{m}{menit}\right) \times 0,435}$
= 0,479 menit

Waktu swing = $\frac{60}{1,5 \left(\frac{round}{menit}\right) \times 360 \times 0,435}$
= 0,25 menit

Waktu penurunan = $\frac{1}{50 \left(\frac{m}{menit}\right) \times 0,435}$
= 0,044 menit
= 0,0459

Waktu penurunan kembali = $\frac{13,6}{50 \left(\frac{m}{menit}\right) \times 0,435}$
= 0,625 menit

Durasi cycle time dengan crane = 41,39 menit = 0,685 jam

Kapasitas produksi/jam = $\frac{0,83 \times 13880 \times 60}{41,39}$
= 16700,27 kg/jam

Koefisien alat = $\frac{1}{16700}$
= 0,00006

Proses pemutaran sosrobahu dilaksanakan pada malam hari, waktu yang digunakan dalam satu kali pemutaran sosrobahu adalah 30 menit (Basuki; 2017).

Diasumsikan menggunakan 3 grup tenaga kerja maka berikut adalah analisis koefisien tenaga kerja: $\text{Produksi/hari} = 7 \times 16700,27 = 116.901,86 \text{ kg}$,

Koefisien mandor = $(1 \times 7) / 116.901 = 0,0001$

Koefisien tukang = $(3 \times 7) / 116.901 = 0,0002$

Koefisien pekerja = $(9 \times 7) / 116.901 = 0,0006$

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10% dari jumlah harga satuan tenaga, bahan serta alat. Perhitungan harga satuan tenaga/bahan/alat dengan tertuang pada Tabel 4.13

Tabel 4. 13 AHSP Pekerjaan Stressing

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|---|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |
| Pekerja | 0,0006 | 14.571,43 | 9,45 |
| Tukang | 0,0002 | 16.285,71 | 3,52 |
| Mandor | 0,0001 | 21.857,14 | 1,57 |
| Jumlah Harga Tenaga | | | 14,54 |
| B. Bahan | | | |
| Multiplex | 26 | 90.000,00 | 2.340.000,00 |
| Pasir | 0,6150 | 230.700,00 | 141.880,50 |
| Pelat Baja | 2472,75 | 23.255,17 | 57.504.221,62 |
| Sealent | 10,35 | 113.985,00 | 1.179.744,75 |
| Oli | 70 | 44.700,00 | 3.129.000,00 |
| Jumlah Harga Bahan | | | 64.294.846,87 |
| C. Peralatan | | | |
| <i>Hydraulic pump</i> | 0,5 | 907.500,00 | 453.750,00 |
| <i>Crane on track</i> | 0,00002 | 4.048.800,00 | 242,44 |
| Jumlah Harga Bahan | | | 453.992,44 |
| Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan | | | |
| (A + B + C) | | | |
| (D) | | | |
| | | | 64.748.853,85 |
| Overhead & Profit (10% × D) | | | 6.474.885,38 |

| | |
|------------------------|---------------|
| (E) | |
| Harga Satuan Pekerjaan | |
| (D+E) | 71.223.739,23 |

2. Pekerjaan *Steel Box girder* (SGB)

I. Pekerjaan Penyediaan SGB

Analisis kebutuhan alat serta pekerja

Pekerjaan fabrikasi *steel box girder* dilaksanakan di pabrik. Setelah itu, *steel box girder* dikirimkan ke lokasi pekerjaan dengan menggunakan trailer tronton, biaya muat barang di pabrik dengan biaya ditanggung oleh pabrik dan bongkar barang masuk dalam perhitungan *erection girder*. Berikut merupakan analisis kebutuhan alat, bahan serta pekerja pada proses fabrikasi SGB.

Analisis produktivitas

Tronton yang digunakan adalah menggunakan mobil dengan spesifikasi Trailer Tronton 30 T; 200 HP adalah sebagai berikut:

Kapasitas maksimum bak = 15000 kg

Nilai faktor efisiensi alat = 0,83

Kec.rata-rata bak dengan muatan = 20 km/jam

Kec.rata-rata bak keadaan kosong = 30 km/jam

Jarak pengiriman pabrik – lokasi = 20 km

perhitungan durasi pengiriman barang yang terdiri dari durasi tempuh dengan isi pada Persamaan 2. 12 dan durasi tempuh kosong pada Persamaan 2. 13, maka perhitungan kapasitas produksi dapat dianalisis dengan Persamaan 2. 14

$$\begin{aligned} \text{Durasi tempuh dengan isi} &= \frac{20}{20} \times 60 \\ &= 60 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi tempuh kosong} &= \frac{30}{20} \times 60 \\ &= 90 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Durasi bongkar dan muat} = 90 \text{ menit}$$

$$\text{Total durasi pengiriman barang} = 130 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Produksi / Jam} &= \frac{15000 \times 0,83 \times 60}{130} \\ &= 5.746,15 \end{aligned}$$

Koefisien peralatan menggunakan persamaan 2.16

$$\begin{aligned} \text{Koefisien alat Trailer Tronton} &= \frac{1}{\text{Kapasitas Produksi / Jam}} \\ &= \frac{1}{5.746,15} \\ &= 0,0002 \end{aligned}$$

Jumlah tenaga kerja dengan durasi pekerjaan satu hari kerja:

Supir = 1 orang

Pembantu supir = 1 orang

Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10%.

Perhitungan harga satuan tenaga, bahan dan alat dengan tertuang pada Tabel 4.14

Tabel 4. 14 AHSP Pengadaan Girder

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|--|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |
| Sopir | 1 | 114.800,00 | 114.800,00 |
| Pembantu Sopir | 1 | 102.000,00 | 102.000,00 |
| Harga Satuan Tenaga | | | 216.800,00 |
| B. Bahan | | | |
| Baja Struktur | 1 | 23.000,00 | 23.000,00 |
| Harga Satuan Bahan | | | 23.000,00 |
| C. Peralatan | | | |
| Trailer Tronton 30 T; 200 HP | 0,0002 | 598.770,00 | 119,75 |
| Harga Satuan Alat | | | |
| Jumlah Harga Satuan Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C) | | | 239.919,75 |
| (D) | | | |
| Overhead & Profit (10% × D) | | | 23.991,98 |
| (E) | | | |
| Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | 263.911,73 |

II. Pekerjaan *Erection* SGB

Analisis kebutuhan alat serta pekerja

Tahapan *erection* girder terbagi atas dua tahap yaitu mobilisasi girder serta pelaksanaan *erection*. Tabel 4.15 dan Tabel 4.16 merupakan daftar kebutuhan alat serta pekerja selama proses *erection* SGB.

Tabel 4. 15 Kebutuhan alat *erection* girder

| No | Tahapan Pekerjaan | Nama Alat | Jumlah |
|----|-------------------|---------------|--------|
| 1 | Mobilisasi girder | Prime mover | 1 |
| | | Safety patrol | 2 |
| 2 | Erection girder | Crawler crane | 2 |
| | | Manlift | 1 |

Tabel 4. 16 Kebutuhan tenaga kerja *erection* girder

| No | Tahapan Pekerjaan | Tenaga Kerja | Jumlah |
|-----------------|-------------------|------------------------|--------|
| 1 | Mobilisasi girder | Supir | 3 |
| | | Supervisor | 2 |
| Erection girder | | Operator crawler crane | 1 |
| | | Rigger | 2 |
| | | Helper rigger | 4 |
| | | Flagman | 4 |
| | | K3 | 1 |
| | | Operator manlift | 1 |

Diketahui bahwa berikut merupakan spesifikasi pada masing-masing alat yang digunakan

- i. Prime mover
 - Kecepatan maximum = 10 – 20 km/jam
 - Beban maximum = 150 ton
- ii. Crawler crane
 - Kapasitas angkat = 29 m/menit
 - Kapasita swing = 120,84 m/menit
 - Beban maximum = 150 ton
- iii. Manlift
 - Beban maximum = 3 ton

Pada gambar *basic design* diketahui bahwa bentang girder yang digunakan adalah 60 meter sebanyak empat buah dengan masing – masing berat 76,75 ton. Perhitungan kapasitas maksimum alat berat dianalisis dengan interpolasi linear menggunakan nilai kapasitas maksimum alat berat, kapasitas minimum alat berat, berat maksimum alat berat dan berat minimum alat berat. Berikut merupakan rincian perhitungan interpolasi linear:

- i. Kapasitas angkat crane $= 29 + \frac{0-29}{180-0} (76,75 - 0)$
 $= 22,82 \text{ m/menit}$
- ii. Kapasitas swing crane $= 120,68 + \frac{0-120,68}{180-0} (76,75/2 - 0)$
 $= 94,95 \text{ m/menit}$

Analisis produktivitas alat berat

Dengan tinggi pilar 13,6 meter dan diasumsikan jarak lokasi erection dengan stockyard adalah sejauh 20 km/20000 meter maka berikut adalah cycle time dalam pelaksanaan erection girder:

- i. Durasi pengiriman = 100 menit
- ii. Durasi pemasangan *sackle* = 5 menit
- iii. Durasi pengangkatan $= \frac{\text{Tinggi pilar}}{\text{Kapasitas alat berat}} = \frac{13,6+0,15m}{22,82}$
 $= 0,60 \text{ menit}$

0,5 merupakan waktu yang dibutuhkan untuk crane memperpanjang lengan (Rochmanhadi, 1992)

- iv. Durasi swing $= \frac{\text{Tinggi pilar}}{\text{Kapasitas alat berat}} + 0,5$
 $= \frac{13,6}{94,95} + 0,5$
 $= 0,64 \text{ menit}$
- v. Setting posisi = 10 menit
- vi. Pelepasan *sackle* = 5 menit
- vii. Posisi kembali & fixed time = 15 menit
- viii. Durasi cycle time = 44,12 menit
- ix. Total siklus/jam $= \frac{60}{44,12} = 1,35$

Diasumsikan bahwa pemeliharaan mesin dalam keadaan baik maka nilai efisiensi kerja 0,75. Jumlah waktu kerja efektif perjam adalah 45 menit sehingga nilai efisiensi kerja 0,75 dan faktor keadaan cuaca cerah sehingga nilai efisiensi 1, dan dapat dihitung produksi crane perjam adalah:

$$Q = 1 \times 1,35 \times (0,75 \times 0,75 \times 0,75 \times 1) \\ = 0,569$$

Diketahui bahwa total durasi erection girder yang diizinkan adalah 7 jam (Pukul 21.00 hingga 04.00) maka total durasi adalah sebagai berikut:

$$\text{Durasi total} = \frac{4}{7 \times 0,569} = 1 \text{ hari}$$

Perhitungan Biaya

Pekerjaan *erection girder* dihitung dengan satuan lumpsum, maka nilai koefisien alat dan tenaga adalah jumlah kebutuhan masing-masing item tersebut. Tabel 4.17 merupakan Tabel AHSP *Erection Girder*

Tabel 4. 17 AHSP *Erection Girder*

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |
| Supir | 3 | 150.000 | 450.000 |
| Foreman | 1 | 270.000 | 270.000 |
| Operator crane | 2 | 250.000 | 500.000 |
| Rigger | 2 | 120.000 | 240.000 |
| Helper rigger | 4 | 100.000 | 400.000 |
| Flagman | 4 | 100.000 | 400.000 |
| K3 | 1 | 270.000 | 270.000 |
| Operator manlift | 1 | 250.000 | 250.000 |
| Harga Satuan Tenaga | | | 2.740.000 |
| B. Bahan | | | |
| | | | |
| Harga Satuan Bahan | | | |
| C. Peralatan | | | |
| <i>Prime mover</i> | 1 | 12.700.000 | 12.700.000 |
| <i>Safety patrol</i> | 2 | 2.450.000 | 4.900.000 |
| <i>Crawler crane</i> | 2 | 11.375.000 | 22.750.000 |
| <i>manlift</i> | 1 | 5.000.000 | 5.000.000 |
| Harga Satuan Peralatan | | | 45.350.000 |

| | |
|---|------------|
| Jumlah Harga Satuan Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C) (D) | 48.090.000 |
| Overhead & Profit (10% × D) (E) | 4.809.000 |
| Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | 52.899.000 |

4.2.5.3 Rekapitulasi Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Setelah melakukan analisis harga satuan pekerjaan (AHSP), Tabel 4.18 merupakan tabel rekapitulasi dari perhitungan AHSP yang kemudian dikalikan dengan volume pekerjaan untuk menghasilkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) *Basic Design*

Tabel 4. 18 RAB Basic Design

| Uraian | Satuan | Volume | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|---------------------------------|----------------|-----------|--------------------|-------------------|
| DIVISI 7. STRUKTUR | | | | |
| Pekerjaan Pembesian | kg | 157.853,7 | 20.158,85 | 3.182.149.217,65 |
| Pekerjaan Pemasangan Bekisting | m ² | 798,0 | 123.082,33 | 98.219.698,37 |
| Pekerjaan Pengecoran (30 MPa) | m ³ | 171,7 | 1.121.471,49 | 192.567.869,45 |
| Pekerjaan Pengecoran (41,5 MPa) | m ³ | 582,5 | 2.857.446,87 | 1.664.577.097,87 |
| Pekerjaan Stressing | Ls | 2 | 83.726.506,24 | 167.453.012,48 |
| Pekerjaan Sosrobahu | Ls | 2 | 71.223.739,23 | 142.447.478,47 |
| Pekerjaan Pengadaan SGB | Kg | 76750 | 264.134,75 | 20.272.342.049,42 |
| Pekerjaan Erection SGB | ls | 2 | 52.899.000,00 | 105.798.000,00 |
| TOTAL | | | | 25.825.554.423,71 |
| PPN 11% | | | | 2.840.810.986,61 |
| HARGA TOTAL | | | | 28.666.365.410,32 |

4.2.6 Menghitung RAB *Detail Engineering Design* (DED)

4.2.5.4 Menghitung Volume Pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan sesuai dengan BoQ yang ditentukan, perhitungan menggunakan bantuan Aplikasi *Microsoft Excel*. Tabel 4.19 merupakan rekapitulasi volume yang dikeluarkan oleh Aplikasi *Microsoft Excel*.

Tabel 4. 19 Volume Perhitungan DED

| No. Mata Pembayaran | Uraian | Satuan | Volume |
|---------------------------|--|----------------|-----------|
| DIVISI 7. STRUKTUR | | | |
| STRUKTUR BETON | | | |
| 1.1 | Pekerjaan Besi Tulangan (Pembesian | kg | 87.202,1 |
| 1.2 | Pekerjaan Pemasangan Bekisting | m ² | 4.174,3 |
| 1.3 | Pekerjaan Pengecoran slab (35 MPa) | m ³ | 238,7 |
| 1.4 | Pekerjaan Pengecoran Kolom (40 MPa) | m ³ | 343,6 |
| 1.5 | Pekerjaan Pengecoran Pierhead (45 MPa) | m ³ | 516,0 |
| 1.6 | Pekerjaan Stressing | Ls | 4 |
| 1.7 | Pekerjaan Sosrobahu | Ls | 4 |
| 2 | PEKERJAAN STEEL BOX GIRDER (SGB) | m ³ | |
| 2.1 | Pekerjaan Pengadaan SGB | Kg | 234867,41 |
| 2.3 | Pekerjaan Erection SGB | ls | 4 |

4.2.5.5 Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) yang disesuaikan dengan Item pekerjaan pada BoQ. berikut merupakan penjelasan dari masing-masing AHSP yang tertera di BoQ pekerjaan

1. Pekerjaan Struktur Beton

Pada perhitungan biaya *detail engineering design* diasumsikan menggunakan metode yang sama dengan biaya *basic design*, maka pada pekerjaan kolom pada *detail engineering design* dilakukan secara bertahap sama seperti pada perhitungan biaya *basic design*. Pada kolom yang terdapat pada longspan memiliki dua tipe, berikut merupakan perhitungan analisis harga satuan kolom DED. Kolom *longspan* pada proyek MBZ terdiri dari P173 – P 176, dengan kolom 173 dan 176 tipikal penulis memberi nama kolom tersebut dengan kolom I. sedangkan kolom 174 dan 175 penulis memberi nama kolom II. Berikut merupakan perhitungan pekerjaan struktur beton *detail engineering design* (DED) yang terdiri dari pekerjaan pembesian, pekerjaan bekisting serta pengecoran

I. Pekerjaan Pembesian

Perhitungan Durasi

Pada pekerjaan pekerjaan fabrikasi pembesian kolom menggunakan alat *bar cutter* serta *bar bender*. Berikut merupakan rincian jumlah bengkokan dan kaitan berdasarkan diameter tulangan

- a. Besi Tulangan 13 mm
 - Bengkokan : 17142
 - Kaitan : 11428

- b. Besi Tulangan 16 mm
 - Bengkokan : 5162
 - Kaitan : 4093
- c. Besi Tulangan 19 mm
 - Bengkokan : 13060
 - Kaitan : 13044
- d. Besi Tulangan 25 mm
 - Bengkokan : 12624
 - Kaitan : 8362
- e. Besi Tulangan 32 mm
 - Bengkokan : 276
 - Kaitan : 276

Berdasarkan Tabel 4.6, besi tulangan ukuran 13 mm masuk dalam kategori 1 dengan durasi bengkokan 0,8 jam dan kaitan 1,2 jam, ukuran 16 mm serta 19 mm masuk dalam kategori 2 dengan durasi bengkokan 1 jam dan kaitan 1,6 jam, Sedangkan besi tulangan diameter 25 mm dengan durasi bengkokan 1,2 jam dan kaitan 2 jam, dan besi tulangan diameter 32 termasuk kategori 4 mm dengan durasi bengkokan 1,5 jam dan kaitan 2,5 jam, maka berikut adalah perhitungan durasi pekerjaan:

- a. Kategori 1
 - Jumlah bengkokan = 17142
 - Jumlah kaitan = 11428
 - Durasi Bengkokan = $17142 \times \frac{0,8}{100} = 137,136$ jam
 - Durasi Kaitan = $11428 \times \frac{1,2}{100} = 137,136$ jam
- b. Kategori 2
 - Jumlah bengkokan = $5162 + 12624 = 18222$
 - Jumlah kaitan = $4093 + 13044 = 17137$
 - Durasi Bengkokan = $18222 \times \frac{1}{100} = 273,330$ jam
 - Durasi Kaitan = $17137 \times \frac{2,5}{100} = 274,192$ jam
- c. Kategori 3
 - Jumlah bengkokan = 12624

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kaitan} &= 8362 \\ \text{Durasi Bengkokan} &= 12624 \times \frac{1,2}{100} = 151,448 \text{ jam} \\ \text{Durasi Kaitan} &= 8362 \times \frac{2}{100} = 167,24 \text{ jam} \end{aligned}$$

d. Kategori 4

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bengkokan} &= 276 \\ \text{Jumlah kaitan} &= 276 \\ \text{Durasi Bengkokan} &= 276 \times \frac{1,5}{100} = 4,14 \text{ jam} \\ \text{Durasi Kaitan} &= 276 \times \frac{2,5}{100} = 6,9 \text{ jam} \end{aligned}$$

e. Total Durasi :

$$\begin{aligned} \text{Durasi total} &= 956,6 \text{ jam} \\ &= 136,7 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Asumsi penulis menggunakan 10 grup berdasarkan sumber Buku Soedrajat (halaman 93) menyebutkan bahwa satu grup terdiri dari tiga pekerja serta satu tukang maka durasi yang diperlukan adalah:

$$\text{Durasi total} = \frac{136,7}{10} = 14 \text{ hari}$$

Perhitungan Koefisien

a. Koefisien Tenaga Kerja

Pada perhitungan koefisien tenaga kerja diasumsikan oleh peneliti bahwa jumlah tenaga kerja pada pekerjaan fabrikasi sejumlah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{M=Mandor} &= 3 \text{ Orang} \\ \text{T=Tukang} &= 10 \text{ Orang} \\ \text{P= Pekerja} &= 30 \text{ Orang} \end{aligned}$$

Berdasarkan sumber (Soedrajat, 1984) bahwa produksi bengkokan dan produksi kaitan adalah sebanyak 100 buah/1,5 jam, maka perhitungan jumlah produksi satu hari adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah produksi/1,5 jam} &= 100 \text{ bengkokan} + 100 \text{ kaitan} \\ &= 200 \text{ buah/1,5 jam} \end{aligned}$$

$$\text{Tk=Jam kerja efektif} = 7 \text{ jam kerja}$$

$$\text{Qt=Produksi 1 hari} = \frac{7 \text{ jam}}{1,5 \text{ jam}} \times 200$$

$$= 933,33 \text{ buah/hari}$$

Perhitungan koefisien dengan menggunakan Persamaan 2.18

$$\text{Koefisien mandor} = (3 \times 7)/933,33 = 0,0022$$

$$\text{Koefisien tukang} = (10 \times 7)/933,33 = 0,0750$$

$$\text{Koefisien pekerja} = (30 \times 7)/933,33 = 0,2250$$

b. Koefisien Bahan

Bahan yang digunakan adalah besi tulangan serta kawat beton, diasumsikan bahwa nilai faktor kehilangan besi tulangan adalah 1,03 dan kebutuhan kawat beton setiap 1 kg besi tulangan adalah 0,015 kg, dapat disimpulkan bahwa koefisien bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Koefisien besi tulangan} = 1,03$$

$$\text{Koefisien kawat beton} = 0,015$$

c. Koefisien Alat

Pekerjaan pembesian dengan menggunakan alat *bar bender* dan *bar cutter*, dengan durasi fabrikasi selama delapan hari serta produksi fabrikasi sebanyak 933,33 buah/hari. Maka perhitungan koefisien alat dengan menggunakan persamaan 2.15 adalah sebagai berikut:

$$\text{Koefisien bar bender dan bar cutter} = \frac{14}{933,33} = 0,0039$$

Crane On Track

Durasi pengangkatan

$$\text{Berat total} = 87.202,1 \text{ kg}$$

Diasumsikan bahwa kegiatan pemindahan material dengan menggunakan mobile crane dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

$$\text{Nilai Kec. angkat} = 70 \text{ m/s}$$

$$\text{Nilai Kec. swing} = 1,5 \text{ rpm}$$

$$\text{Nilai Kec. turun penurunan} = 50 \text{ m/s}$$

$$\text{Kapasitas angkut crane} = 25 \text{ ton} = 25000 \text{ kg}$$

$$\text{Tinggi hoisting} = 13,6 + 1 \text{ m} = 14,6 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi penurunan} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Sudut putar} = 60^\circ$$

$$\text{Alat dalam kondisi baik} = 0,75$$

$$\begin{aligned}
\text{Kondisi operator cukup} &= 0,7 \\
\text{Cuaca kondisi terang} &= 0,83 \\
\text{Faktor efisiensi alat} &= 0,75 \times 0,7 \times 0,83 \\
&= 0,435 \\
\text{Durasi Persiapan (t1)} &= 15 \text{ menit} \\
\text{Durasi muat barang} &= 10 \text{ menit} \\
\text{Durasi bongkar barang} &= 15 \text{ menit} \\
\text{Durasi pengangkutan} &= \frac{14,6}{70 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\
&= 0,479 \text{ menit} \\
\text{Waktu swing} &= \frac{60}{1,5 \left(\frac{\text{round}}{\text{menit}}\right) \times 360 \times 0,435} \\
&= 0,25 \text{ menit} \\
\text{Waktu penurunan} &= \frac{1}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\
&= 0,044 \text{ menit} \\
&= 0,0459 \\
\text{Waktu penurunan kembali} &= \frac{13,6}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\
&= 0,625 \text{ menit} \\
\text{Durasi cycle time dengan crane} &= 41,11 \text{ menit} \\
\text{Kap. Prod. / jam} &= \frac{0,83 \times 87202 \times 60}{41,11} \\
&= 422540,85 \\
\text{Koefisien} &= \frac{1}{422540,85} = 0,000009
\end{aligned}$$

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10%. Perhitungan harga satuan tenaga, bahan dan alat dengan tertuang pada 4.20

Tabel 4. 20 AHSP Fabrikasi Pembesian (DED)

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|-----------|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |
| Pekerja | 0,1350 | 11.052,00 | 1.967,14 |
| Tukang | 0,0450 | 14.367,60 | 732,86 |

| | | | |
|---|----------|--------------|-----------|
| Mandor | 0,0150 | 17.683,20 | 327,86 |
| Jumlah Harga Satuan Tenaga | | | 3.027,86 |
| B. Bahan | | | |
| Besi Tulangan | 1,03 | 9.300,00 | 9.579,00 |
| Kawat Beton | 0,015 | 22.600,00 | 339,00 |
| Jumlah Harga Satuan Bahan | | | 9.042,50 |
| C. Alat | | | |
| <i>Bar Bender</i> | 0,014679 | 236.600 | 3.277,73 |
| <i>Bar Cutter</i> | 0,014679 | 236.600 | 3.277,73 |
| <i>Crane on track</i> | 0,000009 | 4.048.800,00 | 38,33 |
| Jumlah Harga Peralatan | | | 6.593,78 |
| Jumlah Harga Satuan Tenaga, Bahan Dan Peralatan | | | 19.539,64 |
| (A + B + C) | | | |
| (D) | | | |
| Overhead & Profit (10% × D) | | | 1.953,96 |
| (E) | | | |
| Harga Satuan Pekerjaan | | | 21.493,60 |
| (D+E) | | | |

II. Pekerjaan Pemasangan Bekisting

Perhitungan Durasi

Diketahui kebutuhan bekisting kolom pada gambar basic design adalah sebanyak 4.174,3 m². Menurut sumber (Soedrajat; 1984), kapasitas pemasangan bekisting setiap 3 jam kerja adalah sebanyak 10 m². Maka, durasi pemasangan bekisting adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi} &= \text{kebutuhan bekisting} \times \text{kapasitas produksi} \\
 &= (4.174,3 \times 3 \text{ jam}/10\text{m}^2) \\
 &= 1.252,3 \text{ jam} \\
 &= 178,9 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Penulis menggunakan 10 grup tenaga kerja maka durasi menjadi:

$$\text{Durasi} = \frac{178,9}{10} = 18 \text{ hari}$$

$$\text{Kapasitas produksi/hari} = \frac{4.174,3}{18} \text{ m}^2 = 231,9 \text{ m}^2$$

Perhitungan Kebutuhan Bahan

Berikut adalah kebutuhan bahan dan tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan bekisting:

1. Bekisting baja

Ukuran panel = 1500 mm × 3000 mm

Luas Panel = 45 m²

Bobot = 171,0 kg

Kebutuhan bekisting = $\frac{4.174,3}{45} = 93$ panel

2. Minyak bekisting

Perhitungan kebutuhan minyak bekisting = 2,875 l/10m²

(soedrajat; 1989)

kebutuhan minyak bekisting = 2,875 × 4.174,3/10m²

= 1200 liter

Perhitungan Koefisien

a. Koefisien Tenaga Kerja

Perhitungan koefisien dengan menggunakan Persamaan 2.18

Koefisien mandor = $(2 \times 7) / 231,9 = 0,9056$

Koefisien tukang = $(10 \times 7) / 231,9 = 0,3019$

Koefisien pekerja = $(30 \times 7) / 231,9 = 0,9056$

b. Koefisien Bahan

Bekisting Baja = $\frac{231,9}{4.174,3} = 0,556$

Minyak Bekisting = $\frac{1200}{4.174,3} = 2,875$

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10%. Perhitungan harga satuan tenaga/bahan/alat dengan tertuang pada Tabel 4.21

Tabel 4. 21 AHSP Pemasangan Bekisting (DED)

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|-----------|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |
| Pekerja | 0,9056 | 14.571,43 | 13.195,34 |
| Tukang | 0,3019 | 16.285,71 | 4.915,91 |

| | | | |
|---|--------|------------|------------|
| Mandor | 0,0604 | 21.857,14 | 1.319,53 |
| Jumlah Harga Satuan Tenaga | | | 19.763,16 |
| B. Bahan | | | |
| Bekisting Baja | 0,556 | 356.800,00 | 196.240,00 |
| Minyak Bekisting | 0,2875 | 29.600,00 | 8.509,21 |
| Jumlah Harga Satuan Bahan | | | 204.750,00 |
| C. Peralatan | | | |
| Jumlah Harga Satuan Alat | | | |
| Jumlah Harga Satuan Tenaga, Bahan Dan Peralatan | | | 224.513,16 |
| (A + B + C) | | | |
| (D) | | | |
| Overhead & Profit (10% × D) | | | 24.696,45 |
| (E) | | | |
| Harga Satuan Pekerjaan | | | 249.209,61 |
| (D+E) | | | |

III. Pekerjaan Pengecoran

Pekerjaan Pengecoran Pelat Lantai (35 MPa)

Pekerjaan pengecoran dengan metode *concrete pump*. Total volume pengecoran pelat lantai sebanyak 238,7 m³. Berikut adalah tahapan dalam menganalisis biaya dalam pekerjaan pengecoran pelat lantai

Produktivitas Alat

Penulis mengasumsikan kondisi alat serta pemeliharaan mesin dalam kondisi baik, maka nilai efisiensi alat 0,75, kemampuan operator masuk dalam kategori terampil, maka nilai efisiensi 0,80. kondisi cuaca terang, maka nilai efisiensi 0,90. Maka nilai efisiensi alat adalah sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi alat} = 0,75 \times 0,8 \times 0,9 = 0,54$$

Diketahui bahwa kemampuan *concrete pump* adalah 112 m³/jam, maka nilai *output piston side concrete pump* adalah sebagai berikut:

$$\text{output piston side concrete pump} = 112 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,54 = 60,48 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Durasi pengecoran pelat lantai

Diketahui bahwa volume pengecoran kolom adalah 238,7 m³ dengan menggunakan *truck mixer* berkapasitas 9 m³. Maka jumlah truck mixer sesuai dengan persamaan 2.10 adalah sebagai berikut

$$\text{Jumlah truck mixer} = \frac{238,7}{9} = 27 \text{ truk}$$

Selanjutnya, perhitungan waktu pengecoran meliputi waktu persiapan, waktu pelaksanaan, waktu tambah serta waktu pasca pengecoran

- i. Durasi persiapan diantaranya terdiri dari pengaturan posisi, proses pemasangan pipa serta idle truck mixer dengan durasi prakiraan 40 menit
- ii. Waktu pengecoran (t_2)
$$\frac{\text{volume pengecoran}}{\text{output concrete pump}} = \frac{238,7}{60,48} = 3,94 \text{ menit}$$
- iii. Durasi tambahan merupakan waktu yang dibutuhkan dalam proses perpindahan dan penggantian truck mixer serta waktu yang dibutuhkan pada pengujian slump dengan durasi prakiraan 15 menit
- iv. Durasi pasca pelaksanaan meliputi pembersihan serta persiapan kembali dengan durasi 40 menit

Maka total waktu pengecoran truck mixer adalah

$$\begin{aligned} \text{Total waktu} &= (40 + 3,94 + 15 + 40) \text{ menit} \times 27 \text{ truck} \\ &= 98,94 \times 27 \\ &= 2.624,29 \text{ menit} / 60 \text{ menit} \\ &= 43,74 \text{ jam} / 7 \text{ jam kerja} \\ &= 6 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\text{Produktivitas perhari} = \frac{238,7}{6} = 39,78 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Truck mixer perhari} = \frac{39,78}{9} = 4 \text{ truck mixer/hari}$$

Perhitungan Koefisien

a. Koefisien Tenaga Kerja

Pada pekerjaan pengecoran kolom diasumsukan membutuhkan tenaga kerja dengan rincian sebagai berikut:

Mandor(M) = 1 orang

Tukang(T) = 1 orang

Pekerja(P) = 3 orang

Diketahui bahwa jumlah produksi perhari serta jam kerja efektif adalah sebagai berikut:

Jumlah produksi perhari = 39,78 m³/hari

Jumlah jam kerja efektif = 7 jam kerja

Maka, koefisien tenaga kerja adalah sebagai berikut:

$$\text{Koefisien mandor} = (1 \times 7) / 39,78 = 0,1760$$

$$\text{Koefisien tukang} = (1 \times 7) / 39,78 = 0,1760$$

$$\text{Koefisien pekerja} = (3 \times 7) / 39,78 = 0,5279$$

b. Koefisien Bahan

Bahan yang digunakan adalah beton yang didatangkan dari *batching plan*, diasumsikan bahwa nilai faktor kehilangan beton, maka dapat disimpulkan bahwa koefisien bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Koefisien beton 30 MPa} = 1,03$$

c. Koefisien Alat

Alat yang digunakan pada pengecoran kolom adalah concrete pump dan vibrator, Diketahui bahwa jumlah produktivitas perhari serta durasi pengecoran adalah sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas perhari} = 39,78 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Durasi pengecoran} = 6 \text{ hari}$$

$$\text{Koefisien alat} = \frac{6}{39,78} = 0,1584$$

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10%. Perhitungan harga satuan tenaga, bahan dan alat dengan tertuang pada Tabel 4.22

Tabel 4. 22 AHSP Volume Pengecoran 35 MPa

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|----------------------------|-----------|--------------------|--------------|
| A. Tenaga | | | |
| Pekerja | 1,7166 | 11.052,00 | 7.691,66 |
| Tukang | 0,5722 | 14.367,60 | 2.865,52 |
| Mandor | 0,5722 | 17.683,20 | 3.845,83 |
| Jumlah Harga Tenaga | | | 14.403,02 |
| B. Bahan | | | |
| Beton 30 MPa | 1,0300 | 690.000,00 | 710.700,00 |
| Analisi Harga Satuan Bahan | | | 710.700,00 |

| | | | |
|---|--------|--------------|--------------|
| C. Peralatan | | | |
| <i>Concrete pump</i> | 0,1584 | 4.048.800,00 | 641.158,94 |
| <i>vibrator</i> | 0,1584 | 500.000,00 | 79.178,89 |
| Analisi Harga Satuan Alat | | | 720.337,83 |
| Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C) | | | 1.445.440,85 |
| (D) | | | |
| Overhead/Profit (10% × D) (E) | | | 144.544,08 |
| Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | 1.589.984,93 |

Pekerjaan pengecoran Kolom (40 MPa)

Pekerjaan pengecoran kolom dilaksanakan dengan metode *concrete pump*. Total volume beton kolom sebanyak 343,6 m³. Berikut adalah tahapan dalam menganalisis biaya dalam pekerjaan pengecoran kolom

Produktivitas Alat

Perhitungan produktivitas alat pada pekerjaan pengecoran pilecap dan kolom menggunakan tahapan yang sama serta acuan yang sama, maka penulis mengasumsikan kondisi alat serta pemeliharaan mesin dalam kondisi baik, maka nilai efisiensi alat 0,75, kemampuan operator masuk dalam kategori terampil, maka nilai efisiensi 0,80. kondisi cuaca terang, maka nilai efisiensi 0,90. Maka nilai efisiensi alat adalah sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi alat} = 0,75 \times 0,8 \times 0,9 = 0,54$$

Diketahui bahwa kemampuan *concrete pump* adalah 112 m³/jam, maka nilai *output piston side concrete pump* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{output piston side concrete pump} &= 112 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,54 \\ &= 60,48 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Durasi pengecoran kolom

Diketahui bahwa volume pengecoran kolom adalah $343,6\text{m}^3$ dengan menggunakan *truck mixer* berkapasitas 9 m^3 . Maka jumlah truck mixer sesuai dengan persamaan 2.10 adalah sebagai berikut

$$\text{Jumlah truck mixer} = \frac{343,6}{9} = 38 \text{ truk}$$

Selanjutnya, perhitungan waktu pengecoran meliputi waktu persiapan, waktu pelaksanaan, waktu tambah serta waktu pasca pengecoran

- i. Durasi persiapan diantaranya terdiri dari pengaturan posisi, proses pemasangan pipa serta *idle truck mixer* dengan durasi prakiraan 40 menit
- ii. Waktu pengecoran (t_2)
$$\frac{\text{volume pengecoran}}{\text{output concrete pump}} = \frac{343,6}{60,48} = 5,68 \text{ menit}$$
- iii. Durasi tambahan merupakan waktu yang dibutuhkan dalam proses perpindahan dan penggantian *truck mixer* serta waktu yang dibutuhkan pada pengujian slump dengan durasi prakiraan 15 menit
- iv. Durasi pasca pelaksanaan meliputi pembersihan serta persiapan kembali dengan durasi 40 menit

Total waktu pekerjaan dengan truck mixer adalah

$$\begin{aligned} \text{Total waktu} &= (40 + 5,68 + 15 + 40) \text{ menit} \times 38 \text{ truck} \\ &= 100,68 \times 38 \\ &= 3843,79 \text{ menit} / 60 \text{ menit} \\ &= 64,06 \text{ jam} / 7 \text{ jam kerja} \\ &= 8,01 \text{ hari} \\ &= 9 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas perhari} &= \frac{343,6}{9} \\ &= 38,18 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Truck mixer perhari} = \frac{38,18}{9} = 4 \text{ truck mixer/hari}$$

Perhitungan Koefisien

d. Koefisien Tenaga Kerja

Pada pekerjaan pengecoran kolom diasumsikan membutuhkan tenaga kerja dengan rincian sebagai berikut:

Mandor(M) = 1 orang

Tukang(T) = 1 orang

Pekerja(P) = 3 orang

Diketahui bahwa jumlah produksi perhari serta jam kerja efektif adalah sebagai berikut:

Jumlah produksi perhari = 38,18 m³/hari

Jumlah jam kerja efektif = 7 jam kerja

Maka, koefisien tenaga kerja adalah sebagai berikut:

Koefisien mandor = $(1 \times 7) / 38,18 = 0,1834$

Koefisien tukang = $(1 \times 7) / 38,18 = 0,1834$

Koefisien pekerja = $(3 \times 7) / 38,18 = 0,5501$

e. Koefisien Bahan

Bahan yang digunakan adalah beton yang didatangkan dari *batching plan*, diasumsikan bahwa nilai faktor kehilangan beton, maka dapat disimpulkan bahwa koefisien bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Koefisien beton 30 MPa = 1,03

f. Koefisien Alat

Alat yang digunakan pada pengecoran kolom adalah concrete pump dan vibrator, Diketahui bahwa jumlah produktivitas perhari serta durasi pengecoran adalah sebagai berikut:

Produktivitas perhari = 38,18 m³/hari

Durasi pengecoran = 9 hari

Koefisien alat = $\frac{9}{38,18}$

= 0,2357

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10%. Perhitungan harga satuan tenaga/bahan/alat dengan tertuang pada Tabel 4.23

Tabel 4. 23 AHSP DED Pengecoran Kolom (40 MPa)

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|--|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |
| Pekerja | 0,5097 | 14.571,43 | 7.427,18 |
| Tukang | 0,1699 | 16.285,71 | 2.766,99 |
| Mandor | 0,1699 | 21.857,14 | 3.713,59 |
| Analisi Harga Satuan Tenaga | | | 13.907,77 |
| B. Bahan | | | |
| Beton 30 MPa | 1,0300 | 775.000,00 | 798.250,00 |
| Analisi Harga Satuan Bahan | | | 798.250,00 |
| C. Peralatan | | | |
| <i>Concrete pump</i> | 0,2357 | 3.500.000,00 | 825.087,31 |
| <i>vibrator</i> | 0,2357 | 500.000,00 | 117.869,62 |
| Analisi Harga Satuan Alat | | | 942.956,93 |
| Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C) | | | 1.756.215,66 |
| (D) | | | |
| Overhead & Profit (10% × D) | | | 175.621,57 |
| (E) | | | |
| Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | 1.931.837,22 |

Pekerjaan Pengecoran *Pierhead* (45 MPa)

Perhitungan produktivitas alat pada pekerjaan pengecoran pierhead dan kolom menggunakan tahapan yang sama serta acuan yang sama, maka penulis mengasumsikan kondisi alat serta pemeliharaan mesin dalam kondisi baik, maka nilai efisiensi alat 0,75, kemampuan operator masuk dalam kategori terampil, maka nilai efisiensi 0,80. kondisi cuaca terang, maka nilai efisiensi 0,90. Maka nilai efisiensi alat adalah sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi alat} = 0,75 \times 0,8 \times 0,9 = 0,54$$

Diketahui bahwa kemampuan *concrete pump* adalah 112 m³/jam, maka nilai *output piston side concrete pump* adalah sebagai berikut:

$$\text{output piston side concrete pump} = 112 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,54$$

$$= 60,48 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Durasi pengecoran pier head

Diketahui bahwa volume pengecoran *pier head* adalah 516,0 m³ dengan menggunakan *truck mixer* berkapasitas 9 m³. Maka jumlah truck mixer sesuai dengan persamaan 2.10 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Jumlah truck mixer} &= \frac{516,0}{9} \\ &= 57 \text{ truck} \end{aligned}$$

Selanjutnya, perhitungan waktu pengecoran meliputi waktu persiapan, waktu pelaksanaan, waktu tambah serta waktu pasca pengecoran

- i. Durasi persiapan diantaranya terdiri dari pengaturan posisi, proses pemasangan pipa serta *idle truck mixer* dengan durasi prakiraan 40 menit
- ii. Waktu pengecoran (t₂)

$$\frac{\text{volume pengecoran}}{\text{output concrete pump}} = \frac{516}{60,48} = 8,53 \text{ menit}$$
- iii. Durasi tambahan merupakan waktu yang dibutuhkan dalam proses perpindahan dan penggantian *truck mixer* serta waktu yang dibutuhkan pada pengujian slump dengan durasi prakiraan 15 menit
- iv. Durasi pasca pelaksanaan meliputi pembersihan serta persiapan kembali dengan durasi 40 menit

Total waktu pekerjaan cor dengan truck mixer adalah

$$\begin{aligned} \text{Total waktu} &= (40 + 8,53 + 15 + 40) \text{ menit} \times 57 \text{ truck} \\ &= 103,53 \times 57 \\ &= \frac{5935,82 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} \\ &= \frac{98,93 \text{ jam}}{7 \text{ jam kerja}} \\ &= 12,37 \text{ hari} \\ &= 13 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi perhari} &= \frac{516,0}{13} \\ &= 39,69 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Truck mixer perhari} = \frac{39,69}{9} = 4 \text{ truck mixer/hari}$$

Perhitungan Koefisien

a. Koefisien Tenaga Kerja

Pada pekerjaan pengecoran kolom diasumsikan membutuhkan tenaga kerja dengan rincian sebagai berikut:

Mandor(M) = 1 orang

Tukang(T) = 1 orang

Pekerja(P) = 3 orang

Diketahui bahwa banyaknya produksi perhari serta jam kerja efektif adalah sebagai berikut:

Jumlah produksi perhari = 39,69 m³/hari

Jumlah jam kerja efektif = 7 jam kerja

Maka, koefisien tenaga kerja adalah sebagai berikut:

Koefisien mandor = $(1 \times 7) / 39,69 = 0,1764$

Koefisien tukang = $(1 \times 7) / 39,69 = 0,1764$

Koefisien pekerja = $(3 \times 7) / 39,69 = 0,5291$

b. Koefisien Bahan

Bahan yang digunakan adalah beton yang didatangkan dari *batching plan*, diasumsikan bahwa nilai faktor kehilangan beton, maka dapat disimpulkan bahwa koefisien bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Koefisien beton 45 MPa = 1,03

c. Koefisien Alat

Alat yang digunakan pada pengecoran kolom adalah concrete pump dan vibrator, Diketahui bahwa jumlah produktivitas perhari serta durasi pengecoran adalah sebagai berikut:

Produktivitas perhari = 39,69 m³/hari

Durasi pengecoran = 3 hari

Koefisien alat = $\frac{3}{39,69}$

= 0,3275

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

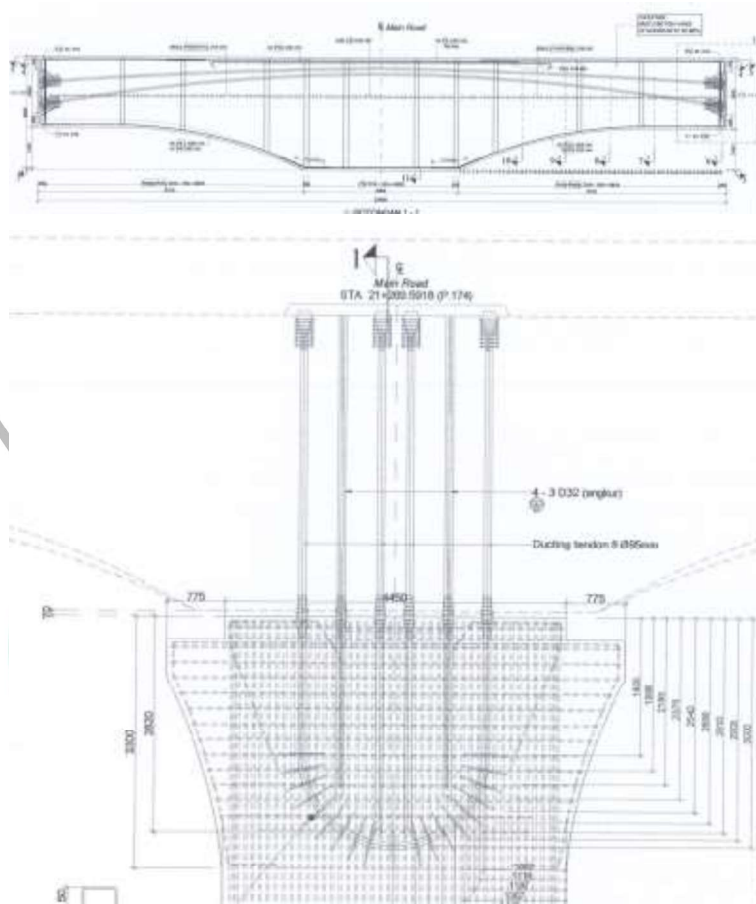
Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10%. Perhitungan harga satuan tenaga, bahan dan alat tertuang pada Tabel 4.24

Tabel 4. 24 AHSP DED Pengecoran Pierhead (45 MPa)

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|---|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |
| Pekerja | 0,5291 | 14.571,43 | 7.709,30 |
| Tukang | 0,1764 | 16.285,71 | 2.872,09 |
| Mandor | 0,1764 | 21.857,14 | 3.854,65 |
| Analisi Harga Satuan Tenaga | | | 14.436,05 |
| B. Bahan | | | |
| Beton 45 MPa | 1,03 | 890.000,00 | 916.700,00 |
| Analisi Harga Satuan Bahan | | | 916.700,00 |
| C. Peralatan | | | |
| <i>Concrete pump</i> | 0,3275 | 3.500.000,00 | 1.146.317,83 |
| <i>vibrator</i> | 0,3275 | 500.000,00 | 163.759,69 |
| Analisi Harga Satuan Alat | | | 1.310.077,52 |
| Jumlah Analisi Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C) | | | 2.241.213,57 |
| (D) | | | |
| Overhead & Profit (10% × D) | | | 224.121,36 |
| (E) | | | |
| Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | 2.465.334,92 |

IV. Pekerjaan *Stressing Pierhead*

Pekerjaan *stressing* dihitung dengan satuan lumpsum, maka berikut adalah perhitungan biaya *stressing* berdasarkan gambar *Detail engineering design*, *Stressing pierhead* terbagi atas 2 segmen, yaitu segmen pertama dengan lokasi *stressing* pada bagian horizontal, setelah itu segmen kedua bagian u-ducting, seperti yang tertera pada gambar



Perhitungan Kebutuhan Bahan

Segmen 1

Diketahui berikut merupakan kebutuhan bahan pekerjaan stressing berdasarkan gambar basic design:

- 1 Tendon = 8 strand
- Jumlah tendon = 12 tendon
- Bentang pierhead = 23,5 m
- Berat jenis strand = 1,578 m/kg
- Diameter tendon = 300 mm (r = 150 mm)
- Diameter strand = 95 mm (r = 45 mm)

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan Strand} &= \pi r^2 \\ &= 3,14 (45)^2 \\ &= 6358,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan Strand} &= \pi r^2 \\ &= 3,14 (150)^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 70650 \text{ mm}^2 \\
 \text{Luas grouting} &= 70650 - (8 \times 6358,5) \\
 &= 70650 - 50.868 \\
 &= 19782 \text{ mm}^2 \\
 &= 1,97 \text{ dm}^2
 \end{aligned}$$

Maka kebutuhan bahan pada pekerjaan *stressing* adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah strand} &= 8 \text{ strand} \times 12 \text{ tendon} = 96 \text{ buah} \\
 \text{Berat strand} &= 96 \times 23,5 \times 1,578 \text{ m/kg} = 3559,96 \text{ kg} \\
 \text{Kebutuhan grouting} &= 1,97 \text{ dm}^2 \times 90 \text{ dm} \\
 &= 177,3 \text{ dm}^3 \\
 &= 177,3 \text{ L} \\
 &= 7 \text{ zak semen}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Durasi

Durasi pengangkatan

$$\text{Berat total} = 3559,96 \text{ kg}$$

Diasumsikan bahwa kegiatan pemindahan material dengan menggunakan mobile crane dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

$$\text{Nilai Kec. angkat} = 70 \text{ m/s}$$

$$\text{Nilai Kec. swing} = 1,5 \text{ rpm}$$

$$\text{Nilai Kec. turun penurunan} = 50 \text{ m/s}$$

$$\text{Kapasitas angkut crane} = 25 \text{ ton} = 25000 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah cycle time pengangkatan} = \frac{3559,96 \text{ kg}}{25000} = 1 \text{ kali cycle time}$$

$$\text{Tinggi hoisting} = 35,46 + 1 \text{ m} = 36,46 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi penurunan} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Sudut putar} = 60^\circ$$

$$\text{Alat dalam kondisi baik} = 0,75$$

$$\text{Kondisi operator cukup} = 0,7$$

$$\text{Cuaca kondisi terang} = 0,83$$

$$\text{Faktor efisiensi alat} = 0,75 \times 0,7 \times 0,83$$

$$= 0,435$$

$$\text{Durasi Persiapan (t1)} = 15 \text{ menit}$$

$$\text{Durasi muat barang} = 10 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi bongkar barang} &= 15 \text{ menit} \\ \text{Durasi pengangkutan} &= \frac{36,46}{70 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 1,16 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu swing} &= \frac{60}{1,5 \left(\frac{\text{round}}{\text{menit}}\right) \times 360 \times 0,435} \\ &= 0,25 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu penurunan} &= \frac{1}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 0,044 \text{ menit} \\ &= 0,0459 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu penurunan kembali} &= \frac{35,46}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 1,16 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Durasi } cycle \text{ time dengan crane} = 42,61 \text{ menit} = 0,7 \text{ jam}$$

Pada segmen 1 pengangkatan besi strand membutuhkan satu kali *cycle time* maka durasi pengangkatan tetap 42,61 menit

iv. Durasi pemasukan kabel strand

$$\begin{aligned} \text{Persiapan} &= 5 \times 12 \\ &= 60 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Insert strand} &= 8 \times 12 \times 1 \times (23,5/10)\text{m} \\ &= 225,6 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pemotongan} &= 5 \times 12 \\ &= 60 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasang polling} &= 5 \times 12 \\ &= 60 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stressing} &= 3 \text{ menit/tendon} \times \text{jumlah tendon} \times (p/10)\text{m} \\ &= 3 \times 12 \times (23,5/10)\text{m} \\ &= 84,6 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Total durasi} = 572,81 \text{ menit} = 9,54 \text{ jam}$$

v. Durasi Grouting

Diketahui bahwa durasi grouting 0,5 menit/liter

$$\text{Durasi grouting} = 177,3 \times 0,5 = 88,65 \text{ menit} = 1,47 \text{ jam}$$

Total durasi meliputi durasi pengangkatan, durasi pemasukan kabel strand dan durasi grouting adalah sebagai berikut

Total durasi keseluruhan = $(1,47 + 9,54 + 0,7)$ jam = 11,28 jam = 2hari

Perhitungan Biaya

i. Alat

1 set sewa alat stressing meliputi stressing jack dan grouting pump adalah Rp. 20.000.000/ls

Mobile crane = $0,7 \times \text{Rp. } 250.625$
= Rp. 125.312,50

ii. Bahan

Besi strand = $3559,96 \times \text{Rp. } 9.100$
= Rp. 32.395.638

Semen = $7 \times \text{Rp. } 48.000$
= Rp. 336.000

iii. Aditif sika = 7×20.500
= Rp. 143.500

iv. Tenaga kerja

Tukang besi = $4 \text{ orang} \times \text{biaya} \times 5 \text{ hari}$
= $4 \times 100.537,20 \times 5 \text{ hari}$
= Rp. 502.686,00

Mandor = $1 \text{ orang} \times \text{biaya} \times 5 \text{ hari}$
= $1 \times 123.782,40 \times 5 \text{ hari}$
= Rp. 618.912,00

Operator = $1 \text{ orang} \times \text{biaya} \times 5 \text{ hari}$
= $1 \times 100.537,20 \times 5 \text{ hari}$
= Rp. 502.686,00

Maka total biaya stressing sosrobahu segmen 1 meliputi kebutuhan alat, bahan dan tenaga kerja adalah = Rp. 54.624.734

Perhitungan Kebutuhan Bahan

Segmen 1

Diketahui berikut merupakan kebutuhan bahan pekerjaan *stressing* berdasarkan gambar *basic design*:

1 Tendon = 8 strand
 Jumlah tendon = 14 tendon
 Bentang pierhead = 23,5 m
 Berat jenis strand = 1,578 m/kg
 Diameter tendon = 300 mm (r = 150 mm)
 Diameter strand = 95 mm (r = 45 mm)
 Luas permukaan Strand = $\pi r^2 = 3,14 (45)^2 = 6358,5 \text{ mm}^2$
 Luas permukaan Strand = $\pi r^2 = 3,14 (150)^2 = 70650 \text{ mm}^2$
 Luas grouting = $70650 - (8 \times 6358,5)$
 = $70650 - 50.868$
 = 19782 mm^2
 = $1,97 \text{ dm}^2$

Maka kebutuhan bahan pada pekerjaan *stressing* adalah:

Jumlah strand = 8 strand \times 14 tendon = 112 buah
 Berat strand = $112 \times 23,5 \times 1,578 \text{ m/kg} = 4153,296 \text{ kg}$
 Kebutuhan grouting = $1,97 \text{ dm}^2 \times 90 \text{ dm}$
 = $177,3 \text{ dm}^3$
 = 177,3 L
 = 7 zak semen

Perhitungan Durasi

Durasi pengangkatan

Berat total = 4153,296 kg

Diasumsikan bahwa kegiatan pemindahan material dengan menggunakan mobile crane dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

Nilai kecepatan angkat = 70 m/s

Nilai kecepatan swing = 1,5 rpm

Nilai kecepatan penurunan = 50 m/s

Kapasitas angkut crane = 25 ton = 25000 kg

Jumlah cycle time pengangkatan = $\frac{4153,296 \text{ kg}}{25000} = 1 \text{ kali cycle time}$

Tinggi hoisting = $35,46 + 1 \text{ m} = 36,46 \text{ m}$

Tinggi penurunan = 1 m

Besar sudut swing = 60°

Alat dalam kondisi baik = 0,75

Kondisi operator cukup = 0,7

Cuaca kondisi terang = 0,83

Faktor efisiensi alat = $0,75 \times 0,7 \times 0,83$
= 0,435

Durasi Persiapan (t1) = 15 menit

Durasi muat barang = 10 menit

Durasi bongkar barang = 15 menit

Durasi pengangkutan = $\frac{36,46}{70 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435}$
= 1,16 menit

Waktu swing = $\frac{60}{1,5 \left(\frac{\text{round}}{\text{menit}}\right) \times 360 \times 0,435}$
= 0,25 menit

Waktu penurunan = $\frac{1}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435}$
= 0,044 menit
= 0,0459

Waktu penurunan kembali = $\frac{35,46}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435}$
= 1,16 menit

Durasi *cycle time* dengan crane = 42,61 menit = 0,7 jam

Pada segmen 1 pengangkatan besi strand membutuhkan satu kali *cycle time* maka durasi pengangkatan tetap 42,61 menit

Durasi pemasukan kabel strand

Persiapan = $5 \times 14 = 70$ menit

Insert strand = $8 \times 14 \times 1 \times (23,5/10)\text{m}$
= 263,2 menit

Pemotongan = $5 \times 14 = 70$ menit

Pasang polling = $5 \times 14 = 70$ menit

Stressing = $3 \times 14 \times (23,5/10)\text{m}$
= 98,7 menit

Total durasi = 617,51 menit = 10,29 jam

vi. Durasi Grouting

Diketahui bahwa durasi grouting 0,5 menit/liter

Durasi grouting = $177,3 \times 0,5 = 88,65$ menit = 1,47 jam

Total durasi meliputi durasi pengangkatan, durasi pemasukan kabel strand dan durasi grouting adalah sebagai berikut

Banyaknya durasi = $(1,47 + 10,20 + 0,7)$ jam = 12,5 jam = 2 hari

Perhitungan Biaya

i. Alat

1 set sewa alat stressing meliputi stressing jack dan grouting pump adalah Rp. 20.000.000/ls

Mobile crane = $0,7 \times \text{Rp. } 250.625$
= Rp. 125.312,50

ii. Bahan

Besi strand = $4153,296 \times \text{Rp. } 9.100$
= Rp. 37.794.393

Semen = $7 \times \text{Rp. } 48.000$
= Rp. 336.000

Aditif sika = 7×20.500
= Rp. 143.500

iii. Tenaga kerja

Tukang besi = $4 \times 100.537,20 \times 5$ hari
= Rp. 502.686,00

Mandor = $1 \times 123.782,40 \times 5$ hari
= Rp. 618.912,00

Operator = $1 \times 100.537,20 \times 5$ hari
= Rp. 502.686,00

Maka total biaya stressing sosrobahu segmen 1 meliputi kebutuhan alat, bahan dan tenaga kerja adalah = Rp. 60.023.489,5

Maka total biaya stressing adalah sebagai berikut

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Segmen 1 | Rp. 54.624.734 |
| Segmen 2 | Rp. 60.023.489,5 |
| <hr/> Total Biaya stressing | <hr/> Rp. 114.648.223 |

V. Pekerjaan Sosrobahu *Pierhead*

Pekerjaan pemutaran *pierhead* dengan metode sosrobahu meliputi atas beberapa tahapan, dimulai dari pemasangan pelat sosrobahu, pemasangan dilatasi yang terdiri atas tiga lapisan dan pemutaran *pierhead*. Tabel 4.25 dan Tabel 4.26 analisis alat dan bahan yang digunakan selama pekerjaan sosrobahu.

Tabel 4. 25 Kebutuhan alat sosrobahu

| No | Tahapan Pekerjaan | Nama Alat | Jumlah |
|----|---------------------|------------------------------|--------|
| 1 | Pemutaran Sosrobahu | <i>Hydraulic pump</i> | 1 |
| | | <i>Crane on track 25 ton</i> | 1 |

Tabel 4. 26 Kebutuhan bahan sosrobahu

| No | Tahapan Pekerjaan | Nama Alat | Jumlah |
|----|----------------------------|--|----------------------|
| 1 | Pemasangan pelat sosrobahu | Pelat sosrobahu (d = 0,8 m; t=0,095m) | 1 |
| 2 | | Multiplex t = 6mm | 28 lembar |
| 3 | Pemasangan dilatasi | Pasir t=12 mm | 0,987 m ³ |
| 4 | | Pelat baja t=6mm | 28 lembar |
| | | Sealent | 98,88 liter |
| 5 | Pemutaran sosrobahu | Oli | 70 liter |

Analisis produktivitas

Alat yang digunakan adalah *hydraulic pump* serta *crane on track*, berikut merupakan perhitungan produktivitas alat tersebut,

$$\text{Berat jenis besi} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat jenis pasir} = 1400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat pelat sosrobahu} = 3,14 \times 0,4 \times 0,4 \times 0,095 \times 7850$$

| | |
|--------------------------------|--|
| | = 374,66 kg |
| Berat Multiple× | = 28 × 0,5 kg |
| | = 14 kg |
| Berat Pasir | = 0,987 × 1400 |
| | = 1381 kg |
| Berat pelat baja | = 17,25 × 3 × 0,006 × 7850 |
| | = 2472,75 kg |
| Berat sealent+oli | = 10,35+70 |
| | = 80,35 kg |
| Berat <i>Hydraulic pump</i> | = 102 kg |
| Total berat | = 102+80,35+2472+1381 +14+374,66 |
| | = 4424,01 |
| Nilai kec. angkat | = 70 m/s |
| Nilai kec. swing | = 1,5 rpm |
| Nilai kec. penurunan | = 50 m/s |
| Kapasitas angkut crane | = 25 ton = 25000 kg |
| Jumlah cycle time pengangkutan | = $\frac{4424,01kg}{25000} = 1$ kali cycle time |
| Tinggi hoisting | = 35,46+1 m = 36,46 m |
| Tinggi penurunan | = 1 m |
| Sudut swing | = 60° |
| Sudut putar | = 60° |
| Kondisi peralatan baik | = 0,75 |
| Kondisi operator cukup | = 0,7 |
| Faktor cuaca terang | = 0,83 |
| Faktor efisiensi alat | = 0,75 × 0,7 × 0,83 |
| | = 0,435 |
| Durasi Persiapan (t1) | = 15 menit |
| Durasi muat barang | = 10 menit |
| Durasi bongkar barang | = 15 menit |
| Durasi pengangkutan | = $\frac{36,46}{70 \left(\frac{m}{menit}\right) \times 0,435}$ |
| | = 1,16 menit |

$$\begin{aligned} \text{Waktu swing} &= \frac{60}{1,5 \left(\frac{\text{round}}{\text{menit}}\right) \times 360 \times 0,435} \\ &= 0,25 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu penurunan} &= \frac{1}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 0,044 \text{ menit} \\ &= 0,0459 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu penurunan kembali} &= \frac{35,46}{50 \left(\frac{\text{m}}{\text{menit}}\right) \times 0,435} \\ &= 1,16 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Durasi } cycle \text{ time dengan crane} = 42,61 \text{ menit} = 0,7 \text{ jam}$$

Pada segmen 1 pengangkatan besi strand membutuhkan satu kali *cycle time* maka durasi pengangkatan tetap 42,61 menit

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi/jam} &= \frac{0,83 \times 4424,01 \times 60}{41,39} \\ &= 5.322,92 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien alat} &= \frac{1}{5322,92} \\ &= 0,000188 \end{aligned}$$

Proses pemutaran sosrobahu dilaksanakan pada malam hari, waktu yang digunakan dalam satu kali pemutaran sosrobahu adalah 30 menit (Basuki; 2017). Diasumsikan menggunakan 3 grup tenaga kerja maka berikut adalah analisis koefisien tenaga kerja:

$$\text{Produksi/hari} = 7 \times 5.322,92 = 37260,45 \text{ kg}$$

$$\text{Koefisien mandor} = (1 \times 7) / 37260,45 = 0,0002$$

$$\text{Koefisien tukang} = (3 \times 7) / 37260,45 = 0,0006$$

$$\text{Koefisien pekerja} = (9 \times 7) / 37260,45 = 0,0017$$

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10% dari jumlah harga satuan tenaga, bahan serta alat. Perhitungan harga satuan tenaga/bahan/alat dengan tertuang pada Tabel 4.27

Tabel 4. 27 AHSP Pekerjaan Sosrobahu

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|-----------|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |

| | | | |
|--|---------|--------------|---------------|
| Pekerja | 0,0017 | 14.571,43 | 24,64 |
| Tukang | 0,0006 | 16.285,71 | 9,18 |
| Mandor | 0,0002 | 21.857,14 | 4,11 |
| Jumlah Harga Tenaga | | | 37,92 |
| B. Bahan | | | |
| Multiple× | 28 | 90.000,00 | 2.520.000,00 |
| Pasir | 0,9870 | 230.700,00 | 227.700,90 |
| Pelat Baja | 2472,75 | 23.255,17 | 57.504.221,62 |
| Sealant | 98,88 | 113.985,00 | 11.270.836,80 |
| Oli | 70 | 44.700,00 | 3.129.000,00 |
| Jumlah Harga Bahan | | | 74.651.759,32 |
| C. Peralatan | | | |
| <i>Hydraulic pump</i> | 0,5 | 907.500,00 | 453.750,00 |
| <i>Crane on track</i> | 0,00002 | 4.048.800,00 | 242,44 |
| Jumlah Harga Bahan | | | 453.992,44 |
| Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan | | | 75.106.307,87 |
| (A + B + C) | | | |
| (D) | | | |
| Overhead & Profit (10% × D) | | | 7.510.630,79 |
| (E) | | | |
| Harga Satuan Pekerjaan | | | 82.616.938,66 |
| (D+E) | | | |

2. Pekerjaan Steel Box Girder

I. Pekerjaan Penyediaan SGB

Analisis kebutuhan alat serta pekerja

Pekerjaan fabrikasi *steel box girder* dilaksanakan di pabrik. Setelah itu, *steel box girder* dikirimkan ke lokasi pekerjaan dengan menggunakan trailer tronton, biaya muat barang di pabrik dengan biaya ditanggung oleh pabrik dan bongkar barang masuk dalam perhitungan *erection girder*. Berikut merupakan analisis kebutuhan alat, bahan serta pekerja pada proses fabrikasi SGB.

Analisis produktivitas

Tronton yang digunakan adalah menggunakan mobil dengan spesifikasi Trailer Tronton 30 T; 200 HP adalah sebagai berikut:

Kapasitas maksimum bak = 15000 kg

Nilai faktor efisiensi alat = 0,83

Kec.rata-rata bak dengan muatan= 20 km/jam

Kec.rata-rata bak keadaan kosong= 30 km/jam

Jarak pengiriman pabrik – lokasi = 20 km

perhitungan durasi pengiriman barang yang terdiri dari durasi tempuh dengan isi pada Persamaan 2. 12 dan durasi tempuh kosong pada Persamaan 2. 13, maka perhitungan kapasitas produksi dapat dianalisis dengan Persamaan 2. 14

$$\begin{aligned} \text{Durasi tempuh dengan isi} &= \frac{20}{20} \times 60 \\ &= 60 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi tempuh kosong} &= \frac{30}{20} \times 60 \\ &= 40 \text{ menit} \end{aligned}$$

Durasi bongkar dan muat = 90 menit

Total durasi pengiriman barang = 130 menit

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Produksi / Jam} &= \frac{15000 \times 0,83 \times 60}{130} \\ &= 5.746,15 \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien alat Trailer Tronton} = \frac{1}{5.746,15}$$

Jumlah tenaga kerja dengan durasi pekerjaan satu hari kerja:

Supir = 1 orang

Pembantu supir = 1 orang

Penulis mengasumsikan bahwa nilai *overhead* dan *profit* sebanyak 10%. Perhitungan harga satuan tenaga, bahan dan alat dengan tertuang pada Tabel 4.28

Tabel 4. 28 AHSP DED Pengadaan Girder

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|---------------------|-----------|-----------------------|-----------------|
| A. Tenaga | | | |
| Sopir | 1 | 114.800,00 | 114.800,00 |
| Pembantu Sopir | 1 | 102.000,00 | 102.000,00 |
| Harga Satuan Tenaga | | | 216.800,00 |
| B. Bahan | | | |
| Baja Struktur | 1 | 23.255,17 | 23.255,17 |

| | | | |
|---|--------|------------|------------|
| Harga Satuan Bahan | | | 23.255,17 |
| C. Peralatan | | | |
| Trailer Tronton 30 T; 200 HP | 0,0002 | 598.770,00 | 119,75 |
| Harga Satuan Bahan | | | |
| Jumlah Harga Satuan Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C) | | | 240.122,50 |
| (D) | | | |
| Nilai Overhead & Profit (10% × D) | | | 24.012,25 |
| (E) | | | |
| Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | 264.134,75 |

II. Pekerjaan Erection SGB

Analisis kebutuhan alat serta pekerja

Tahapan erection girder terbagi atas dua tahap yaitu mobilisasi girder serta pelaksanaan *erection*. Tabel 4.29 dan Tabel 4.30 merupakan daftar kebutuhan alat serta pekerja selama proses *erection* SGB.

Tabel 4. 29 Kebutuhan alat erection girder

| No | Tahapan Pekerjaan | Nama Alat | Jumlah |
|----|-------------------|---------------|--------|
| 1 | Mobilisasi girder | Prime mover | 1 |
| | | Safety patrol | 2 |
| 2 | Erection girder | Crawler crane | 2 |
| | | Manlift | 1 |

Tabel 4. 30 Kebutuhan tenaga kerja erection girder

| No | Tahapan Pekerjaan | Tenaga Kerja | Jumlah |
|-----------------|-------------------|------------------------|--------|
| 1 | Mobilisasi girder | Supir | 3 |
| | | Supervisor | 2 |
| | | Operator crawler crane | 1 |
| Erection girder | | Rigger | 2 |
| | | Helper rigger | 4 |
| | | Flagman | 4 |
| | | K3 | 1 |
| | | Operator manlift | 1 |

Diketahui bahwa berikut merupakan spesifikasi pada masing-masing alat yang digunakan

- iv. Prime mover
 - Kecepatan maximum = 10 – 20 km/jam
 - Beban maximum = 150 ton
- v. Crawler crane
 - Kapasitas angkat = 29 m/menit
 - Kapasita swing = 120,84 m/menit
 - Beban maximum = 150 ton
- vi. Manlift
 - Beban maximum = 3 ton

Pada gambar *basic design* diketahui bahwa bentang girder yang digunakan adalah 70 – 120 – 70 dengan bentang tepanjang 13,441 17042,98 meter dan seberat Perhitungan kapasitas maksimum alat berat dianalisis dengan interpolasi linear menggunakan nilai kapasitas maksimum alat berat, kapasitas minimum alat berat, berat maksimum alat berat dan berat minimum alat berat. Berikut merupakan rincian perhitungan interpolasi linear:

$$\text{iii. Kapasitas angkat crane} = 29 + \frac{0-29}{180-0} (76,75 - 0) = 22,82 \text{ m/menit}$$

$$\text{iv. Kapasitas swing crane} = 120,68 + \frac{0-120,68}{180-0} (76,75/2 - 0) = 94,95 \text{ m/menit}$$

Analisis produktivitas alat berat

Dengan tinggi pilar 35,46 meter dan diasumsikan jarak lokasi erection dengan stockyard adalah sejauh 20 km/20000 meter maka berikut adalah cycle time dalam pelaksanaan erection girder:

$$\begin{aligned} \text{Durasi pengiriman} &= 100 \text{ menit} \\ \text{Durasi pemasangan } sackle &= 5 \text{ menit} \\ \text{Durasi pengangkatan} &= \frac{\text{Tinggi pilar}}{\text{Kapasitas alat berat}} \\ &= \frac{35,46+0,15m}{22,82} \end{aligned}$$

$$= 1,56 \text{ menit}$$

0,5 merupakan waktu yang dibutuhkan untuk crane memperpanjang lengan (Rochmanhadi, 1992)

$$\text{Durasi swing} = \frac{\text{Tinggi pilar}}{\text{Kapasitas alat berat}} + 0,5$$

$$= \frac{35,46}{94,95} + 0,5$$

$$= 0,87 \text{ menit}$$

$$\text{Setting posisi} = 10 \text{ menit}$$

$$\text{Pelepasan sackle} = 5 \text{ menit}$$

$$\text{Posisi kembali} \& \text{fixed time} = 15 \text{ menit}$$

$$\text{Durasi cycle time} = 32,43 \text{ menit}$$

$$\text{Total siklus/jam} = \frac{60}{32,43} = 1,85$$

Diasumsikan bahwa pemeliharaan mesin dalam keadaan baik maka nilai efisiensi kerja 0,75. Jumlah waktu kerja efektif perjam adalah 45 menit sehingga nilai efisiensi kerja 0,75 dan faktor keadaan cuaca cerah sehingga nilai efisiensi 1, dan dapat dihitung produksi crane perjam adalah:

$$Q = 1 \times 1,85 \times (0,75 \times 0,75 \times 0,75 \times 1) = 0,780$$

Diketahui bahwa total durasi erection girder yang diizinkan adalah 7 jam (Pukul 21.00 hingga 04.00) maka total durasi adalah sebagai berikut:

$$\text{Durasi total} = \frac{14}{7 \times 0,780} = 3 \text{ hari}$$

Perhitungan Biaya

Pekerjaan *erection girder* dihitung dengan satuan lumpsum, maka nilai koefisien alat dan tenaga adalah jumlah kebutuhan masing-masing item tersebut. Tabel 4.31 merupakan Tabel AHSP *Erection Girder*

Tabel 4. 31 AHSP *Erection Girder*

| Komponen | Koefisien | Harga Satuan | Jumlah |
|-----------|-----------|--------------|--------|
| | | (Rp.) | (Rp.) |
| A. Tenaga | | | |

| | | | |
|---|----|------------|-------------|
| Supir | 9 | 150.000 | 1.350.000 |
| Foreman | 3 | 270.000 | 810.000 |
| Operator crane | 6 | 250.000 | 1.500.000 |
| Rigger | 6 | 120.000 | 720.000 |
| Helper rigger | 12 | 100.000 | 1.200.000 |
| Flagman | 12 | 100.000 | 1.200.000 |
| K3 | 3 | 270.000 | 810.000 |
| Operator manlift | 3 | 250.000 | 750.000 |
| Harga Satuan Tenaga | | | 2.740.000 |
| B. Bahan | | | |
| Harga Satuan Bahan | | | |
| C. Peralatan | | | |
| <i>Prime mover</i> | 3 | 12.700.000 | 38.100.000 |
| <i>Safety patrol</i> | 6 | 2.450.000 | 14.700.000 |
| <i>Crawler crane</i> | 6 | 11.375.000 | 68.250.000 |
| <i>manlift</i> | 3 | 5.000.000 | 15.000.000 |
| Harga Satuan Peralatan | | | 136.050.000 |
| Jumlah Harga Satuan Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C) (D) | | | 144.390.000 |
| Nilai Overhead & Profit (10% × D) (E) | | | 14.439.000 |
| Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | 158.829.000 |

4.2.5.6 Rekapitulasi AHSP *Detail Engineering Design*

Setelah melakukan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), Tabel 4.32 merupakan tabel rekapitulasi dari perhitungan AHSP yang kemudian dikalikan dengan volume pekerjaan untuk menghasilkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) *detail engineering design* dengan bentang 70 – 120 – 70 m.

Tabel 4. 32 RAB *Detail Engineering Design*

| Uraian Pekerjaan | Sat | Volume | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah (Rp.) |
|---------------------------|-----|--------|--------------------|--------------|
| DIVISI 7. STRUKTUR | | | | |

| | | | | |
|--|----------------|-----------|--------------------|--------------------------|
| Pekerjaan Pembesian | kg | 87.202,1 | 21.493,60 | 1.874.286.521,92 |
| Pekerjaan Pemasangan Bekisting | m ² | 4.174,3 | 249.209,61 | 1.040.280.649,20 |
| Pekerjaan Pengecoran slab (35 MPa) | m ³ | 238,7 | 1.589.984,93 | 379.529.403,00 |
| Pekerjaan Pengecoran Kolom (40 MPa) | m ³ | 343,6 | 1.931.837,22 | 663.779.270,00 |
| Pekerjaan Pengecoran Pierhead (45 MPa) | m ³ | 516,0 | 2.465.334,92 | 1.272.112.820,00 |
| Pekerjaan Stressing | Ls | 4 | 114.648.223,00 | 458.592.892,00 |
| Pekerjaan Sosrobahu | Ls | 4 | 82.616.938,66 | 330.467.754,64 |
| Pekerjaan Pengadaan SGB | Kg | 234867,41 | 264.134,75 | 62.036.644.583,46 |
| Pekerjaan Erection SGB | ls | 4 | 158.829.000,00 | 635.316.000,00 |
| | | | TOTAL | 68.691.009.894,21 |
| | | | PPN 11% | 7.556.011.088,36 |
| | | | Harga Total | 76.247.020.982,57 |

4.3 Hasil Pengolahan Data

4.3.1 Perbandingan RAB *Basic Design* dan RAB DED

Penulis telah melakukan perhitungan pada subbab sebelumnya, maka dapat dilihat perbandingan harga yang dihasilkan pada tabel

Tabel 4. 33 Tabel Perbandingan RAB

| RAB | Bentang | Harga Total (Rp.) | Harga/meter (Rp.) |
|----------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Gambar <i>Basic Design</i> | 60 m | 28.666.365.410,32 | 477.772.756,84 |
| Gambar DED | 70 m – 120 m – 70 m | 76.247.020.982,57 | 293.846.869,12 |

Hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.33 adalah pada Gambar *Basic Design* dengan satu segmen bentang 60 m memiliki harga total senilai Rp. 28.666.365.410,32 Sedangkan pada gambar DED dengan keadaan bentang *longspan* memiliki harga total senilai Rp. 76.247.020.982,57 Jika di komparasi kedua nya tentu pada bentang tiga segmen dengan bentang *longspan* memiliki harga lebih tinggi sebanyak 65%. Sedangkan pada saat Gambar *Basic Design* dijadikan harga permeter menghasilkan harga senilai Rp. 477.772.756,84 dan Gambar DED dijadikan harga permeter menghasilkan harga senilai Rp. 293.846.869,12 Hasil ini menunjukkan

bahwa harga *Basic Design* per meter 39% lebih tinggi dari harga DED per meter

