

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian Berjudul “Perancangan Bentang Tengah Jembatan Landak II Menggunakan Tipe *Through Arch*” membahas perancangan bentang tengah Jembatan Landak II menggunakan pelengkung baja tipe *through arch*. Penulisan menggunakan metode studi pustaka dan program analisis struktur dengan referensi pada standar SNI-1725-2016, RSNI T-03-2005, dan RSNI T-12-2004. Struktur utama menggunakan baja mutu SM490 dan baut mutu A325, dengan perhitungan menggunakan metode LFRD. Tinggi busur pelengkung dirancang seperenam dari panjang bentang jembatan. Material beton menggunakan mutu f_c' 35 MPa sebanyak 126 m³. Pipa sandaran *railing* menggunakan CHS 101,6×5,0 dengan mutu BJ37. Gelagar memanjang menggunakan WF 500×200×10×16 (panjang 5 m, jarak 1,1 m), sementara gelagar melintang menggunakan WF 912×302×18×34 (panjang 9 m, jarak 5 m). Dimensi batang rangka jembatan disesuaikan dengan gaya batang untuk keekonomisan. Batang-batang struktural memiliki variasi dimensi, seperti WF 428×402×20×35 (busur atas, busur bawah, batang horizontal), WF 390×300×10×16 (batang diagonal, batang vertikal), dan WF 396×199×7×11 (batang penggantung). Batang ikatan angin atas menggunakan WF 208×202×10×16 dan batang ikatan angin bawah menggunakan WF 200×200×8×12. Perletakan menggunakan elastomer berlapis baja ukuran 700×700. Berdasarkan perhitungan, perancangan telah memenuhi persyaratan kekuatan. Kata kunci: jembatan pelengkung baja, struktur atas jembatan, *through arch*.

Penelitian Berjudul “Perencanaan Ulang Jembatan Busur di Sungai Code Yogyakarta” membahas tiga jenis jembatan dengan variasi letak lantai kendaraan, yaitu di atas pelengkung (*deck arch*), di bawah pelengkung (*through arch*), dan di antara puncak dan kaki pelengkung (*half-through arch*). Penelitian bertujuan untuk menganalisis perilaku struktur, pengaruh variasi letak lantai kendaraan terhadap berat struktur, dan menentukan desain yang efektif. Desain awal jembatan ditentukan untuk dimodelkan menggunakan program SAP2000 v.14, kemudian dilakukan kontrol kekuatan dan defleksi sesuai persyaratan. Analisis dilakukan untuk memperoleh desain yang optimal dan efisien, dengan membandingkan rasio defleksi/bentangan pelengkung dan berat struktur dari ketiga model jembatan. Hasil menunjukkan bahwa jembatan *deck arch* memiliki berat struktur terendah dan merupakan desain yang paling efisien dengan rasio defleksi/bentangan pelengkung 0,00067 dan berat struktur 52.653,071 kN. Kata kunci: Deck Arch, Half - *Through Arch*, Jembatan Busur, Jembatan Prof. Ir. KRMT Wreksodiningrat, SAP2000 v.14, *Through Arch*.

Penelitian Berjudul “Modifikasi Struktur Jembatan Pranti Pada Ruas Jalan Tol KLBM (Krian–Legundi–Bunder–Manyar) Seksi I Kabupaten Gresik dengan Menggunakan Sistem Busur Rangka Baja” Membahas Jembatan Pranti, yang terletak di Ruas Jalan Tol KLBM (Krian – Legundi – Bunder – Manyar) Seksi I Kabupaten Gresik, awalnya merupakan jembatan beton pratekan dengan struktur atas yang ditopang oleh 2 abutment dan 2 pilar. Dalam modifikasi ini, Jembatan Pranti diubah menjadi jembatan busur rangka baja dengan tipe *Through Arch* untuk menghilangkan 2 pilar yang ada di badan jalan. Jembatan direncanakan dengan bentang 90 m, tinggi busur 17 m, tinggi tumpang 3,5 m, dan lebar 10 m. Perencanaan mengikuti peraturan SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, SNI 2847:2013, RSNI T-03-2005, RSNI T-12-2004. Program bantu yang digunakan adalah SAP2000 untuk analisis struktur dan AutoCAD untuk gambar perencanaan. Hasil perhitungan menunjukkan tebal pelat lantai 20 cm, dimensi profil ikatan angin terbesar CHS 273x10, dimensi profil rangka utama terbesar Box 600x600x25, dimensi kolom dan balok

portal akhir Box 500x500x25, diameter kabel penggantung 60 mm, dan perlakuan tipe POT bearing. Pondasi menggunakan *Spun Pile* sebanyak 30 buah dengan kedalaman 42 meter pada tiap abutment. Kata kunci: Jembatan Busur Rangka Baja, *Through Arch, Pot Bearing, Abutment, Spun Pile*.

Penelitian Berjudul “Analisa Manajemen Konstruksi Pada Proyek Pembangunan Jembatan Rel Kereta Api Di Tebing Tinggi Dolok Merawan” Tujuan dari studi ini mengetahui sajauh mana penerapan manajemen konstruksi dalam hal pada waktu pelaksanaan proyek dan anggaran biaya pembangunan. Pelaksanaan pembangunan jembatan ini dimulai dari pelaksanaan persiapan, pekerjaan struktur bawah dimulai dari pondasi, setelah abutment dan plat injak untuk menghitung durasi pekerjaan dan rencana anggaran biaya.

Penelitian Berjudul “Analisa Manajemen Konstruksi Pada Proyek Pembangunan Jembatan Tano Ponggol Sumatera Utara” penelitian dilakukan dengan menggunakan metode analisis dan studi kasus, pekerjaan struktur bawah di mulai dari Galian, Tiang Pancang, *Bore Pile*, Lantai Kerja, *Abutment, Pier*. dan. Untuk menghitung durasi pekerjaan dan rencana anggaran biaya berdasarkan dari gambar *shop drawing* digunakan AHSP SNI 2016.

Penelitian berjudul “Analisis Manajemen Konstruksi Proyek Pembangunan Jembatan Ub Kali Sumantri Sta 441 - 500 S/D Sta 441 -800 Tol Batang – Semarang” Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa Manajemen konstruksi perencanaan pembangunan Ub Kali Sumantri Mulai dari menghitung volume, Rencana anggaran biaya, Metode *Barchart*, Kurva S, dan Menganalisa *Critical Path Method*. Tujuan dicapai melalui studi Literatur, Pengumpulan data – data teknis, dan peninjauan data berupa gambar bestek.

2.2. Landasan Teori

Jembatan busur baja adalah jembatan yang dibangun dengan busur baja sebagai penopang utama. Struktur utama Jembatan ini memiliki penopang utama berupa satu atau lebih lengkungan besar yang terbuat dari baja. Yang prinsip kerjanya adalah berat kendaraan dan beban lainnya disalurkan melalui lantai jembatan ke busur lengkungan baja. Pilar-pilar penyangga atau abutmen kemudian menerima gaya tekan dari busur ini. Keunggulan secara umum jembatan busur baja adalah:

1. Bisa membentang jauh dengan sedikit penopang di tengah.
2. Konstruksi baja membuatnya kuat dan tahan lama.
3. Tampilan estetika yang indah dengan lengkungan busurnya

Jembatan busur baja banyak digunakan untuk membentang sungai, selat, atau lembah yang lebar karena kemampuannya membentang jarak jauh dengan dukungan minim di tengah dan desain busur dapat memberikan kekuatan, efisiensi struktural, & estetika yang baik

Kondisi eksisting jembatan Putat Lor Menganti menggunakan jembatan beton yang dibagi beberapa segmen dengan panjang 120 meter. Jembatan ini dibangun pada akhir tahun 2019 Pembangunan Jembatan Putat Lor dilakukan karena warga sangat membutuhkan akses menuju cerme-menganti bahkan sebaliknya, dikarenakan jembatan ini dianggap sebagai akses tercepat bagi warga sekitar. Kendaraan yang melewati jembatan tersebut tergolong kendaraan berat & vital.

Jembatan Putat Lor Menganti Direncanakan menggunakan metode busur dengan tipe lantai kendaraan berada dibawah atau dikenal sebagai *through arch*. Pertimbangan

aspek dalam pemilihan bentuk dan jenis konstruksi jembatan rangka busur baja dipengaruhi oleh kondisi biaya, fungsi jembatan, besarnya beban, panjang bentang, & segi estetika. Pemilihan bahan baja dikarenakan kekuatan material yang sangat besar dalam menahan gaya tarik & tekan dengan jumlah yang minim. Masalah utama jembatan baja adalah baja bersifat mudah berkarat, tetapi dengan teknologi dan pengetahuan yang sudah berkembang maka masalah dengan karat dapat diatasi, sehingga material baja menjadi pilihan utama untuk jembatan dengan bentang panjang. Segi positif yang lain adalah material baja selain kuat dan ekonomis, material baja diproduksi secara massal dengan bentuk, dimensi, & kualitas yang sama (Struyk, 1984 dalam Alghiffary, 2021). Sistem rangka dibuat dari profil baja yang dihubungkan dengan menggunakan plat penyambung dan baut.

Dalam buku Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi menyatakan bahwa proyek konstruksi memiliki karakteristik unik yang tidak berulang. Proses yang terjadi ada suatu proyek tidak akan berulang pada proyek lainnya (Ervianto, 2004 dalam Tama et al., 2020). Proyek dalam analisis jaringan kerja adalah serangkaian kegiatan – kegiatan yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang unik dan hanya dilakukan dalam periode tertentu temporer (Maharesi, 2002 dalam Widjajanto et al., 2020). Pada dasarnya yang dimaksud dengan proyek adalah suatu usaha untuk mencapai suatu tujuan tertentu yang dibatasi oleh waktu dan sumber daya yang terbatas. Sehingga pengertian proyek konstruksi adalah suatu upaya untuk mencapai suatu hasil dalam bentuk bangunan/ infrastruktur. Bangunan ini pada umumnya mencakup pekerjaan pokok yang termasuk didalamnya bidang teknik sipil dan arsitektur, juga tidak jarang melibatkan disiplin ilmu lain seperti; teknik industri, teknik mesin, teknik elektro dan sebagainya. Adapun bentuk bangunan tersebut dapat berupa perumahan, gedung perkantoran, bendungan, terowongan, bangunan industri dan bangunan pendukung yang banyak digunakan untuk kepentingan masyarakat banyak.

Manajemen adalah ilmu yang dibutuhkan oleh setiap jenis kegiatan atau aktivitas untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Manajemen merupakan suatu proses terpadu dimana sebagai bagian dari organisasi dilibatkan dalam memelihara, mengembalikan, mengendalikan dan menyelesaikan program-program yang semuanya diarahkan pada sasaran yang telah ditetapkan dan berjalan secara terus-menerus. Manajemen pada dasarnya bekerja melalui siklus produksi yang terus-menerus maupun proyek yang merupakan pekerjaan sekali jadi. Yang dimaksud dengan proyek adalah aktivitas unik untuk mencapai tujuan spesifikasi dan hasil yang diinginkan dengan mengkoordinasi kejadian atau kegiatan dan aktivitas-aktivitas dalam kerangka waktu tertentu. (Davidson, 2002 dalam Mulyadi, 2020).

Suatu proyek merupakan upaya dengan mengarahkan sumber daya yang tersedia yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan penting tertentu. Proyek harus terselesaikan dalam jangka waktu terbatas sesuai dengan kesepakatan. (Dipohusodo, 2000 dalam Anggreana & Hadi, 2006).

Proyek juga dapat diartikan sebagai suatu kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu dengan alokasi sumber daya yang terbatas dan dimaksudkan untuk melaksanakan suatu tugas yang telah digariskan (Soehartyo, 1999 dalam Fazis & Tugiah, 2022).

Selain itu proyek adalah kegiatan yang satu kali menghasilkan suatu produk yang unik, salah satu kategori proyek adalah konstruksi bangunan, jalan raya, dan lain sebagainya. (Schroeder, 2000 dalam Kadim, 2017).

Proyek merupakan sesuatu yang komplek, yang memerlukan sumber daya manusia, bahan mentah, dan teknologi yang perlu dikelola dengan baik. Proses pengolahan

meliputi perencanaan, implementasi pelaksanaan atau pengawasan, dan penyelesaian proyek.

Menurut (Malayu, 2000 dalam Syamsuddin, 2017) menjelaskan tentang beberapa definisi perencanaan sebagai berikut:

1. Koontz dan Donnel Perencanaan adalah fungsi seorang manajer yang berhubungan dengan memilih tujuan- tujuan, kebijakan, prosedur, program- program dari alternatif yang ada.
2. Terry Perencanaan adalah memilih dan menghubungkan fakta serta membuat dan menghubungkan asumsi- asumsi yang ada mengenai cara menggambarkan dan merumuskan kegiatan yang diperlukan untuk mencapai hasil yang diinginkan. 12
3. Allen Perencanaan adalah menentukan serangkaian tindakan- tindakan untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Manfaat perencanaan kerja PR/ Humas (Rosady, 2003 dalam Darmawan et al., 2023) :

1. Mengefisienkan waktu, tenaga, upah dan biaya
2. Membantu manajemen organisasi untuk mampu beradaptasi terhadap lingkungan yang sering berubah
3. Mengefektifkan dan mengefisienkan koordinasi atau kerja sama antar depertemen dan pihak terkait lainnya
4. Menetapkan klasifikasi rencana kerja yaitu rencana strategis, rencana tetap dan rencana tertentu
5. Menghindari resiko kegagalan dengan tidak melakukan perkiraan atau perencanaan tanpa arah yang jelas dan konkret

Jadi manajemen proyek adalah usaha merencanakan, mengkoordinasikan, mengarahkan serta mengawasi kegiatan dalam proyek sedemikian rupa sehingga sesuai dengan jadwal waktu serta anggaran yang telah ditetapkan. Ada tiga alasan utama diperlukannya manajemen (Handoko, 2000 dalam Luther & Fitriani, 2023) :

1. Untuk mencapai tujuan
2. Untuk menjaga keseimbangan diantara tujuan-tujuan yang saling bertentangan dari pihak-pihak yang berkepentingan dalam organisasi seperti, pemilik dengan karyawan maupun kreditur, pelanggan, konsumen, supplier, serikat kerja perdagangan, masyarakat dan pemerintah.
3. Untuk mencapai efisiensi dan efektivitas. Suatu proyek (statis) mengandung tiga unsur yang harus dipertimbangkan yaitu: (Martino, 1999 dalam Rawis et al., 2016).

a. Operasi

Operasi adalah kegiatan atau pekerjaan yang harus dilakukan guna mencapai sasaran proyek, yang sangat penting adalah urutanurutan untuk melakukan kegiatan tersebut.

b. Sumber dana dan daya

Sumber unsur proyek yang kedua ada lima macam yaitu: tenaga kerja, uang, bahan, mesin, dan waktu. 13

c. Syarat-syarat yang harus dipenuhi

Unsur proyek yang ketiga adalah syarat-syarat atau batasan, termasuk pengiriman design, bahan, mesin dan barang-barang seperti itu oleh badan-badan dari luar.

Dalam pelaksanaan proyek, manajer proyek dituntut kemampuannya dalam mengelola atau memanage pelaksaaan pekerjaan kontruksi. Dengan bekal pengertian dasar-

dasar manajemen maka diharapkan pada manajer proyek atau manajer lapangan agar tidak mengalami kesulitan dalam mengelola faktor-faktor yang ada yang merupakan tanggung jawabnya. Paling tidak sebuah proyek mempunyai katagori seperti dibawah ini (Umar, 1999 dalam Kurniawan, 2007)

1. Harus diselesaikan dalam waktu yang tepat dengan biaya yang telah detentukan
2. Sangat memerlukan informasi yang padat dan continue
3. Memerlukan koordinasi antara beberapa bagian atau depertemen yang berlainan
4. Banyak menggunakan personal, material, paralatan, waktu dan uang.
5. Banyak mempunyai aktivitas atau kegiatan yang saling bergantungan.

Manajemen berasal dari kata-kata *to manage* yang artinya mengatur. Pengaturan dilakukan melalui proses dan diatur berdasarkan urutan-urutan dari fungsi manajemen, jadi manajemen merupakan suatu proses untuk mewujudkan tujuan yang diinginkan. Yang diatur adalah semua unsur-unsur manajemen yang terdiri dari 6M (*men, money, methods, material, machines, and market*).

2.3. Jembatan Busur Baja

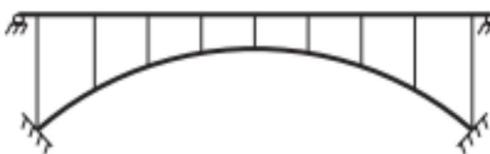
Jembatan busur baja merupakan jembatan lengkung setengah lingkaran dengan abutmen di kedua sisi jembatan dengan menggunakan material baja (Alghiffary, 2021). Jembatan Busur baja termasuk jembatan baik konstruksi, karena konstruksi busur adalah konstruksi yang dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal yang bekerja, hal tersebut dapat mengurangi momen lentur pada jembatan yang lebih efisien jika dibandingkan dengan gelagor parallel (Victor D. J., 1980 dalam Alghiffary, 2021).

Menurut (Victor D. J., 1980 dalam Alghiffary, 2021) Jembatan busur terdiri dari 3 bagian utama yaitu, *Deck Girder* (Lantai Kendaraan), *Hanger* (Penggantung), & *arch Bridge* (Batang Lengkung). Dari ketiga komponen tersebut akan menghasilkan struktur jembatan yang kuat jika semua direncanakan dengan baik.

2.3.1. Lantai Kendaraan (*Deck Girder*)

Berdasarkan Lantai kendaraan, jembatan busur dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a) *Deck Arch*



Gambar 2.1 Lantai Kendaraan Jenis *Deck Arch*
(Sumber: W.-F. Chen & Duan, 2014)

Jenis jembatan busur dengan letak lantai kendaraan di atas yang berfungsi menopang beban lalu lintas secara langsung dan berada pada bagian paling atas busur. Jenis jembatan ini sering digunakan dan paling ideal untuk melintasi lembah dengan jenis tanah batuan pada dindingnya (Chen & Duan, 2014. Dalam Alghifary, 2021).

- b) *Through Arch*



Gambar 2.2 Lantai Kendaraan Jenis *Through Arch*
(Sumber: W.-F. Chen & Duan, 2014)

Jenis jembatan busur dengan lantai kendaraan di bawah atau letak kendaraan berada tepat di *springline* busur. Jenis jembatan busur ini dapat mengurangi gaya dorong horizontal yang diterima oleh pelengkung dan mendistribusikan menuju girder jembatan. Oleh karena itu dapat mengakibatkan pondasi jembatan lebih kecil (Chen & Duan, 2014).

c) *A half-Through Arch*



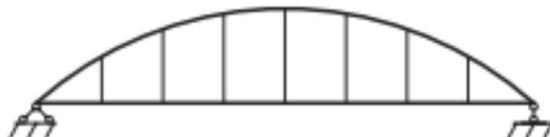
Gambar 2.3 Lantai Kendaraan Jenis *Half-through Arch*
(Sumber: W.-F. Chen & Duan, 2014)

Jenis jembatan busur dengan lantai kendaraan di tengah atau letak lantai kendaraan berada di antara *springline* dan berada tengah-tengah busur jembatan. Jenis jembatan busur ini merupakan jenis yang memiliki kerja lebih baik dibandingkan dengan jenis lainnya (Chen & Duan, 2014).

2.3.2. Penggantung (*Hanger*)

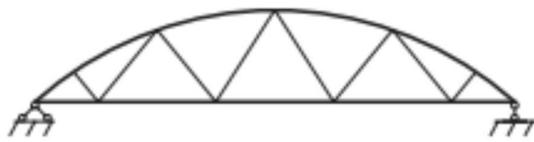
Batang Penggantung (*Hanger*) Berfungsi sebagai penyalur beban dari lantai kendaraan (*Deck Girder*) ke struktur baja pemikul utama yaitu batang lengkung (*Arch Bridge*). *Hanger* pada umumnya menggunakan kabel, baja profil bulat, atau baja profil *rolled section* (Chen & Duan, 2014). Pemasangan batang penggantung yang sering digunakan adalah *vertical*, tetapi terdapat juga bentuk lain batang penggantung diagonal dan batang penggantung bersilang (Pipinato, 2016 dalam Alghiffary, 2021). Berikut konfigurasi batang penggantung:

a) *Hanger Vertical*



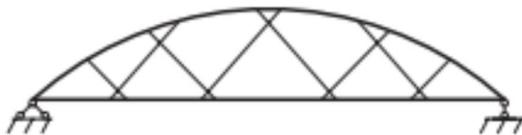
Gambar 2.4 *Hanger Vertical*
(Sumber: W.-F. Chen & Duan, 2014)

b) *Hanger Diagonal*



Gambar 2.5 Hanger Diagonal
(Sumber: W.-F. Chen & Duan, 2014)

c) *Hanger Network (Bersilangan)*



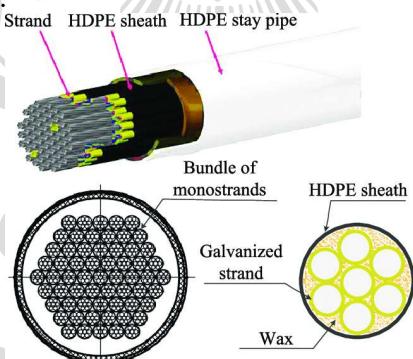
Gambar 2.6 Hanger Network (Bersilangan)
(Sumber: W.-F. Chen & Duan, 2014)

Batang penggantung diagonal dapat menghasilkan defleksi yang lebih kecil & dapat mereduksi momen pada batang lengkung & lantai kendaraan (Pipinato, 2016 dalam Alghiffary, 2021). Batang penggantung diagonal juga mengurangi kecenderungan tekuk pada batang lengkung (Alghiffary, 2021). Dapat disebut batang penggantung bersilangan ketika masing-masing batang penggantung diagonal saling bertemu dengan batang penggantung diagonal yang lain lebih dari satu kali. (Chen & Duan, 2014).

Menurut (Pipinato, 2016 dalam Alghiffary, 2021) terdapat dua jenis kabel berdasarkan rangkaian susunan kabel, yaitu:

1. Kabel Susunan *Strand Parallel*

Kawat susunan *parallel* sering digunakan pada jembatan gantung. *Strand* disusun secara sejajar dan mengelilingi inti dengan berbentuk segi 6 berisi 19, 37, 61, 91, 127 strand.

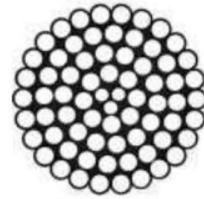


Gambar 2.7 Kabel Susunan *Strand Parallel*

(Sumber : https://www.researchgate.net/figure/Components-of-parallel-strand-cables-images-courtesy-of-Liuzhou-OVM-Machinery-Co-Ltd_fig2_276078251)

2. Kabel Susunan *Strand Spiral*

Kawat susunan spiral sering digunakan pada batang penggantung jembatan busur dan jembatan kabel *stay*. Strand *Spiral* disusun melilit dan mengelilingi inti dengan berbentuk segi 4 atau lingkaran verisi 6 baris atau lebih.



Gambar 2.8 Kabel Susunan *Strand Spiral*

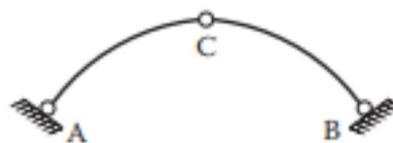
(Sumber: <https://www.civileengineeringx.com/structuralanalysis/structural-steel/cables/>)

2.3.3. Batang Lengkung (*Arch Bridge*)

Menurut (Chen & Duan, 2014) Berdasarkan batang lengkungnya, jembatan busur dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Struktur 3 Sendi

Struktur ini merupakan struktur jembatan busur dengan perletakan 3 sendi. Struktur ini dimungkinkan terjadi rotasi pada 2 titik di ujung busur dan 1 titik di puncak busur. Struktur ini dapat diselesaikan dengan metode statis tertentu. Pada struktur yang menggunakan perletakan sendi, beban-beban dapat diminimalkan karena dapat membuat jembatan lebih fleksibel



Gambar 2.9 Struktur 3 Sendi

(Sumber: W.-F. Chen & Duan, 2014)

- Struktur 2 Sendi

Struktur ini merupakan struktur jembatan busur dengan perletakan 2 sendi. Struktur ini hanya dimungkinkan rotasi terjadi di ujung busur saja. Struktur ini dapat diselesaikan dengan metode statis tak tentu dengan 2 derajat kebebasan (*Degree of Freedom*). Untuk jembatan dengan perletakan sendi biasanya jembatan busurnya tebal di tengah karena hanya terdapat komponen gaya *horizontal* dan *vertical* di perletakannya



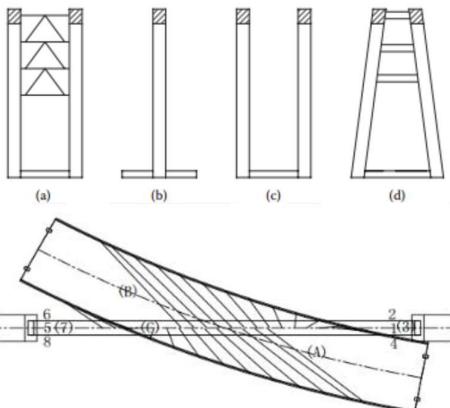
Gambar 2.10 Struktur 2 Sendi
(Sumber: W.-F. Chen & Duan, 2014)

c) Struktur Jepit

Struktur dengan perletakan jepit tidak memungkinkan untuk mengalami rotasi. Struktur ini dapat diselesaikan dengan metode statis tak tentu dengan 3 derajat kebebasan (*Degree of Freedom*). Untuk jembatan dengan perletakan jepit biasanya jembatan busurnya tebal di ujung-ujung dekat perletakan karena terdapat gaya momen pada perletakannya

Gambar 2.11 Struktur Jepit
(Sumber: W.-F. Chen & Duan, 2014)

Batang lengkung dari jembatan busur pada umumnya jika dilihat dari arah transversal terdiri dari 2 busur parallel yang diletakkan masing-masing pada sisi jembatan. Namun pada kenyataannya, banyak jembatan modern yang memodifikasi bentuk tersebut agar dapat menambah nilai estetika dari jembatan tersebut (Chen & Duan, 2014).



Gambar 2.12 Jenis Jenis Batang Lengkung
(Sumber: W.-F. Chen & Duan, 2014)

Menurut (Chen & Duan, 2014) Jembatan busur yang sering dibangun adalah jembatan dengan batang parallel. Namun untuk jembatan *through or a half through*, terdapat beberapa jembatan dibangun dengan batang tunggal atau sebagai batang parallel terbuka tanpa *bracing*. Dalam beberapa contoh, jembatan busur harus memiliki kekakuan yang cukup atau meningkatkan stabilitas lateral dengan menggunakan *hanger* yang kaku dengan lantai kendaraan untuk membentuk setengah kerangka dalam arah transversal. Terdapat juga jembatan busur yang dibangun dimiringkan kedalam yang disebut batang non-paralel.

Selain itu, juga terdapat jembatan busur special yaitu dengan busur diagonal. Jembatan ini sangat langka karena dibutuhkan analisis gaya lebih kompleks (Alghiffary, 2021).

2.3.4. Pemilihan Bentuk Jembatan Busur

Terdapat pertimbangan dalam memilih jenis perancangan konstruksi busur & bentuk busur, seperti berikut:

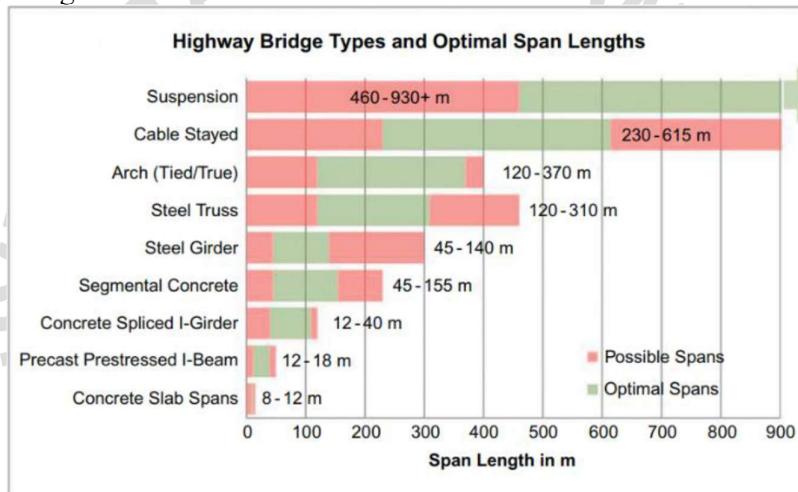
1. Kondisi Tanah

Situs terbaik adalah lembah dengan pondasi lengkung terletak di lereng batu kering. Jika kaki busur terendam, lantai kendaraan dapat dipasang di tengah atau di bawahnya. Jika tanahnya lunak, batang tarik dapat dipasang pada busur. (Martin, 2016 dalam Alghiffary, 2021)

2. Beban Jembatan

Untuk beban jembatan dengan beban berat dapat menggunakan busur dengan penampang rangka. Namun apabila beban tidak terlalu berat, dapat digunakan busur dengan penampang *plate girder* atau *box girder* (Victor D. J., 1980 dalam Alghiffary, 2021).

3. Bentang Jembatan



Gambar 2.13 Klasifikasi Bentang Jembatan
(Sumber: Martin, 2016)

Panjang bentang efektif tiap jenis jembatan dapat di kelompokkan seperti pada gambar diatas, untuk panjang bentang 120-370 meter dapat digunakan jembatan busur.

4. Nilai Estetika

Menurut (Martin, 2016 dalam Alghiffary, 2021) bentuk melengkung pada jembatan selalu menyenangkan mata, sedangkan menurut (Victor D. J., 1980 dalam Alghiffary, 2021) bentuk busur menjadikan jembatan yang paling sukses dari semua jembatan.

2.4. Sambungan

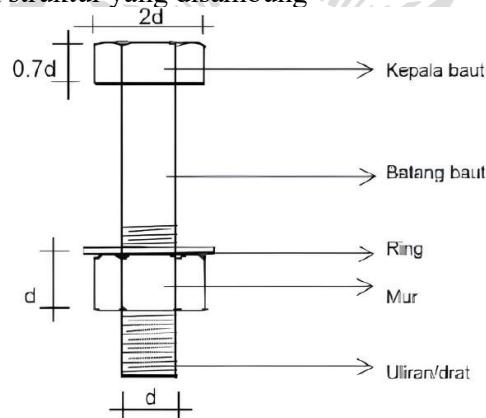
Beban terfaktor yang dihitung harus melebihi kuat rencana dari setiap komponen, syarat perencanaan sambungan harus memenuhi:

- a) Gaya dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya yang bekerja dalam sambungan
- b) Deformasi pada sambungan berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan
- c) Komponen sambungan & sambungan harus mampu memikul gaya yang bekerja

2.4.1. Sambungan Baut

Sambungan baut memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan sambungan las. Pertama, sambungan baut lebih mudah dipasang dan dibongkar, yang membuatnya lebih mudah untuk memperbaiki atau mengubah struktur baja di masa mendatang. Kedua, sambungan baut tidak membutuhkan pemanasan seperti pengelasan, yang berarti mereka tidak mengubah bentuk atau distorsi karena panas. Terakhir, sambungan baut lebih hemat biaya daripada sambungan las. Sambungan baut memiliki kelemahan, termasuk kemungkinan pelonggaran baut karena beban dinamis atau getaran, serta kegagalan karena gesekan antara permukaan baut dan material yang disambung. Oleh karena itu, perancangan sambungan baut memerlukan perhitungan yang cermat untuk menentukan ukuran dan jumlah baut yang diperlukan, serta untuk memastikan bahwa sambungan memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban yang dimaksudkan. Terdapat jenis-jenis baut yang umumnya dipakai pada konstruksi baja:

- a) Baut biasa yang dipakai pada struktur ringan yang menahan beban statis atau untuk menyambung batang-batang sekunder.
- b) Baut tegangan tinggi (mutu tinggi) dengan pemasangan dikencangkan sedemikian rupa sehingga menahan suatu tekanan yang besar dan bisa menjepit dengan keras bagian-bagian struktur yang disambung



Gambar 2.14 Sambungan Baut
(Sumber: Setiawan, 2008 dalam Alghiffary, 2021)

Tabel 2.1 Mutu Baut Tinggi

Tipe Baut	Diameter (mm)	Proof Stress (Mpa)	Kuat tarik Min. (Mpa)
A307	6,35-104	-	60
A325	12,7-25,4	585	825
	28,6-38,1	725	
A490	12,7-38,1	825	1035

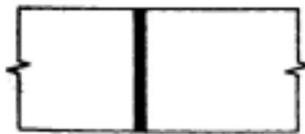
(Sumber: Setiawan, 2008 dalam Alghiffary, 2021)

2.4.2. Sambungan Las

Sambungan las adalah sambungan dengan bahan logam yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanasinya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan juga dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi (Setiawan, 2008)

a) Las Tumpul

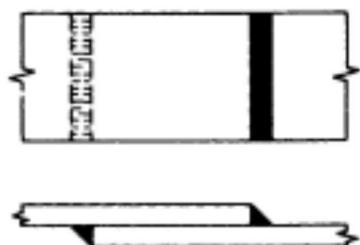
Las tumpul / *Groove Welds*, las ini dipakai untuk menyambung batang-batang sebidang, karena las ini harus menyalurkan secara penuh beban yang bekerja, maka las ini harus memiliki kekuatan yang sama dengan batang yang disambungnya.



Gambar 2.15 Las Tumpul
(Sumber: Setiawan, 2008 dalam Alghiffary, 2021)

b) Las Sudut

Las sudut / *Fillet Welds*, tipe las ini paling banyak dijumpai dibandingkan tipe las yang lain. Jenis las ini tidak memerlukan presisi tinggi dalam penggerjaannya



Gambar 2.16 Las Sudut
(Sumber: Setiawan, 2008 dalam Alghiffary, 2021)

2.5. Perletakan Jembatan

Perletakan Jembatan digunakan untuk menyalurkan beban dari struktur bagian atas ke struktur bagian bawah dan meneruskannya ke tanah. Beban yang ditahan oleh jembatan adalah beban kendaraan, beban lingkungan, & beban jembatan itu sendiri. Ada beberapa jenis perlakatan pada jembatan, seperti:

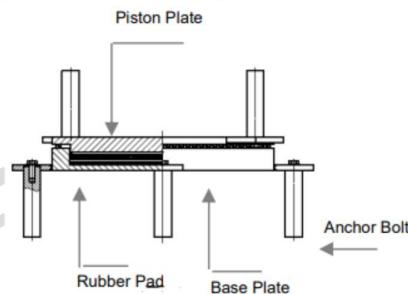
1. *Steel Elastomeric Bearings*
2. *Fabric Pad Bearings*
3. *Elastomeric Sliding Bearings*
4. *Pin Bearings*
5. *Roller / Rocker Bearings*
6. *Pot Bearings*
7. *Disc Bearing*
8. *Spherical Bearings*
9. *Seismic Isolation Bearings*

Pada umumnya perlakatan jembatan bentang panjang banyak menggunakan sistem perlakatan *pot bearing*. *Pot bearing* adalah perlakatan yang mampu menahan beban vertikal lebih besar dibandingkan dengan perlakatan elastomer serta koefisien friksi yang cukup

dengan deformasi yang cukup besar (Shiau, 2008). Menurut PT. Magdatama Multi Usaha selaku perusahaan yang memproduksi *pot bearing*, terdapat 3 jenis yaitu:

a. *Fixed Pot Bearing*

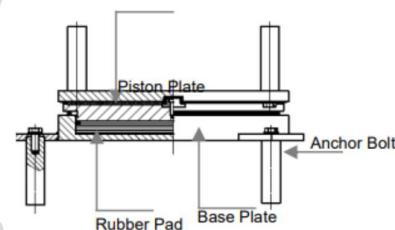
Merupakan jenis *pot bearing* yang tidak dapat bebas bergerak ke segala arah. Saat dibebani, pot bearing ini berperilaku seperti cairan terjepit yang tidak dapat ditekan sehingga menjadi penghalang untuk berputar ke sumbu manapun.



Gambar 2.17. *Fixed Pot Bearing*
(Sumber: Brosur PT. Magdatama Multi Usaha)

b. *Guide Pot Bearing*

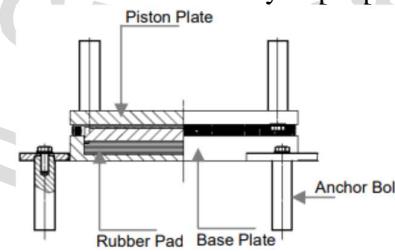
Merupakan jenis *pot bearing* yang dapat menahan gaya vertikal & horizontal tetapi hanya bisa bergerak searah, komponen *pot bearing* yang digunakan dapat mengurangi koefisien gesekan.



Gambar 2.18. *Guide Pot Bearing*
(Sumber: Brosur PT. Magdatama Multi Usaha)

c. *Multi Pot Bearing*

Merupakan jenis *pot bearing* yang dapat menahan gaya vertikal & dapat dengan bebas bergerak ke segala arah. Jenis ini menyerupai perletakan *roll*.



Gambar 2.19. *Multi Pot Bearing*
(Sumber: Brosur PT. Magdatama Multi Usaha)

Berikut tabel spesifikasi yang digunakan oleh PT. Magdatama Multi Usaha untuk produk *Pot Bearing*:

Tabel 2.2 Spesifikasi Material *Pot Bearing*

Deskripsi	Material	Standar
Plat Baja	SM490 atau Setara	JIS G3106 atau setara
Karet	Karet Alam	EN 1337-5
<i>Stainless Steel</i>	316L	EN 1337-5
Komponen Geser	UHMW-PE (<i>Ultra High Molecular Weight Polyethylene</i>)	EN 1337-5
Baut	Gr. 10.9 atau setara	EN 898
Angkur / Dowel	S45C atau setara	JIS G451 atau setara

(Sumber: Brosur PT. Magdatama Multi Usaha)

2.6. Struktur Bawah Jembatan

2.6.1. Kepala Jembatan

Jembatan memiliki abutment di ujungnya. Abutment juga berfungsi sebagai penahan tanah. Abutment biasanya dilengkapi dengan dinding sayap, juga disebut dinding sayap, yang menahan tanah dalam arah tegak lurus as jembatan (Chen & Duan, 2014).

2.6.2. Pilar Jembatan / Pier

Pilar tidak selalu ada dalam konstruksi jembatan, berbeda dengan abutment, yang selalu ada. Pilar biasanya ditempatkan di tengah bentang jembatan sehingga terkena pengaruh aliran sungai dan berfungsi untuk membagi bentang jembatan dan meneruskan beban struktur atas kepada pondasi. Untuk mengatasi masalah tersebut, perencanaan dilakukan dengan mempertimbangkan kekuatan dan keamanan.(Chen & Duan, 2014)

2.6.3. Pondasi

Pondasi adalah bagian struktur paling bawah dari sebuah bangunan yang tertanam kuat di dalam tanah dan memiliki fungsi sebagai penopang agar bangunan dapat berdiri kokoh. Ada beberapa persyaratan dasar untuk pondasi:

- Memiliki dua atau tiga faktor keamanan untuk membuat Anda aman dari kemungkinan keruntuhan geser.
- Jika terjadi penurunan pondasi, atau *settlement*, penurunan tersebut harus tetap berada di bawah batas toleransi.
- Penurunan sebagian, juga dikenal sebagai penurunan sebagian, tidak boleh menyebabkan kerusakan yang signifikan atau berdampak pada struktur bangunan.

Jenis Jenis Pondasi:

- Pondasi Dangkal / *Shallow Foundation*
 - Pondasi dangkal ditempatkan pada kedalaman yang relatif dangkal di bawah permukaan tanah, biasanya kurang dari 3 meter.
 - Jenis pondasi dangkal termasuk plat pondasi, pondasi balok, dan pondasi tiang pancang dangkal.
 - Cocok untuk tanah yang cukup kuat untuk menahan beban bangunan tanpa perlu pergi terlalu dalam.
 - Digunakan untuk bangunan-bangunan ringan hingga sedang seperti rumah tinggal, gedung perkantoran, dan bangunan komersial lainnya.
- Pondasi Dalam / *Deep Foundation*

1. Pondasi dalam ditempatkan pada kedalaman yang lebih besar di bawah permukaan tanah, seringkali melebihi 3 meter dan bisa mencapai puluhan meter ke dalam tanah.
2. Jenis pondasi dalam termasuk tiang pancang dalam, papan pancang, dan pondasi caisson.
3. Digunakan ketika tanah di atas lapisan tanah yang kuat terlalu lemah untuk mendukung beban struktural bangunan.
4. Cocok untuk bangunan-bangunan besar seperti gedung pencakar langit, jembatan, dan struktur bangunan lain yang membutuhkan dukungan lebih dalam untuk menahan beban.

2.7. **Manajemen Proyek Konstruksi**

Terdapat 2 jenis aspek manajemen pelaksana proyek konstruksi yaitu : aspek manajemen proyek dan aspek manajemen konstruksi. Manajemen proyek dapat didefinisikan sebagai suatu proses dari perencanaan, pengaturan, kepemimpinan, dan pengadilan darisuatu proyek oleh para anggotanya dengan memanfaatkan sumber daya seoptimal mungkin untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Fungsi dasar manajemen proyek terdiri dari pengelolaan – pengelolaan lingkup kerja dan waktu. Pengelolaan aspek – aspek tersebut dengan benar merupakan kunci keberhasilan dalam penyelenggaraan suatu proyek.

Manajemen konstruksi telah diakui sebagai suatu cabang manajemen yang khusus, yang dikembangkan dengan tujuan untuk dapat melakukan koordinasi dan pengendalian atas beberapa kegiatan pelaksanaan proyek yang sifatnya kompleks. Dengan demikian, teknik/ manajemen yang dapat mengakomodasi kebutuhan sumber daya konstruksi selalu dilakukan peninjauan dan penyesuaian terus menerus, setiap saat dalam menyelesaikan pelaksanaan pekerjaan yang sedang berjalan. Kontrol terhadap waktu dapat dilakukan jika sudah dibuat *time schedule* yang teliti dan akurat yang disesuaikan dengan kemampuan kontraktor dan waktu kontrak yang telah ditentukan oleh owner. Dalam *time schedule* dilengkapi dengan bobot atau nilai pekerjaan yang berupa grafik komulatif dari masing – masing pekerjaan terhadap waktu. Dengan adanya wewenang proyek maka akan terlihat batasan mengenai tugas, wewenang dan tanggung jawab dari pihak – pihak yang terlibat dalam proyek baik langsung maupun tidak langsung, sehingga tidakakan terjadi adanya tugas dan tanggung jawab yang dilakukan secara bersamaan.

2.7.1. **Tujuan Manajemen Konstruksi**

Tujuan Manajemen Konstruksi adalah mengelola fungsi manajemen atau mengatur pelaksanaan pembangunan sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil optimal sesuai dengan persyaratan (*spesification*) untuk keperluan pencapaian tujuan ini, perlu diperhatikan pula mengenai mutu bangunan, biaya yang digunakan dan waktu pelaksanaan. Dalam rangka pencapaian hasil ini selalu diusahakan pelaksanaan pengawasan mutu (*Quality Control*), pengawasan biaya (*cost Control*) dan pengawasan waktu pelaksanaan (*time control*). Kendala – kendala yang selalu terlibat dalam proyek – proyek rekayasa sipil biasanya berhubungan dengan persyaratan kinerja, waktu penyelesaian batasan biaya, kualitas pekerjaan dan keselamatan kerja.

Pelaksanaan proyek konstruksi berorientasi pada penyelesaian proyek sedemikian rupa sehingga jumlah sumber daya yang digunakan dalam pelaksanaan proyek berada pada posisi minimum. Aspek penting ini dapat dicapai melalui penggunaan teknik manajemen yg baik antara lain:

- a. Pembentukan situasi dimana keputusan yang mantap dapat diambil pada tingkat manajemen yang paling rendah dan mendeklasikan kepada yang mampu.
- b. Memotivasi orang – orang untuk memberikan yang terbaik dalam batas kemampuannya dengan menerapkan hubungan manusiawi.
- c. Pembentukan semangat kerja sama kelompok dalam organisasi sehingga fungsi organisasi dapat berjalan secara utuh.
- d. Penyediaan fasilitas yang memungkinkan orang – orang yang terlibat dalam proyek meningkatkan kemampuan dan cakupannya

2.7.2. Fungsi Manajemen Konstruksi

Pengelompokan proyek akan berhasil baik jika semua fungsi manajemen dijalankan secara efektif. Ini dicapai dengan jalan menyediakan sumber daya yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap fungsi tersebut dan menyediakan kondisi yang tepat sehingga memungkinkan orang – orang untuk melaksanakan tugasnya masing – masing.

Apabila fungsi – fungsi manajemen proyek dapat direalisasikan dengan jelas dan terstruktur, maka tujuan akhir dari sebuah proyek akan mudah terwujud, yaitu:

1. Tepat Waktu
2. Tepat Kuantitas
3. Tepat Kualitas
4. Tepat Biaya sesuai dengan biaya rencana
5. Tidak adanya gejolak sosial dengan masyarakat sekitar
6. Tercapainya K3 dengan baik

2.8. Rencana Anggaran Biaya & Penjadwalan

Estimasi biaya tahap konseptual dapat didefinisikan sebagai perkiraan biaya proyek yang dilakukan sebelum sejumlah informasi yang signifikan terkumpul dari detail desain, dengan lingkup pekerjaan yang masih belum lengkap (Roring et al., 2014). Dalam konteks konstruksi, estimasi biaya atau dalam hal ini disebut estimasi biaya pekerjaan konstruksi adalah perkiraan tentang kemungkinan biaya yang akan digunakan pada aktifitas konstruksi. Pada umumnya didasarkan pada beberapa data yang sesuai dengan kenyataan yang ada dan dapat diterima, atau juga disebut sebuah ramalan ilmiah atau perkiraan biaya atas proyek yang akan dibangun.

Estimasi biaya pada suatu proyek harus disiapkan sebelum suatu proyek dilaksanakan, untuk menetapkan besarnya kemungkinan biaya pada suatu proyek. Jadi estimasi biaya merupakan suatu perkiraan yang paling mendekat pada biaya yang sesungguhnya. Sedangkan nilai sebenarnya dari suatu proyek tidak akan diketahui sampai suatu proyek terselesaikan secara lengkap. Estimasi biaya pekerjaan konstruksi biasanya memberikan suatu indikasi tertentu terhadap biaya total proyek. Estimasi biaya mempunyai peranan penting dalam suatu proyek, karena tanpa adanya estimasi biaya suatu proyek tidak akan berhasil.

Kualitas suatu estimasi biaya proyek bergantung pada tersedianya data dan informasi, teknik atau metode yang digunakan, serta kecakapan dan pengalaman estimator. Tersedianya data dan informasi memegang peranan penting dalam hal kualitas estimasi biaya proyek yang dihasilkan. Sebagai contoh, pada awal formulasi lingkup proyek, jika sebagian data atau informasi belum tersedia atau belum ditentukan, maka estimasi atau perkiraan biaya yang dihasilkan masih berupa perkiraan.

Nilai atau harga atau *value* proyek yang baik tergantung dari bagaimana membuat suatu estimasi biaya yang baik, dimana biaya yang mungkin timbul harus dikendalikan seminimal mungkin. Estimasi biaya sangat ditentukan oleh:

1. Tersedianya data dan infomasi
2. Teknik dan metode yang digunakan
3. Kecakapan dan pengalaman estimator

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan atau estimasi jumlah nominal anggaran biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan bangunan konstruksi. Menurut (Firmansyah, 2013) dalam bukunya Rancang Bangun Aplikasi Rencana Anggaran Biaya Dalam Pembangunan Rumah. Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek pembangunan. Secara umum perhitungan RAB dapat dirumuskan sebagai berikut (2.1) :

$$RAB = \Sigma (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}) \dots \dots \dots \quad (2.1)$$

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya ini bertujuan untuk mengetahui jumlah biaya yang dibutuhkan, mengontrol pengeluaran per item pekerjaan, mencegah adanya keterlambatan atau pemberhentian pekerjaan, dan meminimalisir pemborosan biaya yang mungkin terjadi pada saat dilaksanakannya pekerjaan.

2.8.1. Langkah Pembuatan RAB

Dalam membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB) mempunyai urutan sebagai berikut :

1. Mempersiapkan gambar kerja

Gambar kerja bermanfaat sekali untuk beberapa keperluan proyek. Mulai dari keperluan pembuatan Izin Mendirikan Bangunan (IMB), pembuatan Surat Perjanjian Kontrak Kerja (SPK), sampai tahap pembuatan RAB. Penggunaan gambar kerja pada RAB $RAB = \Sigma (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$ diperlukan untuk menentukan berbagai jenis pekerjaan, spesifikasi dan ukuran material bangunan. pastikan dari gambar kerja ini dapat ditentukan ukuran dan spesifikasi material bangunan. Dengan begitu, menghitung volume pekerjaan pun menjadi lebih mudah. Gambar kerja inilah yang menjadi rujukan dalam menentukan item-item pekerjaan yang akan dihitung dalam pembuatan RAB.

2. Menyusun item pekerjaan dan menghitung volume pekerjaan

Tahapan ini menguraikan item-item pekerjaan yang akan dikerjakan. Uraian pekerjaan disajikan dalam bentuk pokok-pokok pekerjaan yang menjelaskan mengenai lingkup besar pekerjaan. Setelah item pekerjaan diuraikan. Langkah berikutnya adalah menghitung volume pekerjaan. Penghitungan ini dilakukan dengan cara menghitung banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan, misalkan per m^2 , m^3 , atau per unit. Volume pekerjaan nantinya dikalikan dengan harga satuan pekerjaan, sehingga didapatkan jumlah biaya pekerjaan.

3. Membuat daftar harga satuan upah, material, dan alat

Harga satuan upah, material dan alat (H1) merupakan item yang harus hati-hati dalam menentukannya, karena dalam tahapan ini seorang *Quantity of Surveyor* harus mempertimbangkan banyak faktor. Dalam kuliah Mahasiswa diajarkan bahwa menentukan harga satuan cukup menggunakan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK). Jika semua penyedia jasa menggunakan HSPK yang dikeluarkan oleh Pemerintah Daerah maupun Pusat akan terjadi penawaran harga yang sama. Untuk sebuah tender yang dilelang melalui situs LPSE, penyedia jasa cukup mengisi harga satuan karena item pekerjaan dan volume pekerjaan sudah disiapkan oleh pemilik kerja. Sebelum

menentukan H_1 terlebih dahulu tentukan Harga Satuan diluar keuntungan (H_0). Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan H_0 adalah 9 Apakah Biaya Asuransi Ketenagakerjaan dan Perlengkapan K3 ada atau tidak. Jika tidak, maka biaya Asuransi Ketenagakerjaan dan Perlengkapan K3 dimasukkan kedalam setiap Harga Satuan.

4. Daftar analisa satuan pekerjaan

Analisa Harga Satuan Pekerjaan merupakan sebuah analisa gabungan harga satuan upah, material dan sewa alat berat untuk mendapatkan harga per satuan volume pekerjaan. Sebagai contoh pekerjaan pengecoran beton dengan mutu K250, satuan volume yang digunakan dalam pekerjaan ini adalah m^3 (meter kubik). Dalam satuan volume tersebut harga yang tertera berupa harga gabungan dari material beton, upah tenaga dan truck molen beserta pompa jika diperlukan. Analisa harga satuan pekerjaan terdiri dari uraian harga, koefisien, harga satuan upah, meterial dan alat, hasil kali koefisien dan harga satuan. Hasil kali tersebut dijumlah dan menjadi harga satuan.

5. Harga satuan pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja atau harga yang harus dibayar untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi berdasarkan perhitungan analisa. Penentuan harga ini dapat diambil dari standar harga yang berlaku dipasaran atau daerah tempat proyek dikerjakan sesuai dengan spesifikasi Kabupaten Gresik yang dinamakan harga satuan. Secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut (2.2):

$$\text{Harga satuan pekerjaan} = H.S \text{ Bahan} + H.S \text{ Upah} + H.S \text{ Alat} \dots\dots \quad (2.2)$$

6. Menghitung rencana anggaran biaya (RAB)

Setelah volume dan harga satuan kerja sudah bisa didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah mengalikan angka tersebut sehingga dapat ditentukan jumlah biaya dari masing-masing pekerjaan. Hitung jumlah biaya pekerjaan dengan mengalikan volume pekerjaan \times harga satuan. Seperti contoh pekerjaan pembuatan pondasi batu kali, Anda bisa menghitung volumenya sebesar $10 m^3$ dengan harga satuan sebesar Rp. Harga satuan pekerjaan = $H.S \text{ Bahan} + H.S \text{ Upah} + H.S \text{ Alat}$ 10×350.000 . Maka dari sini Anda bisa mengetahui bahwa biaya pekerjaan pembuatan pondasi batu kali adalah $10m^3 \times Rp. 350.000 = Rp. 3.500.000$.

7. Rekapitulasi

Langkah terakhir dalam membuat RAB adalah membuat bagian rekapitulasi. Rekapitulasi adalah jumlah total masing-masing sub pekerjaan, seperti pekerjaan persiapan, pekerjaan pondasi, atau pekerjaan beton. Kedua sub pekerjaan tersebut dapat diuraikan lagi secara lebih detail. Setiap pekerjaan kemudian ditotalkan sehingga didapatkan jumlah total biaya pekerjaan. Di dalam menghitung biaya rekapitulasi ini, bisa juga bisa ditambahkan biaya Pajak Pertambahan Nilai atau yang sering kita sebut PPN yaitu sebesar 10% dari total nilai pekerjaan seluruhnya.

8. Persentasi bobot pekerjaan

Prosentase bobot pekerjaan adalah nilai besarnya pekerjaan siap (telah selesai) per item dibanding dengan pekerjaan selesai seluruhnya, untuk pekerjaan selesai seluruhnya dinilai 100%. Secara skematis dapat digambarkan sebagai berikut (2.3) :

$$\text{Persentase Bobot} = \left(\frac{\text{volume} \times \text{harga satuan item pekerjaan}}{\text{harga total bangunan}} \right) \times 100\% \dots \quad (2.3)$$

9. Perhitungan volume pekerjaan

Menurut (Graciella et al., 2024) dalam buku analisa-analisa dalam proyek menyebutkan bahwa, Perhitungan volume pekerjaan adalah bagian paling esensial dalam tahap perencanaan proyek. Pengukuran kualitas atau volume pekerjaan merupakan suatu proses pengukuran, perhitungan terhadap kuantitas item –item pekerjaan sesuai dengan lapangan. Dengan mengetahui jumlah volume pekerjaan maka akan diketahui berapa banyak biaya yang akan di perlukan dalam pelaksanaan proyek. Perhitungan volume pekerjaan memiliki beberapa cara perhitungan yang tidak sama antara satu dengan yang lainnya. Salah satu Rumus perhitungan volume item pekerjaan antara lain:

- a) Volume untuk luasan item pekerjaan

- b) Volume untuk kubikasi item pekerjaan

$$(m^3) = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \dots \dots \dots \quad (2.5)$$

- c) Volume untuk panjang item pekerjaan

(m) = *Panjana*

- d) Volume untuk Borongan

$(ls, unit, buah)$ = Sesuai dengan kesepakatan kepada dua belah pihak

2.8.2. Penjadwalan (*Time Schedule*)

Time Schedule adalah suatu bentuk rancangan kerja yang dibutuhkan untuk penyelesaian suatu pekerjaan. Dalam *time schedule* mengandung batasan alokasi waktu penyelesaian masing-masing item pekerjaan secara runtut yang ditetapkan sebagai acuan dalam penyelesaian suatu proyek pekerjaan. Ada beberapa bentuk *time schedule* yang biasa digunakan dalam proyek konstruksi pembangunan, antara lain:

1. Kurva S
 2. *Bar Chart*
 3. *Network Planing*
 4. *Schedule* harian, mingguan, bulanan, tahunan, dan waktu tertentu.

Dengan adanya *time schedule* kita bisa mendapatkan gambaran jangka waktu pekerjaan dilaksanakan. Pekerjaan dapat diselesaikan serta urutan item pekerjaan yang harus dilaksanakan. Tujuan dan manfaat pembuatan *Time Schedule* pada sebuah proyek konstruksi antara lain:

- a. Pedoman waktu untuk pengadaan sumber daya manusia yang dibutuhkan.
 - b. Pedoman waktu untuk mendatangkan material yang sesuai dengan item pekerjaan yang akan dilaksanaan.
 - c. Pedoman waktu untuk pengadaan alat - alat kerja.
 - d. Pedoman sebagai acuan untuk memulai dan mengakhiri sebuah kontrak kerja proyek konstruksi.
 - e. Pedoman pencapaian progres pekerjaan setiap waktu tertentu.
 - f. Pedoman untuk penentuan batas waktu denda atas keterlambatan proyek atau bonus atas percepatan proyek.
 - g. Pedoman untuk mengukur nilai suatu investasi.

Untuk dapat menyusun *time schedule* atau jadwal pelaksanaan proyek yang baik dibutuhkan:

- a. Gambar kerja proyek.
- b. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek.
- c. *Bill of Quantity* (BOQ) atau daftar volume pekerjaan.
- d. Data lokasi proyek berada pada sumber daya meliputi material peralatan, sub kontraktor yang tersedia di sekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung.
- e. Data sumber material, peralatan, sub kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek.
- f. Data kebutuhan tegana kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan.
- g. Data acuan atau musim di lokasi pekerjaan proyek.
- h. Data jenis transportasi yang tepat digunakan di sekitar lokasi proyek.
- i. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan.
- j. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub kontraktor, dan material.
- k. Data keuangan proyek meliputi arus kas, cara pembayaran pekerjaan tenggang waktu pembayaran progress, dan lain-lain.

Program *Microsoft Project* adalah sebuah aplikasi program pengolah lembar kerja untuk manajemen suatu proyek, pencarian data, serta pembuatan grafik. Kegiatan manajemen berupa suatu proses kegiatan yang akan mengubah input menjadi output sesuai tujuannya. Input mencakup unsur-unsur manusia, material, mata uang, mesin/alat dan kegiatan-kegiatan. Seterusnya diproses menjadi suatu hasil yang maksimal untuk mendapatkan informasi yang diinginkan sebagai pertimbangan untuk pengambilan keputusan. Dalam proses diperlukan perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian.

Beberapa jenis metode manajemen proyek yang di kenal saat ini, antara lain CPM (*Critical Path Method*), PERT (*Program Evaluation Review Technique*), dan Gantt Chart. *Microsoft Project* adalah penggabungan dari ketiganya. *Microsoft Project* juga merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (*scheduling*) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. *Microsoft Project* juga membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap pengguna sumber daya (*resource*), baik yang berupa sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan.

Tujuan penjadwalan pekerjaan proyek menggunakan program bantu *Microsoft Project* adalah:

1. Mengetahui durasi kerja proyek.
2. Membuat durasi optimum.
3. Mengendalikan jadwal yang dibuat.
4. Mengalokasikan sumber daya (*resources*) yang digunakan.

Komponen yang dibutuhkan pada penjadwalan pekerjaan proyek adalah:

1. Kegiatan (rincian tugas, tugas utama).
2. Durasi kerja untuk tiap kegiatan.
3. Hubungan kerja tiap kegiatan.
4. Resources (tenaga kerja pekerja dan bahan).

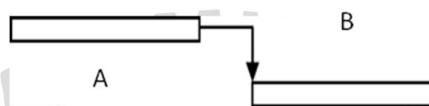
Yang dikerjakan oleh *Microsoft Project* antara lain:

1. Mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap sektor.
2. Mencatat jam kerja para pegawai, jam lembur.
3. Menghitung pengeluaran sehubungan dengan ongkos tenaga kerja, memasukkan biaya tetap, menghitung total biaya proyek.
4. Membantu mengontrol pengguna tenaga kerja pada beberapa pekerjaan untuk menghindari over allocation (kelebihan beban penggunaan tenaga kerja).

Predecessor merupakan hubungan keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lain. Dalam *Microsoft Project* mengenal 4 macam hubungan antar pekerjaan, yaitu :

- a. FS (*Finish to Start*)

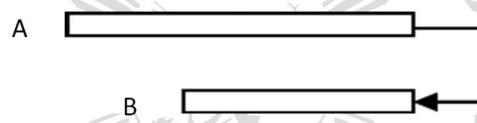
Suatu pekerjaan (B) baru boleh dimulai jika pekerjaan yang lain (A) selesai, dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2.20 FS (*Finish to Start*)
(Sumber: Kerzner, 2019)

- b. FF (*Finish to Finish*)

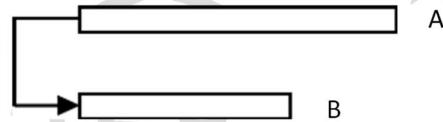
Suatu pekerjaan (A) harus selesai bersamaan dengan selesaiya pekerjaan lain (B), dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2.21 FF (*Finish to Finish*)
(Sumber: Kerzner, 2019)

- c. SS (*Start to Start*)

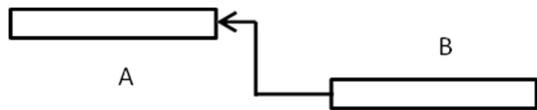
Suatu pekerjaan (B) harus dimulai bersamaan dengan pekerjaan lain (A), dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2.22 SS (*Start to Start*)
(Sumber: Kerzner, 2019)

- d. SF (*Start to Finish*)

Suatu pekerjaan (A) baru boleh diakhiri jika pekerjaan lain (B) dimulai, dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2.23 SF (*Start to Finish*)
(Sumber: Kerzner, 2019)

