

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Proyek seringkali didefinisikan sebagai suatu rangkaian unik yang memiliki bagian-bagian yang berisi perencanaan awal serta akhir kegiatan (penjadwalan), tujuan, ruang lingkup pekerjaan, dan anggaran yang dilakukan oleh suatu organisasi sementara (Saminnen dan Henning, 1999). Pendapat lainnya menyatakan bahwa proyek merupakan suatu proses dari gabungan beberapa rangkaian aktivitas yang memiliki titik awal dan titik akhir yang melibatkan berbagai sumber daya yang sifatnya terbatas untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan (Wohon, 2015)

Menurut Mistra (2012) dan Bintang dkk. (2014) metode pelaksanaan adalah suatu rangkaian atau proses pelaksanaan kegiatan konstruksi yang mengikuti prosedur yang telah dirancang sesuai dengan standar yang telah teruji. Cara atau metode tidak terlepas dari penggunaan teknologi sebagai pendukung dalam rangka mempercepat proses pembuatan bangunan, agar pelaksanaannya dapat berjalan sesuai dengan harapan baik itu dari segi biaya dan waktu.

Fateh dkk. (2014) menyatakan bahwa saat ini pengefisienan waktu pelaksanaan konstruksi merupakan hal yang sangat kontroversial mengingat karena hal tersebut sifatnya langsung akan berpengaruh pada besarnya biaya yang dikeluarkan dari awal hingga berakhirnya proyek, terutama jika lokasi pekerjaan terletak di daerah perkotaan yang dikelilingi oleh stuktur bangunan lain, misalnya gedung. Jika pekerjaan galian dalam pelaksanaan konstruksi dekat dengan bangunan lain, pemilihan suatu cara atau metode akan sangat penting untuk mencegah rusaknya bangunan di sekitar lokasi pekerjaan (Li dkk., 2014).

Penerapan suatu cara atau metode dalam pelaksanaan konstruksi akan terkait erat dengan kondisi lapangan dimana suatu proyek konstruksi akan dikerjakan, dan juga tergantung pada jenis proyek yang dikerjakan. Semua tahapan pekerjaan memiliki metode pelaksanaan yang disesuaikan dengan desain dari konsultan perencana sehingga dalam pelaksanaannya, perencanaan metode

pelaksanaan didasarkan atas *design*, situasi dan kondisi proyek yang ada (Tanubrata, 2015).

2.2.1. Penelitian Terdahulu tentang Perbandingan Metode *Top-Down* dan *Bottom-Up*

Nurhadi (2015) menyatakan bahwa ketepatan waktu pekerjaan merupakan hal yang sangat penting dalam pelaksanaan sebuah proyek berupa konstruksi bangunan, sehingga dalam pelaksanaannya diperlukan manajemen konstruksi yang baik untuk mencapai tujuan tersebut. Berbagai cara dapat dilakukan oleh pelaksana untuk mempersingkat waktu pelaksanaan pada sebuah proyek, salah satunya adalah dengan cara memilih metode pelaksanaan konstruksi.

Seiring dengan makin beragamnya teknologi khususnya pada bidang konstruksi, maka pelaksana dapat lebih memiliki pilihan metode pelaksanaan yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Pada penelitian perbandingan metode yang telah dilakukan oleh Lafiza (2017) pada proyek Fave hotel Surabaya, dengan jenis pekerjaan yang sama didapatkan hasil dan kesimpulan bahwa pelaksanaan konstruksi dengan menggunakan metode *top down* akan memakan waktu selama 184 hari sedangkan jika menggunakan metode *bottom up*, maka proyek akan selesai dalam waktu 222 hari, atau dengan kata lain penggunaan metode *top down* lebih efisien karena dapat menghemat waktu pelaksanaan proyek hingga 38 hari.

Analisa terhadap perbandingan metode juga pernah dilakukan oleh Bintang dkk.(2014) dengan melakukan kajian terhadap pemilihan metode *bottom up* dan *top down* sebagai inovasi metode pelaksanaan. Kajian dilakukan dengan cara observasi langsung dan mengajukan beberapa pertanyaan kepada pelaksana di proyek Sudirman suites hotel. Adapun hasil kajian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Tingkat produktivitas pekerjaan dengan menggunakan metode *top down* dan *bottom up* pada beberapa aspek pekerjaan memiliki selisih yang tidak terlalu jauh, hal ini tentunya akan sangat berpengaruh terhadap waktu penyelesaian pekerjaan. Adapun rincian nilai produktivitas pekerjaan pada kajian yang dilakukan oleh Bintang dkk.(2014) disajikan dalam Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2. 1 Hasil perhitungan produktivitas pekerjaan (Bintang dkk., 2014)

No	Jenis Pekerjaan	Produktivitas	
		<i>Top down</i>	<i>Bottom up</i>
1	Galian tanah	326,89 m ³ / hari	603,14 m ³ / hari
2	Pengecoran	41,62 m ³ / hari	47,05 m ³ / hari
3	Pembesian	11178,33 kg / hari	14282,74 kg / hari
4	Bekisting	89,59 m ² / hari	90,18 m ² / hari

2. Pekerjaan konstruksi dengan menggunakan metode *top down* memungkinkan pelaksanaan pekerjaan secara simultan atau secara bersamaan, kemudian jenis metode ini sangat cocok dipakai jika lahan yang tersedia sempit dan memiliki lingkungan yang cukup padat.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Pradiawati dan Nurcahyo (2015) dengan tinjauan berupa waktu pelaksanaan pembangunan *basement* pada gedung parkir apartemen skyland city education yang terdiri dari 2 lantai *basement* dan 6 lantai ke atas. Analisa dilakukan berdasarkan tahapan pekerjaan yang dilakukan jika menggunakan 2 buah metode yang berbeda, namun dengan data struktur yang sama. Adapapun hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Pelaksanaan pembangunan dengan menggunakan metode *top down* akan memakan waktu pelaksanaan selama 260 hari, sedangkan metode *bottom up* memakan waktu pelaksanaan selama 313 hari, atau dengan kata lain memiliki selisih waktu pelaksanaan selama 53 hari. hal ini dikarenakan pelaksanaan konstruksi dengan menggunakan metode *top down* memungkinkan 2 pekerjaan berbeda dilakukan secara bersama.
2. Pelaksanaan dengan metode *top down* dapat mereduksi waktu pelaksanaan hingga 20%, namun pelaksanaannya memerlukan ketelitian dan kompetensi khusus.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Manajemen Proyek

Menurut PMBOK (2008) Manajemen proyek adalah penerapan pengetahuan, keterampilan, alat, dan teknik dalam kegiatan proyek untuk memenuhi persyaratan proyek. Ada lima tahap utama dalam manajemen proyek, yakni tahap permulaan, tahap perencanaan, tahap eksekusi di lapangan, tahap

pengawasan, dan yang terakhir adalah tahap penutupan. Menurut Sahid (2012), ada tiga tahapan penting yang dilakukan dalam manajemen proyek, yaitu :

1. Tahap perencanaan yang meliputi penetapan sasaran, pendefinisian proyek, dan organisasi tim.
2. Tahap penjadwalan yang meliputi hubungan tenaga kerja, uang, dan bahan atau alat yang digunakan dalam proyek.
3. Tahap pengendalian yang meliputi pengawasan sumberdaya, biaya, kualitas, dan anggaran jika dalam pelaksanaan terdapat revisi / ubah rencana.

2.2.2. Basement

Basement adalah sebuah tingkat atau beberapa tingkat dari bangunan yang keseluruhan atau sebagian terletak dibawah tanah. Jadi dapat dikatakan bahwa *basement* adalah ruang bawah tanah yang merupakan bagian dari bangunan gedung (Tanubrata, 2015). Pada saat ini, pembangunan *basement* semakin populer dan berkembang sebagai solusi lahan parkir yang juga merupakan bagian dari masalah terbatasnya lahan yang tersedia (Al-matin, 2018), selain sebagai ruang parkir, *basement* juga dapat dimanfaatkan sebagai utilitas pada gedung bertingkat. (Lafiza, 2017).

Pemilihan metode pekerjaan pembuatan *basement* adalah hal yang sangat penting dalam perencanaan karena akan sangat berpengaruh dalam segi waktu maupun biaya yang keluar selama pelaksanaan berlangsung. Oleh karena itu, biasanya kontraktor selaku pelaksana akan memilih metode pelaksanaan yang baik dan efisien. Metode yang biasanya digunakan adalah *bottom up* dimana pekerjaan akan dimulai dengan cara menggali tanah sesuai dengan rencana, dilanjutkan dengan pembuatan pondasi dan seterusnya hingga struktur atas. Namun semakin majunya teknologi yang ada, terdapat metode lain yaitu *top down*, dimana pekerjaan *basement* akan dimulai bersamaan dengan struktur lainnya dari tanah dasar.

2.2.3. Metode Pelaksanaan Bottom-Up

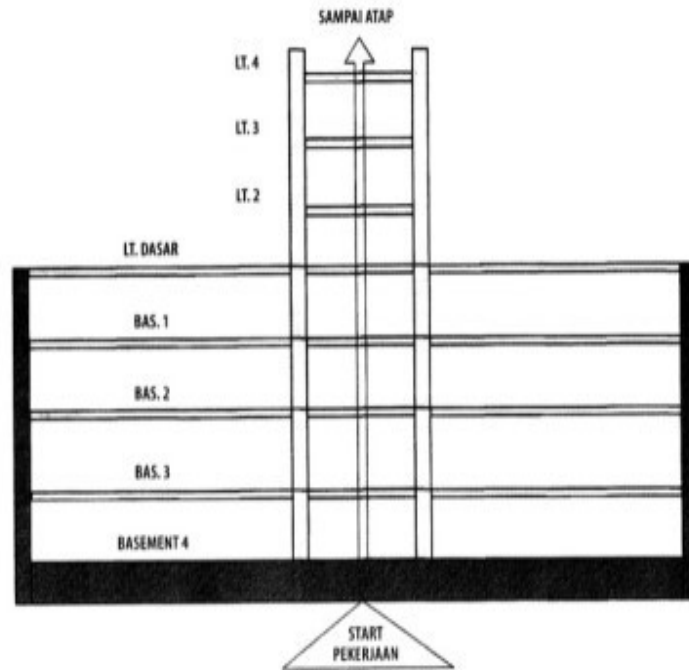
Pada metode pelaksanaan *bottom-up*, pekerjaan struktur dimulai setelah pekerjaan galian mencapai elevasi yang telah direncanakan. Selanjutnya, pekerjaan dilanjutkan dengan pembuatan pondasi dan pengecoran dilakukan pada

basement paling bawah sehingga menjadi *raft foundation* (Tanubrata, 2015). Kemudian struktur *basement* dilaksanakan dari bawah ke atas dengan menggunakan *scaffolding*, bagian struktur lainnya seperti kolom, balok, dan pelat di cor di tempat (*cast in place*) (Prawidiawati dan Nurcahyo, 2015).

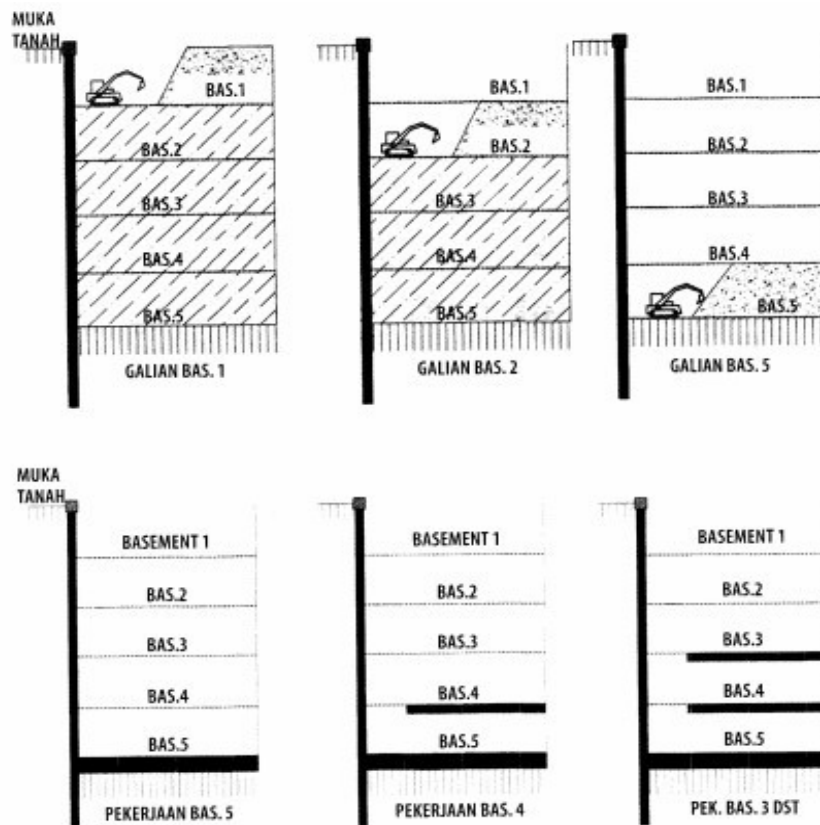
Pada metode pelaksanaan *bottom-up*, galian biasanya dilakukan dengan sistem *open cut* dengan menggunakan dinding penahan tanah yang bersifat sementara maupun permanen. Jadwal pelaksanaan proyek dapat menjadi lebih lama pada metode ini karena pekerjaan lainnya baru dapat dikerjakan setelah pekerjaan galian dan dinding penahan tanah selesai dikerjakan. Mistra (2012) menyatakan bahwa pembangunan struktur bangunan dengan menggunakan sistem *bottom up* terbagi dalam beberapa tahap di bawah ini :

1. Pembuatan dinding penahan tanah (*retaining wall*) yang terdiri dari *bore pile* dan dikombinasikan dengan *bentonite bore pile*.
2. Pekerjaan *dewatering* (pengurasan air tanah) dilakukan selama 24 jam sampai mencapai batas terbawah dari lantai *basement*.
3. Penggalian tanah dilaksanakan sesuai dengan elevasi yang direncanakan.
4. Pemasangan *ground anchor* pada dinding penahan tanah sebagai langkah perkuatan.
5. Pemasangan tiang pondasi, dapat berupa *bore pile* maupun tiang pancang.
6. Pemasangan *pile cap*, biasanya dilaksanakan dengan pekerjaan *tie beam* dan pelat *basement*.
7. Pembuatan dinding *basement*.
8. Pembuatan balok dan lantai *basement* di atasnya.
9. Pekerjaan lain sesuai dengan *schedule* pekerjaan hingga pekerjaan akhir berupa atap dan *topping off*.

Adapun ilustrasi dari pelaksanaan dengan menggunakan metode *bottom up* ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2. 1 Ilustrasi pekerjaan metode *bottom up* (Mistra, 2012)



Gambar 2. 2 Skema pekerjaan galian pada metode *bottom up* (Mistra, 2012)

Dalam penerapannya, metode pelaksanaan konstruksi *bottom up* mempunyai beberapa kekurangan dan kelebihan, Mistra (2012) dan Lafiza (2017) menyatakan bahwa kendala atau kekurangan dari penggunaan metode ini antara lain :

1. Jadwal pelaksanaan pembangunan bisa menjadi lebih panjang karena ada beberapa tahap awal pekerjaan yang tidak dapat dilakukan karena harus menunggu pekerjaan sebelumnya selesai terlebih dahulu, misalnya pada pekerjaan galian tanah yang memakan waktu cukup lama sehingga jadwal pelaksanaan akan menjadi semakin panjang.
2. Adanya biaya dan waktu tambahan untuk pemasangan ankur tanah atau *ground anchor* untuk meminimalisir terjadinya longsoran tanah.
3. Pemasangan *ground anchor* juga tergantung dari luasan areal pekerjaan yang tersedia, jika tidak tersedia lahan yang memadai atau adanya struktur bangunan lain disekitar proyek, maka *ground anchor* atau ankur tanah tidak dapat dipasang.
4. Proses pembuangan air tanah atau *dewatering* dapat mengakibatkan turunnya muka air tanah secara drastis, dan turunnya muka air tanah dapat mengakibatkan turunnya struktur bangunan lain di sekitar proyek.
5. Luas areal pekerjaan akan berkurang akibat adanya pekerjaan galian tanah.
6. Pelaksanaan pekerjaan pelat lantai dan balok *basement* akan lebih banyak membutuhkan perancah atau bekesting, sehingga akan banyak membutuhkan biaya dan bertambahnya *waste materials*.

Menurut Al-Matin (2018), kelebihan dalam penggunaan metode *bottom up* adalah sebagai berikut ini :

1. Biaya peralatan yang lebih murah.
2. Banyaknya ketersediaan tenaga ahli dan banyak yang menguasai.
3. Alat berat yang digunakan tidak terlalu khusus dan lebih umum dijumpai.
4. Biaya pembuatan dinding penahan tanah relatif murah dan tidak memerlukan teknologi yang tinggi.
5. Pengendalian proyek selama pelaksanaan konstruksi akan lebih mudah karena mayoritas pekerjaan struktur menggunakan metode *bottom up*.

2.2.4. Metode Pelaksanaan *Top-Down*

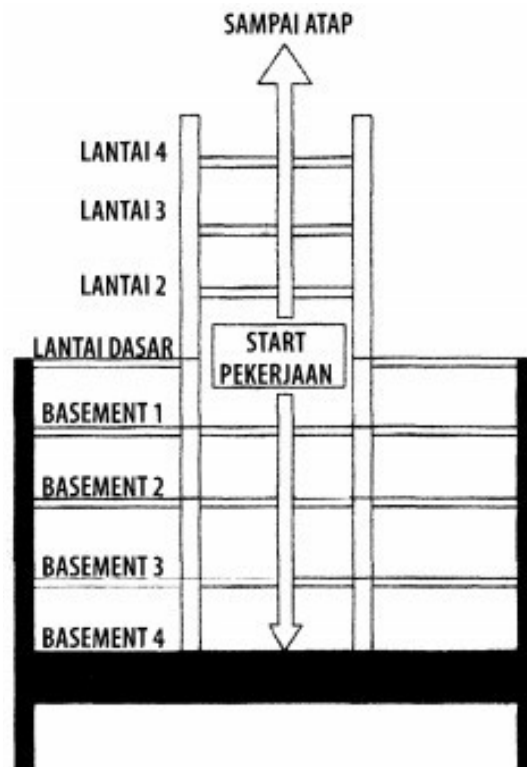
Metode pelaksanaan *top down* merupakan alternatif metode yang efektif untuk mempersingkat waktu pelaksanaan selama proyek berlangsung (Fateh dkk, 2014). Sesuai dengan namanya, konstruksi *top down* pelaksanaan pekerjaan konstruksi bawah tanah dan galian dimulai dari atas ke bawah. Karena pelat lantai dasar adalah bagian pertama yang dikerjakan dan digunakan sebagai titik awal pekerjaan penggalian, maka pengerjaan struktur bawah dan struktur atas dapat dilakukan secara bersamaan (Li dkk., 2014 ; Paek dan Ockz, 1996). Pada pelaksanaan dengan menggunakan metode *top down*, pengerjaan *basement* dimulai dari lantai *basement* teratas dan dilanjutkan sampai dengan kedalaman lantai *basement* yang direncanakan, selama pelaksanaan pembuatan pelat lantai *basement* berlangsung, pelat didukung oleh tiang baja yang disebut dengan *king post*. *King post* ini berfungsi sebagai kolom sementara yang nantinya akan diperkuat agar berfungsi sebagai kolom permanen (Choiriyah, 2015).

Pada metode *top down*, dinding penahan tanah dikerjakan sebelum pekerjaan galian tanah berlangsung. Dinding penahan tanah yang biasa digunakan adalah dinding diafragma atau *diaphragm wall* yang fungsinya sebagai *cut off dewatering* dan sebagai dinding *basement* (Lafiza, 2017). Dalam pelaksanaan galian tanah untuk membuat *basement*, perlunya perencanaan tinggi antar lantai *basement* agar alat berat yang bekerja memiliki ruang bebas untuk bergerak dan digunakan alat berat khusus yang ukurannya disesuaikan dengan ruang yang tersedia, misalnya menggunakan *excavator* yang memiliki ukuran lebih kecil. Karena pekerjaan dilakukan diatas tanah, maka penggunaan perancah dapat diminimalkan serta pekerjaan struktur dapat dikerjakan bersamaan dengan pekerjaan galian, sehingga dapat dikatakan metode ini dapat menghemat biaya selama pelaksanaan proyek.

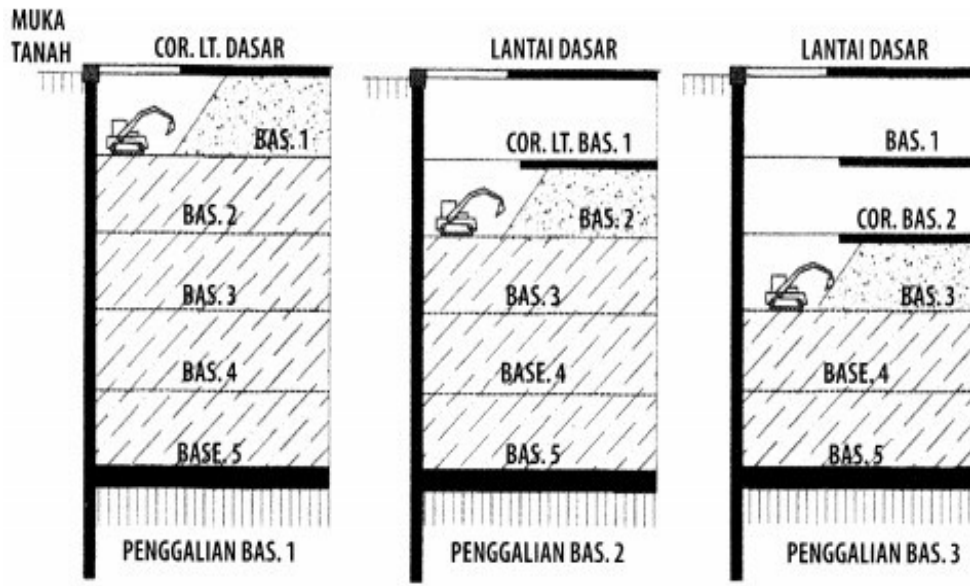
Pada prinsipnya, metode pelaksanaan ini dapat disebut sebagai cara membangun terbalik (Tanubrata, 2015). Mistra (2012) menyatakan bahwa secara garis besar, metode *top down* dibagi kedalam dua tahapan pekerjaan, yaitu pekerjaan tahap awal dan pekerjaan tahap konstruksi. Tanubrata (2012) menyatakan bahwa tahapan pekerjaan konstruksi bangunan dengan menggunakan metode *top down* adalah sebagai berikut :

1. Pengecoran *bore pile* dan pemasangan *king post*.
2. Pengecoran *diaphragm wall*.
3. Pembuatan *slab* pada *basement 1*, di cor diatas tanah sebagai lantai kerja.
4. Pekerjaan galian untuk *basement 1* dilakukan setelah *slab* pada *basement 1* selesai dikerjakan dan dirasa sudah cukup kuat untuk menahan beban yang bekerja diatasnya. Biasanya disediakan *void* atau lubang sementara untuk memperlancar pekerjaan galian tanah.
5. Pembuatan *slab* pada *basement 2*, di cor diatas tanah sebagai lantai kerja.
6. Pekerjaan galian untuk *basement 2*, dilaksanakan secara tipikal atau sama seperti pada galian untuk *basement 1*.
7. Pekerjaan pengecoran untuk *raft* atau *mat foundation*.
8. Pengecoran *king post* yang digunakan sebagai kolom utama struktur.

Adapun ilustrasi dari pelaksanaan dengan menggunakan metode *top down* ditunjukkan pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2. 3 ilustrasi pekerjaan *top down* (Mistra, 2012)



Gambar 2. 4 Ilustrasi pekerjaan galian pada metode *top down* (Mistra ,2012)

Penggunaan metode *top down* dalam pekerjaan konstruksi dapat mempercepat waktu pelaksanaan karena pekerjaan struktur dikerjakan bersamaan dengan pekerjaan galian tanah, namun metode *top down* tentunya tidak lepas dari kekurangan dan kelebihan jika metode ini dipakai. Menurut Tanubrata (2015) kekurangan dari penggunaan metode *top down* adalah sebagai berikut :

1. Dalam pelaksanaan, diperlukan alat berat yang lebih khusus.
2. Diperlukan pengawasan lebih karena dalam pelaksanaannya memerlukan ketelitian dan ketepatan yang tinggi.
3. Sumber daya yang menguasai metode *top down* masih terbatas.
4. Diperlukan pengetahuan yang lebih spesifik untuk mengendalikan pelaksanaan proyek.
5. Biaya pembuatan dinding penahan tanah lebih mahal dibandingkan *sheet pile* yang biasa digunakan dalam metode *bottom up*.

Sedangkan kelebihan dari penggunaan metode *top down* adalah sebagai berikut :

1. Pelaksanaannya tidak mengganggu lingkungan di sekitar proyek.
2. Jadwal pelaksanaan pekerjaan dapat dipercepat.
3. Beberapa pekerjaan dapat dilakukan secara bersamaan.
4. Dapat digunakan pada area pekerjaan yang sempit.
5. Mutu dinding penahan tanah dapat dikontrol

2.2.5. Pekerjaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah atau *retaining wall* merupakan bagian dari struktur bangunan yang wajib dibuat khususnya dalam pembangunan gedung bertingkat yang memiliki jumlah *basement* lebih dari dua lapis. Terlebih, makin sedikitnya ruang yang tersedia untuk pekerjaan galian di area perkotaan, maka penggalian tanah dilakukan secara vertikal. Dinding penahan tanah difungsikan untuk menahan tanah agar tidak terjadi longsor, khususnya tanah yang sifatnya tidak stabil (Bahrami dkk., 2019). *Retaining wall* juga menjadi solusi untuk mencegah kerusakan bangunan jika terdapat bangunan lain disekitar proyek. Secara umum, ada beberapa jenis dinding penahan tanah yang dapat digunakan selama pelaksanaan, diantaranya adalah dinding diafragma atau *diaphragm wall*, *soldier pile* dan *sheet pile*.

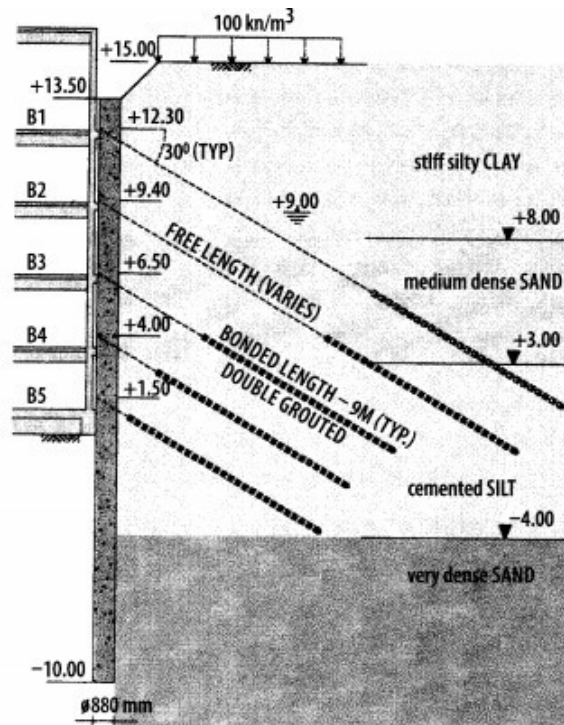
Pada pelaksanaan konstruksi dengan menggunakan metode *top down*, dinding penahan tanah yang umum digunakan adalah dinding diafragma atau *diaphragm wall*. Dinding diafragma dipilih ketika proyek dibangun di lokasi yang memiliki luas terbatas, sehingga pekerjaan galian tanah dapat dimaksimalkan. Dinding diafragma memiliki fungsi beragam, yaitu dapat dijadikan sebagai dinding penahan tanah selama pekerjaan galian *basement*, penahan gaya lateral, sebagai *cut off dewatering* atau pemotongan aliran air tanah, sebagai batas lahan pekerjaan, dan juga di fungsikan sebagai dinding *basement* permanen (Choiriyah, 2015).



Gambar 2. 5 Dinding diafragma pada *basement*

Soldier pile merupakan jenis dinding penahan tanah yang umumnya terbuat dan terdiri dari susunan beberapa *bore pile* yang terbuat dari beton bertulang, diselingi oleh *bore pile* yang terbuat dari lumpur *bentonite*. *Soldier pile* dapat dibuat secara kantilever sesuai dengan kebutuhan di lapangan, tetapi jika pekerjaan galian *basement* lebih dari kedalaman 6 meter, maka *Soldier pile* perlu diberi anchor tambahan yang difungsikan sebagai perkuatan tambahan (Georgiadis, 2018).

Penambahan anchor tanah atau *ground anchor* dapat dilakukan dengan cara melubangi *soldier pile* yang telah dipasang dengan menggunakan teknik pengeboran yang tentunya diawasi pelaksanaannya agar tulangan pada *soldier pile* tidak mengalami kerusakan. Setelah anchor dipasang, maka selanjutnya dilakukan pengencangan anchor dan pekerjaan *grouting*. MISTRA (2012) menyatakan bahwa pada aplikasi di lapangan, titik paling atas merupakan titik pengeboran paling panjang, selanjutnya semakin ke bawah semakin pendek. Ukuran atau diameter dari *soldier pile* biasanya variatif tergantung kebutuhan selama proyek berlangsung, kemudian *soldier pile* akan diikat antara satu dengan yang lainnya menggunakan *capping beam* (Lafiza, 2017).



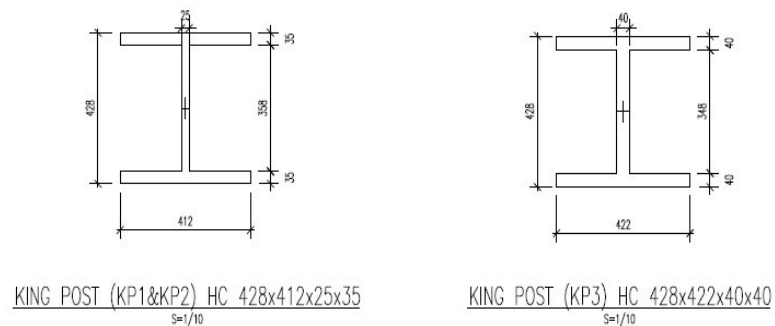
Gambar 2. 6 Contoh sistem anchor tanah pada *soldier pile* (Mistra, 2012)



Gambar 2. 7 Penerapan *soldier pile* di lapangan

2.2.6. *King Post*

King post merupakan bagian dari pondasi tiang *bore pile* yang letaknya segaris dengan kolom *basement*. *King post* biasanya terbuat dari profil baja IWF yang ditanam di bagian dalam *bore pile* dan merupakan komponen utama yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi dengan menggunakan metode *top down*. Fungsi dari *king post* adalah sebagai kolom sementara selama pelaksanaan pembangunan berlangsung untuk menopang *slab* dan menyalurkan beban yang bekerja pada *slab* ke tiang pondasi dan kemudian akan dijadikan kolom permanen berupa kolom komposit setelah pekerjaan pembuatan *basement* selesai.



Gambar 2. 8 Contoh *King post* pada metode *top down*

2.2.7. Pekerjaan Galian Tanah

Pekerjaan galian tanah merupakan pekerjaan awal yang wajib dilakukan untuk membuat struktur bawah atau *basement*. Dalam pelaksanaannya, sering kali ditemui permasalahan berupa tingginya muka air tanah, sehingga harus dilakukan pekerjaan *dewatering* untuk menurunkan muka air tanah di lokasi pekerjaan. Pekerjaan galian tanah harus memperhatikan faktor keamanan untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja. Pemilihan metode pekerjaan galian tanah dan alat berat selama pelaksanaan ditentukan oleh jenis tanah di lokasi pekerjaan, kedalaman galian rencana, dan luas area lahan yang tersedia.

Asiyanto (2008) menyatakan bahwa, secara umum terdapat dua jenis pekerjaan galian tanah, yaitu :

1. Metode Galian Tanah Terbuka

Pelaksanaan pekerjaan galian tanah terbuka atau *open excavation* dilakukan dengan cara menggali tanah secara langsung tanpa menggunakan perkuatan. Untuk menghindari bahaya longsor, maka perlu dibuat kemiringan atau *slope* dengan sudut tertentu. Untuk melindungi kemiringan lereng terhadap longsor akibat air hujan, biasanya lereng galian ditutupi dengan terpal atau ditutup dengan *short crete* (lapisan beton tipis yang di semprotkan).

2. Metode Galian Tanah dengan Penahan

Penahan tanah digunakan ketika lokasi pekerjaan galian dilakukan pada lahan yang sempit dan juga kondisi tanah yang tidak stabil atau rawan terjadi longsor. Biasanya, dinding penahan dipasang sebelum pekerjaan galian tanah dimulai.

2.2.8. Pekerjaan *Slab* dan *Raft / Matt Foundation*

Slab atau pelat lantai beton adalah bagian dari struktur bangunan yang berfungsi untuk menyediakan suatu permukaan horizontal yang rata, yang digunakan sebagai lantai *basement* sebuah bangunan, atap bangunan, atau pada jenis struktur yang lainnya. Pelat beton sendiri dapat bertumpu pada balok, kolom, dinding, ataupun terletak diatas tanah. *Slab* sendiri sebenarnya merupakan istilah

penyebutan untuk pelat lantai yang dalam pelaksanaannya dikerjakan bersama dengan balok, sehingga menghasilkan struktur yang monolit.

Mat Foundation atau *Raft Foundation* atau disebut juga fondasi rakit adalah plat beton besar yang digunakan untuk memisahkan permukaan dari satu atau lebih kolom di dalam beberapa garis dengan tanah, kemudian memiliki fungsi untuk mendistribusikan beban serta gaya-gaya yang bekerja dari struktur di atasnya (*slab, kolom, core wall*, dan struktur yang lainnya yang berada di atas) menuju struktur di bawahnya (*bore pile*) selanjutnya diteruskan ke tanah. Pondasi rakit adalah salah satu jenis dari pondasi dangkal. *Mat foundation* atau *raft foundation* sering juga disebut dengan *mass concrete*. *Mass concrete* sendiri didefinisikan sebagai beton dengan volume yang tinggi dimana memerlukan pengukuran dan perhitungan yang mencakup pembatasan perkembangan panas dan menjaga perubahan volume untuk meminimalisasi terjadinya retak.

Salah satu karakteristik dari *mass concrete* dibandingkan dengan pekerjaan beton lainnya adalah perilaku temperatur beton. Setelah bereaksi pada saat pencampuran material dan penguangan beton, temperatur akan meningkat sesuai dengan besarnya beton masif, dimana jika panas tidak diantisipasi atau dikurangi maka suhu akan menjadi sangat tinggi. Pengukuran temperatur harus dilakukan, karena retak yang diakibatkan dari panas akan menyebabkan struktur kehilangan fungsinya dan memperpendek masa layan dari struktur tersebut.

Karakteristik lain dari *mass concrete* adalah perubahan volume. Perubahan volume sering terjadi pada semua elemen beton dan struktur dengan tingkat yang berbeda-beda tergantung dari pembuatan, konfigurasi dan lingkungan daripada beton itu sendiri. Sehingga karena besarnya volume dari *mass concrete* akan mengakibatkan perubahan volume yang tidak seragam dan akan mengakibatkan retak.

Perubahan volume dapat diminimalkan dengan cara mengurangi penggunaan semen (mengganti material semen dengan pozzolan), melakukan *precooling* (proses pendinginan beton ketika ditempatkan pada struktur), *postcooling* (proses pemindahan panas dari beton untuk membatasi kenaikan temperatur beton pada struktur, dan juga pengukuran untuk mengontrol temperatur.



Gambar 2. 9 Pelaksanaan pengecoran *mat foundation* di lapangan

2.2.9. Alat Berat

Dalam pelaksanaan sebuah pekerjaan konstruksi, baik itu berupa bangunan, jalan raya, jembatan, maupun bangunan sipil lainnya, diperlukan sumber daya berupa peralatan khusus untuk membantu selama pelaksanaan pembangunan berlangsung. Alat berat merupakan salah satu sumber daya peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan sebuah proyek (Pratisis, 2016). Tujuan penggunaan alat berat diantaranya untuk memudahkan manusia dalam pelaksanaan pekerjaan sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif singkat (Rostiyanti, 2008). Pemilihan penggunaan alat berat akan disesuaikan dengan jenis pekerjaan dan kondisi lapangan, selain itu pemilihan alat berat yang tepat akan mempercepat jalannya proyek. Faktor lain dalam pemilihan alat berat adalah berdasarkan fungsinya, kapasitas alat, cara operasional dan biaya penggunaan peralatan.

Menurut Rostiyanti (2008), Alat berat terbagi menurut fungsi utama dari alat tersebut, diantaranya :

1. Alat pengolah lahan, berupa *bulldozer* ataupun *scraper* yang memiliki fungsi untuk mempersiapkan lahan pekerjaan.
2. Alat penggali, berupa *excavator* yang memiliki fungsi untuk melakukan pekerjaan galian tanah.

3. Alat pemindah material secara vertikal berupa *mobile crane* dan *tower crane* dan alat pengangkut material secara horizontal berupa *dump truck*.
4. Alat pemroses material seperti *batching plant*, yaitu alat yang berfungsi untuk mencampur beberapa bahan tertentu untuk kebutuhan selama pelaksanaan konstruksi berlangsung.
5. Alat pendukung pelaksanaan konstruksi lain seperti mesin bor, *clampshell*, dan *concrete mixer truck*.

2.2.10. Produktivitas Alat Berat dan Pekerja

Menurut Elwakil dan Zayed (2018), produktivitas dapat diartikan sebagai rasio atau perbandingan antara pencapaian hasil (*output*) dengan keseluruhan sumber daya yang dibutuhkan selama pekerjaan berlangsung (*input*), hal ini merupakan faktor yang penting khususnya dalam manajemen proyek konstruksi untuk memprediksi waktu pelaksanaan atau proses pekerjaan tertentu. Hal senada juga dikemukakan oleh Park dkk.(2005) bahwa produktivitas adalah perbandingan antara waktu pelaksanaan aktual dengan jumlah pekerjaan yang selesai di lapangan, selain itu tidak ada standar nilai produktivitas karena setiap pekerjaan proyek memiliki kerumitan dan karakteristik yang berbeda.

Pada umumnya, produktivitas alat berat dipengaruhi oleh kapasitas alat dan waktu siklus alat yang digunakan dengan waktu siklus dalam satuan menit. Selain hal diatas, faktor yang memengaruhi produktivitas yaitu faktor efisiensi alat, kondisi lapangan, serta operator. Dalam pelaksanaan suatu pekerjaan, umumnya dipakai lebih dari satu jenis alat berat, sehingga perlu diperhitungkan nilai produktivitas masing-masing alat dan jumlah alat yang dipakai agar durasi pekerjaan dapat dipersingkat.

Berikut adalah rumus untuk menghitung produktivitas dari alat berat yang digunakan pada pelaksanaan pembangunan *basement* :

1. Produktivitas *Excavator*

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{C_m} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi (m³ / jam)

q = Kapasitas bucket

C_m = waktu siklus (menit)

2. Produktivitas *Dump truck*

$$Q = q \times \frac{60}{C_m} \times E \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

Q = Produksi per jam (m^3 / jam)

q = Produksi atau kapasitas (m^3)

E = Faktor efisiensi (tergantung medan, keahlian operator, cuaca, dan sebagainya)

C_m = Waktu siklus (menit)

2.2.11. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah satuan besaran pekerjaan yang dilakukan selama pelaksanaan proyek berlangsung, baik itu pekerjaan galian tanah, pembesian, pekerjaan pengecoran, dan sebagainya. Perhitungan volume merupakan hal penting dalam perencanaan konstruksi, karena volume akan memengaruhi jadwal pelaksanaan, jumlah sumber daya yang dibutuhkan baik itu alat berat maupun pekerja, serta biaya selama pelaksanaan konstruksi tersebut berlangsung. Dalam pelaksanaan, volume pekerjaan dihitung dari gambar perencanaan dan hasilnya akan dibandingkan dengan aktualisasi atau pelaksanaan di lapangan.

2.2.12. Waktu dan Durasi Pekerjaan

Waktu merupakan suatu hal yang sangat penting untuk dipertimbangkan dalam pelaksanaan sebuah proyek (Ng dan Zhang, 2008). Perencanaan waktu pelaksanaan harus dilakukan secara rinci agar proses pelaksanaan konstruksi berjalan secara efektif, maka biasanya pihak kontraktor atau pelaksana membuat jadwal kegiatan pelaksanaan atau *time schedule* yang berisi informasi mengenai jenis pekerjaan yang akan diselesaikan dan waktu mulai sampai berakhirnya sebuah proyek (Kareth dkk., 2012). Perencanaan waktu merupakan dasar dari penentuan durasi pelaksanaan proyek, sehingga pimpinan proyek dapat memperoleh informasi dengan jelas mengenai rencana pekerjaan apa saja yang akan dilaksanakan serta berapa lama perkiraan waktu pelaksanaan untuk menyelesaikan sebuah proses pekerjaan tertentu.

Menurut Proboyo (1999) yang dimaksud dengan durasi adalah perkiraan rentang waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas tertentu selama pelaksanaan proyek berlangsung. Seperti yang telah di jelaskan pada poin sebelumnya, untuk menentukan durasi pelaksanaan perlu dilakukan perhitungan secara rinci terhadap banyaknya volume pekerjaan dan produktivitas sumber daya yang digunakan, baik itu pekerja maupun alat berat. Setelah nilai produktivitas alat di dapatkan dan volume pekerjaan diketahui, Rostiyanti (2008) menyatakan durasi pekerjaan dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume}}{\text{Pr duktivitas}} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.2.13. Penjadwalan

Walean (2012) Menyatakan bahwa penjadwalan merupakan penentuan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan konstruksi secara berurutan dalam waktu tertentu dengan tujuan agar pekerjaan selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis. Penjadwalan meliputi pembagian sumber daya, material, biaya, dan waktu. Dengan perencanaan yang matang, maka beberapa kerugian seperti keterlambatan dan pembengkakan biaya dapat diminimalisir.

Pendapat lainnya diutarakan oleh Proboyo (1999) yang menyatakan bahwa penjadwalan merupakan penentuan pada saat kapan sebuah kegiatan harus dimulai dan berakhir. Rangkaian kegiatan-kegiatan tersebut memiliki durasi pekerjaannya masing-masing sehingga jika diurutkan akan menjadi jadwal pelaksanaan proyek. Pembentukan jadwal tersebut pada prinsipnya harus memenuhi waktu yang di estimasikan untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan konstruksi.

Kareth (2012) memberikan gambaran umum mengenai manfaat penjadwalan kegiatan, antara lain :

1. Memberikan pedoman terhadap jenis pekerjaan mengenai batasan waktu pelaksanaan pekerjaan.
2. Memberikan media kepada manajemen proyek untuk melakukan koordinasi dalam menentukan alokasi khusus terhadap sumber daya dan waktu, serta menghindari penggunaan sumber daya yang berlebihan pada pekerjaan tertentu.

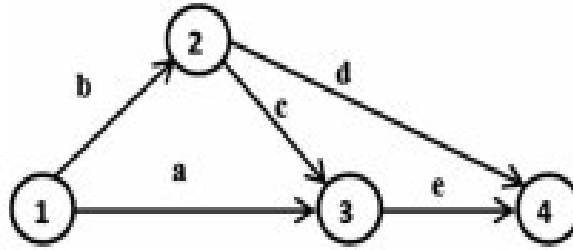
3. Sebagai sarana pengendalian proyek berupa kepastian waktu pelaksanaan serta memberikan kemudahan untuk menilai perkembangan proyek dengan membandingkan data perencanaan dan aktualisasi di lapangan.

Namun, dalam penyusunan penjadwalan proyek perlunya pertimbangan-pertimbangan khusus mengenai faktor-faktor lain seperti cuaca, situasi dan kondisi di lapangan, sumber daya yang dimiliki (meliputi alat berat, pekerja, serta kapasitas dari peralatan kerja), macam pekerjaan, volume pekerjaan, spesifikasi pekerjaan yang harus dilakukan, serta batasan waktu yang diberikan pihak *owner*.

2.2.14. Network Planning

Menurut Anggraeni dkk. (2017), *network planning* adalah gambaran kegiatan dalam proyek yang terjadi dan berkaitan secara logis antara satu kegiatan dengan kegiatan yang lainnya. Dalam literatur lainnya, Sugiyarto dkk. (2013) berpendapat bahwa jaringan kerja atau *network planning* pada dasarnya merupakan hubungan ketergantungan antar bagian kerja yang di visualisasikan dalam *diagram network*, dengan demikian akan diketahui pada bagian mana pekerjaan dalam proyek masuk dalam kategori lintasan kritis dan memiliki prioritas dalam pelaksanaannya. Ibadov dan Kulejewski (2019) menyatakan bahwa dalam pelaksanaan konstruksi di lapangan, *planning* atau perencanaan merupakan cara untuk mencapai tujuan tersebut dengan mengatur waktu dan biaya. Parameter utama dalam proses perencanaan jaringan kerja proyek antara lain lingkup pekerjaan, durasi pekerjaan, biaya pelaksanaan, teknologi yang digunakan, dan pengorganisasian hubungan antar pekerjaan.

Seluruh perencanaan pekerjaan saling berketerkaitan, sebagai contohnya jumlah pekerjaan akan menentukan kebutuhan material, sumber daya berupa tenaga kerja dan alat berat, dan keuangan yang pada akhirnya akan dipilih suatu rencana berupa pembuatan jaringan kerja sebagai langkah penyelesaian masalah diatas.



Gambar 2. 10 Contoh *network planning* (Ibadov dan Kulejewski, 2019)

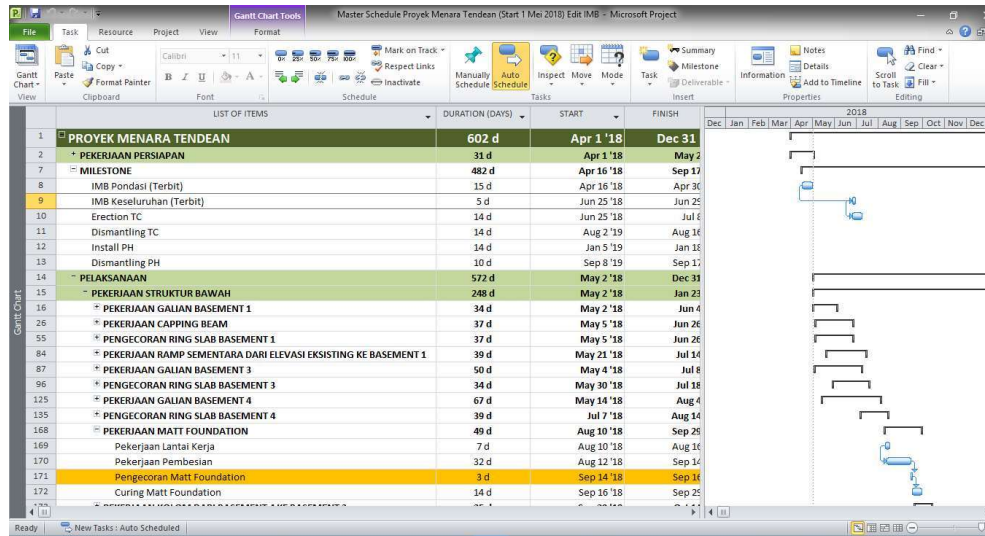
2.2.15. *Software Microsoft Project*

Dalam dunia manajemen konstruksi, aplikasi *Microsoft Project* digunakan untuk mengelola perencanaan sehingga suatu pekerjaan yang sedang berjalan dapat di kontrol sesuai dengan tahapan pekerjaan yang telah disusun. *Microsoft Project* merupakan aplikasi pengolah data untuk mempermudah perencanaan manajemen konstruksi khususnya penjadwalan, grafik, dan pembagian sumber daya agar tercipta suatu kerangka kerja yang sistematis dan terstruktur.

Dalam penyusunan jadwal dengan menggunakan *Microsoft Project*, data yang diperlukan pada umumnya berupa rincian kegiatan proyek yang akan dilakukan, durasi dari masing-masing kegiatan, *resource* atau sumber daya, serta pembuatan hubungan kerja antar kegiatan.

Microsoft Project memberikan kemudahan khususnya dalam melakukan pengaturan administrasi pada proyek yang meliputi perencanaan, pengawasan, pengendalian proyek, pengelolaan, dan pembuatan laporan dari proyek yang berjalan. Metode penjadwalan seperti *CPM (Critical Path Method)*, *PERT (Program Evaluation Review Technique)*, dan *Gantt chart* tersedia dalam aplikasi ini.

Keuntungan menggunakan *software Microsoft Project* diantaranya adalah membantu pengontrolan tenaga kerja sehingga keadaan *over allocation* dapat dihindari, menghitung biaya total pekerjaan, pengeluaran biaya sumber daya, serta pengaturan jam kerja selama proyek berlangsung.



Gambar 2. 11 Tampilan *Microsoft Project*

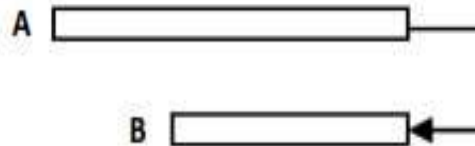
Beberapa istilah yang ditemui pada program *Microsoft Project* adalah sebagai berikut :

1. *Task*, yakni lembar kerja yang memuat rincian pekerjaan yang akan dilakukan selama proyek berlangsung.
2. *List of items*, berisi jenis pekerjaan selama pelaksanaan proyek berlangsung.
3. *Duration*, merupakan durasi atau jangka waktu pelaksanaan sebuah pekerjaan pada proyek.
4. *Start*, memuat tanggal dimulainya sebuah pekerjaan dalam proyek.
5. *Finish*, memuat tanggal berakhirnya sebuah pekerjaan pada proyek, biasanya kolom *finish* akan terisi otomatis ketika data berupa *duration* atau durasi pekerjaan dimasukkan.
6. *Predecessor*, merupakan hubungan keterkaitan antar satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Adapun jenis hubungan antar pekerjaan adalah sebagai berikut :
 - a. *Start to Start (SS)*, dimana sebuah pekerjaan dimulai bersamaan dengan pekerjaan lainnya.



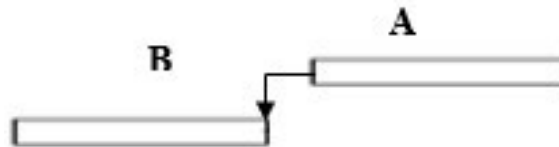
Gambar 2. 12 Hubungan pekerjaan *Start to Start (SS)*

b. *Finish to Finish (FF)*, dimana pekerjaan selesai dengan pekerjaan lainnya.



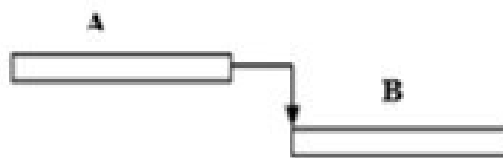
Gambar 2. 13 Hubungan pekerjaan *Finish to Finish (FF)*

c. *Start to Finish (SF)*, dimana sebuah pekerjaan dikatakan berakhir jika pekerjaan lainnya dimulai.



Gambar 2. 14 Hubungan pekerjaan *Start to Finish (SF)*

d. *Finish to Start (FS)*, dimana pekerjaan selanjutnya baru bisa dimulai jika pekerjaan sebelumnya telah selesai.



Gambar 2. 15 Hubungan pekerjaan *Finish to Start (FS)*

7. *Gantt chart*, yakni salah satu fitur dari *Microsoft Project* yang menggambarkan durasi masing-masing dari setiap pekerjaan dalam bentuk diagram batang.