

METODE PEKERJAAN *BOX CULVERT* UNTUK DRAINASE PERKOTAAN YANG BERKELANJUTAN

Mahdika Putra Nanda^{1,*}, Mega Kurniawati²

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra, Indramayu Jawa Barat, 45213

²Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan, Universitas Palangka Raya, Kalimantan Tengah, 74874

*mahdikaputra@gmail.com

ABSTRAK

Proses pelaksanaan proyek konstruksi merupakan tantangan kompleks yang melibatkan berbagai faktor dan aspek sulit diprediksi. Untuk memastikan keberhasilan dan ketaatan pada jadwal, partisipasi aktif para ahli di bidangnya diperlukan. Penyusunan jadwal proyek konstruksi menjadi aspek krusial yang membutuhkan perencanaan teliti guna menyelesaikan proyek sesuai target waktu dan anggaran. Pekerjaan pembangunan box culvert dalam konteks drainase perkotaan berkelanjutan melibatkan serangkaian tahapan terencana dengan cermat. Mulai dari pengukuran setting out di lapangan hingga pekerjaan site clearing untuk membersihkan area, tahap awal menjadi landasan bagi kelancaran proyek. Proses struktural dimulai dengan pekerjaan galian struktur dan blinding stone untuk menciptakan landasan kuat. Cor lean concrete membentuk dasar yang kokoh, sementara pembesian dan bekisting bottom slab menentukan struktur dasar box culvert sebelum pengecoran. Proses ini diikuti oleh cor bottom box culvert dan pembangunan dinding serta platform sebagai penyangga. Ketelitian dalam pembesian dan bekisting diperlukan pada setiap langkah. Tahap penutup melibatkan pekerjaan timbunan untuk menutup dan menyelesaikan konstruksi box culvert. Dengan metode ini, drainase perkotaan dapat diimplementasikan secara berkelanjutan dengan memperhatikan aspek lingkungan dan keberlanjutan proyek infrastruktur perkotaan. Keseluruhan proses ini menggarisbawahi pentingnya perencanaan, ketelitian, dan keterlibatan ahli untuk mencapai tujuan proyek konstruksi secara efisien dan berkelanjutan.

Kata kunci: *Proyek Konstruksi, Box Culvert, Drainase Perkotaan, Keberlanjutan Proyek*

1. PENDAHULUAN

Drainase perkotaan adalah sistem vital dalam lingkungan perkotaan yang bertujuan untuk mengelola air hujan, mencegah banjir, dan meminimalkan genangan, dengan pertumbuhan pesat perkotaan, infrastruktur drainase menjadi semakin penting untuk menjaga keberlanjutan dan keseimbangan lingkungan (1). Jalur drainase, terutama yang melibatkan *Box Culvert*, berfungsi sebagai saluran utama untuk mengalirkan air hujan ke tempat yang aman, mengurangi potensi kerusakan lingkungan dan mencegah dampak buruk pada kehidupan kota. Pemeliharaan drainase perkotaan yang efisien tidak hanya mencakup aspek teknis konstruksi, tetapi juga memerlukan perencanaan yang matang, koordinasi antarstakeholder, dan kesadaran terhadap dampak lingkungan. Dengan tindakan proaktif dalam pengembangan dan pemeliharaan sistem drainase, kota-kota dapat menjaga keberlanjutan lingkungan, meningkatkan kualitas hidup warganya, dan

menghadapi tantangan perubahan iklim dengan lebih efektif.

Metode pekerjaan *Box Culvert* pada jalur drainase sangat relevan dalam konteks pembangunan infrastruktur perkotaan. Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan perkotaan telah meningkat pesat, menyebabkan peningkatan permintaan akan sistem drainase yang efisien dan handal.

Jalur drainase merupakan bagian integral dari infrastruktur perkotaan yang berfungsi untuk mengalirkan air hujan dan mengelola genangan air. Dalam konteks ini, box culvert menjadi salah satu elemen utama dalam pembangunan jalur drainase. Namun, metode pekerjaan yang tepat untuk pemasangan box culvert seringkali menjadi tantangan.

Beberapa masalah yang mungkin muncul melibatkan aspek teknis dan manajerial. Secara teknis, ketidaksesuaian desain, kurangnya pemahaman terhadap kondisi tanah, atau kesalahan dalam pelaksanaan konstruksi dapat menghambat efisiensi sistem drainase.

Sementara itu, dari segi manajerial, kurangnya koordinasi antarstakeholder, penjadwalan yang tidak efisien, dan kendala logistik dapat menjadi hambatan dalam implementasi metode pekerjaan box culvert.

Selain itu, aspek lingkungan juga perlu diperhatikan. Pembangunan jalur drainase yang tidak memperhitungkan dampak lingkungan dapat menyebabkan degradasi ekosistem dan masalah lingkungan lainnya. Oleh karena itu, penelitian tentang metode pekerjaan box culvert pada pekerjaan drainase menjadi penting. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang masalah ini, kita dapat mengembangkan praktik konstruksi serta berkontribusi pada pembangunan perkotaan yang berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Studi ini adalah penelitian kuantitatif, suatu penyelidikan terstruktur mengenai fenomena dengan pengumpulan data yang dapat diukur (2) pendekatan penelitian yang digunakan bersifat komprehensif, hasil studi ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan praktik konstruksi yang lebih baik, memastikan keberlanjutan sistem drainase perkotaan, dan mengatasi tantangan kompleks yang muncul dalam proses pembangunan infrastruktur perkotaan. Pendekatan penelitian interdisipliner yang mencakup teknik rekayasa sipil dan manajemen proyek.

3. TINJAUAN PUSTAKA

Box culvert merupakan struktur konkrit bertutup yang digunakan dalam sistem drainase untuk menyalurkan air di bawah jalan atau jalur transportasi. Karakteristik *box culvert* melibatkan bentuk persegi atau persegi panjang, dengan sekat-sekat internal untuk memandu aliran air (3). Proses konstruksi box culvert melibatkan penggalian lubang sesuai dengan dimensi yang diperlukan, pengecoran beton untuk membuat dasar, dinding, dan atap *box culvert*, serta penggabungan bagian-bagian menjadi struktur utuh. Bahan yang umumnya digunakan melibatkan beton yang diperkuat dengan baja untuk meningkatkan kekuatan struktural (4).

Drainase perkotaan yang berkelanjutan bertujuan untuk mengelola air hujan dengan cara yang efisien dan ramah lingkungan.

Penerapan *box culvert* dapat berkontribusi pada pengelolaan air yang berkelanjutan dengan merancang sistem yang meminimalkan dampak lingkungan. Dampak lingkungan dari konstruksi box culvert mencakup perubahan aliran air dan habitat, serta potensi pencemaran dari bahan-bahan konstruksi. Strategi mitigasi dapat mencakup pemanfaatan material ramah lingkungan dan perancangan sistem yang mempertahankan atau meningkatkan ekosistem setempat (5).

Inovasi dalam konstruksi box culvert melibatkan pengembangan material yang lebih ringan dan kuat, serta teknologi konstruksi yang lebih efisien. Penerapan sensor dan sistem monitoring dapat membantu pemeliharaan dan manajemen jangka panjang. Pemahaman dan kepatuhan terhadap regulasi dan standar yang berlaku adalah kunci dalam memastikan keberlanjutan proyek. Peninjauan terhadap regulasi terkait drainase perkotaan dan konstruksi box culvert untuk memastikan sesuai dengan pedoman yang berlaku (6).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai struktur konstruksi dari beton yang melibatkan atap, dinding, dan sekat-sekat internal, *box culvert* memegang peran krusial dalam menjalankan fungsi sistem drainase perkotaan. Desainnya ditujukan untuk mengalirkan air di bawah jalan atau jalur transportasi, dan bentuk umumnya adalah persegi atau persegi panjang.

Pengukuran Setting Out Di Lapangan

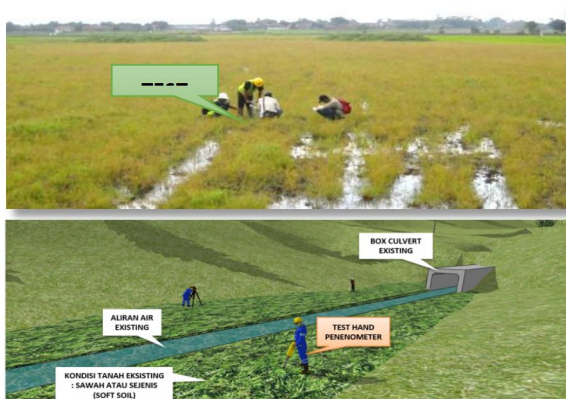
Persiapan konstruksi box culvert, langkah-langkah awal melibatkan penentuan pematokan rencana dan patok referensi. Proses ini sangat penting sebagai dasar penentuan posisi yang akurat dalam pelaksanaan proyek. Selanjutnya, dilakukan pemeriksaan terhadap level dan kontur tanah eksisting di lokasi proyek untuk memahami topografi serta kontur tanah yang dapat memengaruhi desain dan penempatan box culvert. Seiring itu, pengamatan kondisi lapangan juga menjadi fokus untuk memastikan bahwa lokasi sudah siap secara keseluruhan, termasuk kesiapan sumber daya dan kelengkapan peralatan untuk melanjutkan pekerjaan konstruksi dengan efisien dan aman.

Fungsi setting out untuk menentukan titik referensi (pematokan) yang bertujuan melancarkan proses konstruksi box culvert &

drainase. Pastikan bahwa patok batas lahan pada tiap sudut perimeter lahan sesuai dengan data Badan Pertahanan Nasional (BPN).

Pekerjaan Galian Soft Soil

Dalam mengevaluasi kondisi eksisting rencana jalan yang terkait dengan tanah lembut seperti sawah, lumpur, dan sejenisnya, langkah awal yang diambil adalah melakukan uji hand penetrometer. Uji ini menjadi kunci dalam merencanakan tebal galian pada tanah lembut tersebut. Test hand penetrometer memberikan informasi yang diperlukan mengenai kekuatan dan kepadatan tanah, membantu dalam menilai risiko dan potensi deformasi pada saat konstruksi. Hasil dari uji ini digunakan sebagai dasar untuk merancang galian dengan tebal yang tepat, memastikan kestabilan dan integritas struktural dalam menghadapi kondisi tanah yang memiliki karakteristik soft soil. Dengan demikian, pendekatan ini menjadi langkah kritis dalam menghadapi tantangan teknis yang mungkin muncul selama proses pembangunan jalan di area dengan tanah lembut tersebut. Selain itu, uji hand penetrometer juga membantu dalam mengidentifikasi zona-zona potensial yang memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan konstruksi, seperti area dengan kelembapan tinggi atau konsistensi tanah yang tidak stabil. Informasi yang diperoleh dari uji ini menjadi dasar untuk pengambilan keputusan strategis dalam merancang galian, meminimalkan risiko perubahan tanah, dan meningkatkan keselamatan serta keberlanjutan konstruksi. Oleh karena itu, dengan mengintegrasikan hasil uji hand penetrometer ke dalam perencanaan, proyek pembangunan jalan dapat diarahkan dengan lebih tepat sesuai dengan karakteristik khusus tanah soft soil di lokasi tersebut. Dapat dilihat seperti gambar di bawah ini.



Pekerjaan Site Clearing

Proses pembuatan batas lahan untuk pekerjaan *Site Clearing* melibatkan beberapa tahapan yang krusial. Langkah pertama melibatkan pembersihan menyeluruh dari semua objek yang berada di atas tanah, termasuk pohon, tonggak, kayu lapuk, tunggul, akar, serpihan, dan tumbuhan lainnya. Semua sampah dan rintangan-rintangan yang tidak sesuai dengan peruntukannya di lokasi tersebut harus dibersihkan atau dibongkar, dan jika perlu, dibuang. Selain itu, dalam proses ini, juga dilakukan pemindahan bangunan-bangunan eksisting yang ada di lokasi stripping. Langkah selanjutnya melibatkan pengamanan dan pemindahan utilitas-utilitas penting seperti tiang listrik/telepon dan kabel-kabel yang terletak di bawah tanah. Proses ini tidak hanya memastikan kebersihan lahan, tetapi juga mempersiapkan area tersebut untuk pekerjaan konstruksi lebih lanjut. Dengan mengikuti langkah-langkah ini secara hati-hati, dapat dijamin bahwa site clearing dapat dilakukan dengan efisien dan aman, memastikan bahwa lahan siap untuk tahapan konstruksi berikutnya tanpa adanya hambatan atau risiko yang tidak diinginkan.

Quality target untuk permukaan akhir suatu proyek adalah mencapai tingkat kehalusan dan keteraturan yang optimal. Permukaan harus diratakan dengan baik untuk memastikan keamanan dan kenyamanan penggunaan. Selain itu, kualitas permukaan juga diukur dari kebersihannya, harus bebas dari sampah dan tumbuh-tumbuhan yang dapat mengganggu fungsi dan estetika. Dengan memenuhi standar kualitas ini, proyek dapat mencapai hasil akhir yang memuaskan, memberikan lingkungan yang aman, bersih, dan sesuai dengan tujuan fungsional yang diinginkan.

Proses inspeksi lapisan tanah permukaan adalah tahapan penting dalam proyek konstruksi, dimana hanya lapisan tanah yang subur bagi pertumbuhan optimal tumbuhan yang memiliki ketebalan maksimal 30 cm yang diperiksa. Dalam rangka pembuangan lapisan tanah permukaan di area yang telah ditentukan, prosedur harus mengikuti petunjuk konsultan pengawas, dan kedalaman pembuangan harus disesuaikan sesuai dengan arahan yang diberikan. Selain itu, lapisan atas tanah yang

dihasilkan dari penggalian harus dipisahkan dengan cermat dari material lain yang dihasilkan selama proses tersebut. Setelah pekerjaan selesai, daerah yang terkena penggalian harus dikembalikan kepada pengguna jasa dalam keadaan yang sama seperti sebelumnya. Penting untuk dicatat bahwa kontraktor bertanggung jawab penuh atas setiap kerusakan yang timbul akibat langsung atau tidak langsung dari pekerjaan mereka, dan biaya perbaikan harus ditanggung oleh kontraktor. Hal ini mencerminkan komitmen untuk memastikan bahwa tidak hanya lapisan tanah yang terjaga, tetapi juga keadaan keseluruhan daerah proyek, dengan meminimalkan dampak negatif dan memastikan bahwa lingkungan sekitar tetap terjaga. Keseluruhan proses ini memerlukan ketelitian dan tanggung jawab, serta memastikan bahwa seluruh tahapan sesuai dengan standar dan petunjuk yang telah ditetapkan untuk mencapai hasil yang optimal.

Pekerjaan Galian Struktur

Proses persiapan untuk pekerjaan galian melibatkan beberapa langkah kunci. Pertama, alat bantu ukur harus dipersiapkan dengan cermat untuk menentukan batas galian, sementara pompa air untuk dewatering juga harus siap digunakan. Selanjutnya, saluran disiapkan untuk mengalirkan air hujan yang masuk ke dalam galian, dan turap dipersiapkan untuk menahan tanah di sekitarnya, mencegah potensi kelongsoran tanah jika diperlukan. Langkah berikutnya adalah menentukan batas daerah galian dengan melakukan survei dan penandaan koordinat serta elevasi. Setelah itu, hasil galian dieksekusi dengan menggunakan excavator dan diangkut menggunakan Hauling yang ditarik oleh DT. Apabila tanah galian memenuhi spesifikasi untuk timbunan dan lokasi galian sesuai dengan spesifikasi lokasi timbunan, tanah hasil galian dapat didorong ke lokasi timbunan menggunakan Dozer dan kemudian dilakukan pemadatan per lapis. Keseluruhan proses ini mencerminkan upaya yang teliti dan terorganisir dalam persiapan dan pelaksanaan pekerjaan galian untuk memastikan hasil yang sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan proyek.

Standar kualitas dalam proyek ini mencakup kemiringan pekerjaan slope sebesar 1:1.5, yang mengindikasikan rasio yang harus

dijaga untuk memastikan kestabilan dan keselamatan struktur. Selain itu, galian untuk pondasi harus dipadatkan hingga mencapai 90% dari kepadatan tanah asal, menekankan pentingnya integritas dan daya dukung pondasi. Hasil dari galian tanah dapat dikelola dengan dua opsi, yaitu dibuang ke lokasi disposal area atau digunakan sebagai material timbunan. Keputusan ini diambil setelah pemeriksaan oleh direktur atau insinyur proyek, memastikan bahwa tanah tersebut memenuhi standar dan dapat diaplikasikan sesuai dengan kebutuhan proyek. Seluruh proses ini menggarisbawahi komitmen terhadap kualitas, keamanan, dan efisiensi dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi.

Pekerjaan Batu Kosong (Blinding Stone)

Proses pengambilan material batu kosong melibatkan beberapa tahapan kunci dalam proyek konstruksi. Pertama, material batu kosong diambil dari sumber daya seperti material borrow atau hasil pekerjaan blasting dengan menggunakan dump truck. Selanjutnya, pekerjaan surveyor menjadi esensial untuk mengatur ketebalan blinding stone dengan presisi. Material batu kosong kemudian diangkut menggunakan dump truck ke titik yang telah ditentukan, di mana selanjutnya dihamparkan dengan menggunakan dozer atau excavator. Setelah itu, dilakukan pemadatan batu kosong menggunakan vibro roller untuk memastikan ketebalan dan kepadatan yang sesuai. Proses ini diawasi oleh pekerjaan surveyor yang bertanggung jawab untuk memeriksa elevasi permukaan blinding stone, menjamin bahwa setiap langkah sesuai dengan standar dan persyaratan proyek. Keseluruhan rangkaian kegiatan ini mencerminkan koordinasi yang teliti dan perhatian terhadap detail untuk memastikan bahwa material batu kosong diterapkan dengan akurat dan efisien dalam proyek konstruksi.

Persyaratan untuk pasangan batu kosong dalam proyek ini mengikuti standar dengan tebal minimal sebesar 7 cm, menunjukkan komitmen terhadap integritas struktural. Selain itu, potongan batu kecil dengan ukuran minimum 3 mm diperlukan untuk mencapai kehalusan yang diinginkan dalam aplikasi batu tersebut. Shop drawing menjadi acuan utama dalam menentukan posisi, dimensi, elevasi, dan bentuk pasangan batu, menjamin akurasi dan

kesesuaian dengan desain yang diinginkan. Keterjagaan kebersihan juga menjadi fokus utama, dengan persyaratan bahwa pasangan batu harus bersih dari kotoran dan material yang tidak terpakai, menjaga keaslian dan kualitas bahan yang diterapkan. Keseluruhan persyaratan ini mencerminkan kebutuhan untuk memastikan bahwa pasangan batu kosong tidak hanya memenuhi standar teknis, tetapi juga estetika dan kebersihan yang diinginkan dalam proyek konstruksi ini. Dengan mengikuti panduan ini, diharapkan hasil akhir dari pasangan batu kosong dapat mencapai standar kualitas yang tinggi dan sesuai dengan visi desain proyek.

Pekerjaan Cor Lean Concrete

Bekisting dalam proyek ini dibangun dengan menggunakan besi plat berketebalan 3 mm, dan sisi-sisinya diperkuat dengan besi siku L 30.30.3. Adanya perkuatan siku L pada setiap sisi bekisting, dengan jarak antar perkuatan sekitar 80 cm, bertujuan untuk memberikan kekuatan tambahan pada struktur dan menjaga kestabilan selama proses pengecoran. Sebagai langkah tambahan, dipasang pasak berdiameter 16 mm ke tanah pada posisi perkuatan bekisting untuk memastikan bahwa struktur tersebut terkunci dengan kuat dan tidak mengalami pergeseran selama proses pengecoran berlangsung. Dengan menggunakan kombinasi material dan perkuatan ini, diharapkan bekisting dapat memberikan dukungan yang optimal dan hasil akhir dari proses pengecoran mencapai tingkat kualitas dan kekuatan yang diinginkan dalam proyek konstruksi ini.

Pekerjaan persiapan dimulai dengan pengukuran data awal dan pemasangan patok profil untuk elevasi top LC, dengan tujuan memastikan bahwa elevasi dari lean concrete sudah sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Selanjutnya, dilakukan persiapan alat bantu, bekisting, dan tenaga kerja sebagai langkah awal sebelum memulai pemasangan bekisting. Pada tahap pemasangan bekisting, fokus diberikan pada keakuratan dan kelurusan bekisting agar hasil pekerjaan LC mencapai tingkat maksimal. Jumlah bekisting juga harus disesuaikan dengan kebutuhan rencana pengecoran untuk memastikan kesesuaian dengan desain proyek. Pekerjaan ini diawali dengan pengeboran stek besi ke dalam Lapis

Pondasi Agregat A sebagai tiang pengikat, sehingga bekisting dapat berdiri dengan kokoh dan stabil selama proses pengecoran berlangsung. Keseluruhan proses ini mencerminkan kesigapan dan perhatian terhadap detail dalam memastikan bahwa persiapan dan pemasangan bekisting berjalan sesuai dengan standar kualitas dan rencana proyek yang telah ditetapkan.

Proses pembuatan benda uji beton dilakukan dengan ketentuan khusus, di mana contoh dibuat berpasangan dan harus memenuhi jumlah minimum 8 pasang, dengan setiap pasang berisi 2 buah benda uji untuk setiap 100 meter kubik beton atau bagian beton yang dicor dalam satu kali pekerjaan, atau sesuai permintaan. Pengujian dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari untuk setiap contoh bahan dari setiap pasangan. Tanpa memperhitungkan volumenya, setiap produksi atau pembuatan campuran beton diwajibkan diuji baik kekuatan maupun slumpnya. Hal yang sama berlaku untuk setiap struktur dan bagian struktur, yang juga harus diuji kekuatan dan slump-nya. Contoh beton untuk pengujian harus diuji oleh kontraktor di laboratorium lapangan atau di laboratorium yang memiliki letak dan kelengkapannya yang memadai. Keseluruhan prosedur ini menegaskan komitmen untuk memastikan kualitas dan kekuatan beton yang digunakan dalam proyek, serta memastikan bahwa setiap langkah produksi dan struktural memenuhi standar yang telah ditetapkan.

Target kualitas beton dalam proyek ini diuraikan melalui beberapa parameter. Ukuran maksimum agregat kasar diatur hingga 40 mm, menunjukkan fokus pada karakteristik geometris material. Slump test dilakukan dengan target 5.0+2.5 cm untuk memastikan konsistensi campuran yang optimal. Perbandingan semen/air ditetapkan sebesar 78%, dengan kadar air sebanyak 157 kg/m³ dan kadar semen sebanyak 178 kg/m³, serta berat agregat halus dan kasar masing-masing sebesar 896 kg/m³ dan 1187 kg/m³. Permukaan lean concrete diinginkan rata sesuai dengan elevasi pada shop drawing, dan mutu beton harus sesuai dengan desain yang ditetapkan. Beberapa aspek visual juga ditekankan, termasuk ketidakadaan plin pada sambungan, tidak ada tulangan yang keluar, warna seragam, dan nut antar segmen

pengecoran yang harus ada, seragam, dan lurus. Proses demoulding harus dilakukan minimal 6 jam setelah pengecoran, dan tinggi jatuh maksimal 1.5m untuk menghindari pemisahan material, dengan opsi penggunaan talang/tremi jika diperlukan. Keseluruhan target kualitas ini mencerminkan komitmen terhadap standar yang tinggi dalam pembuatan dan aplikasi beton dalam proyek ini.



Gambar 2. Pekerjaan Cor Lean Concrete

Pekerjaan Pembesian & Bekisting Bottom Slab Box Culvert

Proses pemasangan bekisting dalam proyek ini dimulai dengan penyesuaian papan acuan agar sesuai dengan bentuk bangunan yang akan dicor. Pemasangan perancah dan patok dilakukan sebagai penopang papan acuan untuk memastikan kekokohan struktur. Langkah selanjutnya adalah pemasangan kawat pengikat (projecting wires) yang melingkar ke baja tulangan dan ditahan oleh decking beton, memberikan dukungan tambahan pada struktur. Selanjutnya, dilakukan penutupan celah kecil di area pembolongan kawat penahan, lubang penyambungan papan acuan, dan lubang lainnya untuk memastikan integritas bekisting. Batas pengecoran Bottom ditentukan oleh elevasi di atas Cember, memudahkan pekerjaan bekisting Dinding. Keseluruhan prosedur ini mencerminkan upaya untuk memastikan keakuratan, kekokohan, dan kebersihan dalam pemasangan bekisting, sehingga dapat mendukung proses pengecoran dengan efisien dan sesuai dengan desain bangunan.

Pada tahap ini, fokus diberikan pada memastikan bahwa dimensi dan konstruksi sesuai dengan shop drawing yang telah ditetapkan. Pemasangan bekisting lot dan siku dilakukan dengan kokoh dan kencang, menjamin kestabilan struktur. Toleransi dimensi panjang diatur dengan ketentuan

bahwa untuk panjang total hingga 6 meter, toleransi adalah 5 mm, sedangkan untuk panjang total lebih dari 6 meter, toleransi menjadi 15 mm. Untuk balok dan plat deck, toleransi dimensi adalah 10 mm. Selain itu, toleransi dimensi bentuk diberikan sebesar 10 mm. Permukaan bekisting harus halus, licin, bebas dari lubang atau luka, dan diberi lapisan minyak. Sambungan bekisting dijaga agar rapat tanpa adanya plin. Kebersihan juga menjadi fokus dengan persyaratan bahwa bekisting harus bersih, bebas dari kotoran, debu, dan sisa beton. Keseluruhan persyaratan ini mencerminkan komitmen untuk mencapai akurasi, kekokohan, dan kebersihan dalam pemasangan bekisting, sehingga hasil akhirnya sesuai dengan standar dan desain yang diinginkan.



Gambar 3. Pekerjaan Pembesian & Bekisting Bottom Slab Box Culvert

Pekerjaan Cor Bottom Box Culvert

Dalam proses pembuatan benda uji beton, contoh dibuat berpasangan dengan syarat tidak kurang dari 8 pasang, setiap pasang berisi 2 buah benda uji, untuk setiap 100 meter kubik beton atau bagian beton yang dicor dalam satu kali pekerjaan, atau sesuai dengan permintaan. Pengujian dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari untuk satu contoh bahan dari setiap pasangan. Proses produksi atau pembuatan campuran beton diwajibkan diuji tanpa memperhitungkan volumenya, termasuk pengujian kekuatan dan slump. Selain itu, setiap struktur dan bagian struktur juga harus

diuji untuk kekuatan dan slump-nya. Contoh beton untuk pengujian harus diuji oleh kontraktor di laboratorium lapangan atau di laboratorium yang memiliki letak dan kelengkapannya yang memadai. Keseluruhan proses ini menunjukkan komitmen untuk memastikan bahwa setiap campuran beton dan struktur yang dihasilkan memenuhi standar kekuatan dan slump yang ditetapkan dalam proyek konstruksi ini.

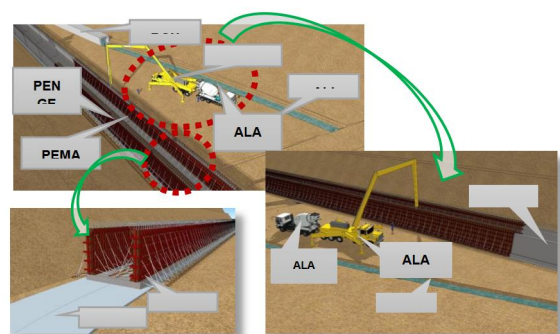
Sejumlah kriteria ketat menetapkan standar kualitas beton dalam proyek ini. Ukuran maksimum agregat kasar dibatasi hingga 40 mm, sementara slump test ditetapkan pada 5.0+2.5 cm untuk memastikan konsistensi campuran. Perbandingan semen/air diatur pada 78%, dengan kadar air 157 kg/m³, kadar semen 178 kg/m³, agregat halus 896 kg/m³, dan agregat kasar 1187 kg/m³. Permukaan lean concrete harus rata sesuai elevasi pada shop drawing, dan mutu beton harus sesuai dengan desain. Persyaratan ketidakkerosion dan tanpa retak ditekankan, termasuk ketidakadaan plin pada sambungan, tidak ada tulangan yang keluar, dan warna yang seragam. Tidak ada sisa bendrat dan material bekisting di permukaan beton serta keberadaan nut antar segmen pengecoran yang harus seragam dan lurus menjadi fokus. Proses demoulding minimal 6 jam setelah pengecoran diatur, dengan tinggi jatuh maksimal 1.5m untuk mencegah pemisahan material, dan penggunaan talang/tremi jika tinggi jatuh lebih dari itu. Beton juga di padatkan menggunakan vibrator untuk memastikan kepadatan optimal. Keseluruhan persyaratan ini mencerminkan komitmen terhadap kualitas, integritas, dan estetika dalam pelaksanaan proyek konstruksi ini.

Pekerjaan Bekisting & Cor Dinding Box Culvert

Proses pengecoran dimulai dengan pengecekan yang dilakukan oleh kontraktor utama dan konsultan pengawas melalui checklist khusus. Setelahnya, dilakukan pengetesan slump yang menghasilkan nilai sebesar 10 cm, dan pembuatan benda uji silinder sebanyak 4 buah. Sebelum proses pengecoran dimulai, adukan beton dari ready mix truck dipindahkan menuju cetakan beton menggunakan concrete pump. Selanjutnya, dilakukan pemadatan beton dengan

menggunakan vibrator untuk memastikan kepadatan yang optimal. Langkah terakhir melibatkan perataan beton untuk persiapan sambungan cor berikutnya. Keseluruhan proses ini mencerminkan langkah-langkah yang teliti dan terencana untuk memastikan bahwa pengecoran dilakukan sesuai dengan standar dan persyaratan proyek, serta memastikan kekuatan dan konsistensi beton yang dihasilkan.

Dalam proses pembuatan benda uji beton, contoh dibuat berpasangan dengan persyaratan tidak kurang dari 8 pasang, setiap pasang berisi 2 buah benda uji, untuk setiap 100 meter kubik beton atau bagian beton yang dicor dalam satu kali pekerjaan, atau sesuai permintaan. Pengujian dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari untuk satu contoh bahan dari setiap pasangan. Tidak memperhitungkan volumenya, setiap produksi atau pembuatan campuran beton diwajibkan diuji baik kekuatan maupun slumpnya. Sama pentingnya, setiap struktur dan bagian struktur juga harus diuji untuk kekuatan dan slump-nya. Contoh beton untuk pengujian harus diuji oleh kontraktor di laboratorium lapangan atau di laboratorium yang memiliki letak dan kelengkapannya yang memadai. Keseluruhan proses ini mencerminkan komitmen untuk memastikan bahwa setiap campuran beton dan struktur yang dihasilkan memenuhi standar kekuatan dan konsistensi yang ditetapkan dalam proyek konstruksi ini.



Gambar 4. Pekerjaan Bekisting & Cor

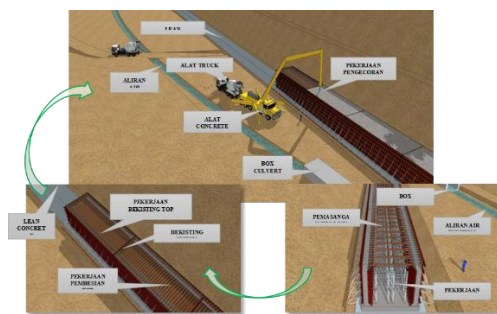
Pekerjaan Platform

Platform memiliki fungsi krusial sebagai pijakan yang bertujuan untuk memudahkan inspeksi pekerja dan memberikan kenyamanan saat bekerja di ketinggian selama kegiatan konstruksi berlangsung. Pada dasarnya,

platform berperan sebagai tempat yang aman dan stabil untuk pekerja melakukan inspeksi, memastikan bahwa proses konstruksi berjalan sesuai dengan standar keselamatan yang ditetapkan. Dengan adanya platform ini, pekerja dapat dengan lebih efisien dan efektif melakukan tugas-tugas mereka di ketinggian, menjaga keamanan dan produktivitas selama proses konstruksi berlangsung. Keseluruhan konsep ini mencerminkan komitmen terhadap aspek keselamatan dan kenyamanan pekerja dalam lingkungan konstruksi yang mungkin melibatkan ketinggian.

Pekerjaan Bekisting & Cor Top Box Culvert

Proses konstruksi dimulai dengan pemasangan shoring, yang berperan sebagai penyangga atau penopang untuk memastikan kestabilan dan keamanan area kerja. Setelah itu, dilakukan pekerjaan bekisting top box culvert sebagai tahap persiapan untuk pengecoran. Proses selanjutnya melibatkan pembesian box culvert, diikuti dengan pemasangan relat atau pipa berukuran 1-1,5 inci untuk keperluan yang spesifik. Setelah tahap persiapan struktur, dilakukan pengetesan slump, yang diikuti oleh pembuatan benda uji silinder sebanyak 4 buah dengan nilai slump sebesar 10 cm. Tahap



Gambar 1. Pekerjaan Bekisting & Cor Top Box Culvert

Gambar 5. Pekerjaan Bekisting & Cor Top Box Culvert

selanjutnya melibatkan penuangan adukan beton dari ready mix truck menuju cetakan beton, menggunakan truck concrete pump untuk memastikan distribusi beton yang optimal. Proses pemadatan beton dilakukan dengan vibrator untuk mencapai kepadatan yang sesuai standar. Akhirnya, pekerjaan perataan cor dilakukan untuk menyempurnakan hasil akhir dari proses pengecoran. Keseluruhan rangkaian tindakan ini mencerminkan pendekatan yang terencana dan

terkoordinasi dalam melaksanakan konstruksi, dengan fokus pada kualitas, keamanan, dan kesesuaian dengan standar proyek.

Proses uji beton dalam proyek ini dilakukan dengan pendekatan yang ketat dan terstruktur. Contoh benda uji dibuat berpasangan, dengan syarat tidak kurang dari 8 pasang, setiap pasang terdiri dari 2 buah benda uji, untuk setiap 100 meter kubik beton atau bagian beton yang dicor dalam satu kali pekerjaan, atau sesuai dengan permintaan. Dalam tahap uji, satu contoh bahan dari setiap pasangan diuji pada umur 7 hari dan 28 hari untuk memastikan kekuatan beton pada berbagai tahap pengerasan. Pengujian tidak hanya terbatas pada volumenya, melainkan juga mencakup produksi atau pembuatan campuran beton, serta struktur dan bagian struktur yang harus diuji baik dari segi kekuatan maupun slump-nya. Pentingnya kontrol kualitas ini dijaga dengan melakukan pengujian beton oleh kontraktor, baik di laboratorium lapangan maupun di laboratorium yang memiliki letak dan kelengkapannya yang memadai. Dengan demikian, keseluruhan proses uji beton ini mencerminkan komitmen terhadap standar kualitas yang tinggi dan kepatuhan terhadap persyaratan proyek konstruksi ini.

Proses konstruksi dalam proyek ini menjunjung tinggi standar kualitas beton dengan sejumlah spesifikasi yang ketat. Ukuran maksimum agregat kasar dibatasi hingga 20mm, sementara slump test ditetapkan pada 7.5+2.5 cm untuk memastikan konsistensi campuran yang optimal. Perbandingan semen/air diatur sebesar 61.4%, dengan kadar air 181 kg/m³, kadar semen 295 kg/m³, agregat halus 885kg/m³, dan agregat kasar 1039 kg/m³. Permukaan lean concrete harus rata sesuai elevasi pada shop drawing, dan mutu beton harus sesuai dengan desain. Persyaratan ketidakteroposan dan tanpa retak ditekankan, termasuk ketidakadaan plin pada sambungan, tidak ada tulangan yang keluar, dan warna yang seragam. Tidak ada sisa bendrat dan material bekisting di permukaan beton serta keberadaan nut antar segmen pengecoran yang harus seragam dan lurus menjadi fokus. Proses demoulding minimal 6 jam setelah pengecoran diatur, dengan tinggi jatuh maksimal 1.5m untuk mencegah pemisahan material, dan penggunaan

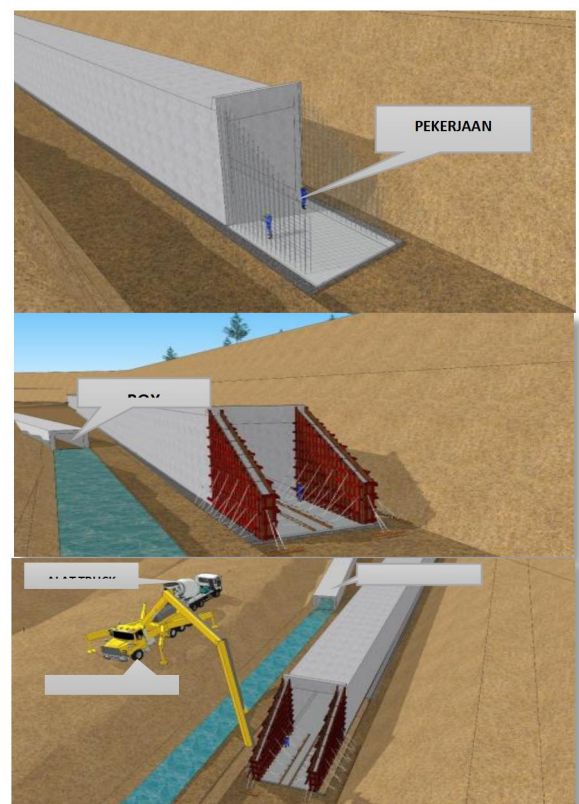
talang/tremi jika tinggi jatuh lebih dari itu. Beton juga di padatkan menggunakan vibrator untuk memastikan kepadatan optimal, mencerminkan komitmen terhadap kualitas, keseragaman, dan keamanan dalam konstruksi proyek ini.

Pekerjaan Bekisting & Cor Wing Wall

Dalam proyek konstruksi ini, standar kualitas beton ditegakkan melalui sejumlah spesifikasi yang ketat. Ukuran maksimum agregat kasar dibatasi hingga 20mm, sementara slump test diatur pada 7,5+2,5 cm untuk memastikan konsistensi campuran yang optimal. Perbandingan semen/air ditetapkan pada 61,4%, dengan kadar air 181 kg/m³ dan kadar semen 295 kg/m³. Proporsi agregat halus mencapai 885kg/m³, sedangkan agregat kasar mencapai 1039 kg/m³. Permukaan lean concrete harus rata sesuai elevasi pada shop drawing, dan mutu beton harus sesuai dengan desain. Persyaratan ketidakkerosion dan tanpa retak menjadi fokus, bersama dengan ketiadaan plin pada sambungan, tidak ada tulangan yang keluar, dan warna yang seragam. Kebersihan permukaan beton dijaga dengan tidak adanya sisa bendrat dan material bekisting. Nut antar segmen pengecoran harus ada, seragam, dan lurus untuk memastikan keseragaman. Proses demoulding minimal 6 jam setelah pengecoran diatur, dengan tinggi jatuh maksimal 1.5m untuk mencegah pemisahan material, dan penggunaan vibrator pada proses pemadatan beton mencerminkan perhatian yang tinggi terhadap kualitas dan keamanan dalam pelaksanaan proyek ini.

Dalam proses pembuatan benda uji beton, pendekatan yang sistematis dan ketat terhadap kualitas diterapkan. Contoh benda uji dibuat berpasangan dengan syarat tidak kurang dari 8 pasang, setiap pasang berisi 2 buah benda uji, untuk setiap 100 meter kubik beton atau bagian beton yang dicor dalam satu kali pekerjaan, atau sesuai permintaan. Pengujian dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari, dengan satu contoh bahan dari setiap pasangan untuk memastikan kekuatan beton pada tahap pengerasan yang berbeda. Pentingnya

pengujian tidak hanya mencakup volumenya, melainkan juga produksi atau pembuatan campuran beton, serta struktur dan bagian struktur yang harus diuji baik dari segi kekuatan maupun konsistensi (slump-nya). Kontraktor bertanggung jawab untuk menguji contoh beton tersebut, baik di laboratorium lapangan atau di laboratorium dengan kelengkapan yang memadai. Dengan demikian, keseluruhan proses pembuatan benda uji mencerminkan komitmen terhadap pemastian kualitas dan kepatuhan terhadap standar proyek konstruksi ini.



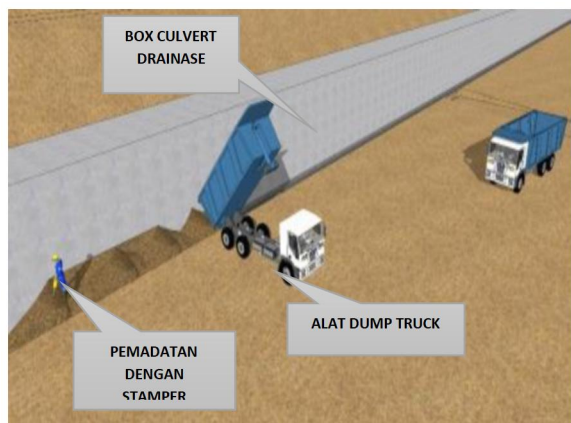
Gambar 6. Pekerjaan Wing Wall

Pekerjaan Timbunan

Pemilihan borrow material menjadi tahap penting dalam proyek konstruksi, di mana material tersebut harus dipilih dengan cermat sesuai dengan ketentuan dan persyaratan yang telah ditetapkan untuk pekerjaan urugan atau timbunan tertentu yang akan digunakan. Keberhasilan proyek konstruksi sangat tergantung pada kualitas dan karakteristik borrow material yang dipilih, karena material ini akan membentuk pondasi utama atau timbunan dalam struktur bangunan. Dengan mematuhi ketentuan dan persyaratan yang ada,

dapat memastikan bahwa borrow material yang digunakan memenuhi standar kualitas yang diperlukan dan sesuai dengan tuntutan teknis proyek. Dengan pendekatan yang hati-hati dalam pemilihan borrow material, proyek dapat dijalankan dengan efisiensi dan konsistensi, mencerminkan perhatian terhadap aspek teknis dan kualitas dalam pelaksanaan konstruksi.

Proses pengerjaan timbunan dalam proyek ini memerlukan koordinasi dengan Konsultan Pengawas beton untuk memastikan bahwa timbunan mencapai kekuatan yang memadai sebelum melanjutkan tahapan berikutnya. Pengambilan tanah timbunan dilakukan dengan menggunakan dump truck, sementara penghamparan batu backfill dilakukan menggunakan dozer untuk mendistribusikan material dengan efisien. Pemadatan timbunan backfill menjadi tahap krusial, dan jika kondisi tidak memungkinkan untuk menggunakan alat vibro, stemper digunakan untuk memadatkan timbunan, terutama di area yang sempit. Pendekatan ini mencerminkan perhatian terhadap pengawasan dan koordinasi yang diperlukan dalam menjaga kualitas dan kekuatan timbunan, memastikan kelancaran proses konstruksi sesuai dengan standar dan persyaratan proyek.



Gambar 7. Pengerjaan Timbunan

Pembahasan

Proses pelaksanaan proyek konstruksi merupakan tantangan yang kompleks, melibatkan berbagai faktor dan aspek yang sulit diprediksi. Untuk menjamin keberhasilan sesuai dengan rencana awal dan memastikan ketaatan pada jadwal yang telah ditentukan, partisipasi aktif dari para ahli di bidangnya sangat diperlukan (7). Penyusunan jadwal proyek konstruksi merupakan aspek krusial

dalam manajemen proyek yang mengharuskan perencanaan yang teliti guna menyelesaikan proyek sesuai target waktu dan anggaran yang telah ditetapkan (2,8). Pekerjaan untuk pembangunan box culvert dalam konteks drainase perkotaan yang berkelanjutan melibatkan serangkaian tahapan yang terencana dengan cermat untuk memastikan kelancaran proyek dan pencapaian tujuan lingkungan yang berkelanjutan. Tahap awal melibatkan pengukuran setting out di lapangan, di mana posisi dan ukuran box culvert ditentukan dengan akurasi untuk memastikan kesesuaian dengan perencanaan. Pekerjaan galian soft soil menjadi langkah penting untuk menciptakan ruang yang diperlukan untuk penempatan box culvert. Selanjutnya, pekerjaan site clearing dilakukan untuk membersihkan area dari segala objek yang tidak diperlukan seperti pohon, tonggak, dan material lainnya.

Setelah persiapan situs, tahapan pekerjaan struktural dimulai dengan pekerjaan galian struktur, yang kemudian diikuti oleh pekerjaan batu kosong (blinding stone) untuk menciptakan permukaan yang kokoh sebagai landasan box culvert. Proses selanjutnya adalah pekerjaan cor lean concrete untuk membentuk dasar yang kuat. Pekerjaan pembesian dan bekisting bottom slab box culvert menjadi langkah berikutnya, di mana struktur dasar box culvert diformat sebelum dilakukan pengecoran. Tahap selanjutnya melibatkan pekerjaan cor bottom box culvert untuk membentuk bagian dasar box culvert. Proses pembangunan box culvert berlanjut dengan pekerjaan bekisting dan cor dinding box culvert, yang kemudian diikuti oleh pembangunan platform sebagai area penyangga.

Tahapan selanjutnya melibatkan pekerjaan bekisting dan cor top box culvert, di mana bagian atas box culvert dibentuk. Pekerjaan bekisting dan cor wing wall merupakan langkah berikutnya untuk membentuk dinding penopang pada bagian samping box culvert. Seluruh proses ini melibatkan ketelitian dalam pembesian dan pengerjaan bekisting untuk memastikan dimensi dan kualitas struktur box culvert sesuai dengan spesifikasi. Terakhir, tahap penutup adalah pekerjaan timbunan, di mana material tanah diatur dan dipadatkan untuk menutup dan menyelesaikan konstruksi box culvert. Dengan metode ini, drainase

perkotaan dapat diimplementasikan secara berkelanjutan dengan memperhatikan aspek lingkungan dan keberlanjutan proyek infrastruktur perkotaan.

5. KESIMPULAN

Keseluruhan proyek konstruksi ini menunjukkan fokus yang kuat pada kualitas, keamanan, dan kesesuaian dengan standar. Mulai dari persiapan lapangan, pekerjaan galian, site clearing, hingga konstruksi struktur beton, setiap langkah diambil dengan hati-hati dan terorganisir. Penggunaan teknologi dan metode uji yang canggih memberikan pemahaman mendalam tentang kondisi lapangan dan bahan konstruksi yang digunakan. Selain itu, penerapan standar kualitas yang ketat dan pengawasan ketat selama setiap fase proyek menjamin bahwa hasil akhirnya memenuhi harapan dan spesifikasi yang ditetapkan. Komitmen terhadap keselamatan pekerja dan keberlanjutan lingkungan juga tercermin dalam setiap aspek proyek ini. Dengan demikian, proyek konstruksi ini tidak hanya menjadi prestasi teknis, tetapi juga sebuah contoh terbaik dalam menjalankan praktik konstruksi yang bertanggung jawab dan berkualitas.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Seyedashraf O, Bottacin-Busolin A, Harou Jj. Assisting Decision-Makers Select Multi-Dimensionally Efficient Infrastructure Designs – Application To Urban Drainage Systems. *J Environ Manage*. 2023 Jun;336:117689.
2. Nanda MP, Kurniawati M, Riswanto S. Penggunaan Metode Project Evaluation Review Technique (Pert) Dalam Evaluasi Perencanaan Penjadwalan Proyek. *Jurnal Teknik Sipil*. 2023 Oct 25;163–73. Available From: <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/jts/article/view/7181>
3. Bahrud S, Suryanto M. Analisa Pengendalian Mutu Produk Box Culvert Dengan Menggunakan Metode Six Sigma. *Rekayasa Teknik Sipil*. 2018;2(2):1–9.
4. Li J, Chen X. Design And Mechanical Properties Of U-Section Precast Concrete Box

Culverts. *Tunnelling And Underground Space Technology*. 2022 Sep;127:104572.

Huang Pc, Lee Kt. An Alternative For Predicting Real-Time Water Levels Of Urban Drainage Systems. *J Environ Manage*. 2023 Dec;347:119099.

Dai S, Hou J, Jin S, Zhang K, Hou J, Liu G. Discharge Coefficients Formulae Of Grate Inlets Of Complicated Conditions For Urban Floods Simulation And Urban Drainage Systems Design. *J Hydrol (Amst)*. 2023 Oct;625:130089.

Priyono H, Irfani F, Nanda MP, Prodi), Sipil T, Teknik F, Et Al. Efektivitas Tunnel Boring Machine (TBM) Tipe Earth Pressure Balance (EPB) Dalam Pelaksanaan Proyek MRT Jakarta Fase 2a Cp 201 Monas-Harmoni. Vol. 08, *Jurnal Kajian Teknik Sipil*. 2023.

Ozturk Kf, Cakir T, Araz O. A Comparative Study To Determine Seismic Response Of The Box Culvert Wing Wall Under Influence Of Soil-Structure Interaction Considering Different Ground Motions. *Soil Dynamics And Earthquake Engineering*. 2022 Nov;162:107452.