

METODE PELAKSANAAN BETON PRACETAK PADA STRUKTUR TUNNEL FEEDER

Antonius

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung
Jl. Raya Kaligawe Km.4, Semarang 50012
Email: antoni67a@yahoo.com

Abstrak

Salah satu keuntungan digunakannya beton pracetak pada struktur adalah dapat diproduksi secara segmental sehingga proses pembuatannya dapat dilakukan secara fabrikasi. Dengan demikian kontrol kualitas material akan lebih terjamin. Paper ini menyajikan tentang metode pelaksanaan beton pracetak yang diaplikasikan pada struktur Tunnel Feeder yang berfungsi sebagai sarana pengolahan batubara. Standar utama dalam desain struktur Tunnel Feeder adalah SNI beton dan SNI untuk beton pracetak, termasuk jenis pembebanan yang mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia dengan beberapa tambahan beban spesifik terutama peralatan maupun kendaraan berat yang tidak terdapat di dalam standar. Metode pelaksanaan struktur atas terutama adalah cara pembagian dan penempatan segmen-segmen, sistem pengecoran maupun grouting dan sambungan tulangan sehingga menjadi satu kesatuan struktur yang monolit. Manfaat utama dengan digunakannya beton pracetak ini adalah dalam pelaksanaannya tidak mengganggu proses produksi batubara di lokasi lain yang berdekatan karena tidak diperlukan peralatan berat untuk pengecoran seperti kendaraan beton ready mix dan tidak terjadi penumpukan material tulangan beton dalam jumlah yang besar.

Kata-kata kunci: beton pracetak, Tunnel Feeder, metode pelaksanaan

Pendahuluan

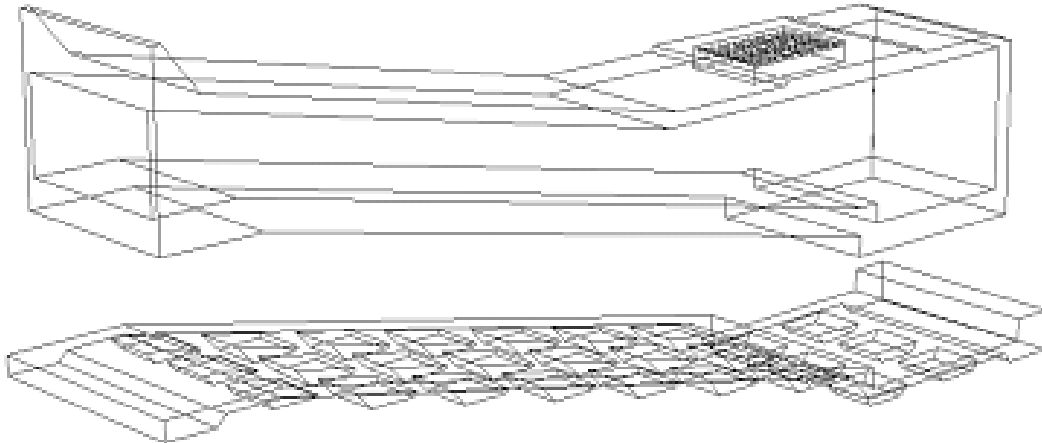
Dalam beberapa tahun terakhir, di Indonesia pembangunan struktur yang menggunakan beton pracetak (*pre-cast*) berkembang sangat pesat seperti pembangunan rumah tinggal, gedung bertingkat untuk rumah susun, perkantoran, apartemen dan lain-lain [Nurjaman dkk. 2008, Triwiyono dkk. 2010]. Beton pracetak sangat populer di Indonesia karena lebih menguntungkan secara ekonomi, seperti kualitas produk yang lebih baik dan terjamin, lebih awet serta ramah lingkungan. Hal ini karena pengawasan yang lebih ketat dalam proses fabrikasi. Di dalam pelaksanaan fisiknya pemasangan beton pracetak lebih cepat waktu penyelesaiannya dibandingkan dengan beton konvensional. Kelebihan lain beton pracetak adalah material beton relatif murah harganya, mudah dalam pengerjaan, dan tahan lama. Karena pembuatan beton pracetak dilakukan secara fabrikasi maka kekuatan dan mutu beton terjamin (lebih terkontrol). Dengan pelaksanaan pembangunan yang lebih cepat, maka pemakaian beton pracetak akan menghemat biaya konstruksi bila diproduksi massal.

Dalam beberapa hal struktur beton pracetak berbeda persyaratan dan pelaksanaan komponen strukturalnya dibandingkan dengan beton konvensional. Nurjaman dkk (2010) menjelaskan bahwa perilaku sistem pracetak sangat ditentukan dengan cara penyambungan. Pada struktur beton konvensional, konsep perencanaan sistem sambungan adalah bahwa sambungan harus direncanakan lebih kuat dan kaku. Konsep tersebut cukup konservatif dan sulit dikembangkan pada sistem pracetak. Secara natural sambungan pada sistem pracetak tidak akan sekuat dan setegar sistem beton konvensional. Oleh karena itu masalah sambungan pada beton pracetak perlu perhatian ekstra, apalagi bila struktur berada di zona rawan gempa. Rastandi dkk. (2010) juga menjelaskan beberapa kegagalan sambungan beton pracetak akibat gempa, dimana hasil kajian tersebut dapat dijadikan sebagai pelajaran dalam hal desain maupun pelaksanaan beton pracetak. Tata cara perancangan beton pracetak yang tertuang dalam SNI 7833:2012 memberikan beberapa persyaratan diantaranya dalam desain sambungan harus diminimalkan penyaluran gaya-gaya akibat susut, rangkai, perubahan suhu, deformasi elastis maupun perbedaan penurunan (*differential settlement*).

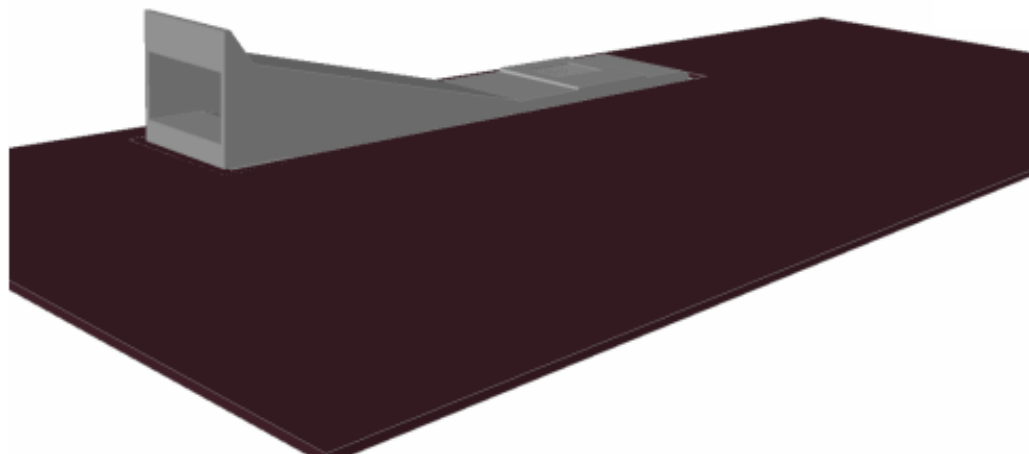
Berdasarkan data pembangunan struktur yang menggunakan beton pracetak, sebagian besar digunakan untuk pembangunan struktur gedung. Paper ini menguraikan aplikasi desain beton pracetak pada struktur *Tunnel Feeder* dimana di dalam proses pelaksanaannya memerlukan inovasi dalam hal menentukan segmentasi komponen struktur.

Struktur *Tunnel Feeder*

Tunnel Feeder adalah suatu struktur semi terowongan, yang berfungsi untuk membawa batubara dari tempat pengolahannya menuju conveyor. Secara fisik *Tunnel Feeder* mempunyai penampang persegi namun dalam pemasangannya membentuk sudut yang semakin besar dari arah belakang ke depan (Gambar 1). Secara visual sekitar 50% strukturnya berada di bawah tanah (Gambar 2).



Gambar 1. Struktur Tunnel Feeder 3 dimensi



Gambar 2. Struktur Tunnel Feeder terpasang

Desain *Tunnel Feeder*

Tunnel Feeder yang didesain mempunyai panjang 25 meter, yang mempunyai penampang lebar 4 meter dan tinggi 2 meter. Pada awalnya struktur *Tunnel Feeder* akan didesain menggunakan struktur beton konvensional, dimana pekerjaan beton bertulang akan dilakukan dengan cara cor di tempat. Jumlah *Tunnel Feeder* yang akan dibuat adalah 8 (delapan) buah dengan jarak antar Tunnel adalah sekitar 10 meter. Berdasarkan kondisi lapangan, terdapat tumpukan batubara dalam volume jutaan meter kubik yang merupakan hasil produksi tambang dan tidak bisa dihentikan produksinya meskipun untuk sementara waktu. Mengingat lokasi struktur yang demikian, maka tidak dimungkinkan untuk membangun delapan struktur *Tunnel Feeder* secara bersamaan, maka diputuskan untuk membangun *Tunnel Feeder* secara bertahap (satu per satu), dimana dalam masa pelaksanaannya nanti tidak diperkenankan meletakkan material seperti pasir, semen, krikil, besi dan lain-lain karena dikhawatirkan akan terkontaminasi dengan batubara. Oleh karena itu diputuskan struktur yang digunakan adalah sistim pracetak karena segmen-segmen komponen struktur yang dikirim hanya tinggal dipasang. Dengan digunakannya sistim pracetak, maka praktis alat berat yang digunakan di lokasi proyek hanya Crawler Crane yang berfungsi untuk mengangkat tiang pancang dan segmen pracetak.

Pada dasarnya perencanaan sistim struktur beton pracetak sama dengan struktur beton konvensional, dimana pembebanan beserta kombinasinya akan menimbulkan gaya-gaya dalam sebagai dasar untuk menentukan dimensi struktur.

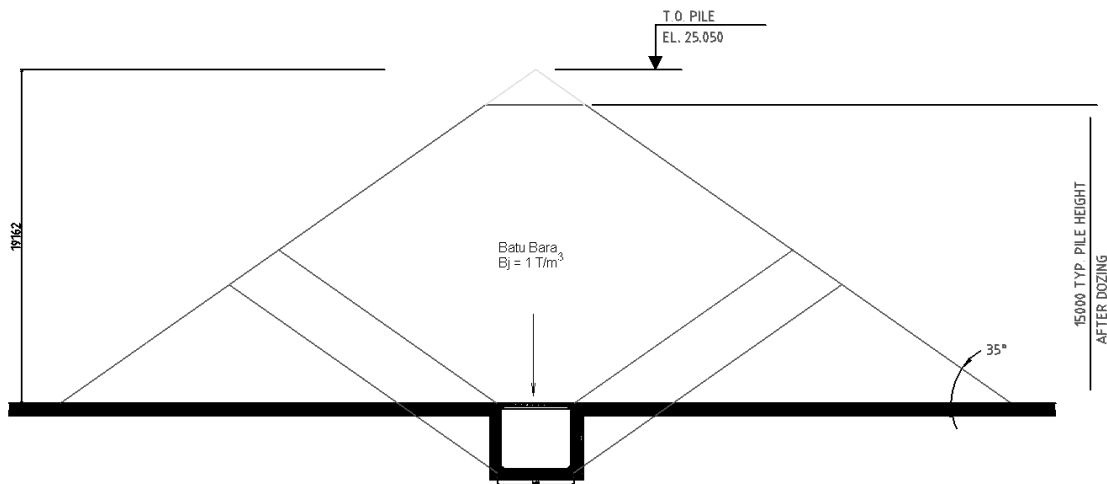
Standar yang digunakan di dalam perencanaan adalah :

- Peraturan Pembebanan Indonesia 1983
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung, SNI 03-2847-2002
- Tata Cara Perhitungan Struktur Gedung Tahan Gempa Indonesia SNI 03-1726-2002
- Buku Pedoman Perencanaan untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983

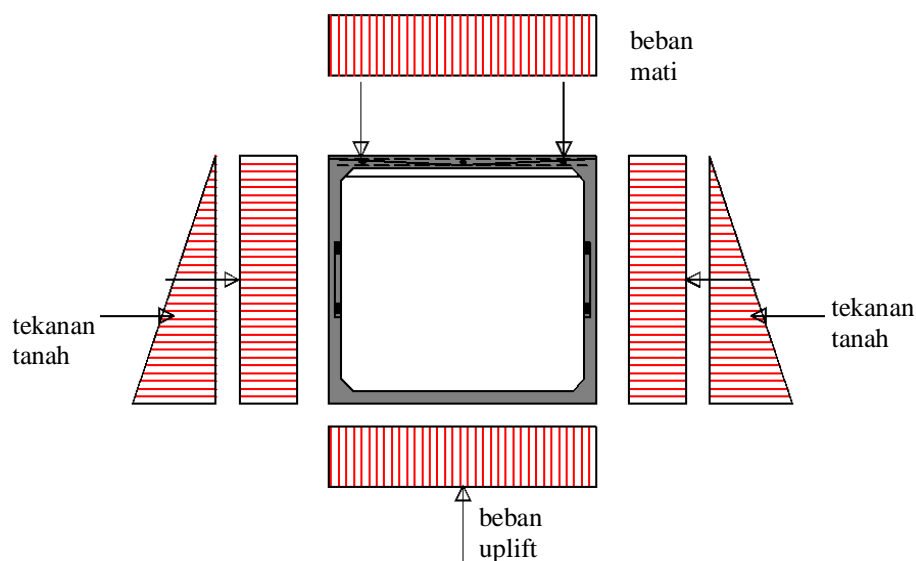
Material beton yang digunakan mempunyai mutu K-400 ($f'_c=33,2$ MPa). Tulangan yang digunakan untuk diameter lebih kecil atau sama dengan 12 mm mempunyai mutu U-24, namun untuk diameter di atas 12 mm atau tulangan utama menggunakan mutu U-39.

Pembebanan

Di dalam masa layannya, struktur *tunnel* diletakkan seperti gambar 2 di atas, dimana sekitar 50% dari struktur tunnel tersebut terletak di dalam tanah. Dengan kondisi yang demikian, struktur tunnel akan menahan beban mati (batubara) seperti terlihat pada gambar 3. Pada dinding tunnel terjadi tekanan tanah aktif dan pasif. Karena tunnel diletakkan di atas struktur plat, maka akan terjadi gaya uplift dari tanah. Skema pembebanan tunnel diperlihatkan pada gambar 4.



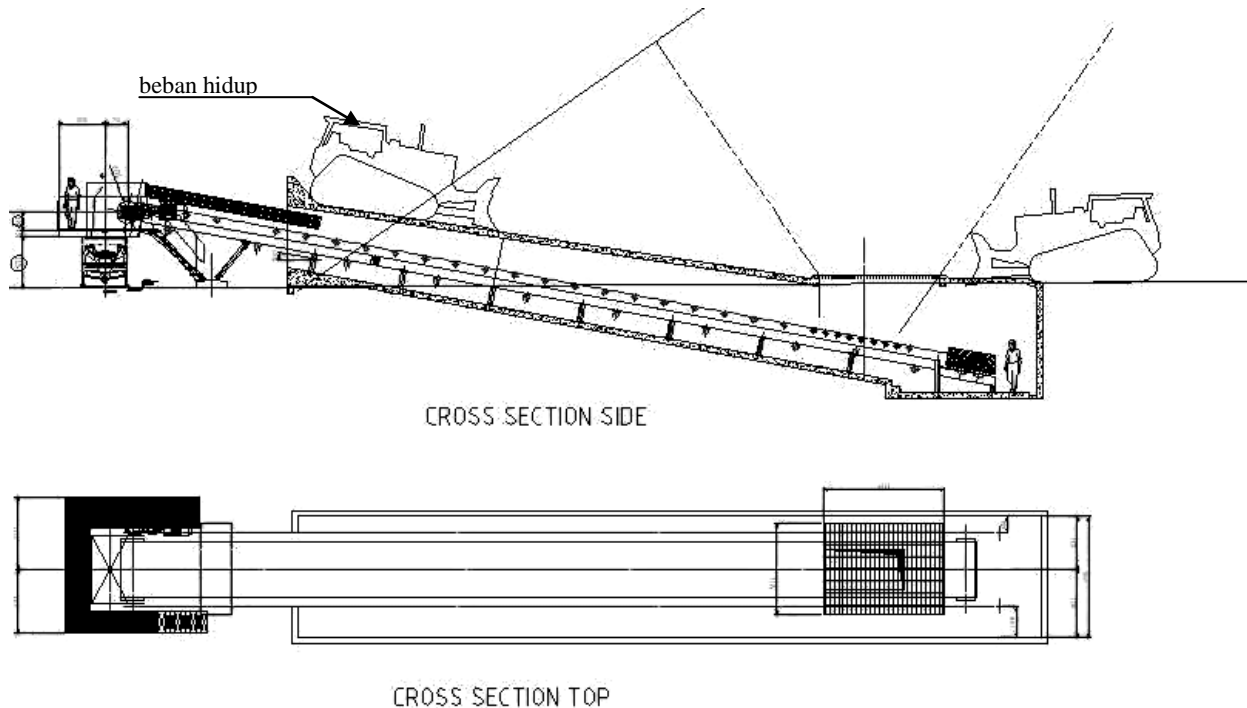
Gambar 3. Beban batubara pada Tunnel



Gambar 4. Skema beban tetap pada Tunnel

Beban hidup

Beban hidup adalah beban diam/bergerak yang dipikul oleh struktur, lantai, dinding/wall dalam keadaan operasi maupun pemeliharaan struktur. Besarnya beban hidup yang bekerja pada struktur *Tunnel* adalah Dozer sebesar 550 kN atau 55 ton, dimana secara skematis diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Beban hidup pada *Tunnel*

Beban seismik

Konstruksi *Tunnel* termasuk bangunan industri, sehingga koefisien reduksi beban hidup diambil sebesar 1.0, dengan massa gempa 0.90. Percepatan gempa rencana diambil dari Zona 2 Data Gempa Rencana Indonesia.

Sambungan

Di dalam perencanaan sambungan, desain beton pracetak memperhitungkan kondisi *demoulding* yang belum mencapai umur 28 hari yang terdiri dari:

- Perhitungan desain beban *precast* pada saat *demoulding*, *stock yard*, proses *erection*.
- Disain sambungan antar komponen pracetak pada disain *precast*.

Kriteria perencanaan sambungan mengacu pada *monolithic emulation* yaitu:

- sistem sambungan kuat di joint (*monolithic emulation strong connection*)
- sistem sambungan kaku pada joint (*monolithic emulation ductile connection*)

Di dalam desain dipertimbangkan detail sambungan perencanaan beton pracetak dimana gaya-gaya boleh disalurkan antara komponen-komponen struktur dengan menggunakan sambungan *grouting*, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton bertulang cor setempat atau kombinasi dari cara-cara tersebut yang tergantung kebutuhan di lapangan. Selain itu juga dikaji kemampuan sambungan untuk menyalurkan beban antara dua bidang beton yang mempunyai potensi retak atau pada bidang kontakannya antara dua beton yang berbeda umurnya (*komposit-precast*).

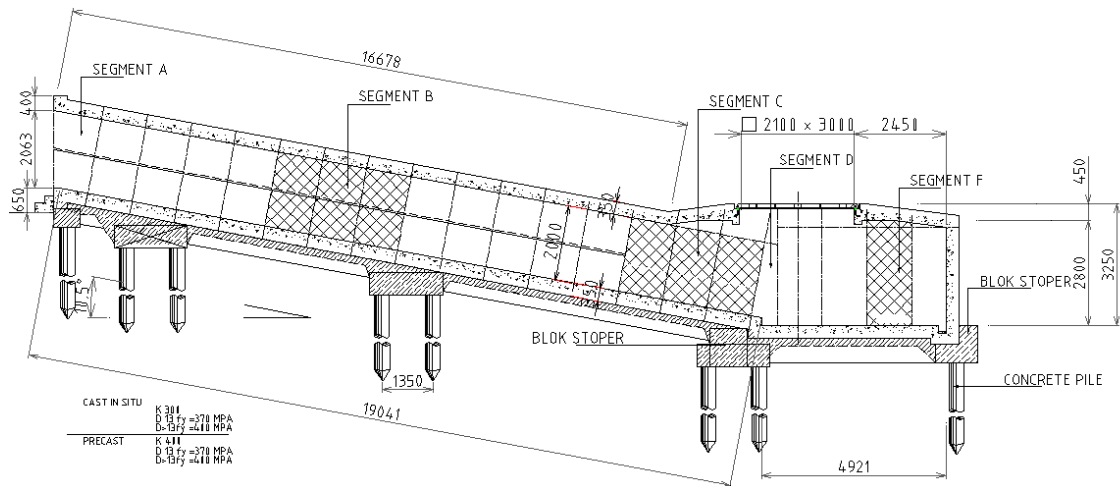
Metode Pelaksanaan

Pembagian segmen

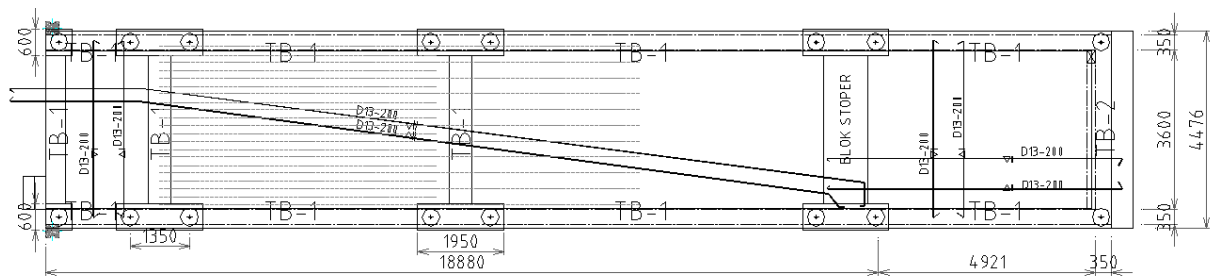
Secara global struktur *Tunnel Feeder* yang akan dibangun adalah seperti terlihat pada gambar 6. Di dalam pelaksanaan konstruksi sebagian besar struktur terbuat dari beton pracetak, dan hanya dalam volume yang kecil menggunakan beton cor di tempat (*cast in situ*) terutama pada daerah sambungan. Pemilihan segmen struktur

dilakukan berdasarkan pertimbangan kemudahan pelaksanaan dimana diusahakan segmen struktur yang mempunyai bentuk tipikal diusahakan mempunyai jumlah segmen sebanyak mungkin.

Struktur dibagi menjadi beberapa segmen yaitu segmen A yang berada di ujung Tunnel bagian atas, segmen B yang mempunyai bentuk seragam sepanjang kurang lebih 17 meter, segmen C yang hanya terdiri dari 3 segmen, segmen D yaitu di zona inlet batubara dan segmen F yang mempunyai bentuk penampang seperti trapesium. Setiap segmen tersebut masih dibagi menjadi sub segmen yaitu berupa "U Box" sehingga apabila dipasangkan akan membentuk Tunnel penampang persegi. Detail masing-masing potongan segmen ditunjukkan pada Gambar 7, 8 dan 9.

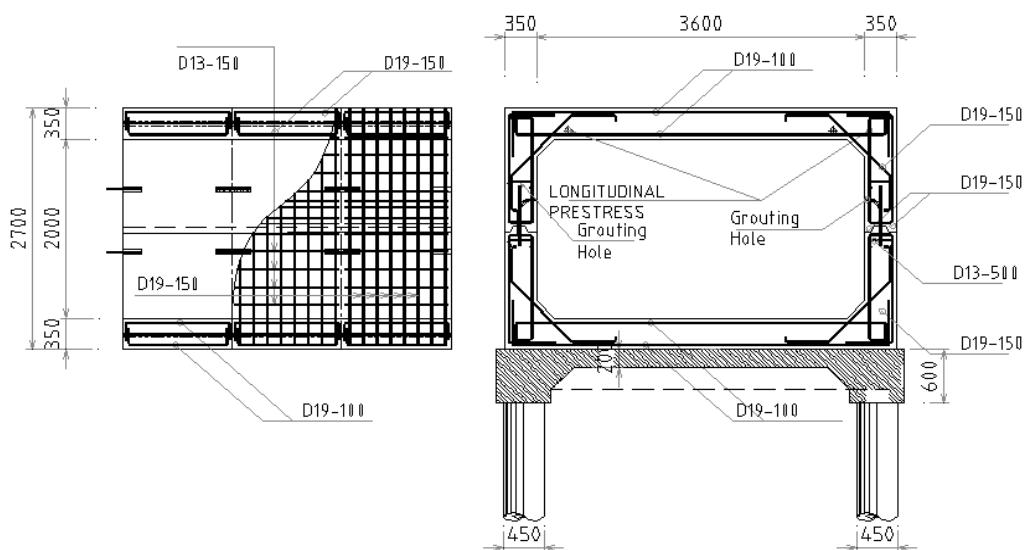


(a) Tampak samping

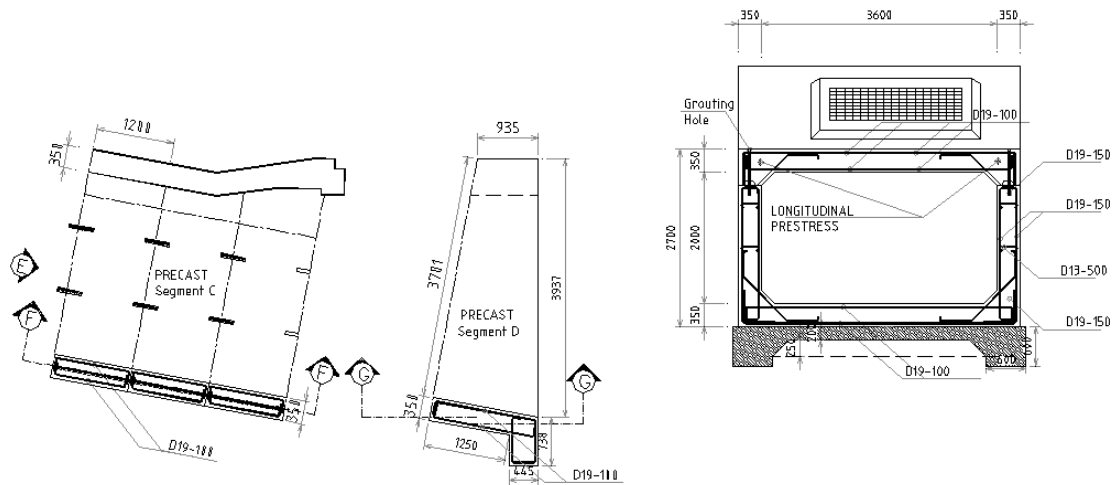


(b) Tampak atas

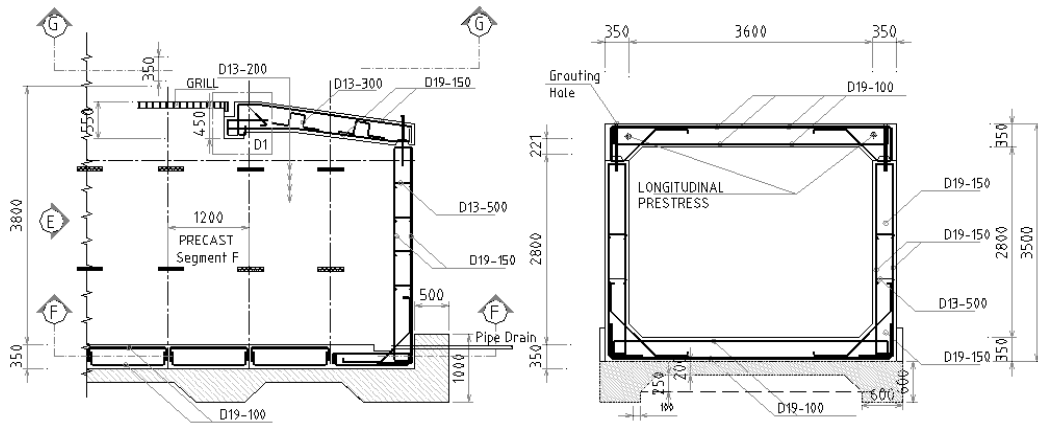
Gambar 6. Pembagian segmen beton pracetak pada Tunnel Feeder



Gambar 7. Beton pracetak segmen A dan B



Gambar 8. Beton pracetak segmen C



Gambar 9. Beton pracetak segmen D

Tahap konstruksi Tunnel

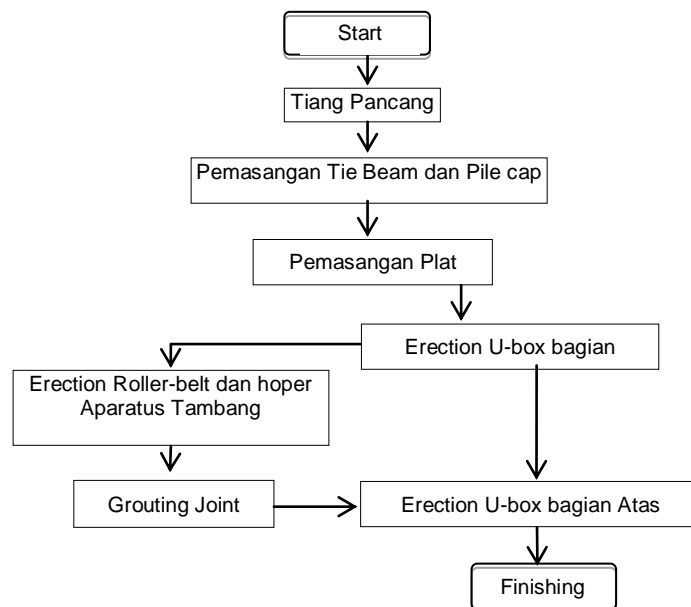
Tahap konstruksi diawali dengan pekerjaan pondasi tiang pancang kemudian pembuatan rangkaian tie-beam dan plat dasar dengan sistim cor di tempat. Plat dasar diatur sedemikian rupa sesuai dengan elevasi Tunnel yang diinginkan. Tahap selanjutnya adalah ereksi U box yang diletakkan di atas plat dasar dimana dalam pemasangannya menggunakan Crawler Crane (Gambar 10).



Gambar 10. Pemasangan segmen pracetak



Gambar 11. Struktur Tunnel pracetak terpasang

Gambar 12. Bagan alir pelaksanaan *Tunnel Feeder*

Setelah segmen semua *Tunnel* terpasang seperti diperlihatkan pada Gambar 11, tahap selanjutnya adalah melakukan grouting antar sambungan maupun pengecoran pada beberapa daerah yang tidak terjangkau oleh konstruksi beton pracetak. Secara lengkap metode pelaksanaan *Tunnel Feeder* dijelaskan melalui bagan alir pada Gambar 12.

Kesimpulan

Berdasarkan pelaksanaan beton pracetak pada struktur *Tunnel Feeder* diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses ereksi beton pracetak pada *Tunnel Feeder* relatif tidak menemui hambatan yang berarti. Hal ini merupakan hasil dari pengendalian mutu yang sangat baik dalam proses pembuatannya dimana mutu beton selalu dikontrol dan detail tulangan untuk pemasangan sambungan yang sesuai dengan gambar desain.
2. Penggunaan beton pracetak sangat bermanfaat dalam hal relatif bersihnya lokasi proyek apabila dibandingkan dengan pelaksanaan yang menggunakan beton cor di tempat. Setelah pekerjaan tiang pancang selesai, segmen-

segmen pracetak dapat langsung dipasang tanpa harus melalui pembuatan cetakan/bekisting maupun pembesian tulangan terlebih dahulu.

3. Metode konstruksi yang digunakan relatif tidak mengganggu proses tambang batubara yang berjalan secara keseluruhan, karena pada prinsipnya instalasi beton pracetak pada *Tunnel Feeder* dapat dilokalisir di setiap tempat.

Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional (2012), "Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung", SNI:7833-2012.
- Nurjaman, H.N., Sitepu, H. dan Sidjabat, H.R. (2010), "Sistem Pracetak Beton sebagai Sistem Konstruksi Hijau : Studi Kasus Perbandingan Energi Konstruksi dan Dampak Lingkungan di Pembangunan Rumah Susun di Batam", Prosiding Seminar HAKI, Jakarta.
- Nurjaman, H.N.(2008), "The Use of Precast Concrete Systems in the Construction of Low Cost Apartment in Indonesia", 14th World Conference of Earthquake Engineering, Beijing, October 2008, 1-2.
- Rastandi, J.S., Djajaturja, E. dan Soleh, C. (2010), "Studi Kegagalan Struktur Precast pada Beberapa Bangunan Tingkat Rendah Akibat Gempa Padang 30 September 2009", Prosiding Seminar HAKI, Jakarta.
- Triwiyono, A., Siringoringo, P., Ndaru, A., Ohlin, O., Ilham, P. dan Tatyana, A. (2010), "Sistem Lantai Komposit dari Bahan Pracetak *Support Beam*, *Curve Tile* dan Beton Cor di Tempat", Prosiding Seminar HAKI, Jakarta.