

ANALISA PERBANDINGAN BIAYA PERENCANAAN PENUTUP SALURAN DRAINASE AREA RUNWAY STRIP MENGGUNAKAN BETON PRECAST DAN BETON KONVENSIONAL DI BANDAR UDARA KOL. ROBERT ATTY BESSING MALINAU KALIMANTAN UTARA

Joice M. C. Hasibuan¹, Fahrur Rozi², Slamer Hariyadi³
Teknik Bangunan dan Landasan, Politeknik Penerbangan Surabaya
³) Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236
Email:

Abstrak

Bandar Udara Kol. Robert Atty Bessing Malinau di Kalimantan Utara memerlukan infrastruktur pendukung yang efisien, termasuk penutup saluran drainase yang kuat, tahan lama, dan cepat terpasang. Penelitian ini bertujuan memberikan alternatif perencanaan yang tepat melalui metode kuantitatif dengan analisis RAB, jadwal proyek, dan evaluasi kekuatan struktur menggunakan SAP2000. Beton konvensional dicor langsung di lokasi melalui tahapan bekisting, pembesian, dan curing, sedangkan beton precast diproduksi di pabrik dengan mutu K-350 dan dipasang langsung di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan beton precast unggul dalam kecepatan pelaksanaan, hanya memerlukan 83 hari dengan 97 pekerja, dibandingkan beton konvensional yang membutuhkan 125 hari dan 251 pekerja. Namun, biaya beton precast mencapai Rp12,56 miliar, lebih tinggi 57% dari beton konvensional senilai Rp7,99 miliar. Perbedaan mutu tidak diseragamkan pada K-350 karena beton konvensional dengan mutu K-175 sudah memadai untuk beban yang direncanakan, sedangkan beton precast diproduksi dengan standar pabrik dan mutu beton tinggi yang konsisten.

Kata Kunci: Penutup Saluran Drainase, Beton Konvensional, Beton *Precast*, Rencana Anggaran Biaya, *Time schedule*, Perbandingan

Abstract

Colonel Robert Atty Bessing Airport in Malinau, North Kalimantan, requires efficient supporting infrastructure, including drainage channel covers that are strong, durable, and quick to install. This study aims to provide an appropriate planning alternative using a quantitative method with cost budget (RAB) analysis, project scheduling, and structural strength evaluation using SAP2000. Conventional concrete is cast in place through stages of formwork installation, reinforcement, and curing, while precast concrete is produced in a factory with K-350 quality and installed directly on-site. The study results show that precast concrete excels in implementation speed, requiring only 83 days with 97 workers, compared to conventional concrete, which takes 125 days with 251 workers. However, the cost of precast concrete reaches IDR 12.56 billion, 57% higher than conventional concrete at IDR 7.99 billion. The difference in quality was not standardized to K-350, as conventional concrete with K-175 quality is sufficient to withstand the planned loads, whereas precast concrete is manufactured under factory standards with consistently higher concrete quality.

Keywords: *Drainage Channel Cover, Conventional Concrete, Precast Concrete, Cost Budget Plan, Time Schedule, Comparison*

PENDAHULUAN

Bandar Udara Kolonel Robert Atty Bessing Malinau di Kabupaten Malinau, Kalimantan Utara, berada pada koordinat 03°34'25.52''LU dan 116°36'59.60''BT dengan runway 1.450 m × 30 m dan melayani pesawat ATR 72-600 berkapasitas 70 penumpang. Sebagai Unit Penyelenggara Bandara di bawah Ditjen Perhubungan Udara, bandara ini memerlukan sistem drainase optimal di area runway strip. Drainase ideal harus memiliki pembuangan akhir ke sungai dan berfungsi mengalirkan kelebihan air hujan, rembesan, atau irigasi agar kawasan tetap berfungsi dengan baik.

Drainase di area runway strip penting untuk mencegah genangan yang dapat mengganggu laju pesawat saat landing maupun take off. Genangan biasanya terjadi akibat saluran drainase yang kurang optimal. Selain di runway, fasilitas sisi udara seperti apron dan taxiway juga memiliki saluran drainase masing-masing dengan fungsi yang sama, yaitu menghindari genangan demi menjaga keamanan dan kenyamanan penumpang.

Berdasarkan KP 326 Tahun 2019, drainase di area pergerakan pesawat harus tertutup untuk mencegah kerusakan pesawat dan tidak boleh lebih tinggi dari permukaan agar tidak menjadi hambatan. Di Bandar Udara Kolonel Robert Atty Bessing Malinau, drainase runway strip masih terbuka sehingga berisiko bagi operasional penerbangan. Perlu perencanaan penutup drainase guna mencegah masuknya hewan liar sesuai Advisory Circular CASR PART 139-03, dengan desain yang efisien dari segi material, biaya, dan waktu pengerjaan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Bandar Udara

Menurut UU Nomor 1 Tahun 2009, bandar udara adalah kawasan di darat atau perairan dengan batas tertentu yang digunakan untuk pendaratan, lepas landas, perpindahan penumpang, bongkar muat barang, serta dilengkapi fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan[1]. Bandara berfungsi sebagai simpul transportasi udara, pintu masuk kegiatan ekonomi, sarana alih moda, pembuka isolasi daerah, serta mendukung keamanan dan pertahanan negara.

Fasilitas Sisi Udara

Fasilitas sisi udara adalah area di bandara yang hanya dapat diakses setelah melalui pemeriksaan keamanan dan dengan izin resmi. Berdasarkan Keputusan Menteri 11 Tahun 2010[2], fasilitas sisi udara meliputi:

1. **Runway** – Area khusus yang dipersiapkan untuk pesawat melakukan pendaratan (*landing*) dan lepas landas (*take-off*).
2. **Taxiway** – Jalur penghubung antara landas pacu dan fasilitas lainnya, seperti *aircraft parking position*, yang digunakan pesawat untuk keluar masuk runway.
3. **Apron** – Area parkir pesawat di bandara, digunakan untuk kegiatan seperti naik-turun penumpang, memuat bagasi, mengisi bahan bakar, persiapan penerbangan, dan perawatan ringan.

Fasilitas Sisi Darat

Fasilitas sisi darat, menurut Peraturan Dirjen Perhubungan Udara KP 14/2021, adalah area bandara yang tidak langsung terkait operasional penerbangan, namun dilengkapi sarana seperti jalan, parkir, air bersih, dan pengelolaan limbah untuk mendukung kelancaran serta keselamatan penerbangan. Fasilitas ini mencakup:

1. **Terminal Penumpang** – Bangunan utama untuk melayani keberangkatan, kedatangan, dan transit penumpang.
2. **Terminal Barang (Kargo)** – Bangunan untuk bongkar muat kargo udara.
3. **Bangunan Operasional** – Fasilitas pendukung operasional, meliputi:
 - **Gedung operasional:** PKP-PK, menara kontrol, stasiun meteorologi, kantor, SSB, genset, kargo, AAB, dan pos kontrol.
 - **Gedung teknik penunjang:** power house dan stasiun bahan bakar.
 - **Gedung administrasi dan umum:** kantor bandara, kantor keamanan, rumah dinas, kantin, dan tempat ibadah.

Drainase

Drainase adalah saluran yang dirancang untuk mengalirkan air—baik air hujan maupun air limbah—dari suatu area guna mencegah genangan dan banjir. Sistem ini umumnya terdiri dari saluran, gorong-gorong, pipa, dan komponen lain yang mengarahkan aliran air ke lokasi pembuangan atau penampungan yang aman.

Sistem drainase berfungsi sebagai strategi pengendalian air berlebih untuk mencegah genangan dan banjir, di mana kinerja sistem sangat dipengaruhi oleh fungsi serta kapasitas saluran[3]. Drainase dibedakan menjadi dua jenis:

1. **Drainase utama** – Menampung seluruh aliran buangan dari saluran primer dan menyalurkannya langsung ke sungai, danau, atau laut sebagai tempat pembuangan akhir.
2. **Drainase pengumpul** – Mengumpulkan air dari area sekitar dan menyalurkannya ke drainase utama.

Sistem drainase terdiri dari dua jenis, yaitu terbuka dan tertutup. Drainase terbuka adalah saluran yang permukaan airnya langsung terpapar udara luar. Biasanya berukuran cukup besar untuk mengalirkan air hujan atau limbah tanpa membahayakan kesehatan maupun mengganggu estetika lingkungan. Bentuknya bervariasi, seperti trapesium, persegi, segitiga, atau setengah lingkaran.

1. Jenis-Jenis Drainase

Jenis-jenis drainase dapat diklasifikasikan berdasarkan sejarah terbentuknya, letak bangunan, dan fungsinya [4]:

- a. **Drainase alamiah (natural drainage)**
Terbentuk secara alami tanpa bangunan penunjang seperti pelimpah, pasangan batu, beton, atau gorong-gorong. Aliran air yang bergerak karena gravitasi secara bertahap membentuk jalur permanen, misalnya sungai.
- b. **Drainase buatan (artificial drainage)**
Dibangun dengan tujuan tertentu dan memerlukan struktur khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, atau pipa.
- c. **Drainase terbuka**
Saluran pembuangan yang mengalirkan air hujan atau limpasan permukaan melalui saluran terbuka. Keunggulannya adalah pemeliharaan yang mudah dan biaya rendah, namun berisiko tersumbat serta dapat menjadi tempat berkembangnya alga dan nyamuk.
- d. **Drainase tertutup**
Mengalirkan air hujan atau limbah melalui pipa atau gorong-gorong tanpa kontak langsung dengan lingkungan, sehingga mencegah pencemaran dan menjaga estetika. Sistem ini efisien, tetapi memerlukan biaya konstruksi dan pemeliharaan yang lebih tinggi.

2. Fungsi Drainase

Menurut Ardia (2024), drainase di bandar udara berfungsi sebagai fasilitas keselamatan untuk mencegah banjir di sisi udara yang dapat memicu hydroplaning, merusak perkerasan, menunda penumpang, dan mengganggu operasional. Fungsinya antara lain:

1. Mencegah genangan di runway, taxiway, dan apron agar pesawat dapat beroperasi dengan aman.
2. Mengurangi risiko aquaplaning, yaitu hilangnya traksi ban pesawat akibat genangan air di landasan.

Sistem Drainase Bandar Udara

Saluran drainase di bandar udara bekerja layaknya pada jalan raya, namun memerlukan penyerapan dan aliran air yang lebih cepat. Air di runway, taxiway, dan apron harus segera dialirkan agar bebas genangan demi keselamatan penerbangan. Berdasarkan KP 326 Tahun 2019, sistem drainase di area pergerakan dan sekitarnya harus mampu mengeringkan permukaan dengan cepat sebagai faktor utama dalam perancangan, pembangunan, dan pemeliharannya.

Beton

Beton adalah campuran semen, agregat, air, dan bahan tambahan yang mengeras seiring waktu. Material ini kuat terhadap tekanan, api, dan cuaca, namun lemah dalam menahan tarik sehingga sering diperkuat dengan tulangan baja untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanannya.

Material Penutup Drainase

Penutup drainase tertutup di taxiway memungkinkan air mengalir di bawah pergerakan pesawat. Penggunaan box culvert membuat saluran berfungsi membuang air sekaligus dapat dilintasi pesawat. Perencanaannya mengikuti standar dimensi saluran tertutup.

Pembebanan

Pembebanan adalah tekanan atau gaya pada struktur akibat beban benda, manusia, kendaraan, atau faktor lingkungan (SNI 03-1727, 1989). Beban roda pesawat di atas penutup drainase dikonversi menjadi beban merata berdasarkan luas kontak dan penyebaran beban pada pelat. Dalam perencanaan ini, beban diasumsikan setara beban manusia, rata-rata 700 N (0,7 kN).

Penulangan

Penulangan pelat penutup drainase adalah proses merancang dan memasang tulangan baja dalam beton bertulang untuk meningkatkan kekuatan tarik, geser, dan momen lentur. Karena beton kuat terhadap tekan namun lemah terhadap tarik, penggunaan tulangan penting agar struktur mampu menahan beban kendaraan, pejalan kaki, maupun alat berat di atasnya [5].

Sifat Mekanika Penulangan

Dalam perencanaan pelat penutup saluran drainase, tulangan baja berfungsi meningkatkan ketahanan struktur terhadap gaya tarik, lentur, geser, dan torsi. Berikut adalah aspek mekanika tulangan yang memengaruhi kekuatan pelat beton bertulang yaitu Kekuatan tarik baja tulangan (F_y), Kekuatan tekan baja tulangan (F_u), Modulus elastisitas baja (F_s), Kekuatan geser baja, Ketahanan terhadap korosi.

Perencanaan Pelat

Perencanaan pelat merupakan proses teknis untuk merancang dan menetapkan spesifikasi penutup saluran drainase di area pergerakan pesawat (airside) maupun non-pergerakan (landside), sehingga mampu menahan beban kendaraan saat operasional dan memastikan sistem drainase bandara berfungsi optimal. Berdasarkan SNI 2847:2019, pelat beton bertulang direncanakan melalui analisis desain elemen

struktural tipis yang menerima beban tegak lurus (momen), geser, dan puntir, dengan fokus pada keamanan serta ketahanan terhadap beban[6]. Proses ini mencakup penentuan dimensi, pembebanan, pemilihan material, dan metode konstruksi yang digunakan.

Analisa Pelat Penutup Saluran Drainase

Proses perhitungan dan evaluasi pelat penutup saluran drainase bertujuan menentukan desain, kekuatan, dan ketahanan pelat sesuai standar (BSN, 2019).

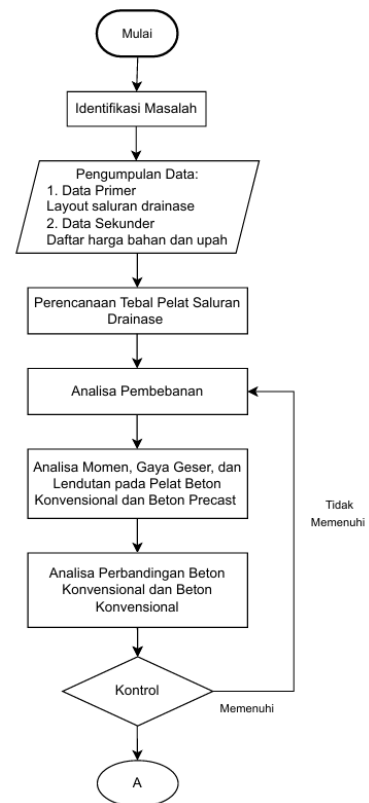
SAP2000

SAP2000 adalah perangkat lunak analisis dan desain struktur berbasis objek yang mendukung berbagai material sesuai standar internasional (SNI, ACI, AISC, dll.). Dikembangkan oleh tim Prof. Edward L. Wilson, aplikasi ini menggunakan metode elemen hingga untuk analisis statik dan dinamik, serta mampu memodelkan struktur dua dan tiga dimensi dengan berbagai kombinasi beban. Keunggulannya terletak pada kemudahan memvisualisasikan dan menghitung momen, gaya geser, dan gaya normal untuk memastikan kekuatan struktur, termasuk penutup saluran drainase.

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya (RAB) adalah perkiraan kebutuhan biaya material, upah, dan biaya lainnya untuk membangun suatu proyek. RAB berfungsi sebagai pedoman agar pembangunan berjalan efisien dan efektif. Perencanaan yang kurang baik dapat menyebabkan pemborosan dan mengganggu jalannya proyek. Dengan RAB yang rinci, pengeluaran dapat diawasi dan dikendalikan. Secara umum, biaya proyek terbagi menjadi dua, yaitu biaya langsung (direct cost) dan biaya tidak langsung (indirect cost).

METODE



Gambar 1 Bagan Alur Perencanaan

Sumber: Olahan Penulis, 2025

Metode Penelitian

Metode penelitian adalah pendekatan ilmiah untuk mengumpulkan data dengan tujuan tertentu. Dalam menganalisis perbandingan beton precast dan beton konvensional terhadap efisiensi biaya penutup drainase di area runway strip Bandar Udara Kol. Robert Atty Bessing Malinau digunakan metode deskriptif. Metode ini bertujuan menggambarkan fakta secara akurat dan sistematis sehingga memberikan gambaran jelas mengenai objek penelitian.

Objek Penelitian

Objek penelitian adalah segala hal yang menjadi fokus kajian, baik berupa benda, orang, maupun variabel tertentu untuk memperoleh data dan informasi relevan. Dalam penelitian ini, objeknya adalah perencanaan penutup saluran drainase area runway strip di Bandar Udara Kol. Robert

Atty Bessing Malinau, dengan membandingkan penggunaan beton konvensional dan beton precast.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian merupakan salah satu bagian yang mudah diteliti baik individu, lembaga/organisasi, maupun benda. Pada umumnya subjek pada penelitian merupakan topik utama dari penelitian yang dapat mempengaruhi hasil dan Kesimpulan dari analisis tersebut. Subjek penelitian pada penelitian ini yaitu perbandingan biaya penutup saluran drainase menggunakan beton konvensional dan beton precast.

Data Penelitian

Data penelitian adalah informasi yang dikumpulkan untuk dianalisis dan menjawab pertanyaan penelitian. Dalam studi ini, data yang diperlukan meliputi upah tenaga kerja, harga dan kekuatan material, serta waktu pengerjaan penutup saluran drainase dengan beton konvensional dan precast. Data tersebut diolah menjadi variabel analisis Rencana Anggaran Biaya berdasarkan harga satuan pokok pekerjaan di Kabupaten Malinau, Kalimantan Utara, tahun 2025.

Pembahasan

Bagian ini berisi interpretasi data yang dikaitkan dengan peraturan dan teori terkait, dengan membandingkan perhitungan biaya penutup saluran drainase area runway strip menggunakan beton konvensional dan beton precast di Bandar Udara Kol. Robert Atty Bessing Malinau.

Menarik Kesimpulan

Kesimpulan merangkum temuan penelitian sebagai jawaban rumusan masalah, yaitu perbandingan harga pekerjaan penutup saluran drainase dengan beton konvensional dan beton precast, yang diharapkan menjadi masukan bagi Bandar Udara Kol. Robert Atty

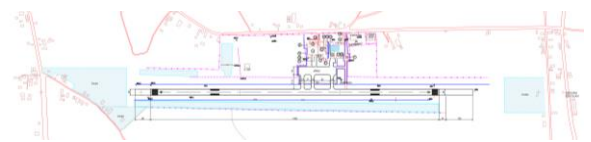
Bessing dan pihak lain dalam memilih material penutup saluran drainase.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Layout Drainase Saluran Bandar Udara

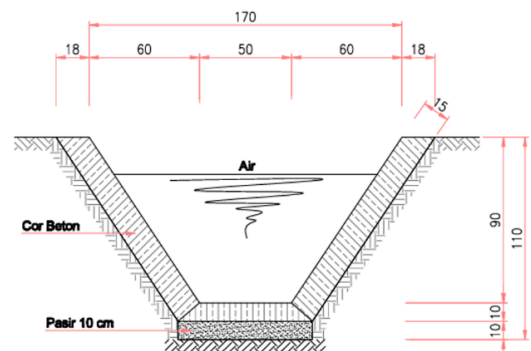
Kol. Robert Atty Bessing Malinau

Layout drainase bandar udara adalah gambaran sistem saluran yang mengalirkan air hujan secara efisien ke titik pembuangan, untuk menjaga keselamatan operasional, memperpanjang umur perkerasan, dan mencegah genangan yang mengganggu penerbangan.



Gambar 2 Layout Drainase Bandar Udara Kol. Robert Atty Bessing Malinau

Sumber: Layout Bandar Udara Kol. Robert Atty Bessing Malinau, 2018



Gambar 3 Desain Drainase eksisting

Sumber: Dokumen Bandar Udara Kol. Robert Atty Bessing Malinau, 2018

2. Data Material Yang Digunakan

Dalam perencanaan drainase bandara, pemilihan material konstruksi harus memenuhi standar teknis SNI. Beton dipilih sebagai material utama penutup dan dinding saluran karena kuat, tahan cuaca ekstrem, serta mampu menahan beban dinamis dan statis di bandara.

a. Beton Konvensional

Perencanaan penutup saluran drainase bandara memerlukan pemilihan material konstruksi yang mempertimbangkan kekuatan, ketahanan, dan kestabilan terhadap beban lingkungan serta operasional.

b. Baja Tulangan

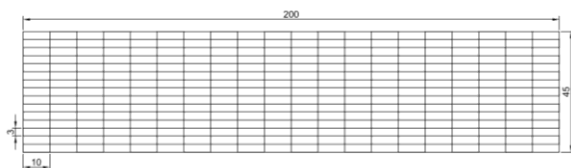
Baja tulangan adalah batang atau kawat baja yang digunakan untuk memperkuat beton, berfungsi menahan gaya tarik karena beton kuat menahan tekanan namun lemah terhadap tarikan.

c. Beton Precast

Beton precast adalah beton yang dicetak di pabrik atau lokasi terkontrol, kemudian dipasang di lokasi proyek. Pada perencanaan saluran drainase, mutu beton menjadi acuan kekuatan, daya tahan, dan ketahanannya terhadap beban serta lingkungan. Dalam perencanaan ini, beton precast menggunakan mutu K-350.

d. Lubang Inspeksi atau *Manhole*

Dalam perencanaan penutup saluran drainase, grating steel digunakan sebagai pengganti penutup beton pada manhole guna mempermudah akses pemeliharaan. Desain berlubang memungkinkan air mengalir langsung ke dalam saluran sekaligus memudahkan inspeksi dan pembersihan tanpa bantuan alat berat. Penggunaan baja galvanis memberikan ketahanan tinggi terhadap beban dan korosi, sehingga menjadi solusi efisien dan andal untuk area dengan lalu lintas sedang hingga tinggi.



Gambar 4 *Grating Steel*
Sumber: Olahan Penulis, 2025

Gambar diatas menampilkan spesifikasi grating steel untuk manhole, berukuran 200

cm × 45 cm dengan ketebalan pelat 4,3 mm. Jarak antar pelat adalah 30 mm, sedangkan jarak antar ulir 100 mm. Grating ini dipasang setiap 45 meter pada saluran drainase.

3. *Preliminary Design* Tebal Pelat Penutup Saluran

a. Beton Konvensional

Mengacu pada SNI 2847:2019, ketebalan minimum pelat beton dengan tumpuan sederhana ditentukan melalui perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}\text{Tebal Pelat} &= h_{\min} = \frac{L}{20} \\ &= \frac{2060}{20} \\ &= 103 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dengan demikian, ketebalan pelat penutup saluran drainase yang menggunakan material beton konvensional ditetapkan sebesar 103 mm.

b. Beton *Precast*

Penutup saluran drainase dengan sistem precast pada perencanaan ini mengacu pada produk tutup U-Ditch dari pabrikan dengan spesifikasi standar. Produk pracetak tersebut tersedia dalam berbagai variasi ukuran yang disesuaikan dengan dimensi saluran U-Ditch, meliputi panjang, lebar, dan tebal penutup. Secara umum, panjang penutup U-Ditch yang digunakan adalah 600 mm untuk semua tipe dan ukuran, sedangkan variasi lebar berkisar antara 390 mm hingga 2300 mm, menyesuaikan dimensi saluran. Ketebalan penutup disesuaikan dengan kategori beban (*light duty* atau *heavy duty*), dengan kisaran 60 mm hingga 345 mm.

Berikut ini adalah data Cover U-Ditch yang digunakan dalam perencanaan penutup drainase di Bandar Udara Kol. Robert Atty Bessing Malinau :

Cover U- Ditch Type U 1800 (*Light Duty*)

Ketebalan = 150 mm
Lebar (W) = 2020 mm
Panjang (L) = 600 mm
Beban titik = 2,5 ton

4. Analisa Pembebanan

Dalam perencanaan penutup saluran drainase di kawasan bandar udara, analisis pembebanan dilakukan untuk memastikan struktur mampu menahan beban selama masa layan. Perhitungan mengacu pada SNI 1727:2020 tentang beban minimum bangunan dan struktur lainnya, dengan mempertimbangkan kondisi operasional khas bandara.

a. Beton Konvensional (L = 1m)

- Beban Hidup

$$\begin{aligned} q_{DL} &= B_J \times h_{plat} \\ &= 24 \frac{kN}{m^3} \times 150 \text{ mm} \\ &= 0,0036 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

- Beban Mati

1. A plat = b x l

$$\begin{aligned} &= 600 \text{ mm} \times 2060 \text{ mm} \\ &= 1236000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. q_{LL} &= \frac{P}{A} = \frac{2943}{123600} \\ &= 0,002381 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$3. P = 2943 \text{ N (beban manusia terpusat 3 orang)}$$

$$4. q_{LR} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

- Beban Ultimate

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2DL + 1,6LL \\ &= (1,2 \times 0,0036) + (1,6 \times 2,5023) \\ &= 4,008129 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

b. Beton Precast (L=0,6m)

- Beban mati

$$\begin{aligned} q_{DL} &= B_J \times h_{pelat} \\ &= 24 \frac{kN^3}{m} \times 150 \text{ mm} \\ &= 0,00000016 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

- Beban hidup

1. Apelat = b x l

$$\begin{aligned} &= 600 \text{ mm} \times 2020 \text{ mm} \\ &= 1212000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. q_{LL} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{2943}{1212000} \\ &= 0,002428 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$3. q_{Lr} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$4. P = 2943 \text{ N (beban manusia terpusat 3 orang)}$$

- Beban ultimate

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL} \\ &= (1,2 \times 0,00000016) + (1,6 \times 2,5024) \\ &= 4,003885 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

5. Analisa Struktur Pelat Penutup Saluran Manual

Dalam perencanaan sistem drainase bandar udara, pelat penutup saluran berperan penting untuk menjaga keselamatan dan kelancaran operasional di area perkerasan seperti apron, taxiway, dan runway. Analisis struktur dilakukan untuk memastikan pelat mampu menahan beban tanpa kerusakan, meliputi evaluasi kekuatan terhadap beban hidup dan beban mati. Perhitungan dilakukan secara manual dengan pendekatan mekanika teknik, mengasumsikan pelat sebagai elemen lentur, mencakup penentuan gaya dalam, momen lentur maksimum, dan kebutuhan tulangan.

a. Beton Konvensional

a. Momen Maksimum

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1 \times q_u \times L^2}{18} \\ &= \frac{1 \times 4,00812 \times 2060^2}{8} \\ &= 2126 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

b. Gaya Geser Ultimate

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{q_u \times l \times b}{4} \\ &= \frac{4,00812 \times 2060 \times 600}{4} \\ &= 12385 \text{ N} \end{aligned}$$

c. Momen Inersia

$$\begin{aligned} I_{\text{pelat}} &= \frac{1 \times b \times h^3}{12} \\ &= \frac{1 \times 600 \times 150^3}{12} \\ &= 16875000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

d. Lendutan Maksimum

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_c \times I_{\text{pelat}}} \\ &= \frac{5 \times 4,00812 \times 2060^4}{384 \times 17897 \times 1687500} \\ &= 0,311188 \text{ mm} \end{aligned}$$

e. Rasio Tulangan Kondisi Balance (pb)

$$\begin{aligned} P_b &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 14,5 \times 0,85}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,031179 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f. \quad R_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_b \times f_y \left(\frac{1 - 0,5 \times 0,75 \times \rho_b \times f_y}{0,85 \times f_c'} \right) \\ &= 0,75 \times 0,0311 \times 240 \\ &\quad \left(\frac{1 - 0,5 \times 0,75 \times 0,0311 \times 240}{0,85 \times 14,5} \right) \\ &= 4,3344 \end{aligned}$$

g. Tinggi Efektif (d)

$$\begin{aligned} D &= h - h' - 0,5P \\ &= 150 - 30 - 0,5(8) \\ &= 116 \text{ mm} \end{aligned}$$

h. Momen Nominal (Mn)

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mu}{\phi} \\ &= \frac{2126}{0,9} \\ &= 2362,34 \text{ kN.m/m} \end{aligned}$$

i. Faktor Tahanan (Rn)

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{2362,34}{600 - 116^2} \\ &= 0,00029 \end{aligned}$$

j. Cek

$$\begin{aligned} R_n &< R_{\text{max}} \\ 0,00029 &< 4,33448 \end{aligned}$$

k. Rasio Tulangan Minimum (pmin)

$$P_{\text{min}} = 0,002$$

l. Koefisien m

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{240}{0,85 \times 14,5} \\ &= 19,472 \end{aligned}$$

m. Rasio Tulangan Desain (pdes)

$$\begin{aligned} P_{\text{des}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,472} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(19,472) \times (0,00029)}{240}} \right) \\ &= 0,0000001219 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,002$$

n. Luas Tulangan yang dibutuhkan (As_des)

$$\begin{aligned} A_{s_des} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,002 \times 2060 \times 116 \\ &= 139,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

o. Jarak Tulangan yang dibutuhkan (S_des)

$$\begin{aligned} s_{\text{des}} &= \frac{0,25 \times \pi \times P^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 8^2 \times 600}{139,2} \\ &= 216,661 \text{ mm} \end{aligned}$$

p. Jarak Maksimum (s_max)

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= 2h \\ &= 2 \times 150 \\ &= 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

q. Tulangan yang digunakan

$$P \quad 8 \quad 200$$

r. Luas Tulangan yang dipakai (As_use)

$$\begin{aligned} A_{s_use} &= \frac{0,25 \times \pi \times P^2 \times b}{S} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 8^2 \times 600}{300} \\ &= 100,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

s. Cek

$$\begin{aligned} A_{s_use} &> A_{s_des} \\ 100,53 &> 139,2 \end{aligned}$$

b. Beton Precast

Perhitungan pelat penutup saluran dari beton precast secara manual dilakukan dengan menerapkan prinsip dasar desain beton bertulang, namun disesuaikan dengan karakteristik khusus beton pracetak, seperti metode fabrikasi, proses transportasi, pemasangan, dan sistem sambungannya yang berbeda dari beton konvensional (cor di tempat). Berikut disajikan analisis struktur pelat penutup saluran secara manual untuk beton precast.

a. Momen Maksimum

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1 \times q_u \times L^2}{16} \\ &= \frac{1 \times 4,0038 \times 2020^2}{16} \\ &= 1021091 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

b. Gaya Geser Ultimate

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{q_u \times L}{2} \\ &= \frac{4,0038 \times 2020}{2} \\ &= 4043,92 \text{ N} \end{aligned}$$

c. Momen Inersia

$$\begin{aligned} I_{\text{pelat}} &= \frac{1 \times b \times h^3}{12} \\ &= \frac{1 \times 2020 \times 150^3}{12} \\ &= 56812 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

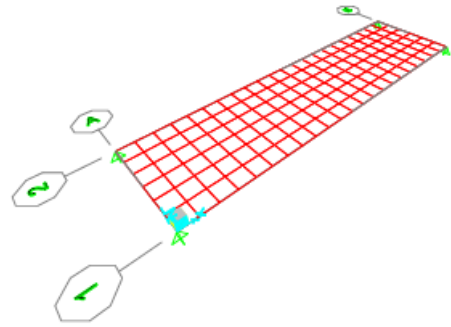
d. Lendutan Maksimum

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{5 \times q_u \times L^4}{382 \times E_c \times I_{\text{pelat}}} \\ &= \frac{5 \times 4,0051 \times 2060^4}{382 \times 17897 \times 8333,3} \\ &= 0,62969 \text{ mm} \end{aligned}$$

6. Analisa Struktur Pelat Penutup Saluran Dengan Program Bantu SAP2000

Dalam perencanaan penutup saluran drainase di bandara, kekuatan dan kestabilan pelat dianalisis menggunakan SAP2000 berbasis metode elemen hingga. Perangkat lunak ini memudahkan simulasi detail meliputi distribusi tegangan, lendutan, serta perilaku struktur. Hasil analisis

beton konvensional untuk momen, gaya geser, beban, dan lendutan tercantum pada Lampiran D.2.

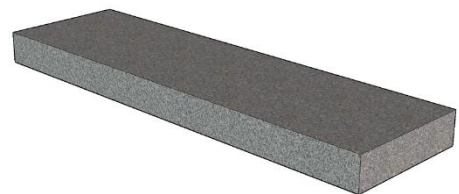


Gambar 5 Gambar struktur penutup saluran Beton konvensional SAP2000
Sumber: Olahan Penulis, 2025

Desain pelat penutup saluran drainase menggunakan beton konvensional yaitu:

- | | | |
|----|-------------------|-----------|
| 1. | Mutu Beton | : K-175 |
| 2. | Panjang Pelat | : 600 mm |
| 3. | Lebar Pelat | : 2060 mm |
| 4. | Tebal Pelat | : 150 mm |
| 5. | Mutu Tulangan | : BJTP 24 |
| 6. | Diameter Tulangan | : 8 mm |

Berikut ini adalah desain pelat penutup saluran drainase dengan menggunakan beton konvensional, desain pelat beserta tulangnya.



Gambar 6 Desain Pelat penutup saluran drainase beton konvensional 3D
Sumber: Olahan Penulis, 2025

Penutup saluran drainase dengan menggunakan beton *precast* dengan mutu yang tinggi menggunakan beton K-350 dengan metode produksi cetak kering (*dry cast*) menggunakan getaran frekuensi tinggi untuk menghasilkan dimensi yang presisi dan kekuatan optimal. Pada

perencanaan penutup saluran drainase ini menggunakan ukuran U 1800.

1. Mutu Beton : K-350
2. Panjang Pelat : 600 mm
3. Lebar Pelat : 2020 mm
4. Tebal Pelat : 150 mm

7. Rencana Anggaran Biaya

a. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pelat Beton Konvensional

1. Pembersihan Lokasi (m²)

Tabel 1 Harga Satuan Pembersihan Lokasi

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA KERJA					
1	Mandor	oh	0.005	Rp 200.500,00	Rp 1.002,50
2	Kepala Tukang	oh	0.05	Rp 171.000,00	Rp 8.550,00
3	Tukang	oh	0.05	Rp 135.000,00	Rp 6.750,00
4	Pekerja	oh	0.05	Rp 100.000,00	Rp 5.000,00
Jumlah Harga					Rp 21.302,50
B BAHAN					
Jumlah Harga					
C PERALATAN					
Jumlah Harga					
D JUMLAH (A+B+C)					Rp 21.302,50

Terbilang : Dua puluh satu ribu tiga ratus dua rupiah lima puluh

Sumber: Olahan Penulis, 2025

2. Pemasangan bekisting

Tabel 2 Harga satuan Pekerjaan Pemasangan Bekisting

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA KERJA					
1	Pekerja	oh	0.66	Rp 100.000,00	Rp 66.000,00
2	Mandor	oh	0.033	Rp 200.500,00	Rp 6.616,50
3	Kepala Tukang Kayu	oh	0.033	Rp 171.000,00	Rp 5.643,00
4	Tukang Kayu	oh	0.33	Rp 135.000,00	Rp 44.550,00
Jumlah Harga					Rp 122.809,50
B BAHAN					
1	Kayu Kelas III	m ³	0.04	Rp 2.925.000,00	Rp 117.000,00
2	Paku	kg	0.4	Rp 37.000,00	Rp 14.800,00
3	Minyak Bekisting	ltr	0.2	Rp 6.825.000,00	Rp 1.365,00
4	Kayu Balok Kelas II	m ³	0.015	Rp 5.265.000,00	Rp 78.975,00
5	Plw wood (t=9 mm)	lbr	0.35	Rp 215.000,00	Rp 75.250,00
Jumlah Harga					Rp 287.390,00
C PERALATAN					
Jumlah Harga					
D JUMLAH (A+B+C)					Rp 410.199,50

Terbilang : Empat ratus sepuluh ribu seratus sembilan puluh sembilan rupiah lima puluh

Sumber: Olahan Penulis, 2025

3. Pekerjaan penulangan

Tabel 3 Harga Satuan Pekerjaan Penulangan

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA KERJA					
1	Pekerja	oh	0.005	Rp 100.000,00	Rp 500,00
2	Mandor	oh	0.0003	Rp 200.500,00	Rp 60,15
3	Kepala Tukang Batu	oh	0.0005	Rp 171.000,00	Rp 85,50
4	Tukang Batu	oh	0.005	Rp 135.000,00	Rp 675,00
Jumlah Harga					Rp 1.320,65
B BAHAN					
1	Besi Beton Polos	kg	1.05	Rp 98.280,00	Rp 103.194,00
2	Kawat Beton Bendrat	kg	0.015	Rp 32.500,00	Rp 487,50
Jumlah Harga					Rp 103.681,50
C PERALATAN					
Jumlah Harga					
D JUMLAH (A+B+C)					Rp 105.002,15

Terbilang : Seratus lima ribu dua rupiah lima belas

Sumber: Olahan Penulis, 2025

4. Pekerjaan pembetonan Beton K-175

Tabel 4 Harga Satuan Pekerjaan Pembetonan K-175

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA KERJA					
1	Pekerja	oh	1.65	Rp 100.000,00	Rp 165.000,00
2	Mandor	oh	0.083	Rp 200.500,00	Rp 16.641,50
B BAHAN					
1	Semen P.	kg	3.26	Rp 3.740,00	Rp 12.192,40
2	Agregat Pecah Mesin 20 - 30 mm	m ³	0.7622	Rp 163.600,00	Rp 124.695,92
3	Pasir Beton	m ³	0.5429	Rp 175.500,00	Rp 95.278,95
4	Air (Kagal)	m ³	0.215	Rp 1.496,00	Rp 321,64
Jumlah Harga					Rp 232.488,91
C PERALATAN					
1	Concrete Mixer	jam	1.25	Rp 315.200,00	Rp 394.000,00
Jumlah Harga					Rp 394.000,00
D JUMLAH (A+B+C)					Rp 893.135,41

Terbilang : Delapan ratus sembilan puluh tiga ribu seratus tiga puluh lima rupiah empat puluh satu

Sumber: Olahan Penulis, 2025

5. Pekerjaan pemasangan grating steel

Tabel 5 Harga Satuan Pekerjaan Pemasangan Grating Steel

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA KERJA					
1	Mandor	oh	0.001	Rp 200.500,00	Rp 200,50
2	Kepala Tukang	oh	0.002	Rp 171.000,00	Rp 342,00
3	Tukang	oh	0.025	Rp 135.000,00	Rp 3.375,00
4	Pekerja	oh	0.025	Rp 100.000,00	Rp 2.500,00
Jumlah Harga Tenaga Kerja					Rp 6.417,50
B BAHAN					
1	Grating steel	bh	1	Rp 850.000,00	Rp 850.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan					Rp 850.000,00
C PERALATAN					
Jumlah Harga Peralatan					
D JUMLAH (A+B+C)					Rp 856.417,50

Terbilang : Delapan ratus lima puluh enam ribu empat ratus tujuh belas rupiah lima puluh

Sumber: Olahan Penulis, 2025

Berikut ini merupakan rencana anggaran biaya penutup saluran drainase dengan menggunakan beton konvensional

Tabel 6 Rencana Anggaran Biaya Menggunakan Beton Konvensional

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
1	Pembersihan Lokasi	m ²	6600	Rp 21.302,50	Rp 140.596.500,00
JUMLAH					Rp 140.596.500,00
II PEKERJAAN PEMASANGAN					
1	Pemasangan Bekisting	m ²	3729	Rp 410.199,50	Rp 1.529.633.935,50
2	Pembesian	kg	43450	Rp 105.002,15	Rp 4.562.343.417,50
3	Beton K-175	m ³	1020	Rp 893.135,41	Rp 910.998.118,20
4	Pemasangan Grating Steel	bh	74	Rp 856.417,50	Rp 63.774.895,00
JUMLAH					Rp 7.066.350.366,20
TOTAL					Rp 7.206.946.866,20
PPN 11%					Rp 792.764.155,28
JUMLAH TOTAL					Rp 7.999.711.021,48
PEMBULATAN					Rp 7.999.711.021,50

Terbilang : Tujuh miliar sembilan ratus sembilan puluh sembilan juta tujuh ratus sembilan puluh dua rupiah satu

Sumber: Olahan Penulis, 2025

b. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pelat Beton Precast

1. Harga pekerjaan pembersihan lokasi

Tabel 7 Harga satuan pekerjaan pembersihan lokasi

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA KERJA					
1	Mandor	oh	0,005	Rp 200.500,00	Rp 1.002,50
2	Kepala Tukang	oh	0,05	Rp 171.000,00	Rp 8.550,00
3	Tukang	oh	0,05	Rp 135.000,00	Rp 6.750,00
4	Pelajar	oh	0,05	Rp 100.000,00	Rp 5.000,00
Jumlah Harga Tenaga Kerja					Rp 21.302,50
B BAHAN					
Jumlah Harga Bahan					-
C PERALATAN					
Jumlah Harga Alat					-
JUMLAH (A+B+C)					Rp 21.302,50

Sumber: Olahan Penulis, 2025

2. Harga satuan pekerjaan pemasangan Cover U-Ditch

Tabel 8 Harga satuan pekerjaan pemasangan Cover U-Ditch

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA KERJA					
1	Mandor	Oh	0,07	Rp 200.500,00	Rp 14.035,00
2	Pelajaran	Oh	0,27	Rp 100.000,00	Rp 27.000,00
Jumlah Harga Tenaga Kerja					Rp 41.035,00
B BAHAN					
1	Cover U-Ditch (2020 x 600)	hh	1	Rp 1.200.000,00	Rp 1.200.000,00
Jumlah Harga Bahan					Rp 1.200.000,00
C PERALATAN					
1	Crane 10-15 ton	jam	0,47	Rp 1.607.700,00	Rp 755.619,00
2	Alat Bantu	ls	1	Rp 22.875,00	Rp 22.875,00
Jumlah Harga Alat					Rp 778.494,00
JUMLAH (A+B+C)					Rp 2.019.529,00

Sumber: Olahan Penulis, 2025

3. Harga satuan pekerjaan pemasangan gratting steel

Tabel 9 Harga satuan pekerjaan pemasangan gratting steel

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA KERJA					
1	Mandor	oh	0,001	Rp 200.500,00	Rp 200,50
2	Kepala Tukang	oh	0,002	Rp 171.000,00	Rp 342,00
3	Tukang	oh	0,025	Rp 135.000,00	Rp 3.375,00
4	Pelajar	oh	0,025	Rp 100.000,00	Rp 2.500,00
Jumlah Harga Tenaga Kerja					Rp 6.417,50
B BAHAN					
1	Gratting steel	hh	1	Rp 850.000,00	Rp 850.000,00
Jumlah Harga Peralatan					Rp 850.000,00
C PERALATAN					
Jumlah Harga Peralatan					-
JUMLAH (A+B+C)					Rp 856.417,50

Sumber: Olahan Penulis, 2025

Berikut ini merupakan rencana anggaran biaya penutup saluran drainase menggunakan beton precast.

Tabel 10 Rencana Anggaran Biaya Penutup Saluran Drainase Beton Precast

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
1	Pembersihan Lokasi Saluran Drainase	m ²	6600	Rp 21.302,50	Rp 140.596.500,00
JUMLAH					Rp 140.596.500,00
II PEKERJAAN PEMASANGAN					
1	Pemasangan Cover U-Ditch (2020 x 600)	hh	5500	Rp 2.019.529,00	Rp 11.107.409.500,00
2	Pemasangan Gratting Steel	hh	74	Rp 856.417,50	Rp 63.374.825,00
JUMLAH					Rp 11.170.784.395,00
TOTAL					Rp 11.311.380.895,00
PPN 11%					Rp 1.244.251.898,45
JUMLAH TOTAL					Rp 12.555.632.793,45
PEMBULATAN					Rp 12.555.632.793,50

Terdapat : Dua belas miliar lima ratus lima puluh lima juta enam ratus tiga puluh dua ribu tujuh ratus sembilan puluh tiga rupiah lima puluh.

Sumber: Olahan Penulis, 2025

8. Time Schedule

a. Kebutuhan Tenaga Kerja Beton Konvensional

Tabel 11 Kebutuhan tenaga kerja beton konvensional

TIME SCHEDULE PEKERJAAN PENUTUP DRAINASE DENGAN BETON KONVENSIONAL							
Pembersihan Lokasi Saluran Drainase							
I	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga	Durasi (hari)	Jumlah Tenaga
	Mandor	0,005	oh	Rp 200.500	Rp 1.003	17	2
	Kepala Tukang	0,05	oh	Rp 171.000	Rp 8.550	17	20
	Tukang	0,05	oh	Rp 135.000	Rp 6.750	17	20
	Pelajar	0,05	oh	Rp 100.000	Rp 5.000	17	20
Pemasangan Bekisting Untuk Saluran							
II	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga	Durasi (hari)	Jumlah Tenaga
	Pelajar	0,66	oh	Rp 100.000	Rp 66.000	62	40
	Mandor	0,033	oh	Rp 200.500	Rp 6.617	62	2
	Kepala Tukang	0,033	oh	Rp 171.000	Rp 5.649	62	2
	Tukang Kayu	0,33	oh	Rp 135.000	Rp 44.550	62	20
Pembesian Dengan Besi Polos							
III	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga	Durasi (hari)	Jumlah Tenaga
	Pelajar	0,007	oh	Rp 100.000	Rp 700,00	16	20
	Mandor	0,0003	oh	Rp 200.500	Rp 60,15	14	1
	Kepala Tukang Batu	0,0007	oh	Rp 171.000	Rp 119,70	16	2
	Tukang Batu	0,007	oh	Rp 100.000	Rp 700,00	16	20
Beton K-175							
IV	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga	Durasi (hari)	Jumlah Tenaga
	Pelajar	1,65	oh	Rp 100.000	Rp 165.000	29	60
	Mandor	0,083	oh	Rp 200.500	Rp 16.642	29	3
	Kepala Tukang Batu	0,028	oh	Rp 171.000	Rp 4.788	29	1
	Tukang Batu	0,275	oh	Rp 135.000	Rp 37.125	29	10
PEMASANGAN GRATING STEEL							
V	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga	Durasi (hari)	Jumlah Tenaga
	Mandor	0,001	oh	Rp 200.500,00	Rp 200,50	1	2
	Kepala Tukang	0,002	oh	Rp 171.000,00	Rp 342,00	1	2
	Tukang	0,025	oh	Rp 135.000,00	Rp 3.375,00	1	2
	Pelajar	0,025	oh	Rp 100.000,00	Rp 2.500,00	1	2
Total						116,50	281

Sumber: Olahan Penulis, 2025

Metode beton konvensional memerlukan lebih banyak tenaga dan waktu, yaitu 62 pekerja untuk pembersihan (17 hari), 64 pekerja untuk bekisting (62 hari), 43 pekerja untuk penulangan (16 hari), 74 pekerja untuk pengecoran (19 hari), dan 8 pekerja untuk pemasangan gratting steel (1 hari).

b. Kebutuhan Tenaga Kerja Beton Precast

Tabel 12 Analisa kebutuhan tenaga kerja menggunakan beton precast

Pembersihan Lokasi Sekitar Drainase						
TIME SCHEDULE PEKERJAAN PENUTUP DRAINASE DENGAN BETON PRACETAK						
I	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga	Durasi (hari)
	Mandor	0.005	oh	Rp. 200.500	Rp. 1.003	17
	Kepala Tukang	0.05	oh	Rp. 171.000	Rp. 8.550	20
	Tukang	0.05	oh	Rp. 135.000	Rp. 6.750	20
	Pekerja	0.05	oh	Rp. 100.000	Rp. 5.000	20
Pemasangan Cover U-Ditch (2020 x 600)						
II	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga	Durasi (hari)
	Mandor	0.07	oh	Rp. 200.500	Rp. 14.035	65
	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga	Durasi (hari)
	Pekerja	0.27	oh	Rp. 100.000	Rp. 27.000	65
Pemasangan Grating Steel						
III	Komponen	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga	Durasi (hari)
	Mandor	0.001	oh	Rp. 200.500.00	Rp. 401.00	1
	Kepala Tukang	0.002	oh	Rp. 171.000.00	Rp. 4.275.00	1
	Tukang	0.025	oh	Rp. 135.000.00	Rp. 3.375.00	1
	Pekerja	0.025	oh	Rp. 100.000.00	Rp. 2.500.00	1
Total						97
Pembulatan						83.00

Sumber: Olahan Penulis, 2025

Metode beton precast meliputi pembersihan lokasi (62 pekerja, 17 hari), pemasangan cover U-Ditch (29 pekerja, 65 hari), dan pemasangan grating steel (6 pekerja, 1 hari). Pekerjaan persiapan berbobot 1,25% berlangsung 3 minggu pertama, sedangkan pemasangan penutup saluran U-Ditch berbobot 98,75% dilakukan bertahap selama ±11 minggu. Progres pekerjaan meningkat konsisten ±16,46% per minggu, dengan target selesai 100% pada minggu ke-4 bulan ke-4, total durasi proyek 4 bulan (16 minggu).

c. Kurva S

Kurva S digunakan untuk membandingkan efisiensi waktu antara metode beton konvensional dan precast pada pekerjaan penutup saluran drainase. Grafik ini menampilkan progres kumulatif terhadap waktu secara visual, sehingga memudahkan evaluasi jadwal, kebutuhan tenaga kerja, dan memastikan proyek sesuai rencana.

Tabel 13 Kurva S Metode Beton Konvensional

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga	Bobot	Jadwal Pelaksanaan																
				Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
I	PEMBERSIHAN LOKASI	Rp. 140.596.500	1,95	0,65	0,7	0,7														
II	PEMASANGAN BERSTING	Rp. 1.529.633.936	21,2		2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4						
III	PEMBERSIHAN RESI POLOS	Rp. 4.562.343.418	63,1										2,1	2,1	2,1	2,1				
IV	BETON K-175	Rp. 910.998.118	12,6										2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
V	PEMASANGAN GRATING STEEL	Rp. 63.374.895.00	0,88																	
JUMLAH																				
BOBOT PEKERJAAN				0,65	3	3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,38	23	21,1	24	2,5	2,53	2,53	3,41		
BOBOT PEKERJAAN KUMULATIF				0,65	3,7	6,7	9	11	14	16	18	20,8	44	65,4	89	92	94,3	96,6	100	

Sumber: Olahan Penulis, 2025

Tabel 14 Kurva S Beton Precast

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga	Bobot	Jadwal Pelaksanaan															
				Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3							
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
I.	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp. 140.596.500	1.256	0,4120332	0,41201	0,41201													
II.	PEKERJAAN PEMASANGAN	Rp. 11.720.784.957	98.207		18,9119	18,9119	18,9119	18,9119	18,9119	18,9119	18,9119	18,9119	18,9119	18,9119	18,9119	18,9119	18,9119	18,9119	
III.	PEKERJAAN PEMASANGAN GRATING STEEL	Rp. 63.374.895.00	0.5372																0,58715
Jumlah		Rp. 11.724.795.500	100																
BOBOT PEKERJAAN				0,4120332	11,3239	11,3239	10,9119	10,9119	10,9119	10,9119	10,9119	10,9119	10,9119	10,9119	10,9119	11,407			
BOBOT PEKERJAAN KUMULATIF				0,4120332	11,7359	23,0598	33,9716	44,8835	55,7954	66,7072	77,6191	88,531	99,4429	110,3548	121,2667	132,1786	143,0905	154,0024	164,9143

Sumber: Olahan Penulis, 2025

9. Analisa Perbandingan Beton Konvensional dan Beton Precast

Perencanaan pelat penutup saluran di runway strip bandara memprioritaskan kekuatan struktur agar mampu menahan beban statis dan dinamis dari pejalan kaki serta kendaraan operasional.

a. Aspek Struktural

1. Mutu dan konsistensi beton

Perbandingan kedua metode menunjukkan perbedaan mutu beton, di mana beton konvensional menggunakan K-175 yang sudah cukup menahan beban, sedangkan beton precast menggunakan K-350 yang lebih sesuai untuk produksi massal di pabrik.

2. Kekuatan tekan dan daya dukung

Dalam perencanaan penutup saluran drainase bandara, pelat beton pracetak mutu K-350 dibandingkan beton konvensional mutu K-175 memiliki kekuatan tekan dan daya dukung lebih tinggi, sehingga lebih aman untuk area kritis seperti runway strip.

3. Kontrol dimensi dan kualitas tulangan

Pada metode pracetak, tulangan dirakit di pabrik dengan kontrol ketat sehingga jumlah, jarak, dan posisinya sesuai desain, meminimalkan risiko kesalahan. Sebaliknya, beton konvensional bergantung pada ketelitian pekerja di lapangan, sehingga kesalahan seperti penutup beton kurang atau posisi tulangan bergeser dapat menurunkan kekuatan struktur.

4. Retak dan ketahanan terhadap lingkungan

Beton pracetak yang diproduksi dan dirawat di lingkungan terkontrol umumnya memiliki permukaan lebih padat serta tahan terhadap retak rambut. Sebaliknya, beton konvensional yang tidak melalui proses curing optimal, terutama pada cuaca ekstrem atau pengerjaan tergesa-gesa, lebih rentan mengalami retak awal. Retakan ini dapat menjadi jalur masuk air yang mempercepat korosi tulangan dan mengurangi umur struktur.

5. Kapasitas beban dan rencanan pembebanan

Dalam desain struktural, pelat pracetak umumnya telah melalui uji pembebanan atau pengujian mutu di pabrik sebelum dipasang, sehingga kapasitas bebannya dapat dipastikan. Sebaliknya, beton konvensional di lapangan jarang diuji pembebanan secara langsung setelah pengecoran, sehingga kekuatannya hanya didasarkan pada mutu material dan kualitas pelaksanaan.

b. Aspek Biaya

Tabel 15 Rekapitulasi Rencana anggaran Biaya

REKAPITULASI TIME SCHEDULE							
NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	BETON PRECAST		BETON KONVENSIONAL	
				Durasi (hari)	Jumlah Tenaga	Durasi (hari)	Jumlah Tenaga
1	Pekerjaan Lokasi	6600	m ²	17	62	17	62
2	Pemasangan Cover U-Ditch (2020 x 600)	5500	bh	65	29	-	-
3	Pemasangan Bekisting	3729	m ²	-	-	62	64
4	Pembesian	43450	kg	-	-	16	43
5	Beton K-175	1020	m ³	-	-	29	74
6	Pemasangan Grating Steel	74	bh	1	6	1	8
TOTAL				83	97	125	251
A SELISIH							
	Durasi (hari)			42			
	Tenaga Kerja			154			
B ANALISIS PRESENTASE							
	Durasi (hari)			0.3%			
	Tenaga Kerja			0.61%			

Sumber: Olahan Penulis, 2025

c. Aspek Waktu Pekerjaan

Tabel 16 Rekapitulasi Time schedule

REKAPITULASI TIME SCHEDULE							
NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	BETON PRECAST		BETON KONVENSIONAL	
				Durasi (hari)	Jumlah Tenaga	Durasi (hari)	Jumlah Tenaga
1	Pekerjaan Lokasi	6600	m ²	17	62	17	62
2	Pemasangan Cover U-Ditch (2020 x 600)	5500	bh	65	29	-	-
3	Pemasangan Bekisting	3729	m ²	-	-	62	64
4	Pembesian	43450	kg	-	-	16	43
5	Beton K-175	1020	m ³	-	-	29	74
6	Pemasangan Grating Steel	74	bh	1	6	1	8
TOTAL				83	97	125	251
A SELISIH							
	Durasi (hari)			42			
	Tenaga Kerja			154			
B ANALISIS PRESENTASE							
	Durasi (hari)			0.3%			
	Tenaga Kerja			0.61%			

Sumber: Olahan Penulis, 2025

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya serta data hasil analisis, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Metode beton precast menggunakan desain presisi dan beton mutu tinggi, dicetak dengan getaran frekuensi tinggi sehingga menghasilkan pelat seragam, padat, kuat, dan minim cacat struktural.
2. Desain pelat beton konvensional dikerjakan langsung di lokasi dengan pengecoran di tempat, sehingga kualitasnya dipengaruhi keterampilan pekerja, bahan, dan cuaca, serta memiliki toleransi cacat dan risiko ketidaksesuaian dimensi lebih tinggi.
3. Metode beton konvensional lebih ekonomis dengan biaya Rp7,99 miliar, sedangkan beton precast mencapai Rp12,56 miliar atau 57% lebih mahal akibat biaya produksi, transportasi, dan instalasi pabrik, meski konvensional memerlukan pengawasan dan waktu lebih banyak.

4. Metode beton precast lebih cepat, hanya 83 hari dengan 97 pekerja, dibanding beton konvensional yang memerlukan 125 hari dan 251 pekerja, karena elemen siap pakai dan pemasangan mudah, sedangkan konvensional memerlukan tahapan manual yang memakan waktu dan dipengaruhi cuaca.

Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian dan Kesimpulan, untuk pengembangan pengetahuan mengenai perencanaan penutup saluran drainase area *runway strip* sebagai berikut:

1. Untuk pelaksanaan di Bandar Udara
Pada kondisi tertentu, seperti keterbatasan akses pabrik pracetak dan kebutuhan efisiensi biaya, beton konvensional menjadi pilihan layak. Meski beton precast unggul dalam presisi dan kecepatan, metode konvensional lebih fleksibel, jauh lebih ekonomis, dan mendukung pemberdayaan tenaga kerja lokal.
2. Penelitian berikutnya disarankan fokus pada analisis biaya dan waktu pelaksanaan harian, baik untuk beton konvensional maupun precast, guna memperoleh gambaran rinci serta mengidentifikasi potensi pemborosan, keterlambatan, dan kendala pekerjaan penutup saluran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “UU NOMOR 1 TAHUN 2009 TENTANG PENERBANGAN”.
- [2] “2021kpkemenhub014”.
- [3] Maizir, “EVALUASI KEGAGALAN PEMBANGUNAN DRAINASE DALAM LINGKUNGAN DAERAH PEMUKIMAN”.
- [4] “PERENCANAAN ULANG SALURAN DRAINASE TERTUTUP DENGAN BETON PRACETAK PADA UJUNG RUNWAY 08 DI BANDAR UDARA SUGIMANURU, MUNA, SULAWESI TENGGARA.”
- [5] Tamapedung L. H., “Tinjauan penulangan struktur pada proyek Ruko Blok E Kawasan Megamas Manado Tugas Akhir,” 2016.
- [6] “SNI 2847 2019”.