

APLIKASI UPV DAN HAMMER TEST UNTUK EVALUASI KEKUATAN STRUKTUR GEDUNG TERMINAL 1A, 1B, & 1C BANDARA SOEKARNO HATTA

Oleh : As'at Pujiyanto

A. LATAR BELAKANG PERMASALAHAN

Bandara Internasional Soekarno Hatta sebagai pintu gerbang negara Indonesia saat ini mengalami peningkatan pertumbuhan dan perkembangan yang cukup pesat sejak awal beroperasi dari tahun 1984, baik dari segi angkutan udara maupun fasilitas yang ada di kawasan bandara, Namun perkembangan tersebut sudah melebihi kapasitas yang ada saat ini. Selain itu perkembangan fasilitas bangunan yang terjadi sudah tidak sesuai dengan lingkungan di sekitarnya, sehingga terjadi beberapa hal seperti organisasi ruang yang sudah tidak tertata dan tidak sesuai dengan fungsi aslinya, tidak seragamnya facade/tampilan tiap ruang, menurunnya tingkat pelayanan, berkurangnya tingkat kenyamanan penumpang, menurunnya kebersihan dan tampilan secara visual dan lain sebagainya.

Sebagaimana diketahui, akibat adanya penyempurnaan bangunan terminal 1, khususnya pada balok-balok lantai 2 yang terkena dampak langsung perluasan bangunan baru yang merubah fungsi awal. Hal tersebut menyebabkan terjadinya deformasi akibat pembebanan tambahan tidak terencana yang tidak simetris pada balok-balok lantai 2 di atas gedung terminal 1, untuk itu diperlukan penelitian dan analisis agar dapat memastikan tingkat keamanan dan stabilitas aktual struktur bangunan terminal 1.

Dalam rangka untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka perlu dilakukan Evaluasi Struktur/Konstruksi Gedung Terminal 1A, 1B & 1C Bandara Soekarno Hatta, namun dengan adanya keterbatasan personil perencanaan yang ada pada PT Angkasa Pura II (persero), menyebabkan tidak memungkinkan untuk melakukan evaluasi struktur sendiri, dan untuk memperoleh hasil pembangunan konstruksi yang baik yaitu sesuai dengan persyaratan teknis, baik mutu maupun volume, serta tepat waktu, maka perlu diadakan kegiatan evaluasi struktur terlebih dahulu yang dilaksanakan oleh pihak lain yang qualified yaitu oleh Tim Struktur dari Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

B. LINGKUP DAN TAHAPAN PENELITIAN

Secara garis besar, ruang lingkup tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam pekerjaan ini, seperti : Gambar *As Build Drawing* (arsitektur dan struktur), dan survey beban yang ada dilantai 2.
2. Melakukan penelitian terhadap mutu dan integritas struktur beton, dengan melakukan pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* pada beberapa bagian beton secara acak, baik pada beton yang menunjukkan adanya indikasi degradasi mutu, maupun juga pada beton yang kondisinya masih baik, untuk memastikan mutu aktual dan integritas dari beton tersebut.
3. Pekerjaan pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* ini meliputi pengujian dengan dua tujuan, yaitu:
 - Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* untuk mutu beton.
 - Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* untuk integritas beton.
4. Berdasarkan hasil pengujian (2) s/d (3), melakukan analisis hasil pengujian dan melakukan analisis struktur bangunan Terminal 1 dengan memperhitungkan pengaruh riil beban-beban yang bekerja pada kondisi mutu material yang aktual.
5. Berdasarkan hasil data (1) dan hasil analisis struktur (4), melakukan analisis kekuatan bangunan Terminal 1.
6. Dengan berdasarkan hasil analisis (5), memberikan rekomendasi tentang kondisi aktual keamanan dan stabilitas struktur bangunan Terminal 1, serta merekomendasikan cara perbaikan dan/atau perkuatan yang efisien dan tepat guna, bila dianggap perlu.

C. MANFAAT (*OUTCOME*) PENELITIAN

Manfaat dari Evaluasi Struktur/Konstruksi Gedung Terminal 1A, 1B, & 1C Bandara Soekarno-Hatta ini yaitu : dapat diketahui secara lebih pasti tingkat keamanan dan stabilitas aktual bangunan gedung Terminal 1 serta langkah-langkah yang perlu diambil untuk pemeliharaan dan memperbaiki/memperkuat strukturnya bila dianggap perlu.

D. PENDEKATAN TEKNIS

1. Peraturan dan Standart Acuan yang Digunakan

Peraturan atau standart acuan yang dijadikan referensi dalam perhitungan adalah peraturan struktur beton untuk gedung (untuk pengecekan kapasitas penampang elemen struktur beton bertulang), peraturan kegunaan (untuk perhitungan gaya-gaya gempa dan penentuan permodelan struktur dan analisis yang sesuai), dan peraturan pembebanan (untuk ketentuan besarnya beban-beban yang diterapkan pada struktur). Selengkapnya referensi yang digunakan yaitu :

- a. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
- b. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002).
- c. Pedoman Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung (SNI 1727-1989F).
- d. *Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings – A Prestandart* (Federal Emergency Management Agency / FEMA 310, Januari 1998)

2. Bahan Struktur

Bahan yang digunakan dalam analisis struktur meliputi beton bertulang untuk elemen kolom, balok, dan plat lantai serta material baja untuk tulangan.

a) Beton

- Kuat tekan beton sesuai dengan hasil pengujian di lapangan
- Modulus elastisitas beton terkoreksi (E_c terkoreksi) akibat retak sesuai dengan Peraturan ACI 435R-95
- Angka *Poisson's ratio*, $\nu = 0,2$
- Berat jenis bahan, $\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$

b) Baja tulangan

- Tegangan leleh baja (f_y) sesuai dengan data yang tertulis pada *As Build Drawing*
- Modulus elastisitas baja, $E_s = 2.10^5 \text{ Mpa}$
- Angka *Poisson's ratio*, $\nu = 0,3$

- Berat jenis bahan, $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

3. Faktor Reduksi Kekuatan

Angka faktor reduksi kekuatan yang digunakan adalah nilai faktor reduksi untuk keperluan evaluasi struktur sesuai SNI 03-2847-2002 dengan nilai-nilai sebagai berikut:

- | | |
|---|--------|
| a. Lentur, tanpa beban aksial | = 0,90 |
| b. Tarik aksial dan tarik aksial dengan lentur | = 0,90 |
| c. Tekan aksial dan tekan aksial dengan lentur
(Komponen dengan tulangan spiral) | = 0,70 |
| d. Tekan aksial dan tekan aksial dengan lentur
(Komponen lain) | = 0,65 |
| e. Geser dan/atau puntir | = 0,75 |
| f. Tumpuan pada beton | = 0,65 |

4. Analisis Struktur Portal Beton Bertulang Tiga Dimensi

Dalam analisis struktur untuk mengetahui kelayakan/keamanan struktur secara keseluruhan pada bangunan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

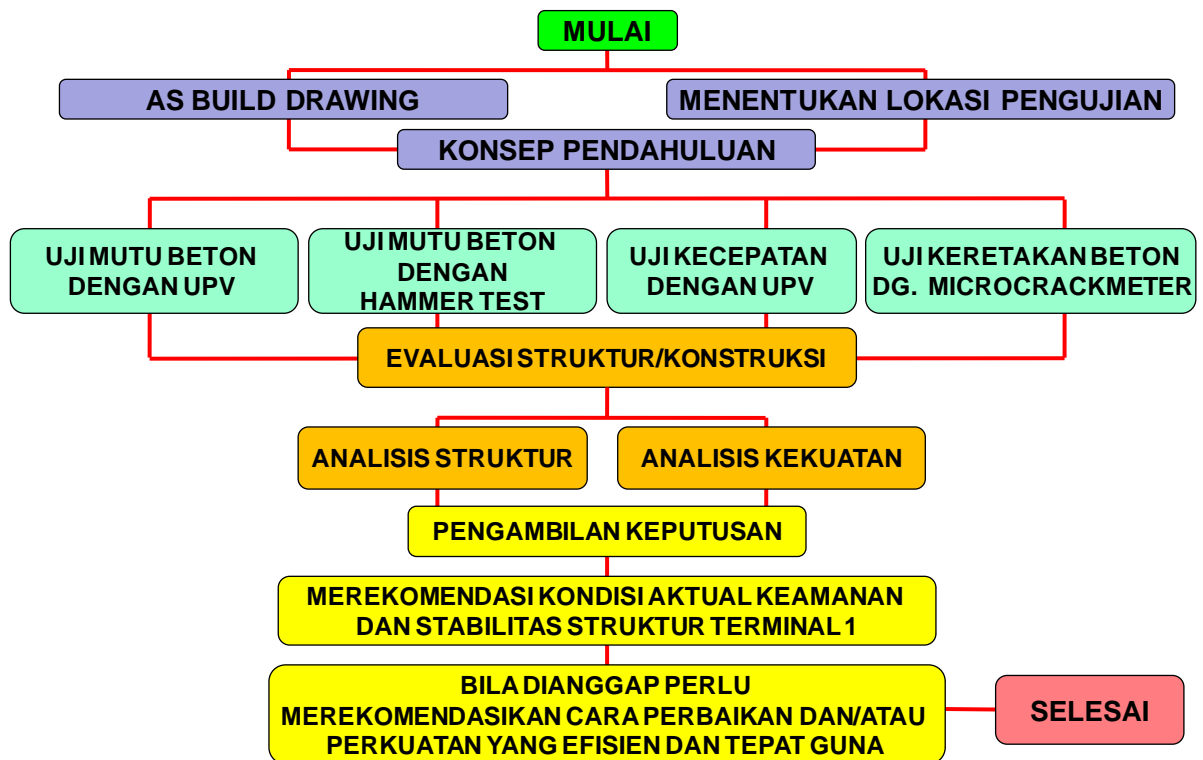
- Permodelan struktur 3 dimensi dilakukan dengan program komputer (SAP2000);
- Elemen balok dan kolom dimodelkan sebagai elemen *frame*;
- Plat lantai sebagai beban pada balok-balok induk dihitung tersendiri dengan SAP2000;
- Beban atap dilimpahkan sebagai beban titik pada kolom dan balok;
- Tumpuan (fondasi) telapak/footplat dimodelkan sebagai tumpuan jepit, yaitu tumpuan yang mampu menahan beban dan momen dari berbagai arah beban (x, y, dan z);
- Beban gempa dihitung berdasarkan peraturan standart gempa SNI 03-1726-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung ;
- Dinding batu bata dibebankan sebagai beban merata pada balok-balok;
- Pembebanan mati dan hidup mengacu pada peraturan pembebanan SKBI 1.3.53.1987 tentang Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung.

5. Evaluasi Kekuatan/Keamanan Elemen Struktur

Perhitungan kapasitas momen elemen balok dan kolom dilakukan dengan program SAP-2000. Kapasitas Momen elemen struktur ini dibandingkan dengan Momen yang harus ditahan akibat berbagai kombinasi beban. Jika kapasitas lebih besar dibandingkan dengan Momen yang harus ditahan maka dikatakan elemen struktur aman, sedangkan jika kapasitas lebih kecil dibandingkan dengan Momen yang harus ditahan maka dikatakan elemen struktur tidak aman. Elemen struktur yang dinyatakan kurang/tidak aman perlu dilakukan perbaikan/perkuatan agar bangunan dapat diteruskan penggunaannya.

E. METODOLOGI

Metoda pelaksanaan pekerjaan digambarkan pada bagan alir yang tergambar pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Metode Pelaksanaan Evaluasi Struktur

Tahapan pelaksanaan yang dilakukan dalam evaluasi ini berupa pengujian lapangan, analisis struktur dan analisis kekuatan. Adapun tahapan kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengamatan secara visual (*Visual Check*), baik dengan mata telanjang maupun dengan bantuan kamera dan pemeriksaan kerusakannya, khususnya retak-retak. Investigasi cacat struktur yang lain seperti keropos, berlubang, mengelupas dan sebagainya. Kegiatan ini dilakukan terutama terhadap komponen yang berfungsi memikul beban-beban, baik beban vertikal maupun beban horizontal. Hasil dari kegiatan ini berupa penggambaran pola-pola keretakan pada elemen balok struktur "*Crack Pattern*".
2. Pemeriksaan (review) pada gambar-gambar yang ada, yaitu berupa "*as build drawing*" (gambar realisasi pelaksanaan). Review ini dimaksudkan untuk mendapatkan dimensi struktur beton bertulang yang terpasang dilapangan, termasuk dimensi tulangnya. Disamping itu untuk mendapatkan informasi kuat tekan betonnya dan kuat tarik tulangnya. Hasil yang didapat digunakan sebagai pembanding dengan kondisi eksisting lapangan dan sebagai bahan masukan/input dalam evaluasi struktur.
3. Pengujian mutu bahan dengan cara *non destructive test* (uji tanpa merusak). Untuk pengujian beton digunakan alat *Schmidt Rebound Hammer* (gambar 2) dan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) (gambar 3). Pengujian jumlah dan diameter baja tulangan terpasang dengan menggunakan alat *Rebar Locator* (gambar 6). Pengukuran lebar retak struktur beton dengan menggunakan alat *microcrackmeter*.
4. Pengukuran geometri struktur bangunan dengan menggunakan alat *Meteran*. Kegiatan pengukuran ini berupa pengamatan atas dimensi struktur beton bertulang yang terpasang dilapangan. Kondisi ini dilakukan jika gambar *as build drawing* kurang lengkap atau tidak jelas, maka untuk mendapatkan informasi yang akurat tentang kondisi eksisting struktur, dilakukan pengukuran langsung dilapangan. Hasil dari kegiatan ini berupa denah struktur, panjang bentang balok, dimensi balok, dimensi kolom, dimensi plat lantai dan tinggi antar tingkat.
5. Analisis struktur dalam rangka evaluasi kelayakan struktur yang didasarkan pada

ukuran dan kondisi eksisting yang ada, untuk mendapatkan gaya-gaya dalam akibat berbagai kombinasi pembebanan. Alat yang digunakan adalah komputer yang telah dilengkapi dengan *software* analisis struktur dalam bentuk program SAP2000. Pada tahap kegiatan ini dilakukan analisis struktur dengan mengacu pada gambar-gambar *as build drawing* dan hasil data pengujian geometri di lapangan.

6. Berdasarkan hasil analisis struktur dan review gambar, dilakukan kontrol kekuatan elemen kolom, balok, dan plat lantai yang berfungsi sebagai rangka pemikul beban-beban yang bekerja.
7. Rekomendasi penanganan agar bangunan secara struktural bisa berfungsi dan bisa diteruskan penggunaannya, bila dianggap perlu.

F. PELAKSANAAN PENGUJIAN

1. Peralatan Pengujian

Peralatan yang dipergunakan di dalam pengujian ini diantaranya adalah Alat :

- a. *Ultrasovic Pulse Velocity* (UPV), seperti tergambar pada gambar 2.
- b. Hammer Test, seperti tergambar pada gambar 3.
- c. Meteran, seperti tergambar pada gambar 4.
- d. *Microcrakmeter*, seperti tergambar pada gambar 5.
- e. *Rebar Locator*, seperti tergambar pada gambar 6.

2. Data Teknis Bangunan

- a. Nama bangunan : Terminal 1 (1A, 1B,dan 1C)
- b. Lokasi : Bandar Udara Soekarno-Hatta, Tangerang-Banten
- c. Pengelola : Angkasa Pura II
- d. Tahun pembangunan : 1985
- e. Fungsi : Terminal keberangkatan dan kedatangan
- f. Jenis konstruksi : Struktur beton bertulang



Gambar 2. Alat *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)



Gambar 3. Hammer Test



Gambar 4. Alat *Meteran Digital*

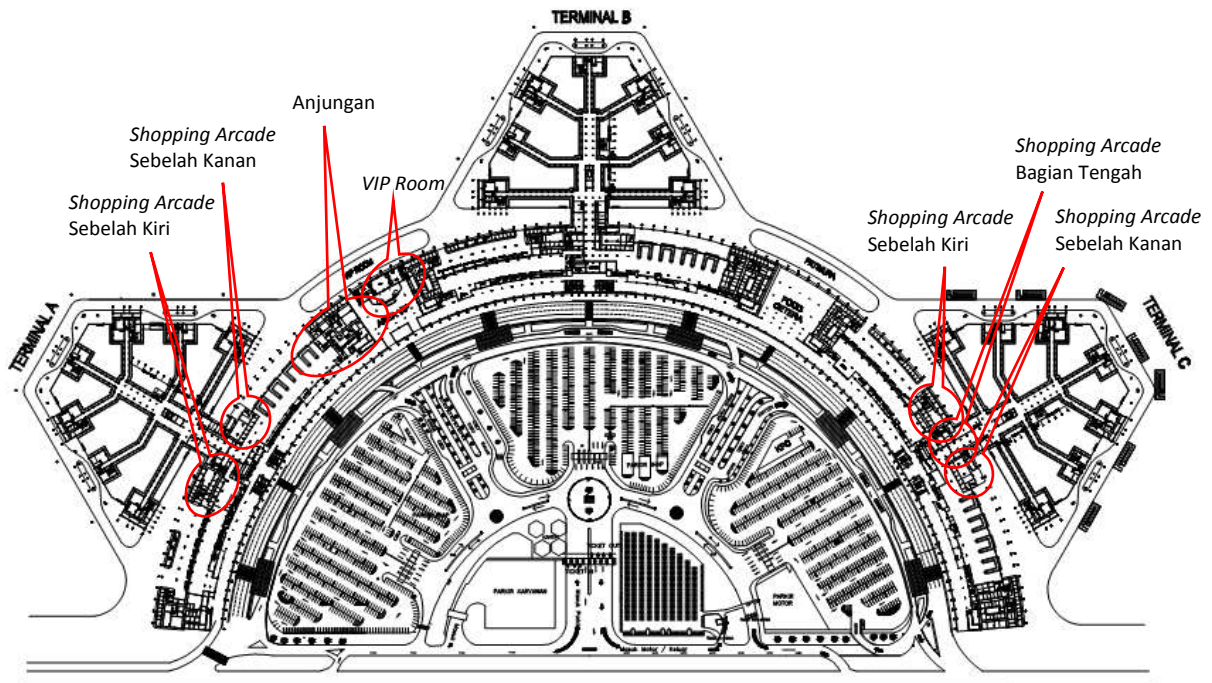


Gambar 5. *Microcrakmeter*



Gambar 6. Alat *Rebar Locator*

Denah Bangunan Terminal 1 Bandar Udara Soekarno-Hatta dan lokasi pengujian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Denah Bangunan Terminal 1

Area yang diuji untuk setiap lokasi (gambar 7) dijelaskan sebagai berikut :

- a. Terminal 1A *Shopping Arcade* Sebelah Kiri (As 08 sampai dengan As 10, seperti terlihat pada Gambar 15), Area : *Breakdown, Check In Counter, Passenger Service Charge* (PSC) dan Lobby Keberangkatan.
- b. Terminal 1A *Shopping Arcade* Sebelah Kanan (As 19 sampai dengan As 21, seperti terlihat pada Gambar 16), Area : *Breakdown, Baggage Claim*, dan Lobby Kedatangan.
- c. Terminal 1A Anjungan (As 21 sampai dengan As 27, seperti terlihat pada Gambar 17, Gambar 18, dan Gambar 19).
- d. Terminal 1B *VIP Room* (As 27 sampai dengan As 30, seperti terlihat pada Gambar 20).
- e. Terminal 1C *Shopping Arcade* Sebelah Kiri (As 64 sampai dengan As 66, seperti terlihat pada Gambar 21), Area : *Breakdown, Check In Counter, Passenger Service Charge* (PSC) dan Lobby Keberangkatan.
- f. Terminal 1C *Shopping Arcade* Bagian Tengah (As 66 sampai dengan As 75, seperti terlihat pada Gambar 23), Area : Koridor.
- g. Terminal 1C *Shopping Arcade* Sebelah Kanan (As 75 sampai dengan As 77 seperti terlihat pada Gambar 22), Area : *Breakdown, Baggage Claim*, dan Lobby Kedatangan.

3. Hasil Pengamatan Visual/*Visual Check*

Langkah awal yang dilakukan pada pemeriksaan visual di lapangan adalah memeriksa kondisi bangunan secara keseluruhan dan kondisi komponen struktur terpasang. Berdasarkan hasil pengamatan visual terhadap Struktur/Konstruksi Gedung Terminal 1A, B, & C Bandara Soekarno-Hatta didapatkan data-data sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

4. Data *Crack Pattern*

Retak (cracks) adalah pecah pada beton dalam garis-garis yang relatif panjang dan sempit. Retak pada beton dapat ditimbulkan oleh berbagai sebab, salah satu diantaranya adalah retak yang terjadi karena pembebanan pada struktur. Salah satu tingkat kerusakan akibat retak yang sudah mengarah ke kerusakan struktural dan sifatnya parah adalah retak pada bagian komponen balok struktur.

Berdasarkan hasil data pengamatan visual di lapangan, dapat dilihat bahwa hampir keseluruhan retak balok arahnya vertikal (bukan retak miring sebagai indikasi kerusakan geser), tetapi pola keretakan yang mengarah pada keretakan lentur murni. Lebar retakan ada yang kurang dari 0,3 mm, tetapi ada juga di beberapa tempat yang lebar retakannya melebihi 0,3 mm hingga mencapai 0,5 mm (di Terminal 1A : Anjungan, gambar 9), bahkan ada yang mencapai 2,08 mm (di Terminal 1C : Shopping Arcade Sebelah Kiri, gambar 8). Pada kolom juga ada yang retak, seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 8. Retak pada Balok di Terminal 1C *Shopping Arcade* Sebelah Kiri Area *Breakdown*



Gambar 9. Retak pada Balok di Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri Area *Breakdown*



Gambar 10. Retak pada kolom Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri Area *Breakdown*

Tabel 1. Hasil Pengamatan Visual Secara Keseluruhan

No.	Lokasi Bangunan	Hasil Pengamatan
1.	Terminal 1A <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kiri : <i>Breakdown, Check In Counter, Passenger Service Charge (PSC)</i> dan <i>Lobby</i> Keberangkatan. (As 08 sampai dengan As 10, Gambar 15).	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan terdiri atas satu blok dua lantai • Kondisi plat lantai masih utuh • Kondisi kolom ada yang terkelupas selimut betonnya (di <i>Area Breakdown</i>) • Balok ada yang mengalami lendutan dan retak rambut (di <i>Area Breakdown</i>) • Terdapat tambahan partisi (di lantai 2 <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kiri)
2.	Terminal 1A <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kanan : <i>Breakdown, Baggage Claim</i> , dan <i>Lobby</i> Kedatangan. (As 19 sampai dengan As 21, Gambar 16)	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan terdiri atas satu blok dua lantai • Kondisi kolom dan plat lantai masih utuh • Balok mengalami lendutan dan pengelupasan selimut beton (di <i>Area Breakdown</i>) • Terdapat tambahan penebalan plat lantai (di lantai 2 <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kanan)
3.	Terminal 1A : Anjungan (As 21 sampai dengan As 27, Gambar 17, Gambar 18, dan Gambar 19)	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan terdiri atas satu blok dua lantai • Kondisi kolom dan plat lantai masih utuh • Balok mengalami lendutan dan retak rambut (di <i>Area Breakdown</i>)
4.	Terminal 1B : <i>VIP Room</i> (As 27 sampai dengan As 30, Gambar 20)	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan terdiri atas satu blok dua lantai • Kondisi kolom dan plat lantai masih sempurna • Terjadi retakan non struktural pada samping pintu masuk
5.	Terminal 1C <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kiri : <i>Breakdown, Check In Counter, Passenger Service Charge (PSC)</i> dan <i>Lobby</i> Keberangkatan. (As 64 sampai dengan As 66, Gambar 21).	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan terdiri atas satu blok dua lantai • Kondisi kolom dan plat lantai masih utuh • Balok mengalami lendutan (di <i>Area Breakdown</i>) • Retakan pada balok relatif lebar (di <i>Area Breakdown</i>) • Terjadi pengelupasan pada bagian balok (di <i>Area Breakdown</i>) • Pernah dilakukan perbaikan dengan CFRP (<i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i>) (di <i>Area Breakdown</i>)
6.	Terminal 1C <i>Shopping Arcade</i> Bagian Tengah : Koridor (As 66 s/d. As 75, Gambar 23).	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan terdiri atas satu blok dua lantai • Kondisi kolom dan plat lantai masih utuh
7.	Terminal 1C <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kanan : <i>Breakdown, Baggage Claim</i> , dan <i>Lobby</i> Kedatangan. (As 75 sampai dengan As 77, Gambar 22).	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan terdiri atas satu blok dua lantai • Kondisi kolom dan plat lantai masih utuh • Balok mengalami lendutan dan retak rambut (di <i>Area Breakdown</i>) • Pernah dilakukan perbaikan dengan CFRP (<i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i>) (di <i>Area Baggage Claim</i>)

5. Data Geometrik

Data-data geometris elemen-elemen struktur hasil survey di Lapangan dan gambar berdasarkan “*As Build Drawing*” didapatkan seperti ditunjukkan pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 9.

Tabel 2. Data Geometris Kolom-Balok Terminal 1A *Shopping Arcade* Sebelah Kiri (Gambar 15)

No	Nama	Panjang/Tinggi (cm)	Ukuran Penampang (cm)
1	Kolom As 08 dan As 10	450	50/54
2	Kolom As 08', 09, dan 09'	450	50/110
3	Balok Induk	1018	50x150
4	Balok Anak	4310	20/100
5	Plat Lantai	Tebal 11	

Tabel 3. Data Geometris Kolom-Balok Term. 1A *Shopping Arcade* Sebelah Kanan (Gambar 16)

No	Nama	Panjang/Tinggi (cm)	Ukuran Penampang (cm)
1	Kolom As 19 dan As 21	450	50/54
2	Kolom As 20', 20, dan 21'	450	50/110
3	Balok Induk	1018	50x150
4	Balok Anak	4310	20/100
5	Plat Lantai	Tebal 11	

Tabel 4. Data Geometris Kolom-Balok Terminal 1A Anjungan (Gambar 17, 18, dan 19)

No	Nama	Panjang/Tinggi (cm)	Ukuran Penampang (cm)
1	Kolom As 21, 23, 25, dan As 27	450	50/54
2	Kolom As 22', 22, 23', 24', 24, 25', 26', 26 & 27'	450	50/110
3	Balok Induk	1018	50x150
4	Balok Anak	4310	20/100
5	Plat Lantai	Tebal 11	

Tabel 5. Data Geometris Kolom - Balok Terminal 1 B *VIP Room* (Gambar 20)

No	Nama	Panjang/Tinggi (cm)	Ukuran Penampang (cm)
1	Kolom As 27 dan As 30	450	50/54
2	Kolom As 28', 28 dan 29	450	50/110
3	Balok Induk	1018	50x150
4	Balok Anak	1310	20/100
5	Plat Lantai	Tebal 11	

Tabel 6. Data Geometris Kolom - Balok Terminal 1 C *Shopping Arcade* Sebelah Kiri (Gambar 21)

No	Nama	Panjang/Tinggi (cm)	Ukuran Penampang (cm)
1	Kolom As 64 dan As 66	450	50/54
2	Kolom As 64', 65, dan 65'	450	50/110
3	Balok Induk	1018	50x150
4	Balok Anak	4310	20/100
5	Plat Lantai	Tebal 11	

Tabel 7. Data Geometris Kolom - Balok Terminal 1 C Bagian Tengah Area Koridor (Gambar 23)

No	Nama	Panjang/Tinggi (cm)	Ukuran Penampang (cm)
1	Kolom As 66, 68, 70, 71, 73 dan 75	450	70/70
2	Balok Induk	1018	50x150
3	Balok Anak	4310	20/100
4	Plat Lantai	Tebal 11	

Tabel 8. Data Geometris Kolom - Balok Term. 1 C *Shopping Arcade* Sebelah Kanan (Gambar 22)

No	Nama	Panjang/Tinggi (cm)	Ukuran Penampang (cm)
1	Kolom As 75 dan As 77	450	50/54
2	Kolom As 76', 76 dan 77'	450	50/110
3	Balok Induk	1018	50x150
4	Balok Anak	4310	20/100
5	Plat Lantai	Tebal 11	

6. Data Pengujian Kualitas Beton Pada Balok Induk dan Kolom

Pengujian kualitas beton telah dilakukan melalui pengujian di lapangan pada bagian elemen-elemen struktur balok dan kolom yang digambarkan pada Gambar 15 s/d. Gambar 23. Pengujian yang dilakukan di lapangan ini adalah menggunakan alat *Schmidt Rebound Hammer Test* dan *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) Test* untuk mengetahui kuat tekan beton dan integritas beton.

Adapun hasil yang didapatkan dari pengujian Kuat Tekan Beton pada balok induk dan kolom dapat dilihat pada Tabel 9, sedangkan hasil yang didapatkan dari pengujian Keseragaman Beton pada balok induk dan kolom dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Kuat Tekan Beton Pada Balok Induk dan Kolom

Lokasi	Kuat Tekan Beton (MPa)						Kuat Tekan Rerata (MPa)
	Hasil Uji UPV			Hasil Uji Hammer			
	Min	Maks	Rerata	Min	Maks	Rerata	
Terminal 1A : <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kiri	8.3	49.8	20.1	16.6	29.7	24.9	22.5
Terminal 1A : <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kanan	8.3	49.8	24.6	23.4	17.2	23.4	24.0
Terminal 1A : Anjungan	8.3	25.1	12.5	16.1	29.4	22.5	17.5
Terminal 1B : <i>VIP Room</i>	8.3	16.8	12.4	18.1	28.7	23.4	17.9
Terminal 1C : <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kiri	8.4	45.7	22.6	10.2	26.3	20.6	21.6
Terminal 1C : <i>Shopping Arcade</i> Bagian Tengah	-	-	-	9.6	29.7	20.0	20.0
Terminal 1C : <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kanan	8.3	37.4	20.8	18.5	28	23.6	22.2

Tabel 10. Keseragaman Beton Pada Balok Induk dan Kolom

Lokasi	Kecepatan (km/s)			Keseragaman
	Minimum	Maksimum	Rerata	
Terminal 1A : <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kiri	3.6	5.0	4.2	Baik
Terminal 1A : <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kanan	3.7	5.4	4.4	Baik
Terminal 1A : Anjungan	3.0	4.5	3.9	Baik
Terminal 1B : <i>VIP Room</i>	3.7	4.3	4.0	Baik
Terminal 1C : <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kiri	3.9	4.8	4.4	Baik
Terminal 1C : <i>Shopping Arcade</i> Sebelah Kanan	2.4	4.7	4.1	Baik

7. Data Pengujian Kualitas Beton Pada Balok Anak dan Plat Lantai

Hasil yang didapatkan dari pengujian Kuat Tekan Beton pada balok anak dan plat lantai dapat dilihat pada Tabel 11, sedangkan hasil yang didapatkan dari pengujian Keseragaman Beton pada balok induk dan kolom dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 11. Kuat Tekan Beton Pada Balok Anak dan Plat Lantai

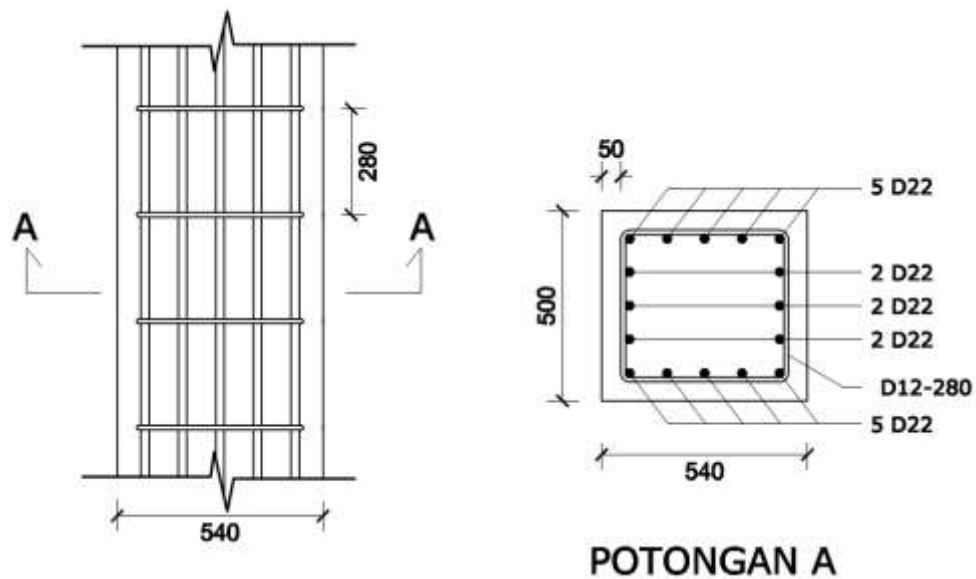
Lokasi	Kuat Tekan Beton (MPa)						Kuat Tekan Rerata (MPa)
	Hasil Uji UPV			Hasil Uji <i>Hammer</i>			
	Min	Maks	Rerata	Min	Maks	Rerata	
Terminal 1A : <i>Area Passenger Service Charge</i>	9.5	15.6	13.6	12.0	15.0	13.5	13.55
Terminal 1A : <i>Area Baggage Claim</i>	16.8	37.4	26.0	24.7	26.8	25.8	25.90
Terminal 1B : <i>Area Passenger Service Charge</i>	-	-	25.1	-	-	25.1	25.10
Terminal 1B : <i>Area Baggage Claim</i>	-	-	25.1	-	-	24.9	25.00
Terminal 1C : <i>Area Passenger Service Charge</i>	8.4	25.1	20.6	17.7	22.1	20.4	20.50
Terminal 1C : <i>Area Baggage Claim</i>	8.3	22.8	13.3	12.1	14.8	13.5	13.40

Tabel 12. Keseragaman Beton Pada Balok Anak dan Plat Lantai

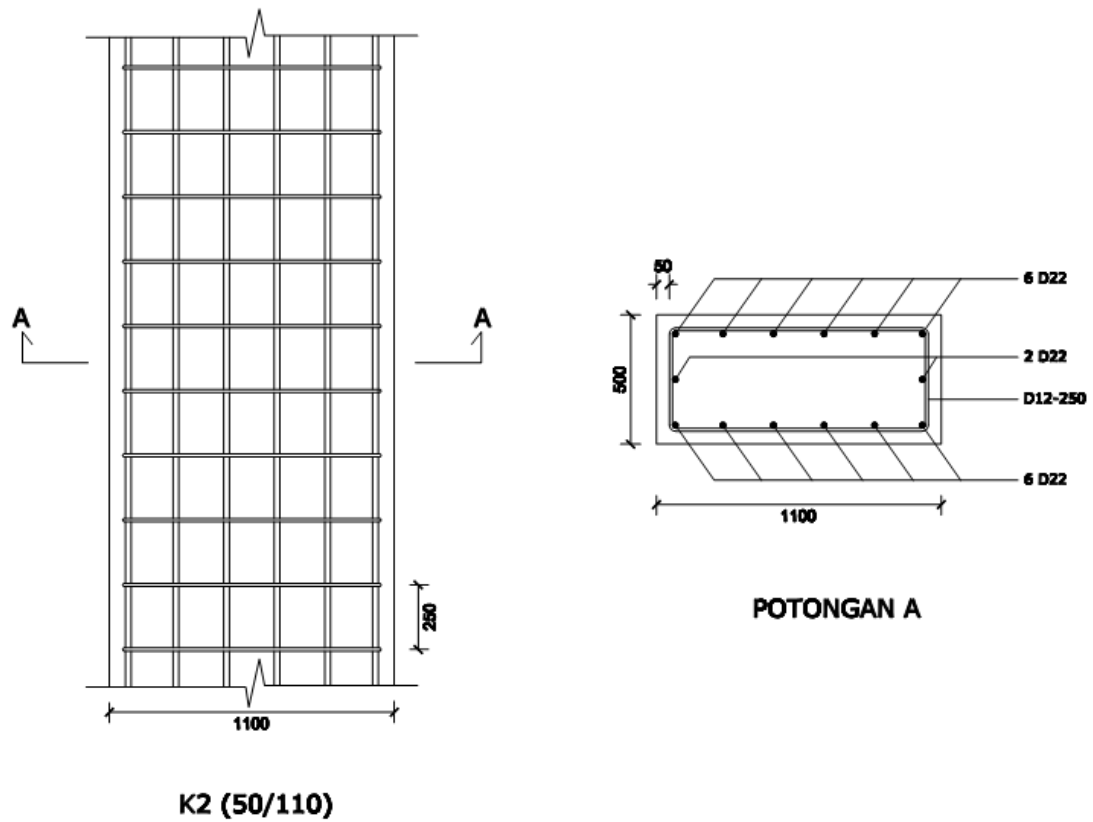
Lokasi	Kecepatan (km/s)			Keseragaman
	Minimum	Maksimum	Rerata	
Terminal 1A : <i>Area Passenger Service Charge</i>	4.0	4.2	4.1	Baik
Terminal 1A : <i>Area Baggage Claim</i>	4.3	4.7	4.5	Baik
Terminal 1B : <i>Area Passenger Service Charge</i>	-	-	4.5	Baik
Terminal 1B : <i>Area Baggage Claim</i>	-	-	4.5	Baik
Terminal 1C : <i>Area Passenger Service Charge</i>	3.9	4.5	4.3	Baik
Terminal 1C : <i>Area Baggage Claim</i>	3.8	4.4	4.1	Baik

8. Data Pengujian Tulangan

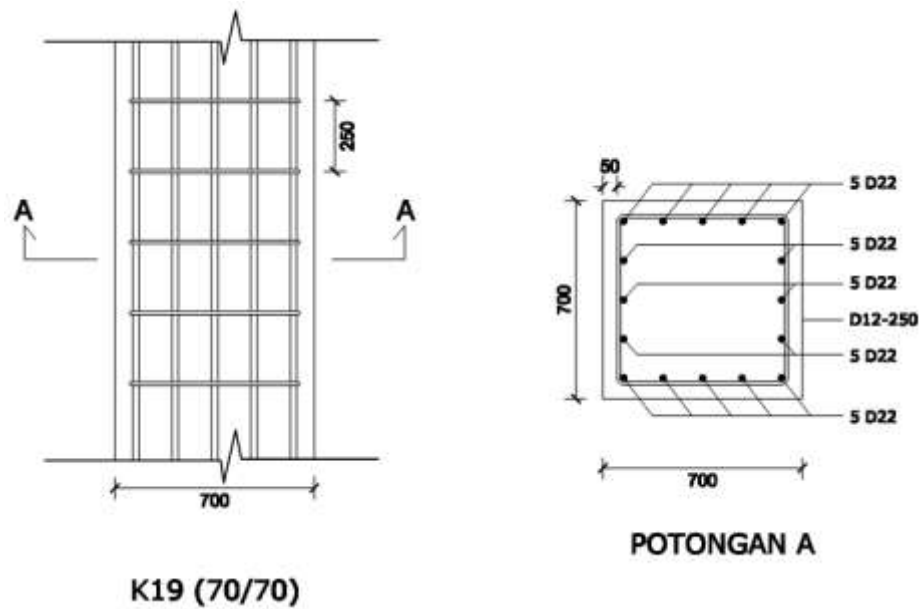
Mutu tulangan dan jumlah tulangan yang dipergunakan dalam evaluasi kekuatan struktur ditentukan berdasar data "*As Build Drawing*", namun karena tidak didapatkannya data dari "*As Build Drawing*", serta tidak diperbolehkannya merusak struktur sehingga kuat leleh baja tulangan diasumsi sebesar 340 MPa, sedangkan jumlah tulangan diuji dengan menggunakan alat *Rebar Locator*. Hasil pengujian jumlah tulangan diperlihatkan pada Gambar 11 sampai dengan Gambar 14.



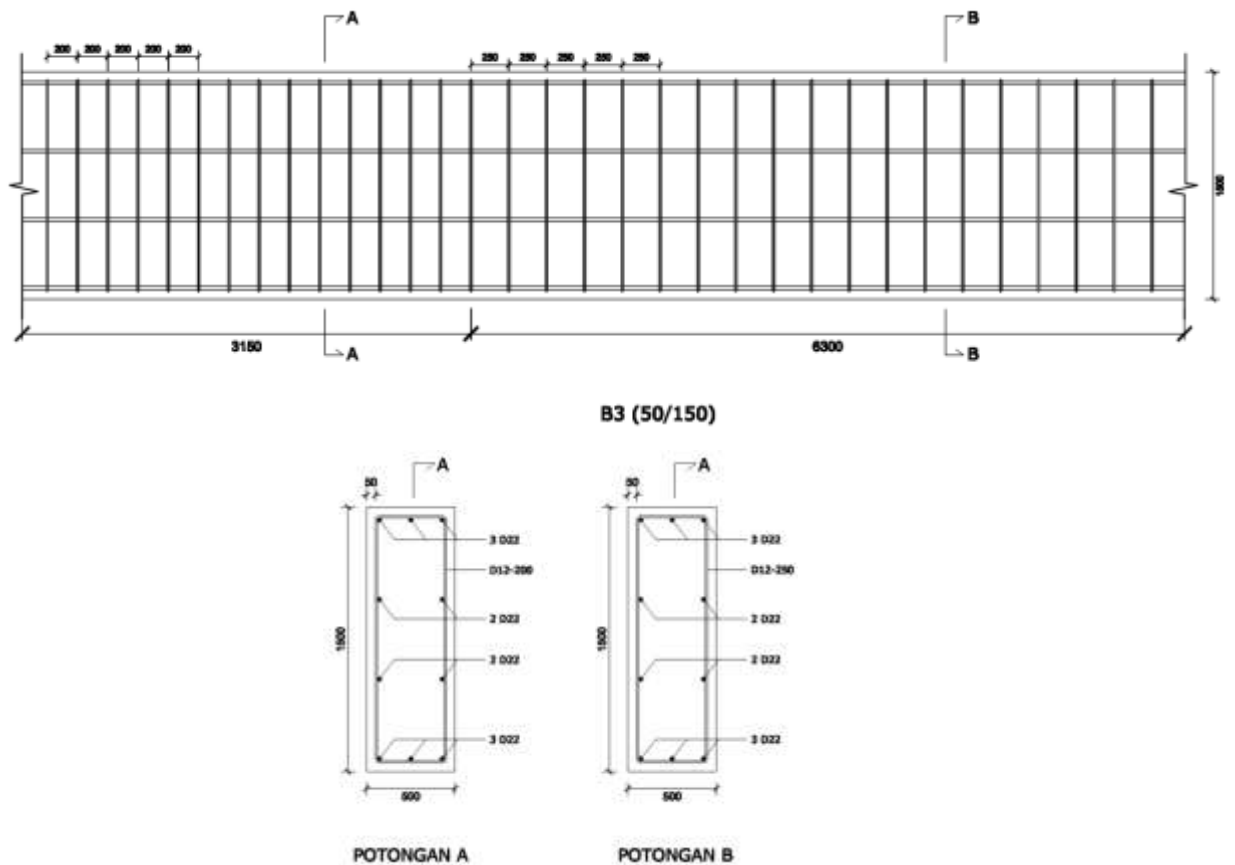
Gambar 11. Penulangan Semua Kolom Yang mempunyai ukuran 50 x 54 (cm)



Gambar 12. Penulangan Semua Kolom Yang mempunyai ukuran 50 x 110



Gambar 13. Penulangan Semua Kolom Yang mempunyai ukuran 70 x 70



Gambar 14. Penulangan Semua Balok Induk 50x150

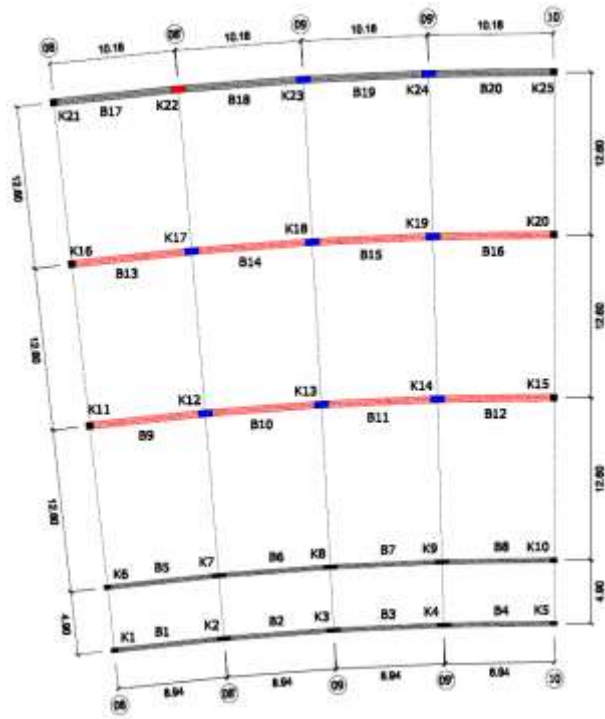
9. Elemen Struktur yang Tidak Aman terhadap Beban

Berdasarkan hasil pengujian di Lapangan, analisis struktur dan perhitungan kekuatan, maka kolom yang tidak aman terhadap beban yang diterimanya, yaitu :

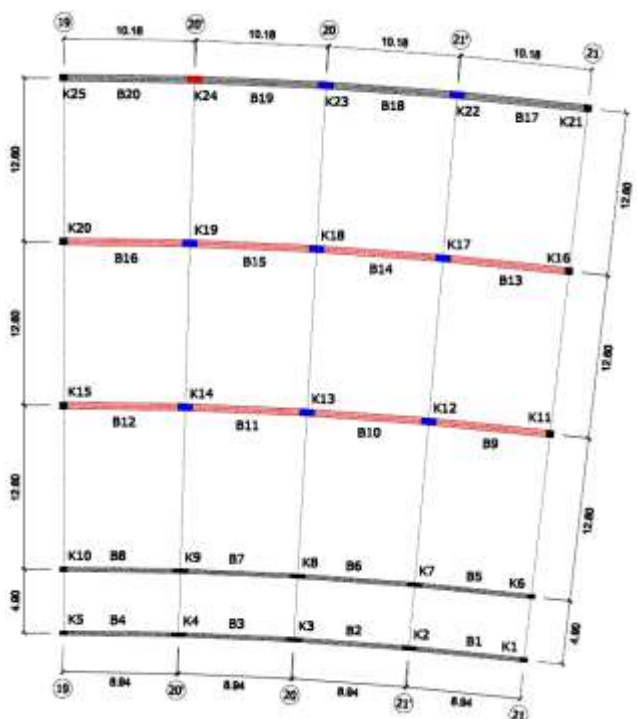
- Kolom K22 (Gambar 15)
- Kolom K24 (Gambar 16)
- Kolom K22, K23, dan K24 (Gambar 19)
- Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 18)
- Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 17)
- K12 dan K14 (Gambar 21)

Berdasarkan hasil pengujian di Lapangan, analisis struktur dan perhitungan kekuatan, maka balok induk yang tidak aman terhadap beban yang diterimanya, yaitu :

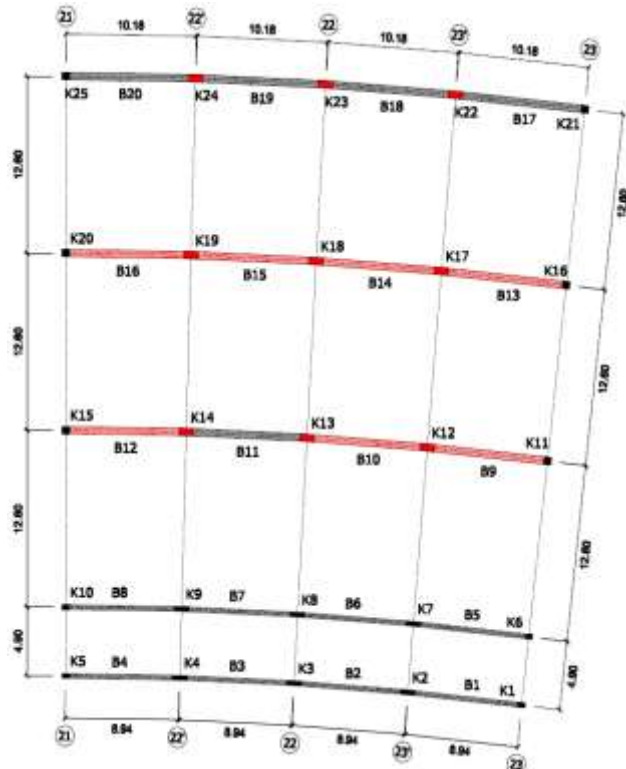
- Balok B9 sampai dengan B16 (Gambar 15).
- Balok B9 sampai dengan B16 (Gambar 16).
- Balok B11, B12, B15 dan B16 (Gambar 19).
- Balok B9 sampai dengan B16 (Gambar 18).
- Balok B9, B10 dan B12 sampai dengan B16 (Gambar 17).
- Balok B4, B7 dan B11 (Gambar 20).
- Balok B12, B13 dan B16 (Gambar 21).
- Balok B9, B13 dan B16 (Gambar 22).
- Balok B1 dan B12 (gambar 21).



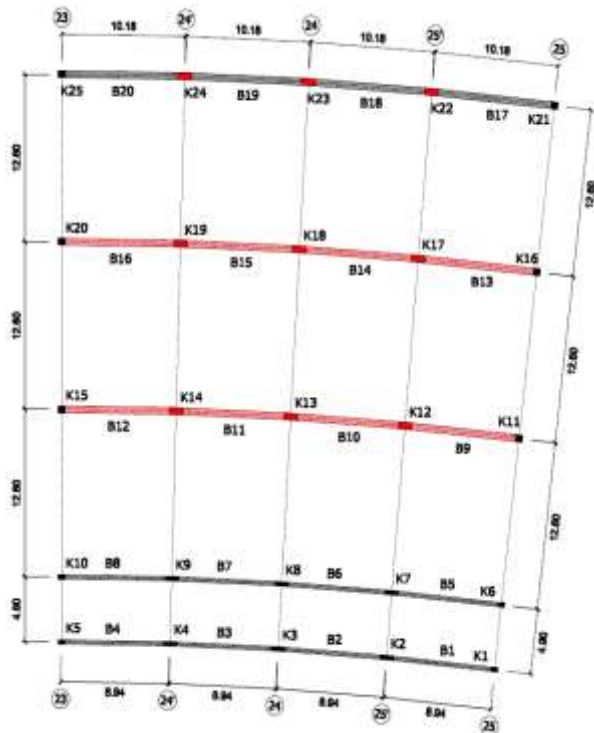
Gambar 15. Lokasi Balok & Kolom Terminal 1A Lantai 1 Sebelah Kiri
 (Area : Breakdown, Passenger Service Charge (PSC) dan Lobby Keberangkatan)



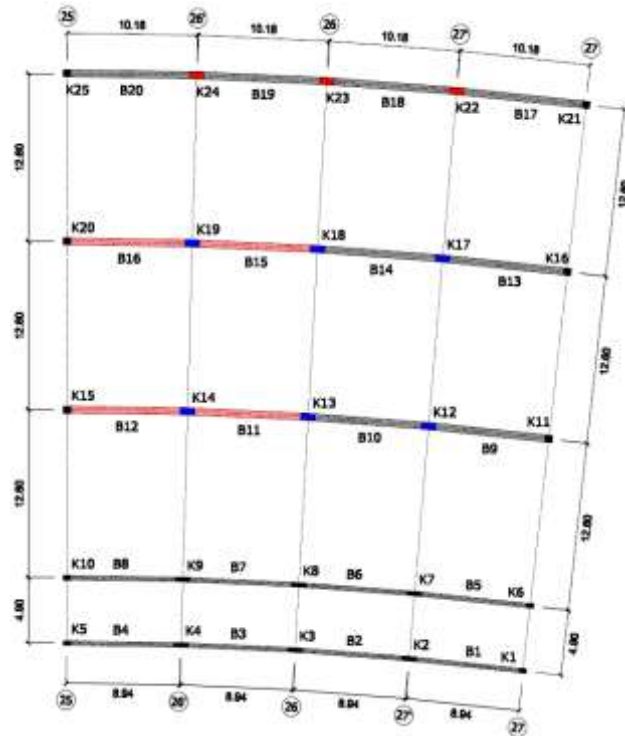
Gambar 16. Lokasi Balok dan Kolom Terminal 1A Lantai 1 Sebelah Kanan
 (Area : Breakdown, Baggage Claim, dan Lobby Kedatangan).



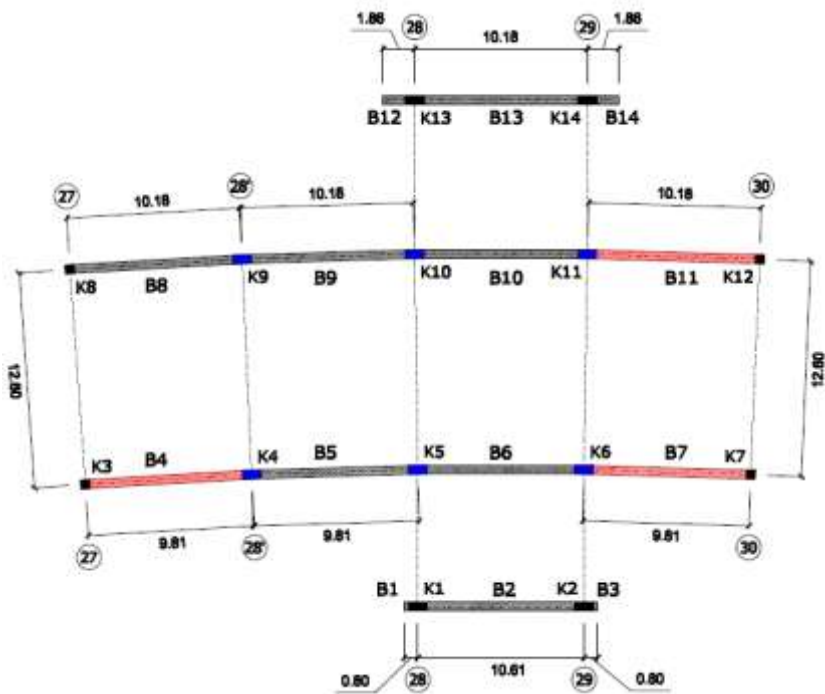
Gambar 17. Lokasi Balok dan Kolom Terminal 1A Anjungan 1 Lantai 1 (Area : Breakdown)



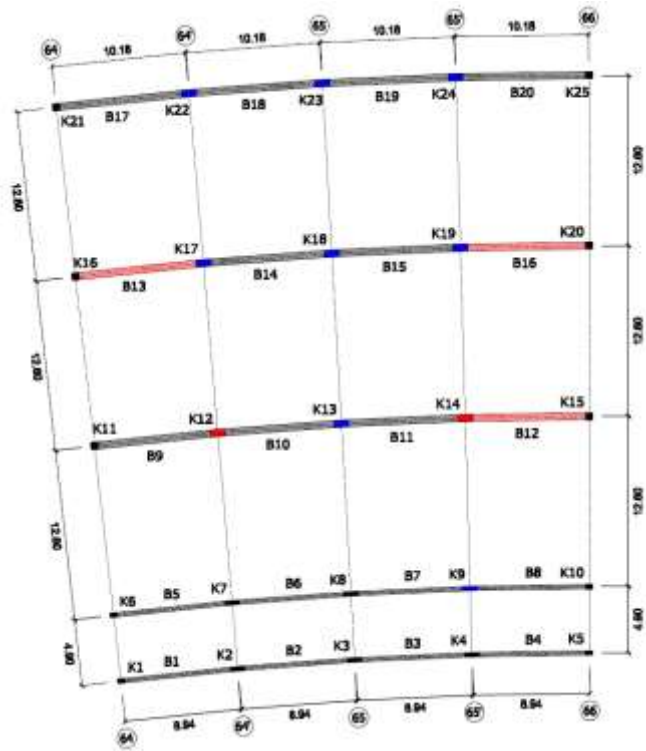
Gambar 18. Lokasi Balok dan Kolom Terminal 1A Anjungan 2 Lantai 1 (Area : Breakdown)



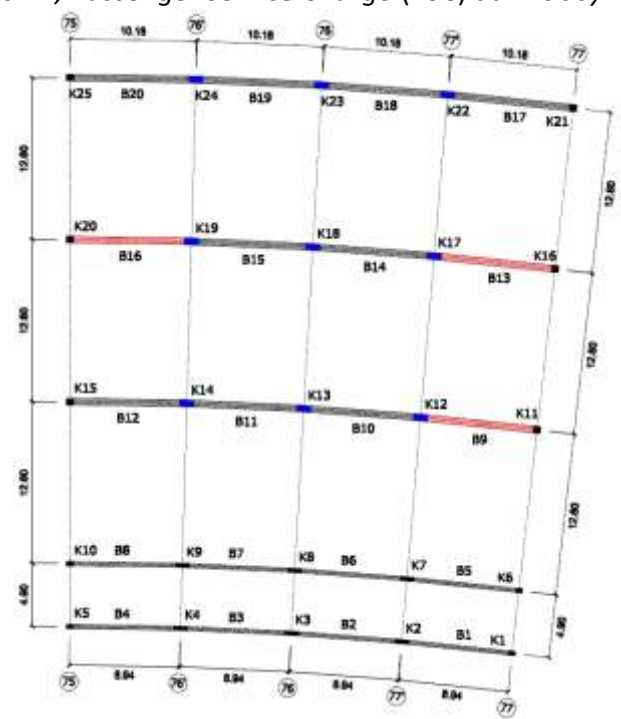
Gambar 19. Lokasi Balok dan Kolom Terminal 1A Anjungan 3 Lantai 1 (Area : Breakdown)



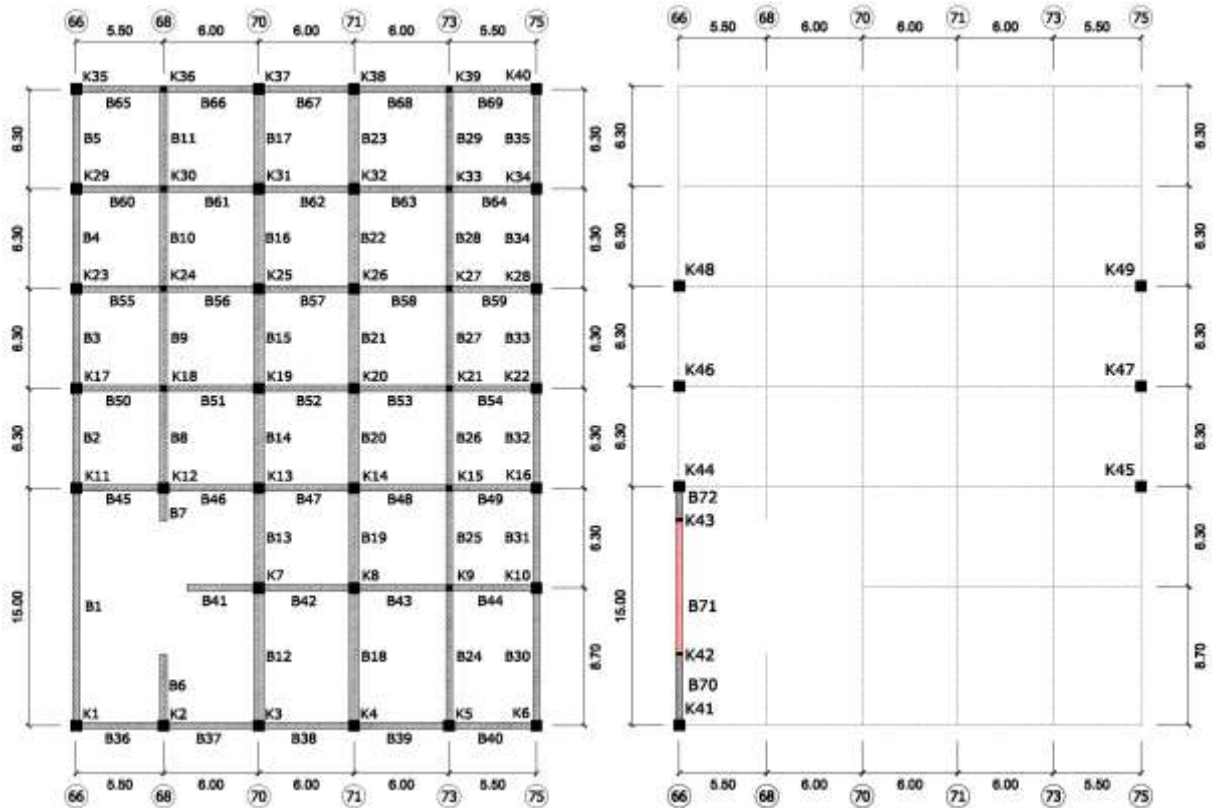
Gambar 20. Lokasi Balok dan kolom Terminal 1B VIP (Area : Breakdown)



Gambar 21. Lokasi Balok dan kolom Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kiri (Area : Breakdown, Passenger Service Charge (PSC) dan Lobby Keberangkatan)



Gambar 22. Lokasi Balok dan kolom Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kanan (Area : Breakdown, Baggage Claim, dan Lobby Kedatangan).



Gambar 23. Lokasi Balok & kolom Terminal 1C *Shopping Arcade* Bagian Tengah (*Area Koridor*)

G. KESIMPULAN DAN SARAN

1. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan visual di lapangan, pengujian kualitas bahan melalui pengujian di lapangan, serta hasil analisis struktur dengan menggunakan program SAP2000 pada Bangunan Gedung Terminal 1A, B & C Bandara Soekarno Hatta ini, maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian kecepatan dengan alat UPV menunjukkan bahwa kondisi keseragaman beton pada kolom, balok induk, balok anak dan plat lantai dalam kondisi baik.
2. Berdasarkan *displacement* (lendutan) hasil analisis struktur pada balok induk, balok anak dan plat lantai dalam kondisi aman.

3. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan alat UPV maupun Hammer bahwa struktur Anjungan Terminal 1A dan VIP Room Terminal 1B tidak memenuhi persyaratan untuk bangunan tahan gempa, sebagaimana yang disebutkan pada SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
4. Berdasarkan dari hasil perhitungan kekuatan kolom, ada kolom yang mampu menahan beban dan ada kolom yang tidak mampu menahan beban yang diterimanya, namun masih dalam batas faktor keamanan. Disamping itu ada kolom yang tidak mampu menahan beban dan sudah diluar batas faktor keamanan, diantaranya adalah :
 - Kolom K22 (Gambar 15).
 - Kolom K24 (Gambar 16).
 - Kolom K22, K23, dan K24 (Gambar 19).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 18).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 17).
 - K12 dan K14 (Gambar 21).
5. Kolom yang tidak mampu menahan beban, namun masih didalam batas faktor keamanan, diantaranya adalah :
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K23, dan K24 (Gambar 15).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, dan K23 (Gambar 16).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, dan K19 (Gambar 17).
 - Kolom K4, K5, K6, K9, K10 dan K11 (Gambar 20).
 - Kolom K13, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 21).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 22).
6. Berdasarkan dari hasil perhitungan kekuatan balok, terdapat balok yang tidak mampu menahan beban yaitu :
 - Balok B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15 dan B16 (Gambar 15).
 - Balok B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15 dan B16 (Gambar 16).
 - Balok B11, B12, B15 dan B16 (Gambar 19).

- Balok B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15 dan B16 (Gambar 18).
- Balok B9, B10 dan B12, B13, B14, B15 dan B16 (Gambar 17).
- Balok B4, B7 dan B11 (Gambar 20).
- Balok B12, B13 dan B16 (Gambar 21).
- Balok B9, B13 dan B16 (Gambar 22).
- Balok B71 (Gambar 23).

2. SARAN

Memperhatikan hasil Evaluasi yang telah dilakukan dan keterbatasan kajian, di dalam penelitian ini disarankan sebagai berikut :

1. Pada kolom dan balok-balok yang mengalami keretakan, segera dilakukan perbaikan dengan menutup keretakan tersebut dengan injeksi/grouting.
2. Pada kolom dan balok-balok yang tidak mampu menahan beban segera dilakukan perbaikan/perkuatan, salah satu alternatif yang dapat dipergunakan yaitu CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*).
3. Kolom yang sebaiknya segera dilakukan perbaikan dengan CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*), yaitu :
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 15).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 16).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 19).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 18).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 17).
 - Kolom K4, K5, K6, K9, K10 dan K11 (Gambar 20).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 21).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 22).
4. Kolom yang sebaiknya segera dilakukan injeksi/grouting, yaitu :
 - Kolom K23 dan K24 (Gambar 15)

5. Balok yang sebaiknya segera dilakukan perbaikan dengan CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) dan injeksi/grouting, yaitu :
 - Balok B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15 dan B16 (Gambar 15).
 - Balok B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15 dan B16 (Gambar 16).
 - Balok B9, B10 dan B12, B13, B14, B15 dan B16 (Gambar 17).
 - Balok B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15 dan B16 (Gambar 18).
 - Balok B11, B12, B15 dan B16 (Gambar 19).
 - Balok B4, B7 dan B11 (Gambar 20).
 - Balok B12, B13 dan B16 (Gambar 21).
 - Balok B9, B13 dan B16 (Gambar 22).
 - Balok B71 (Gambar 23).
6. Kajian terhadap pemilihan bahan pada alternatif perkuatan struktur didalam evaluasi ini masih terbatas pada aspek kekuatan, aspek kemudahan pelaksanaan, aspek waktu, dan aspek lingkungan selama proses pelaksanaan. Dalam alternatif perkuatan struktur ini belum melakukan peninjauan secara lebih mendalam dari aspek biaya, padahal aspek biaya inilah yang nantinya akan memegang peranan penting dalam pelaksanaan rehabilitasi/perkuatan ini selanjutnya.
7. Pemakaian alat *Rebar Locator*, sebagai alat pendeteksi tulangan, hanya mampu mendeteksi tulangan lapis terluar, sehingga jika dalam satu elemen struktur terdapat dua lapis tulangan maka tulangan bagian dalam tidak akan terbaca oleh alat pendeteksi ini. Jika dilain waktu ditemukan "*as build drawing*" yang lebih lengkap atau dilakukan pengujian dengan alat yang lebih sempurna, dan ditemukan adanya tulangan dalam, maka hasil kekuatannya akan berubah, dan cenderung lebih kuat karena tulangan yang diperhitungkan lebih banyak.

H. REKOMENDASI

1. Balok dan Kolom yang masih aman dan tidak diperlukan perbaikan/perkuatan, diantaranya adalah :

- Balok B1 s/d. B8 dan B17 s/d. B20 (Gambar 15).
- Kolom K1 s/d. K11, K15, K16, K20, K21 dan K25 (Gambar 15).
- Balok B1 s/d. B8 dan B17 s/d. B20 (Gambar 16).
- Kolom K1 s/d. K11, K15, K16, K20, K21 dan K25 (Gambar 16).
- Balok B1 s/d. B8, B11 dan B17 s/d. B20 (Gambar 17).
- Kolom K1 s/d. K11, K15, K16, K20, K21 dan K25 (Gambar 17).
- Balok B1 s/d. B8 dan B17 s/d. B20 (Gambar 18).
- Kolom K1 s/d. K11, K15, K16, K20, K21 dan K25 (Gambar 18).
- Balok B1 s/d. B10, B13, B14 dan B17 s/d. B20 (Gambar 19).
- Kolom K1 s/d. K11, K15, K16, K20, K21 dan K25 (Gambar 19).
- Balok B1 s/d. B3, B4, B5, B8 s/d. B10 dan B12 s/d. B14 (Gambar 20).
- Kolom K1 s/d. K3, K7, K8, dan K12 s/d, K14 (Gambar 20).
- Balok B1 s/d. B11, B14, B15 dan B17 s/d. B20 (Gambar 21).
- Kolom K1 s/d. K11, K15, K16, K20, K21 dan K25 (Gambar 21).
- Balok B1 s/d. B12, B14, B15, dan B17 s/d. B20 (Gambar 22).
- Kolom K1 s/d. K11, K15, K16, K20, K21 dan K25 (Gambar 22).
- Balok B1 s/d. B70, dan B72 (Gambar 23).
- Kolom K1 s/d. K49 (Gambar 23).

2. Balok dan Kolom yang tidak aman dan perlu dilakukan perbaikan/perkuatan, diantaranya adalah :

- Balok B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15 dan B16 (Gambar 15).
- Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 15).
- Balok B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15 dan B16 (Gambar 16).
- Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 16).

- Balok B9, B10 dan B12, B13, B14, B15 dan B16 (Gambar 17).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 17).
 - Balok B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15 dan B16 (Gambar 18).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 18).
 - Balok B11, B12, B15 dan B16 (Gambar 19).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 19).
 - Balok B4, B7 dan B11 (Gambar 20).
 - Kolom K4, K5, K6, K9, K10 dan K11 (Gambar 20).
 - Balok B12, B13 dan B16 (Gambar 21).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 21).
 - Balok B9, B13 dan B16 (Gambar 22).
 - Kolom K12, K13, K14, K17, K18, K19, K22, K23, dan K24 (Gambar 22).
 - Balok B71 (Gambar 23).
3. Jumlah Lapis CFRP untuk balok dan kolom di lampirkan pada Lampiran V.
4. Spesifikasi Material CFRP yang Dipergunakan Untuk Perbaikan berupa *fiber carbon* dan *Epoxy*. Sifat *fiber carbon* dalam kondisi kering yang digunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- *Tensile Strength* 3,79 GPa
- *Tensile Modulus* 230 GPa
- *Ultimate elongation* 1,7 %
- *Density* 1,74 g/cm³

Sifat Bahan composite carbon harus memenuhi syarat sebagai berikut :

Property	ASTM	Typical test value	Design value
Ultimate tensile strength in primary fiber direction (MPa)	D-3039	1062	903
Elongation at break (%)	D-3039	1,05	1,05
Tensile Modulus (GPa)	D-3039	102	86,9
Ultimate tensile strength 90 degrees to primary fiber(MPa)	D-3039	0	0

Sifat *Epoxy* yang dipergunakan pada composite CFRP harus memenuhi syarat sebagai berikut :

Property	ASTM Method	Typical test value
Tensile strength	ASTM D-638	72,4 MPa
Tensile Modulus	ASTM D-638	3,18 GPa
Elongation	ASTM D-638	5,0 %
Flexural Strength	ASTM D-790	123,4 MPa

5. Spesifikasi Material Injeksi yang Dipergunakan Untuk Perbaikan berupa *Sealant* dan *Epoxy Resin*. Persyaratan *Epoxy Resin* yang dipergunakan untuk injeksi harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Berat jenis (JIS K 7112) $1,70 \pm 0,10$
- *Viscosity* campuran (JIS K 6838) $500 \pm 200 \text{ MPa}\cdot\text{s}$
- Tegangan leleh tekan (JIS K 7208) $\geq 50 \text{ MPa}$
- Modulus elastisitas (JIS K 7208) $\geq 1,0 \times 10^3 \text{ MPa}$
- Tegangan geser tarik (JIS K 6850) $\geq 10 \text{ MPa}$

Sedangkan Komposisi campuran *Epoxy Resin* yang disyaratkan sebagai berikut :

- Epoxy resin 55%
- Modified polyamide resin 14%
- Modified polyamide 17%
- Reaction accelator 1%
- Diluent 2%
- Reactive Diluent 11%

Persyaratan *Sealant* yang dipergunakan untuk injeksi harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Berat jenis (JIS K 7112) $1,70 \pm 0,10$
- Kekuatan lentur (JIS K 7203) $\geq 40 \text{ MPa}$
- Tegangan leleh tekan (JIS K 7208) $\geq 60 \text{ MPa}$

- Modulus elastisitas tekan (JIS K 7208) $\geq 4 \times 10^3$ MPa
- Kekuatan tarik (JIS K 7113) ≥ 20 MPa
- Kekuatan kejut (JIS K 7111) $\geq 1,5$ KJ/m²
- Kekerasan (JIS K 7215) ≥ 85 HdD
- Tegangan geser tarik (JIS K 6850) ≥ 11 Mpa

Sedangkan Komposisi campuran *Sealant* yang disyaratkan sebagai berikut :

- Epoxy resin 25%
- Modified polyamide resin 5%
- Thixotrophy impartor agent 15%
- Flexibility impartor 5%
- Reactive accelerator 3%
- Reactive diluent 10%
- Diluent 2%
- Stiffanwer 35%

6. Rencana Kerja Dan Syarat- Syarat Teknis (RKS) Pekerjaan Perbaikan Struktur Gedung Terminal 1A, 1B, Dan 1C Bandara Soekarno-Hatta, di Lampirkan pada Lampiran I.
7. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pekerjaan Perbaikan Struktur Gedung Terminal 1A, 1B, Dan 1C Bandara Soekarno-Hatta yang dibutuhkan sebesar Rp. 5,999,482,000.00 (Lima Milyar Sembilan Ratus Sembilan Puluh Sembilan Juta Empat Ratus Delapan Puluh Dua Ribu Rupiah), hitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran II.
8. Metode Pelaksanaan Pekerjaan Injeksi, dapat dilihat pada Lampiran III.
9. Metode Pelaksanaan Pekerjaan CFRP, dapat dilihat pada Lampiran IV.

LAMPIRAN I

RENCANA KERJA DAN SYARAT- SYARAT TEKNIS PEKERJAAN PERBAIKAN DAN PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG TERMINAL 1A, B, DAN C BANDARA SOEKARNO-HATTA

PASAL I LINGKUP PEKERJAAN

- 1.1. Melaksanakan pekerjaan perbaikan dan perkuatan struktur gedung, dengan lingkup pekerjaan meliputi :
 - 1.1.1. Pekerjaan Pemasangan CFRP (*Carbon Fiber Reinforce Polymer*) Pada Balok.
 - 1.1.2. Pekerjaan Pemasangan CFRP (*Carbon Fiber Reinforce Polymer*) Pada Kolom.
 - 1.1.3. Pekerjaan Injeksi dengan bahan *epoxy resin*.
 - 1.1.4. Pekerjaan Cat.
- 1.2. Lokasi Pekerjaan di Terminal 1A, 1B, dan 1C Bandara Soekarno-Hatta.

PASAL 2 MAKSUD DAN TUJUAN

- 2.1. Memperkuat struktur bangunan sehingga mampu menahan semua beban yang ditahannya.
- 2.2. Mengembalikan kondisi struktur bangunan beton yang retak menjadi satu kesatuan kembali sehingga berfungsi sebagaimana mestinya.
- 2.3. Menindaklanjuti Hasil Evaluasi Struktur/Konstruksi Gedung Terminal 1 A, B & C Bandara Soekarno-Hatta.

PASAL 3 PERATURAN YANG MENGIKAT

- 3.1. Peraturan yang berlaku di PT. Angkasa Pura II (Persero) khususnya di Bandara Soekarno-Hatta tentang keamanan dan ketertiban.

- 3.2. Peraturan Daerah yang ditentukan Pemda setempat, yakni Pemda Tengerang yang ada hubungannya dengan pelaksanaan pekerjaan ini.
- 3.3. Peraturan Pemerintah / Undang-Undang tentang Keselamatan Tenaga Kerja.
- 3.4. Bestek dan gambar rencana.
- 3.5. Petunjuk Direksi / Pengawas pekerjaan.
- 3.6. Sebelum bahan / material dimaksud dipergunakan terlebih dahulu harus diberitahukan dan mendapat persetujuan dari Direksi / pengawas pekerjaan.
- 3.7. Ketentuan - ketentuan lain yang berkaitan dan lazim dalam pekerjaan sejenis.

PASAL 4 URAIAN PEKERJAAN

4.1. Uraian pekerjaan, yaitu :

4.1.1. Pekerjaan Pemasangan CFRP (*Carbon Fiber Reinforce Polymer*) Pada Balok

- 4.1.1.1 Administrasi dan Dokumentasi.
- 4.1.1.2 Mobilisasi Demobilisasi Peralatan.
- 4.1.1.3 Pemasangan Banner Penutup Areal Pekerjaan
- 4.1.1.4 Pembersihan permukaan beton pada balok.
- 4.1.1.5 Pencampuran bahan *fiber dengan epoxy*.
- 4.1.1.6 Pemasangan *CFRP*.
- 4.1.1.7 Pekerjaan *Curing* (perawatan).
- 4.1.1.8 Pekerjaan Akhir

4.1.2. Pekerjaan Pemasangan CFRP (*Carbon Fiber Reinforce Polymer*) Pada Kolom

- 4.1.2.1 Pembersihan permukaan beton pada kolom.
- 4.1.2.2 Pencampuran bahan *fiber dengan epoxy*.
- 4.1.2.3 Pemasangan *CFRP*.
- 4.1.2.4 Pekerjaan *Curing* (perawatan).
- 4.1.1.5 Pekerjaan Akhir

4.1.3. Pekerjaan Injeksi dengan bahan *epoxy resin*

4.1.3.1 Pembersihan permukaan beton.

4.1.3.2 Pemasangan *Nipples*.

4.1.3.3 Penutupan Retakan.

4.1.3.4 Pemasangan Pipa.

4.1.3.5 Pelaksanaan *Grouting*.

4.1.3.6 Finishing/Perataan Permukaan

4.1.4. Pekerjaan Cat

4.1.4.1 Pekerjaan Pengecatan Beton.

4.1.4.2 Pembersihan Areal Setelah Pekerjaan .

PASAL 5

PERALATAN DAN BAHAN YANG DIGUNAKAN

5.1. Untuk menunjang kelancaran pekerjaan yang dimaksud agar dilengkapi dengan peralatan-
peralatan yang memadai antara lain :

5.1.1. Tabung Injeksi.

5.1.2. *Grout pump/compressor*

5.1.3. Nipple

5.1.4. Selang *grouting*

5.1.5. *Vacum* (penghisap debu)

5.1.6. *Epoxy Mixer*

5.1.7. Serta alat-alat kerja lainnya yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pekerjaan.

5.2. Bahan bahan material yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan Injeksi, yaitu :

5.2.1. *Epoxy Resin*, bahan tersebut harus mempunyai sifat perekat yang sangat baik, dapat merekatkan dengan sempurna struktur beton yang retak, harus dapat berpenetrasi dengan kekentalan tertentu seperti disyaratkan sampai kedalaman retak yang paling kecil pada struktur dengan sempurna tanpa adanya pengurangan

beban di atasnya. Selain itu material *epoxy resin* mempunyai sifat fleksibilitas yang dapat menahan vibrasi yang mungkin terjadi di dalam retakan, tidak boleh mengalami susut pada waktu mengering, tahan terhadap air hujan, CO₂, asam, bahan kimia lainnya dan lain sebagainya.

5.2.2. Persyaratan *Epoxy Resin* sebagai berikut :

- Berat jenis (JIS K 7112) $1,70 \pm 0,10$
- *Viscosity* campuran (JIS K 6838) $500 \pm 200 \text{ MPa}\cdot\text{s}$
- Tegangan leleh tekan (JIS K 7208) $\geq 50 \text{ MPa}$
- Modulus elastisitas (JIS K 7208) $\geq 1,0 \times 10^3 \text{ MPa}$
- Tegangan geser tarik (JIS K 6850) $\geq 10 \text{ MPa}$

5.2.3. Komposisi campuran *Epoxy Resin* yang disyaratkan sebagai berikut :

- *Epoxy resin* 55%
- *Modified polyamide resin* 14%
- *Modified polyamide* 17%
- *Reaction accelator* 1%
- *Diluent* 2%
- *Reactive Diluent* 11%

5.2.4. *Sealant*, bahan tersebut digunakan untuk menutup bagian luar celah retak agar bahan perekat (*epoxy resin*) tidak dapat mengalir keluar dari celah retak yang tidak tertutup oleh alat penyuntik, dan bahan tersebut harus dapat melekat dengan baik pada permukaan beton.

5.2.5. Persyaratan *Sealant* sebagai berikut :

- Berat jenis (JIS K 7112) $1,70 \pm 0,10$
- Kekuatan lentur (JIS K 7203) $\geq 40 \text{ MPa}$
- Tegangan leleh tekan (JIS K 7208) $\geq 60 \text{ MPa}$
- Modulus elastisitas tekan (JIS K 7208) $\geq 4 \times 10^3 \text{ MPa}$
- Kekuatan tarik (JIS K 7113) $\geq 20 \text{ MPa}$

- Kekuatan kejut (JIS K 7111) $\geq 1,5 \text{ KJ/m}^2$
- Kekerasan (JIS K 7215) $\geq 85 \text{ HdD}$
- Tegangan geser tarik (JIS K 6850) $\geq 11 \text{ Mpa}$

5.2.6. Komposisi campuran *Sealant* yang disyaratkan sebagai berikut :

- *Epoxy resin* 25%
- *Modified polyamide resin* 5%
- *Thixotrophy impartor agent* 15%
- *Flexibility impartor* 5%
- *Reactive accelerator* 3%
- *Reactive diluent* 10%
- *Diluent* 2%
- *Stiffanwer* 35%

5.3. Bahan bahan material yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan CFRP, yaitu :

5.3.1. *Fiber carbon*, Bahan *fiber carbon* yang digunakan untuk bahan perkuatan atau pengembalian kapasitas struktur gedung, disesuaikan dengan ketebalan bahan serta arah serat yang akan dipasang. Sifat-sifat material bahan *fiber* dalam kondisi kering yang digunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- *Tensile Strength* 3,79 GPa
- *Tensile Modulus* 230 GPa
- *Ultimate elongation* 1,7 %
- *Density* 1,74 g/cm³

5.3.2. Sifat Bahan composite carbon harus memenuhi syarat sebagai berikut :

Property	ASTM	Typical test value	Design value
<i>Ultimate tensile strength in primary fiber direction (MPa)</i>	D-3039	1062	903
<i>Elongation at break (%)</i>	D-3039	1,05	1,05
<i>Tensile Modulus (GPa)</i>	D-3039	102	86,9
<i>Ultimate tensile strength 90 degrees to primary fiber(MPa)</i>	D-3039	0	0

5.3.3. Sifat Bahan *Epoxy* yang dipergunakan pada composite CFRP harus memenuhi syarat sebagai berikut :

<i>Property</i>	<i>ASTM Method</i>	<i>Typical test value</i>
<i>Tensile strength</i>	ASTM D-638	72,4 MPa
<i>Tensile Modulus</i>	ASTM D-638	3,18 GPa
<i>Elongation</i>	ASTM D-638	5,0 %
<i>Flexural Strength</i>	ASTM D-790	123,4 MPa

- 5.4. Kontraktor menentukan areal untuk penempatan peralatan didalam atau diluar Bandara berdasarkan petunjuk atau saran dari direksi pekerjaan.
- 5.5. Jumlah kebutuhan dan spesifikasi peralatan dilapangan pada saat pelaksanaan pekerjaan harus sesuai dengan jumlah peralatan sebagaimana tertuang dalam dokumen penawaran dan telah menjadi kontrak pekerjaan.

PASAL 6 WAKTU PELAKSANAAN PEKERJAAN

- 6.1. Waktu pelaksanaan pekerjaan yaitu selama 150 (seratus lima puluh) hari kalender, sejak dokumen kontrak ditandatangani.
- 6.2. Pelaksanaan pekerjaan dilaksanakan pada siang atau malam hari selama tidak mengganggu kelancaran pelayanan Terminal di Bandara.
- 6.3. Selama pekerjaan berlangsung lokasi harus selalu bersih dan tidak ada benda berserakan di area pekerjaan.
- 6.4. Semua peralatan dan kendaraan yang dipakai dalam pekerjaan ini sesuai dengan bidang tugas masing-masing harus laik pakai.
- 6.5. Sebelum memulai pekerjaan, Kontraktor harus mempersiapkan diri dengan pas ijin masuk baik untuk tenaga kerja maupun untuk peralatan dan kendaraan yang dipergunakan untuk daerah *airside* dan memberitahukan terlebih dahulu kepada unit terkait yang berhubungan dengan pekerjaan ini.

PASAL 7
TENAGA KERJA

- 7.1. Tenaga kerja harus mempunyai kualifikasi yang baik sesuai bidang tugasnya dan persyaratan yang diminta oleh PT. Angkasa Pura II (Persero).
- 7.2. Tenaga inti yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pekerjaan ini adalah sebagai berikut :
 - 7.2.1 Tenaga ahli S2 Teknik sipil 1(satu) orang.
 - 7.2.2 Pelaksana lapangan S1 teknik sipil 1(satu) orang.
 - 7.2.3 Pelaksana administrasi S1 berpengalaman 1(satu) orang.
- 7.3. Jumlah tenaga kerja dilapangan pada saat pelaksanaan pekerjaan harus sesuai dengan jumlah tenaga kerja sebagaimana tertuang dalam dokumen penawaran dan telah menjadi kontrak pekerjaan.
- 7.4. Kontraktor harus menyerahkan nama-nama dan nomor -nomor telepon para personil inti yang dapat dihubungi setiap saat oleh direksi pekerjaan.

PASAL 8
PELAKSANAAN PEKERJAAN

8.1. Pekerjaan Pemasangan CFRP (*Carbon Fiber Reinforce Polymer*) Pada Balok

8.1.1 Administrasi dan Dokumentasi

Perlu dilakukan penyediaan pas kerja dimana :

- Semua para pekerja harus diberikan tanda kartu pengenal (pas kerja) yang dibuat oleh otoritas bandara setempat.
- Pemakai tanda kartu pengenal tidak boleh dipakai selain nama yang bersangkutan.

Semua kegiatan pekerjaan dari sebelum, selama berlangsung hingga selesainya pekerjaan harus didokumentasikan untuk kelengkapan laporan pekerjaan, yaitu antara lain :

- Pengambilan Foto awal sebelum pekerjaan dimulai (Foto *existing*).
- Pengambilan Foto pada waktu pekerjaan berlangsung.
- Pengambilan Foto pada waktu pekerjaan berakhir selesai

8.1.2 Mobilisasi Demobilisasi Peralatan

Mobilisasi peralatan dan material harus ditempatkan pada area yang aman dan tidak mengganggu kelancaran terhadap pelayanan penumpang di Terminal.

8.1.3 Pemasangan Banner Penutup Areal Pekerjaan

Perlu dilakukan pemasangan banner sebagai penutup areal pekerjaan.

8.1.4 Pembersihan permukaan beton pada balok.

- Semua jenis lapis permukaan atau pelindung permukaan struktur beton yang akan diperkuat dengan bahan *fiber* harus dibersihkan sampai permukaan beton yang kuat. Apabila pada permukaan beton atau selimut beton mengelupas, atau terjadi karat, gompal dan atau retak, maka permukaan atau struktur beton tersebut harus diperbaiki terlebih dahulu;
- Pastikan semua kondisi permukaan struktur beton telah diperbaiki, dan jika diperlukan mungkin adanya perbaikan atau penambahan baja tulangan terlebih dahulu;
- Bagian-bagian ujung struktur beton yang tajam harus dibulatkan terlebih dahulu dengan jari-jari minimum 2 cm.

8.1.5 Pencampuran bahan *fiber* dengan *epoxy*.

- Batas temperatur pencampuran bahan *epoxy* harus berada pada batasan antara 10°-38° C.
- Bahan *epoxy* harus dicampur dengan komposisi atau proporsi yang telah ditetapkan dari pabrik pembuat selama 3-5 menit dengan mesin pengaduk kecepatan rendah.
- Bahan *epoxy* tersebut tidak melebihi batasan waktu pencampuran sesuai dengan petunjuk dari pabrik pembuat.
- Semua persyaratan pencampuran baik untuk bahan *epoxy resin* maupun serat *carbon* harus akurat sesuai dengan petunjuk pada setiap petunjuk yang tertulis pada setiap bungkusnya.

8.1.6 Pemasangan *CFRP*.

- Semua permukaan struktur beton yang akan diperkuat dan yang telah bersih

serta dengan dimensi yang disyaratkan diberi lapisan *epoxy* dengan menggunakan kuas.

- Kemudian serat *fiber* yang diberi lapisan dengan *epoxy* dipasang pada struktur beton dengan menggunakan rol untuk menekan sesuai dengan arah serat yang disyaratkan dalam perancangan
- *Fiber* yang dipasang tersebut harus sedemikian melekat pada struktur beton sampai terjadinya kesatuan (tidak ada rongga antara bahan *fiber* dengan struktur beton), dan dipasang sesuai dengan arah serat yang disyaratkan.
- Untuk bagian sambungan bahan *CFRP* tersebut harus dilakukan overlap antara lapis awal dan lapis berikutnya pada arah serat yang disyaratkan sebesar 150 mm dan 75 mm untuk arah serat yang lain.
- Setelah selesai pemasangan lapis pertama, semua rongga udara harus dikeluarkan dengan menekan permukaan fiber dengan menggunakan langan sehingga seragam, dan menghasilkan permukaan akhir yang disyaratkan.

8.1.7 Pekerjaan *Curing* (perawatan).

- Waktu *curing* bahan *CFRP* tersebut adalah 49 – 72 jam dan tergantung pada batas temperatur udara pada waktu pemasangan.
- Temperatur *curing* harus dijaga sedemikian dalam batasan yang disyaratkan.
- Bahan *CFRP* yang telah mengeras harus mempunyai ketebalan yang merata dan saling mengikat antar lapisan tanpa menunjukkan adanya jebakan udara.

8.1.8 Pekerjaan Akhir

- Setelah selesai semua proses pelaksanaan pada permukaan struktur beton yang diperkuat atau dikembalikan kapasitasnya, maka apabila disyaratkan maka permukaan tersebut dapat dilapisi kembali dengan plesteran dengan bahan khusus setelah 2 – 3 jam setelah selesai pemasangan bahan *CFRP* dilaksanakan dan *curing* dapat dilaksanakan setelah 24 jam plesteran selesai dipasang.
- Selain itu permukaan *CFRP* yang telah selesai *curing* dapat juga diberi lapisan cat setelah permukaan kering dengan cara mengusapkan jari tangan pada lapisan

dan jari tidak merasa basah atau lengket.

8.2. Pekerjaan Pemasangan CFRP (*Carbon Fiber Reinforce Polymer*) Pada Kolom

8.2.1 Pembersihan permukaan beton pada kolom.

- Semua jenis lapis permukaan atau pelindung permukaan struktur beton yang akan diperkuat dengan bahan *fiber* harus dibersihkan sampai permukaan beton yang kuat. Apabila pada permukaan beton atau selimut beton mengelupas, atau terjadi karat, gompal dan atau retak, maka permukaan atau struktur beton tersebut harus diperbaiki terlebih dahulu;
- Pastikan semua kondisi permukaan struktur beton telah diperbaiki, dan jika diperlukan mungkin adanya perbaikan atau penambahan baja tulangan terlebih dahulu;
- Bagian-bagian ujung struktur beton yang tajam harus dibulatkan terlebih dahulu dengan jari-jari minimum 2 cm.

8.2.2 Pencampuran bahan *fiber* dengan *epoxy*.

- Batas temperatur pencampuran bahan *epoxy* harus berada pada batasan antara 10°-38° C.
- Bahan *epoxy* harus dicampur dengan komposisi atau proporsi yang telah ditetapkan dari pabrik pembuat selama 3-5 menit dengan mesin pengaduk kecepatan rendah.
- Bahan *epoxy* tersebut tidak melebihi batasan waktu pencampuran sesuai dengan petunjuk dari pabrik pembuat.
- Semua persyaratan pencampuran baik untuk bahan *epoxy resin* maupun serat *carbon* harus akurat sesuai dengan petunjuk pada setiap petunjuk yang tertulis pada setiap bungkusnya.

8.2.3 Pemasangan CFRP.

- Semua permukaan struktur beton yang akan diperkuat dan yang telah bersih serta dengan dimensi yang disyaratkan diberi lapisan *epoxy* dengan menggunakan kuas.
- Kemudian serat *fiber* yang diberi lapisan dengan *epoxy* dipasangkan pada

struktur beton dengan menggunakan rol untuk menekan sesuai dengan arah serat yang disyaratkan dalam perancangan

- *Fiber* yang dipasang tersebut harus sedemikian melekat pada struktur beton sampai terjadinya kesatuan (tidak ada rongga antara bahan *fiber* dengan struktur beton), dan dipasang sesuai dengan arah serat yang disyaratkan.
- Untuk bagian sambungan bahan *CFRP* tersebut harus dilakukan overlap antara lapis awal dan lapis berikutnya pada arah serat yang disyaratkan sebesar 150 mm dan 75 mm untuk arah serat yang lain.
- Setelah selesai pemasangan lapis pertama, semua rongga udara harus dikeluarkan dengan menekan permukaan fiber dengan menggunakan lagan sehingga seragam, dan menghasilkan permukaan akhir yang disyaratkan.

8.2.4 Pekerjaan *Curing* (*perawatan*).

- Waktu *curing* bahan *CFRP* tersebut adalah 49 – 72 jam dan tergantung pada batas temperatur udara pada waktu pemasangan.
- Temperatur *curing* harus dijaga sedemikian dalam batasan yang disyaratkan.
- Bahan *CFRP* yang telah mengeras harus mempunyai ketebalan yang merata dan saling mengikat antar lapisan tanpa menunjukkan adanya jebakan udara.

8.2.4 Pekerjaan Akhir

- Setelah selesai semua proses pelaksanaan pada permukaan struktur beton yang diperkuat atau dikembalikan kapasitasnya, maka apabila disyaratkan maka permukaan tersebut dapat dilapisi kembali dengan plesteran dengan bahan khusus setelah 2 – 3 jam setelah selesai pemasangan bahan *CFRP* dilaksanakan dan *curing* dapat dilaksanakan setelah 24 jam plesteran selesai dipasangkan.
- Selain itu permukaan *CFRP* yang telah selesai *curing* dapat juga diberi lapisan cat setelah permukaan kering dengan cara mengusapkan jari tangan pada lapisan dan jari tidak merasa basah atau lengket.

8.3. Pekerjaan Injeksi dengan bahan *epoxy resin*

8.3.1 Pembersihan permukaan beton.

Permukaan yang akan diperbaiki atau dikerjakan harus dibersihkan terlebih dahulu dengan mesin gurinda atau sikat kawat sehingga bebas dari kotoran-kotoran atau bekas beton yang tidak sempurna selebar sekitar 5 cm di sekitar permukaan yang akan dilakukan perbaikan retak agar terlihat dengan jelas bagian-bagian permukaan yang retak. Pembersihan ini dilakukan pada sepanjang retakan. Permukaan beton harus bebas dan bersih terhadap minyak, oli dan sejenisnya.

8.3.2 Pemasangan *Nipples*.

Dasar alat *nipples* harus dilekatkan sedemikian rupa tepat ditengah permukaan yang retak dengan menggunakan bahan penutup (*seal*) sehingga cairan bahan perekat dapat masuk kedalam retakan sesuai dengan yang disyaratkan. Jarak antar alat nipple tergantung pada lebar dan dalamnya retakan, sehingga jumlah alat penyuntik dapat seefisien mungkin dan jumlah serta lokasi alat penyuntik harus disetujui terlebih dahulu.

8.3.3 Penutupan Retakan.

Setelah dilakukan pembersihan seperti yang disyaratkan tersebut di atas, kemudian sepanjang jalur retakan yang ada ditutup dengan menggunakan bahan penutup (*sealant*) selebar 5 cm dan tebal sekitar 3 mm. Setelah jalur retakan tertutup semua dengan bahan penutup, dan bahan penutup mengeras, maka dapat dilaksanakan tahap berikut yaitu pemasangan alat *nipple* dan dimulai dengan dasar alat *nipple* sampai melekat dengan baik. Tahapan ini harus disetujui terlebih dahulu sebelum dilaksanakan tahapan berikut.

8.3.4 Pemasangan Pipa.

Setelah dilakukan pemasangan *nipples* dan penutup (*sealant*), dilakukan pemasangan selang *grouting* yang menghubungkan antar *nipple* yang telah terpasang, kemudian pipa inlet/titik injeksi paling bawah dihubungkan dengan tabung injeksi yang telah siap terisi material *grouting* yang terhubung dengan kompressor sehingga pekerjaan *grouting* siap untuk dilakukan.

8.3.5 Pelaksanaan Grouting.

Setelah alat *nipples* terpasang, maka dilakukan pencampuran bahan *epoxy* yang terdiri atas 2 komponen sesuai persyaratan dari pabrik pembuat Bahan *epoxy* yang telah tercampur (dengan perbandingan *base agent* : *hardener* adalah 2 : 1) tersebut dimasukkan ke dalam alat *nipples* dengan suatu alat yang khusus sampai penuh dalam batas plastik penutup balon yaitu sampai balon penyuntik berdiameter 25 mm, dan kemudian tahapan tersebut dilakukan terus sampai semua alat *nipples* terisi dengan bahan *epoxy*. Pekerjaan tersebut harus terus diawasi, dan dilakukan pemeriksaan pada setiap alat nipples, apabila balon sudah mulai mengempis, maka harus diisi lagi dengan bahan *epoxy* dan seterusnya, sehingga semua balon terisi dan tidak ada lagi balon yang mengempis. Apabila semua balon telah terisi penuh dan tidak ada lagi yang mengempis, maka hal tersebut mengindikasikan bahwa semua retakan sudah terisi penuh, dan bahan *epoxy* akan mulai mengikat (*setting*) menjadi keras. Proses setting tersebut akan memerlukan waktu sekitar 3 jam.

8.3.6 Finishing/Perataan Permukaan

Penyelesaian akhir dimulai dengan melepaskan alat nipples setelah 1 (satu) hari selesainya pekerjaan penyuntikan bahan *epoxy* ke dalam retakan. Setelah alat penyuntik dan balon penyuntik dilepas dari tempat retakan, kemudian dilakukan pelepasan atau pembersihan bahan penutup retakan (*sealant*), sehingga permukaan struktur menjadi rata dan rapih.

8.4. Pembersihan Areal Setelah Pekerjaan.

Dilakukan pembersihan areal setelah pekerjaan, yang dilakukan tanpa mengganggu kenyamanan penumpang.

8.5. Dalam melaksanakan pekerjaan perbaikan harus berdasarkan instruksi dari pihak unit Civil Engineering dan yang pelaksanaan pekerjaannya bersifat work order.

PASAL 9
PENGALIHAN KEGIATAN / PELAKSANAAN

- 9.1. Apabila ada instruksi-instruksi/permintaan pengalihan lokasi pekerjaan, hendaknya kontraktor menyiapkan segala fasilitas - fasilitas kegiatan secara cepat dengan tidak mengurangi mutu pekerjaan.
- 9.2. Jika terjadi pengalihan/pemindahan lokasi pekerjaan, harus dikoordinasikan dengan Pengawas untuk bahan laporan yang akan ditindaklanjuti sebagaimana mestinya.

PASAL 10
PENGAWASAN DAN PENGENDALIAN WAKTU PEKERJAAN

- 10.1. Lingkup kegiatan Pengawasan.
- 10.2. Pencatatan dan pelaporan kegiatan fisik pekerjaan.
- 10.3. Teguran lisan terhadap kegiatan fisik apabila ditemukan hal-hal yang mengganggu / kesalahan-kesalahan pelaksanaan pekerjaan.
- 10.4. Teguran tertulis berupa laporan untuk kontraktor, yang dikoordinasikan dengan pimpinan unit.
- 10.5. Koordinasi dengan unit-unit terkait untuk kelancaran dan kecepatan waktu kerja.
- 10.6. Instruksi-instruksi bersifat penanggulangan permasalahan permasalahan untuk lebih mencapai sasaran target kerja.
- 10.7. Memeriksa bahan-bahan dan peralatan peralatan yang digunakan agar tercapai mutu pekerjaan yang baik dan layak operasional.
- 10.8. Kontraktor wajib menyediakan buku harian lapangan untuk memudahkan pengawas pekerjaan dalam memonitor hasil pekerjaan yang dilaksanakan.
- 10.9. Semua kegiatan pelaksanaan pekerjaan dan penggunaan bahan / material harus dituangkan / dicatat didalam buku harian lapangan.

PASAL 11 PENGENDALIAN MUTU

11.1. Penerimaan Bahan

Semua bahan yang diterima di lapangan diberi tanda khusus pada kaleng bahan *epoxy* (yang terdiri atas 2 komponen) yaitu *base agent* dan *hardener*, bahan penutup (*sealant*) Setelah diberikan tanda khusus langkah selanjutnya yaitu membuat laporan sesuai dengan jumlah penerimaan bahan *epoxy* (*base agent* dan *hardener*), bahan penutup dan jumlah alat penyuntik. Dalam penerimaan bahan dilengkapi dengan dokumen keaslian produk dari pabrik pembuat (berupa jaminan pabrik) sesuai dengan jenis bahan yang akan digunakan.

11.2. Penerimaan Hasil Kerja

Semua alat penyuntik yang telah dilepaskan dari permukaan retak di cek apakah terisi penuh dengan bahan perekat *epoxy*. Hal ini yang menandakan bahwa semua retakan telah terisi penuh dengan bahan perekat. Tahapan selanjutnya adalah pengecekan terhadap seluruh permukaan yang telah dibersihkan apakah berada dalam kondisi bersih dan rapih. Apabila terdapat keraguan, maka dapat diusulkan untuk dilakukannya pengujian tambahan dengan melakukan pengujian khusus dengan alat UPV, dan *core drill*.

11.3. Pekerjaan Tidak Memenuhi Ketentuan

Bila perbaikan atas pekerjaan perbaikan retak pada balok, kolom dan atau pelat lantai tidak menunjukkan hasil (dapat dilihat apakah telah terekatnya semua retakan pada struktur) dan tidak memenuhi ketentuan seperti yang disyaratkan, maka perbaikan akan dilakukan menurut petunjuk yang telah ditetapkan. Bila terjadi perbedaan pendapat dalam mutu pekerjaan perbaikan retak atau adanya keraguan terhadap hasil yang dilaksanakan, maka dilakukan pengujian tambahan yang diperlukan untuk menjamin bahwa mutu pekerjaan yang telah dilaksanakan sesuai dengan yang diminta.

PASAL 12
KETENTUAN LAIN-LAIN

- 12.1. Seluruh bahan/material yang akan digunakan dalam pekerjaan ini harus berkualitas baik dan tidak cacat dan mendapat persetujuan dari Pengawas / Di reksi pekerjaan.
- 12.2. Bahan material yang ditolak / afkir agar segera dikeluarkan dari lokasi pekerjaan selambat-lambatnya 1 x 24 jam.
- 12.3. Pemborong harus membuat dokumentasi pelaksanaan pekerjaan hingga selesai.

LAMPIRAN II

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)
PEKERJAAN PERBAIKAN DAN PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG TERMINAL 1A, B, DAN C
BANDARA SOEKARNO-HATTA

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN	JUMLAH BIAYA (Rp.)
A	PEKERJAAN CFRP PADA BALOK				
1	CFRP Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri	m ²	68.10	2,594,452	176,682,162.56
2	CFRP Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kanan	m ²	49.94	2,594,452	129,566,919.21
3	CFRP Terminal 1A Anjungan 1	m ²	27.24	2,594,452	70,672,865.03
4	CFRP Terminal 1A Anjungan 2	m ²	122.58	2,594,452	318,027,892.62
5	CFRP Terminal 1A Anjungan 3	m ²	104.42	2,594,452	270,912,649.27
6	CFRP Terminal 1B VIP Room	m ²	8.17	2,594,452	21,201,859.51
7	CFRP Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kiri	m ²	45.40	2,594,452	117,788,108.38
8	CFRP Terminal 1C Shopping Arcade Bagian Tengah	m ²	10.90	2,594,452	28,269,146.01
9	CFRP Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kanan	m ²	8.63	2,594,452	22,379,740.59
B	PEKERJAAN CFRP PADA KOLOM				
1	CFRP Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri	m ²	178.65	2,594,452	463,498,800.91
2	CFRP Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kanan	m ²	127.35	2,594,452	330,403,427.35
3	CFRP Terminal 1A Anjungan 1	m ²	220.50	2,594,452	572,076,605.66
4	CFRP Terminal 1A Anjungan 2	m ²	272.70	2,594,452	707,506,985.78
5	CFRP Terminal 1A Anjungan 3	m ²	234.45	2,594,452	608,269,207.24
6	CFRP Terminal 1B VIP Room	m ²	24.30	2,594,452	63,045,176.95
7	CFRP Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kiri	m ²	223.20	2,594,452	579,081,625.32
8	CFRP Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kanan	m ²	120.60	2,594,452	312,890,878.20
C	PEKERJAAN INJEKSI				
1	Epoxy Resin (termasuk Hardener)	Kg	129.93	281,505	36,574,722.65
2	Sealant	Kg	430.27	7,163	3,082,030.17
3	Injektor	Buah	6,136	88,097	540,544,294.65
D	PEKERJAAN CAT				
1	Pengecatan Pada Balok Induk	m ²	1,634	15,922	26,022,835.08
2	Pengecatan Pada Kolom	m ²	1,008	15,922	16,049,325.60
3	Pengecatan Pada Balok Anak dan Plat Lantai	m ²	2,483	15,922	39,527,196.19
E	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN (A + B + C + D)				5,454,074,454.92
F	PAJAK PENGHASILAN NEGARA (10% X E)				545,407,445.49
G	JUMLAH TOTAL RENCANA ANGGARAN BIAYA (E + F)				5,999,481,900.41
DIBULATKAN MENJADI					5,999,482,000.00
Terbilang : Lima Milyar Sembilan Ratus Sembilan Puluh Sembilan Juta Empat Ratus Delapan Puluh Dua Ribu Rupiah					

ANALISIS HARGA PEKERJAAN CFRP (CARBON FIBER REINFORCE POLYMER) PER M²

No.	Komponen	Satuan	Prakiraaan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A	TENAGA				
1	Pekerja	Jam	0.8750	7,150	6,256
2	Tukang	Jam	0.8750	8,600	7,525
3	Mandor	Jam	0.2917	9,300	2,713
Jumlah Harga Tenaga					16,494
B	BAHAN				
1	Epoxy Resin	Kg	2.2000	30,000	506,000
2	Carbon Fiber	m ²	1.0000	1,833,333	1,833,333
Jumlah Harga Bahan					2,339,333
C	PERALATAN				
1	Epoxy Mixer	Jam	0.0221	7,485	165
2	Alat bantu	Ls	1.0000	2,600	2,600
Jumlah Harga Peralatan					2,765
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN (A + B + C)				2,358,592
E	OVER HEAD & PROFIT (10% X D)				235,859
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				2,594,452

ANALISIS HARGA SATUAN PEKERJAAN INJEKSI PER BUAH

No.	Komponen	Satuan	Prakiraaan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A	TENAGA				
1	Pekerja	Jam	0.1000	7,150	715
2	Tukang	Jam	0.1000	8,600	860
3	Mandor	Jam	0.2917	9,300	2,713
Jumlah Harga Tenaga					4,288
B	BAHAN				
1	Injektor	Kg	1.0000	75,000	75,000
2	Selang	m	0.2000	1,000	200
Jumlah Harga Bahan					75,200
C	PERALATAN				
1	Alat bantu	Ls	1.0000	600	600
Jumlah Harga Peralatan					600
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN (A + B + C)				80,088
E	OVER HEAD & PROFIT (10% X D)				8,009
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				88,097

ANALISIS HARGA SATUAN EPOXY RESIN PER KG

No.	Komponen	Satuan	Prakiraaan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A	TENAGA				
1	Pekerja	Jam	0.1084	7,150	775
2	Tukang	Jam	0.1084	8,600	932
3	Mandor	Jam	0.0361	9,300	336
Jumlah Harga Tenaga					2,043
B	BAHAN				
1	Epoxy Resin	Kg	1.1000	30,000	253,000
Jumlah Harga Bahan					253,000
C	PERALATAN				
1	Epoxy Mixer	Jam	0.0361	7,485	270
2	Alat bantu	Ls	1.0000	600	600
Jumlah Harga Peralatan					870
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN (A + B + C)				255,913
E	OVER HEAD & PROFIT (10% X D)				25,591
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				281,505

ANALISIS HARGA SEALANT PER KG

No.	Komponen	Satuan	Prakiraaan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A	TENAGA				
1	Pekerja	Jam	0.1527	7,150	1,092
2	Tukang	Jam	0.1527	8,600	1,313
3	Mandor	Jam	0.0509	9,300	473
Jumlah Harga Tenaga					2,878
B	BAHAN				
1	Sealant	Kg	1700	6,500	11,050,000
Jumlah Harga Bahan					11,050,000
C	PERALATAN				
1	Mixer	Jam	2.2088	7,485	16,533
2	Alat bantu	Ls	1.0000	600	600
Jumlah Harga Peralatan					17,133
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN (A + B + C)/BJ Sealant				6,512
E	OVER HEAD & PROFIT (10% X D)				651
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				7,163

ANALISIS HARGA SATUAN CAT PER M²

No.	Komponen	Satuan	Prakiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A	TENAGA				
1	Pekerja	Hari	0.0200	50,000	1,000
2	Tukang Cat	Hari	0.0630	60,000	3,780
2	Kepala Tukang	Hari	0.0063	5,000	410
3	Mandor	Hari	0.0025	70,000	175
Jumlah Harga Tenaga					5,365
B	BAHAN				
1	Plamir Tembok	Kg	0.1000	15,500	1,550
2	Cat Dasar	Kg	0.1000	21,000	2,100
3	Cat Penutup 2x	Kg	0.2600	21,000	5,460
Jumlah Harga Bahan					9,110
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN (A + B + C)				14,475
E	OVER HEAD & PROFIT (10% X D)				1,447
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)				15,922

Volume Kebutuhan Sealant, Injektor dan Epoxy Resin Untuk Pekerjaan Injeksi
(Dihitung berdasarkan Pedoman Konstruksi dan Bangunan “Tentang Perbaikan dan Penguatan Struktur Beton Pada Jembatan” No. 022/BM/2011)

PR = Panjang Retak = 1533.95 m (Prakiraan panjang retak pada Balok dan Kolom)
 BJS = Berat Jenis Sealant = 1700 Kg/m³
 LS = Lebar Sealant = 0.05 m (berdasarkan Standar, lihat lampiran I Pasal 8.3.3)
 TS = Tebal Sealant = 0.003 m (berdasarkan Standar, lihat lampiran I Pasal 8.3.3)
 FR = Faktor Reduksi = 1.1 (ketetapan)

JI = Jarak Injektor = 0.25 m (rencana jarak injektor pada saat pelaksanaan)
 BJR = Berat Jenis Resin = 1100 Kg/m³
 LR = Lebar Retak = 0.002 m (hasil pengukuran rerata lebar retak)
 KR = Kedalaman Retak = 0.07 m (hasil pengukuran rerata kedalaman retak)

Volume Sealant = PR x BJS x LS x TS x FR
 = 1533.95 x 1700 x 0.05 x 0.003 x 1.1
 = 430.27 Kg

Jumlah Injektor = PR/JI
 = 1533.95/0.25
 = 6135.81 buah

Volume Epoxy Resin = PR x FR x BJR x LR x KR
 = 1533.95 x 1.1 x 1100 x 0.002 x 0.003 x 0.007
 = 129.93 Kg

Prakiraan Jumlah Panjang Retak dan Areanya

Lokasi	Area	Panjang (m)	Jumlah	Jumlah Panjang (m)
A. Balok Anak				
Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri	PSC, Lobby Keberangkatan	43.1	4	172.40
Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kanan	Baggage Claim, dan Lobby Kedatangan	43.1	4	172.40
Terminal 1A Anjungan 1	Breakdown	43.1	4	172.40
Terminal 1A Anjungan 2	Breakdown	43.1	4	172.40
Terminal 1A Anjungan 3	Breakdown	43.1	4	172.40
Terminal 1B VIP Room	Breakdown	43.1	4	172.40
Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kiri	PSC, Lobby Keberangkatan	43.1	4	172.40
Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kanan	Baggage Claim, dan Lobby Kedatangan	43.1	4	172.40
B. Balok Induk				
Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri	Breakdown	9.08	4	36.32
Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kanan	Breakdown	9.08	4	36.32
Terminal 1A Anjungan	Breakdown	9.08	4	36.32
Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kiri	Breakdown	9.08	4	36.32
C. Kolom				
Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri	Breakdown	3.16	3	9.47
Jumlah Total Panjang Retak				1,533.95

Volume CFRP Balok Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri (Gambar 15)

Kode Balok	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Luas (m ²)
	Tebal	Lebar	Panjang			
B9	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
B10	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
B11	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B12	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
B13	0.11	500	9080	4	Bawah	18.16
B14	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B15	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B16	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
Luas Total						68.10

Volume CFRP Balok Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kanan (Gambar 16)

Kode Balok	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Luas (m ²)
	Tebal	Lebar	Panjang			
B9	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B10	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B11	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B12	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B13	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
B14	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
B15	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B16	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
Luas Total						49.94

Volume CFRP Balok Terminal 1A Anjungan 1 (Gambar 17)

Kode Balok	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Luas (m ²)
	Tebal	Lebar	Panjang			
B11	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B12	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B15	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
B16	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
Luas Total						27.24

Volume CFRP Balok Terminal 1A Anjungan 2 (Gambar 18)

Kode Balok	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Luas (m ²)
	Tebal	Lebar	Panjang			
B9	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
B10	0.11	500	9080	5	Bawah	22.70
B11	0.11	500	9080	9	Bawah	40.86
B12	0.11	500	9080	4	Bawah	18.16
B13	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
B14	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B15	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B16	0.11	500	9080	3	Bawah	13.62
Luas Total						122.58

Volume CFRP Balok Terminal 1A Anjungan 3 (Gambar 19)

Kode Balok	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Luas (m ²)
	Tebal	Lebar	Panjang			
B9	0.11	500	9080	8	Bawah	36.32
B10	0.11	500	9080	7	Bawah	31.78
B12	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
B13	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
B14	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B15	0.11	500	9080	1	Bawah	4.54
B16	0.11	500	9080	2	Bawah	9.08
Luas Total						104.42

Volume CFRP Balok Terminal 1B VIP Room (Gambar 20)

Kode Balok	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Luas (m ²)
	Tebal	Lebar	Panjang			
B4	0.11	300	9080	1	Bawah	2.72
B7	0.11	300	9080	1	Bawah	2.72
B11	0.11	300	9080	1	Bawah	2.72
Luas Total						8.17

Volume CFRP Balok Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kiri (Gambar 21)

Kode Balok	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Luas (m ²)
	Tebal	Lebar	Panjang			
B12	0.11	500	9080	4	Bawah	18.16
B13	0.11	500	9080	3	Bawah	13.62
B16	0.11	500	9080	3	Bawah	13.62
Luas Total						45.40

Volume CFRP Balok Terminal 1C Shopping Arcade Bagian Tengah (Gambar 23)

Kode Balok	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Luas (m ²)
	Tebal	Lebar	Panjang			
B71	0.11	400	9080	3	Bawah	10.90
Luas Total						10.90

Volume CFRP Balok Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kanan (Gambar 22)

Kode Balok	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Luas (m ²)
	Tebal	Lebar	Panjang			
B9	0.11	400	9080	1	Bawah	3.63
B13	0.11	400	9080	1	Bawah	3.63
B16	0.11	150	9080	1	Bawah	1.36
Luas Total						8.63

Volume CFRP Kolom Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri (Gambar 15)

Kode Kolom	Sisi	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Luas (m ²)
		Tebal	Lebar	Tinggi		
K12	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K13	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K14	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K17	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K18	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K19	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K22	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K23	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K24	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K12	Pendek	0.11	500	4500	3	6.75
K13	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K14	Pendek	0.11	500	4500	3	6.75
K17	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K18	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K19	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K22	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K23	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K24	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
Luas arah X dan Arah Y						178.65

Volume CFRP Kolom Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kanan (Gambar 16)

Kode Kolom	Sisi	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Luas (m ²)
		Tebal	Lebar	Tinggi		
K12	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K13	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K14	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K17	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K18	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K19	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K22	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K23	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K24	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K12	Pendek	0.11	500	4500	3	6.75
K13	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K14	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K17	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K18	Pendek	0.11	500	4500	1	2.25
K19	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K22	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K23	Pendek	0.11	500	4500	1	2.25
K24	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
Luas arah X dan Arah Y						127.35

Volume CFRP Kolom Terminal 1A Anjungan 1 (Gambar 17)

Kode Kolom	Sisi	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Luas (m ²)
		Tebal	Lebar	Tinggi		
K12	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K13	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K14	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K17	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K18	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K19	Lebar	0.11	1100	4500	3	14.85
K22	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K23	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K24	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K12	Pendek	0.11	500	4500	4	9.00
K13	Pendek	0.11	500	4500	3	6.75
K14	Pendek	0.11	500	4500	4	9.00
K17	Pendek	0.11	500	4500	4	9.00
K18	Pendek	0.11	500	4500	3	6.75
K19	Pendek	0.11	500	4500	3	6.75
K22	Pendek	0.11	500	4500	4	9.00
K23	Pendek	0.11	500	4500	3	6.75
K24	Pendek	0.11	500	4500	4	9.00
Luas arah X dan Arah Y						220.50

Volume CFRP Kolom Terminal 1A Anjungan 2 (Gambar 18)

Kode Kolom	Sisi	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Luas (m ²)
		Tebal	Lebar	Tinggi		
K12	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K13	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K14	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K17	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K18	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K19	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K22	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K23	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K24	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K12	Pendek	0.11	500	4500	4	9.00
K13	Pendek	0.11	500	4500	5	11.25
K14	Pendek	0.11	500	4500	4	9.00
K17	Pendek	0.11	500	4500	5	11.25
K18	Pendek	0.11	500	4500	4	9.00
K19	Pendek	0.11	500	4500	4	9.00
K22	Pendek	0.11	500	4500	6	13.50
K23	Pendek	0.11	500	4500	5	11.25
K24	Pendek	0.11	500	4500	5	11.25
Luas arah X dan Arah Y						272.70

Volume CFRP Kolom Terminal 1A Anjungan 3 (Gambar 19)

Kode Kolom	Sisi	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Luas (m ²)
		Tebal	Lebar	Tinggi		
K12	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K13	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K14	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K17	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K18	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K19	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K22	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K23	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K24	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K12	Pendek	0.11	500	4500	4	9.00
K13	Pendek	0.11	500	4500	3	6.75
K14	Pendek	0.11	500	4500	3	6.75
K17	Pendek	0.11	500	4500	3	6.75
K18	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K19	Pendek	0.11	500	4500	3	6.75
K22	Pendek	0.11	500	4500	3	6.75
K23	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K24	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
Luas arah X dan Arah Y						234.45

Volume CFRP Kolom Terminal 1B VIP Room (Gambar 20)

Kode Kolom	Sisi	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Luas (m ²)
		Tebal	Lebar	Tinggi		
K4	Lebar	0.11	500	4500	1	2.25
K5	Lebar	0.11	500	4500	1	2.25
K6	Lebar	0.11	500	4500	1	2.25
K9	Lebar	0.11	500	4500	1	2.25
K10	Lebar	0.11	500	4500	1	2.25
K11	Lebar	0.11	500	4500	1	2.25
K4	Pendek	0.11	400	4500	1	1.80
K5	Pendek	0.11	400	4500	1	1.80
K6	Pendek	0.11	400	4500	1	1.80
K9	Pendek	0.11	400	4500	1	1.80
K10	Pendek	0.11	400	4500	1	1.80
K11	Pendek	0.11	400	4500	1	1.80
Luas arah X dan Arah Y						24.30

Volume CFRP Kolom Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kiri (Gambar 21)

Kode Kolom	Sisi	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Luas (m ²)
		Tebal	Lebar	Tinggi		
K9	Lebar	0.11	1100	4500	0	0.00
K12	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K13	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K14	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K17	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K18	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K19	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K22	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K23	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K24	Lebar	0.11	1100	4500	4	19.80
K9	Pendek	0.11	500	4500	1	2.25
K12	Pendek	0.11	500	4500	5	11.25
K13	Pendek	0.11	500	4500	1	2.25
K14	Pendek	0.11	500	4500	4	9.00
K17	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K18	Pendek	0.11	500	4500	1	2.25
K19	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K22	Pendek	0.11	500	4500	1	2.25
K23	Pendek	0.11	500	4500	1	2.25
K24	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
Luas arah X dan Arah Y						223.20

Volume CFRP Kolom Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kanan (Gambar 22)

Kode Kolom	Sisi	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Arah X Luas (m ²)
		Tebal	Lebar	Tinggi		
K12	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K13	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K14	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K17	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K18	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K19	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K22	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K23	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K24	Lebar	0.11	1100	4500	2	9.90
K12	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K13	Pendek	0.11	500	4500	1	2.25
K14	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K17	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K18	Pendek	0.11	500	4500	1	2.25
K19	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
K22	Pendek	0.11	500	4500	1	2.25
K23	Pendek	0.11	500	4500	1	2.25
K24	Pendek	0.11	500	4500	2	4.50
Luas arah X dan Arah Y						120.60

Volume Pekerjaan Cat pada Balok Induk yang di Perbaiki

Lokasi	Ukuran Balok (m)			Jumlah Balok	Luas (m ²)
	Tinggi	Lebar	Panjang		
CFRP Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri	1.5	0.5	9.08	8	290.56
CFRP Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kanan	1.5	0.5	9.08	8	290.56
CFRP Terminal 1A Anjungan 1	1.5	0.5	9.08	4	145.28
CFRP Terminal 1A Anjungan 2	1.5	0.5	9.08	8	290.56
CFRP Terminal 1A Anjungan 3	1.5	0.5	9.08	7	254.24
CFRP Terminal 1B VIP Room	1.5	0.5	9.08	3	108.96
CFRP Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kiri	1.5	0.5	9.08	3	108.96
CFRP Terminal 1C Shopping Arcade Bagian Tengah	1.5	0.5	9.08	1	36.32
CFRP Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kanan	1.5	0.5	9.08	3	108.96
Jumlah Luas Total					1,634.40

Volume Pekerjaan Cat pada Kolom yang di Perbaiki

Lokasi	Ukuran Kolom (m)			Jumlah Kolom	Luas (m ²)
	Lebar	Panjang	Tinggi		
CFRP Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri	0.5	1.1	4.5	9	129.60
CFRP Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kanan	0.5	1.1	4.5	9	129.60
CFRP Terminal 1A Anjungan 1	0.5	1.1	4.5	9	129.60
CFRP Terminal 1A Anjungan 2	0.5	1.1	4.5	9	129.60
CFRP Terminal 1A Anjungan 3	0.5	1.1	4.5	9	129.60
CFRP Terminal 1B VIP Room	0.5	1.1	4.5	6	86.40
CFRP Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kiri	0.5	1.1	4.5	10	144.00
CFRP Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kanan	0.5	1.1	4.5	9	129.60
Jumlah Luas Total					1,008.00

Volume Pekerjaan Cat pada Balok Anak yang di Perbaiki

Lokasi	Ukuran Kolom (m)			Jumlah Kolom	Luas (m ²)
	Lebar	Tinggi	Panjang		
CFRP Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri	0.2	1	43.1	3	310.32
CFRP Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kanan	0.2	1	43.1	3	310.32
CFRP Terminal 1A Anjungan 1	0.2	1	43.1	3	310.32
CFRP Terminal 1A Anjungan 2	0.2	1	43.1	3	310.32
CFRP Terminal 1A Anjungan 3	0.2	1	43.1	3	310.32
CFRP Terminal 1B VIP Room	0.2	1	43.1	3	310.32
CFRP Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kiri	0.2	1	43.1	3	310.32
CFRP Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kanan	0.2	1	43.1	3	310.32
Jumlah Luas Total					2,482.56

LAMPIRAN III

METODE PERBAIKAN RETAKAN BETON DENGAN INJEKSI

A. UMUM

Pekerjaan perbaikan retak ini dimaksudkan untuk mengembalikan kondisi struktur beton yang retak menjadi satu kesatuan kembali sehingga berfungsi sebagaimana mestinya dengan menggunakan cara injeksi bahan *epoxy resin*. Yang dimaksud dengan perbaikan retak yaitu perbaikan struktur yang retak yang diakibatkan karena mutu beton yang rendah, penggunaan yang tidak semestinya seperti beban berlebih, pemeliharaan yang tidak dilaksanakan dengan baik yang terjadi pada bangunan atas, dengan menggunakan bahan dasar *epoxy*. Dalam hal ini lebar retak struktur yang terjadi pada struktur yang dapat diperbaiki yaitu antara 0,04 mm sampai dengan 2,00 mm. Perbaikan retak dalam spesifikasi ini tidak dapat digunakan untuk struktur beton yang telah mengalami kebocoran atau telah terjadinya rembesan air pada celah retak.

Tujuan perbaikan retakan pada struktur beton dengan cara injeksi bahan *epoxy resin*, yaitu :

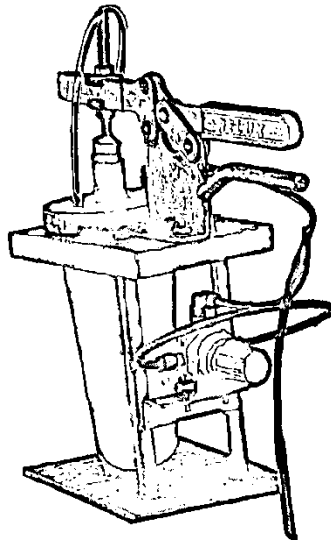
1. Untuk menutup beton terhadap serangan bahan agresif, terutama bahan yang dapat menyebabkan korosi pada tulangan.
2. Pembentukan dan perbaikan kesatuan struktur beton.
3. Perbaikan retak agar tidak tembus air/bocor. Tetapi perbaikan retak yang dilakukan tidak dapat digunakan untuk struktur beton yang telah mengalami kebocoran atau telah terjadinya rembesan air pada celah retak.

B. ALAT

Alat yang dibutuhkan dalam pekerjaan injeksi dengan bahan *epoxy resin* diantaranya : Tabung Injeksi, *Grout pump/compressor*, Nipple, Selang grouting, dan *Vacum* (penghisap debu).

1. Tabung Injeksi

Harus dapat menghasilkan tekanan yang rendah yang terus menerus secara konstan sehingga dapat menekan bahan perekat ke dalam retakan sampai pada retakan yang paling kecil. Tekanan rendah tersebut harus dihasilkan oleh tabung penyuntik itu sendiri (*internal pressure*) Tekanan yang dihasilkan oleh tabung penyuntik adalah sekitar 3 kg/cm^2 secara terus menerus selama proses penetrasi bahan *epoxy* berlangsung.



Gambar 3.1 Tabung Injeksi

2. *Grout pump/compressor*

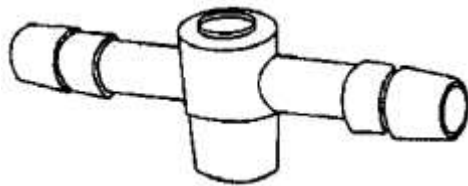
Harus mampu untuk menyuplai tekanan udara secara kontinu dan stabil kedalam tabung injeksi sesuai dengan tekanan udara yang diperlukan.



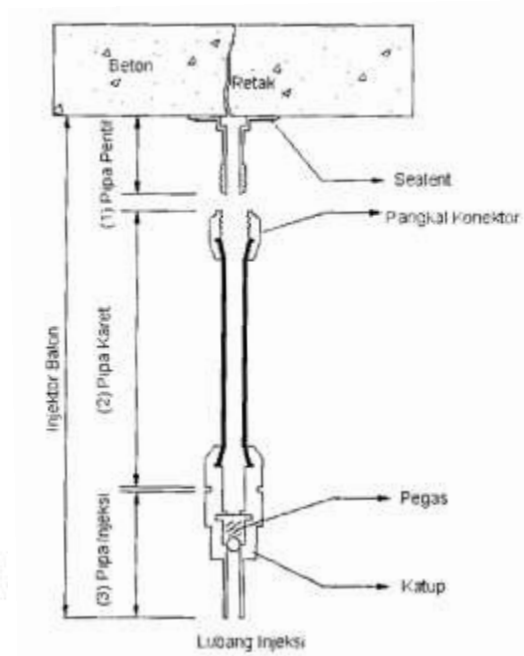
Gambar 3.2 Kompresor

3. Nipple

Alat yang digunakan untuk memasukkan bahan perekat ke dalam celah retak sampai ke bagian celah retak yang paling kecil dengan tekanan dan kecepatan rendah. Penggunaan jenis alat nipple tersebut harus mendapat persetujuan terlebih dahulu sebelum digunakan.



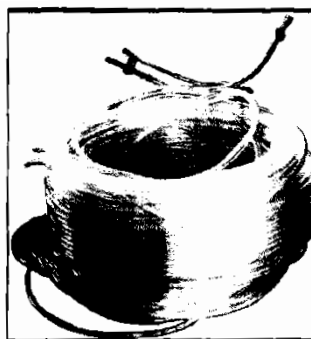
a) Tipe Nipple plastik



b) Tipe Nipple karet (Injektor Balon/ Karet)

Gambar 3.3 Nipple

4. Selang grouting



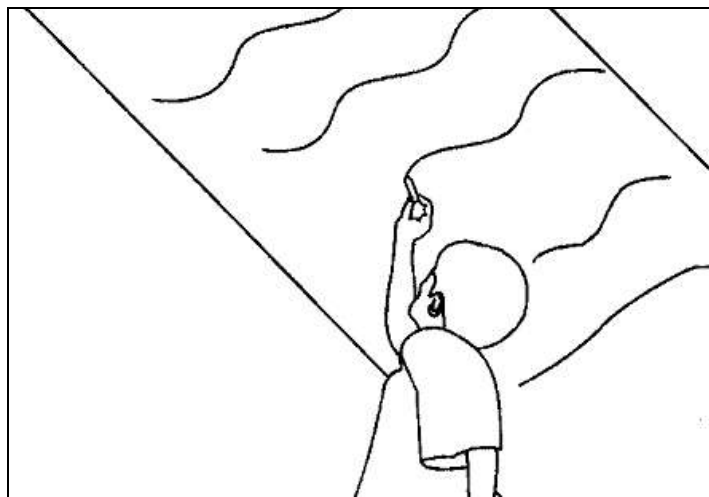
Gambar 3.4 Selang Grouting

5. *Vacum* (penghisap debu) atau peralatan pendukung yang berkaitan dan diperlukan dalam pekerjaan injeksi.

C. PELAKSANAAN

1. Pembersihan permukaan beton.

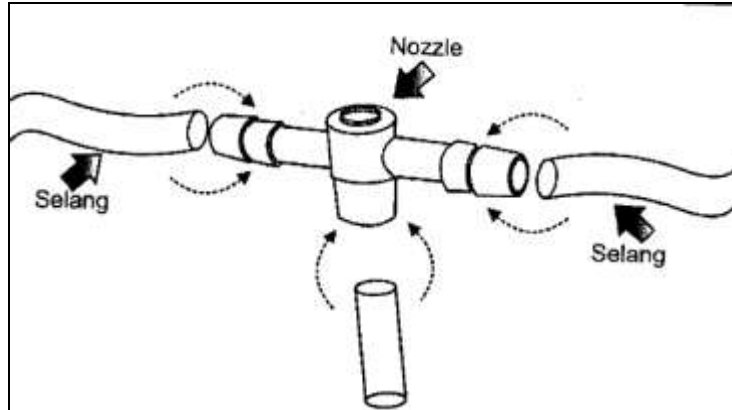
Permukaan yang akan diperbaiki atau dikerjakan harus dibersihkan terlebih dahulu dengan mesin gurinda atau sikat kawat sehingga bebas dari kotoran-kotoran atau bekas beton yang tidak sempurna selebar sekitar 5 cm di sekitar permukaan yang akan dilakukan perbaikan retak agar terlihat dengan jelas bagian-bagian permukaan yang retak. Pembersihan ini dilakukan pada sepanjang retakan. Permukaan beton harus bebas dan bersih terhadap minyak, oli dan sejenisnya.



Gambar 3.5 Penentuan Lokasi Retakan dan Pembersihan

2. Pemasangan *Nipples*.

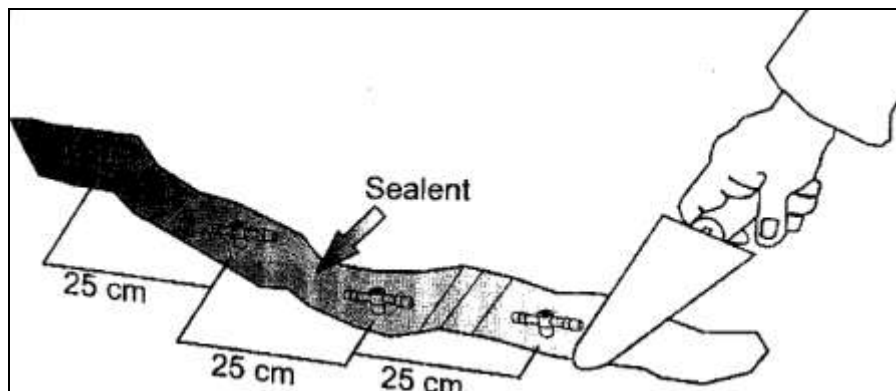
Dasar alat *nipples* harus dilekatkan sedemikian rupa tepat ditengah permukaan yang retak dengan menggunakan bahan penutup (*seal*) sehingga cairan bahan perekat dapat masuk kedalam retakan sesuai dengan yang disyaratkan. Jarak antar alat nipple tergantung pada lebar dan dalamnya retakan, sehingga jumlah alat penyuntik dapat seefisien mungkin dan jumlah serta lokasi alat penyuntik harus disetujui terlebih dahulu.



Gambar 3.6 Pemasangan Injektor

3. Penutupan Retakan.

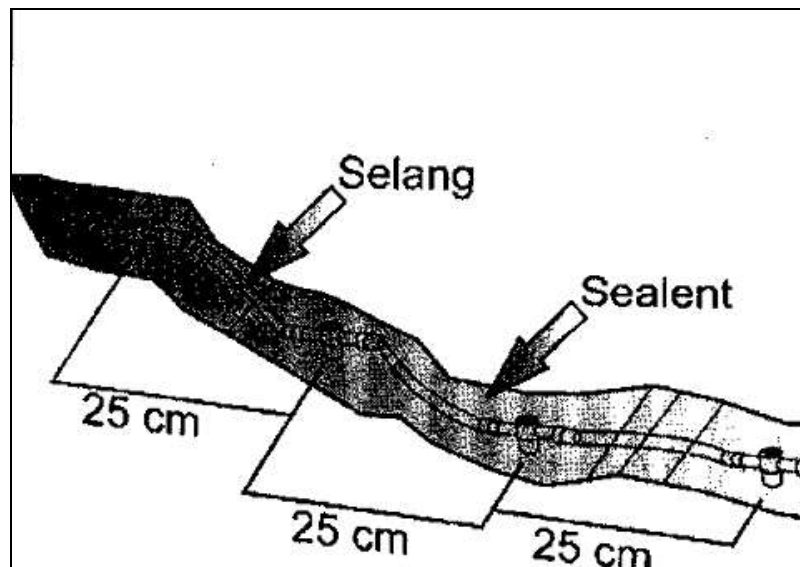
Setelah dilakukan pembersihan seperti yang disyaratkan tersebut di atas, kemudian sepanjang jalur retakan yang ada ditutup dengan menggunakan bahan penutup (*sealant*) selebar 5 cm dan tebal sekitar 3 mm. Setelah jalur retakan tertutup semua dengan bahan penutup, dan bahan penutup mengeras, maka dapat dilaksanakan tahap berikut yaitu pemasangan alat *nipple* dan dimulai dengan dasar alat *nipple* sampai melekat dengan baik. Tahapan ini harus disetujui terlebih dahulu sebelum dilaksanakan tahapan berikut.



Gambar 3.7 Penutupan retakan dengan *sealant*

4. Pemasangan Pipa.

Setelah dilakukan pemasangan *nipples* dan penutup (*sealer*), dilakukan pemasangan selang *grouting* yang menghubungkan antar *nipple* yang telah terpasang, kemudian pipa inlet/titik injeksi paling bawah dihubungkan dengan tabung injeksi yang telah siap terisi material *grouting* yang terhubung dengan kompressor sehingga pekerjaan *grouting* siap untuk dilakukan.

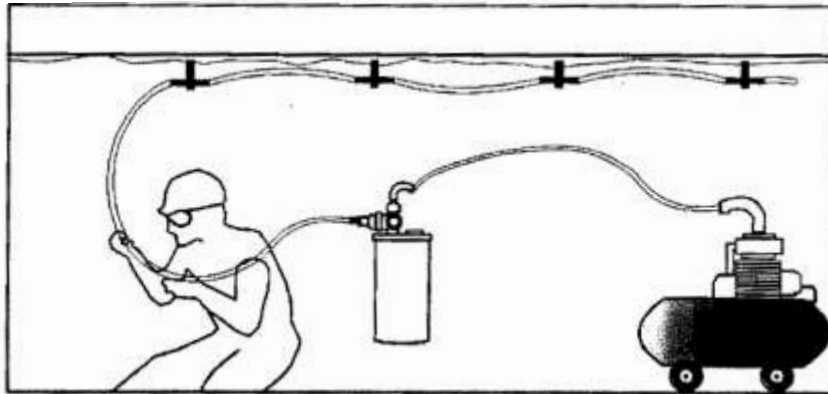


Gambar 3.8 Pemasangan pipa

5. Pelaksanaan Grouting.

Setelah alat *nipples* terpasang, maka dilakukan pencampuran bahan *epoxy* yang terdiri atas 2 komponen sesuai persyaratan dari pabrik pembuat Bahan *epoxy* yang telah tercampur (dengan perbandingan *base agent* : *hardener* adalah 2 :1) tersebut dimasukkan ke dalam alat *nipples* dengan suatu alat yang khusus sampai penuh dalam batas plastik penutup balon yaitu sampai balon penyuntik berdiameter 25 mm, dan kemudian tahapan tersebut dilakukan terus sampai semua alat *nipples* terisi dengan bahan *epoxy*. Pekerjaan tersebut harus terus diawasi, dan dilakukan pemeriksaan pada setiap alat *nipples*, apabila balon sudah mulai mengempis, maka harus diisi lagi dengan bahan *epoxy* dan seterusnya, sehingga semua balon terisi dan tidak ada lagi balon yang

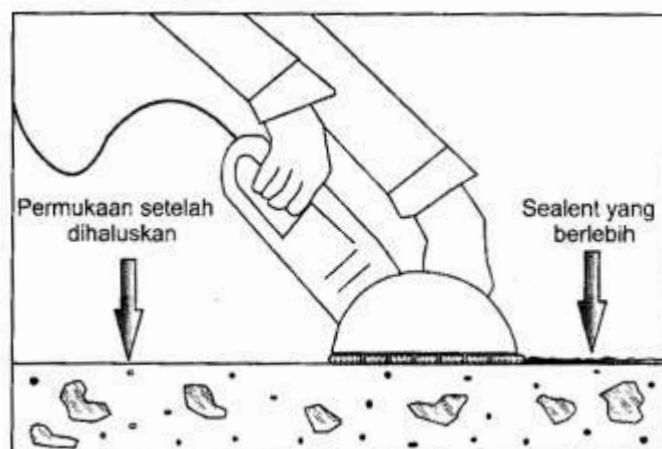
mengempis. Apabila semua balon telah terisi penuh dan tidak ada lagi yang mengempis, maka hal tersebut mengindikasikan bahwa semua retakan sudah terisi penuh, dan bahan *epoxy* akan mulai mengikat (*setting*) menjadi keras. Proses *setting* tersebut akan memerlukan waktu sekitar 3 jam.



Gambar 3.9 Pekerjaan grouting bahan *epoxy* resin

6. Finishing/Perataan Permukaan

Penyelesaian akhir dimulai dengan melepaskan alat nipples setelah 1 (satu) hari selesainya pekerjaan penyuntikan bahan *epoxy* ke dalam retakan. Setelah alat penyuntik dan balon penyuntik dilepas dari tempat retakan, kemudian dilakukan pelepasan atau pembersihan bahan penutup retakan (*sealant*), sehingga permukaan struktur menjadi rata dan rapih.



Gambar 3.10 Pembersihan permukaan

D. PENGENDALIAN MUTU

1. Penerimaan Bahan

Semua bahan yang diterima di lapangan diberi tanda khusus pada kaleng bahan *epoxy* (yang terdiri atas 2 komponen) yaitu *base agent* dan *hardener*, bahan penutup (*sealant*) Setelah diberikan landa khusus langkah selanjutnya yaitu membuat laporan sesuai dengan jumlah penerimaan bahan *epoxy* (*base agent* dan *hardener*), bahan penutup dan jumlah alat penyuntik. Dalam penerimaan bahan dilengkapi dengan dokumen keaslian produk dari pabrik pembuat (berupa jaminan pabrik) sesuai dengan jenis bahan yang akan digunakan.

2. Penerimaan Hasil Kerja

Semua alai penyuntik yang leiah dilepaskan dari permukaan retak di cek apakah terisi penuh dengan bahan perekat *epoxy*. Hal ini yang menandakan bahwa semua retakan telah terisi penuh dengan bahan perekat. Tahapan selanjutnya adalah pengecekan terhadap seluruh permukaan yang telah dibersihkan apakah berada dalam kondisi bersih dan rapih. Apabila terdapat keraguan, maka dapat diusulkan untuk dilakukannya pengujian tambahan dengan melakukan pengujian khusus dengan alat UPV, dan *core drill*.

3. Pekerjaan Tidak Memenuhi Ketentuan

Bila perbaikan atas pekerjaan perbaikan retak pada balok, kolom dan atau pelat lantai tidak menunjukkan hasil (dapat dilihat apakah telah terekatnya semua retakan pada struktur) dan tidak memenuhi ketentuan seperti yang disyaratkan, maka perbaikan akan dilakukan menurut petunjuk yang telah ditetapkan.

Bila terjadi perbedaan pendapat dalam mutu pekerjaan perbaikan retak atau adanya keraguan terhadap hasil yang dilaksanakan, maka dilakukan pengujian tambahan yang diperlukan untuk menjamin bahwa mutu pekerjaan yang telah dilaksanakan sesuai dengan yang diminta.

E. PENGUKURAN VOLUME

1. Dasar Pengukuran

Pengukuran kuantitas pekerjaan yang telah dilaksanakan dilakukan dengan cara menghitung jumlah kemasan (kaleng) bahan *epoxy*, bahan penutup (*sealant*) serta jumlah alat penyuntik lengkap yang telah digunakan (sesuai yang terpasang). Semua kemasan yang telah digunakan diberikan tanda khusus. Tidak ada tambahan pengukuran atau biaya tambahan untuk perancah, pengujian tambahan (apabila diperlukan) dan perbaikan pekerjaan (apabila diperlukan).

2. Dasar Pembayaran

Harga dan pembayaran harus merupakan kompensasi untuk seluruh penyediaan dan pemasangan seluruh bahan yang tidak dibayar dalam Mata Pembayaran lain, termasuk perancah, pengaplikasian bahan perekat, pekerjaan akhir dan perawatan dan untuk semua biaya lainnya yang perlu dan lazim untuk penyelesaian pekerjaan sebagaimana mestinya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Satuan pengukuran untuk pembayaran pekerjaan Injeksi

No.	Uraian	Satuan Pengukuran
1	Cairan perekat (<i>epoxy resin</i>)	Kilogram
2	Bahan penutup (<i>sealant</i>)	Kilogram
3	Injektor	Buah

LAMPIRAN IV

METODE PERBAIKAN DAN PERKUATAN BETON DENGAN CFRP (CARBON FIBER REINFORCED POLYMER)

A. UMUM

Material komposit yang terbuat dari bahan *fiber* dan *polymetric resin*, atau yang lebih dikenal dengan *fiber reinforced polymer* (FRP), merupakan bahan material yang terbentuk dengan komposit laminasi yang dapat diaplikasikan pada permukaan selimut pada struktur beton. Jika bahan yang dipergunakan dari jenis serat karbon dengan epoksi resin, dikenal dengan istilah CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*).

Metode perkuatan ini sangat fleksibel dan dapat digunakan untuk berbagai bentuk dari struktur yang akan diperkuat. Perkuatan dapat untuk perkuatan lentur, geser dan *confinement* (*pengekangan*) pada kolom.

Untuk perlindungan terhadap pengaruh lingkungan diperlukan proteksi pada permukaan laminasi dengan cara pengecatan dengan cat *epoxy*. Perkuatan dengan metode FRP adalah sangat ringan, tidak korosif dan memiliki kuat tarik yang sangat tinggi.

Maksimum temperatur yang terjadi pada *epoxy resin* sehingga FRP masih dapat berfungsi secara optimal adalah pada temperatur 60- 82°C.

B. PELAKSANAAN

1. Persiapan permukaan

- Semua jenis lapis permukaan atau pelindung permukaan struktur beton yang akan diperkuat dengan bahan *fiber* harus dibersihkan sampai permukaan beton yang kuat. Apabila pada permukaan beton atau selimut beton mengelupas, atau terjadi karat, gompal dan alau retak, maka permukaan atau struktur beton tersebut harus diperbaiki terlebih dahulu;
- Pastikan semua kondisi permukaan struktur beton telah diperbaiki, dan jika diperlukan mungkin adanya perbaikan atau penambahan baja tulangan terlebih dahulu;

- Bagian-bagian ujung struktur beton yang tajam harus dibulatkan terlebih dahulu dengan jari-jari minimum 2 cm.
2. Pencampuran bahan *fiber* dengan *epoxy*
- Batas temperatur pencampuran bahan *epoxy* harus berada pada batasan antara 10°-38° C.
 - Bahan *epoxy* harus dicampur dengan komposisi atau proporsi yang telah ditetapkan dari pabrik pembuat selama 3-5 menit dengan mesin pengaduk kecepatan rendah
 - Bahan *epoxy* tersebut tidak melebihi batasan waktu pencampuran sesuai dengan petunjuk dari pabrik pembuat
 - Semua persyaratan pencampuran baik untuk bahan *epoxy resin* maupun serat *carbon* harus akurat sesuai dengan petunjuk pada setiap petunjuk yang tertulis pada setiap bungkus.
3. Pemasangan *CFRP*
- Semua permukaan struktur beton yang akan diperkuat dan yang telah bersih serta dengan dimensi yang disyaratkan diberi lapisan *epoxy* dengan menggunakan kuas.
 - Kemudian serat *fiber* yang diberi lapisan dengan *epoxy* dipasangkan pada struktur beton dengan menggunakan rol untuk menekan sesuai dengan arah serat yang disyaratkan dalam perancangan
 - *Fiber* yang dipasang tersebut harus sedemikian melekat pada struktur beton sampai terjadinya kesatuan (tidak ada rongga antara bahan *fiber* dengan struktur beton), dan dipasang sesuai dengan arah serat yang disyaratkan.
 - Untuk bagian sambungan bahan *CFRP* tersebut harus dilakukan overlap antara lapis awal dan lapis berikutnya pada arah serat yang disyaratkan sebesar 150 mm dan 75 mm untuk arah serat yang lain.
 - Setelah selesai pemasangan lapis pertama, semua rongga udara harus dikeluarkan dengan menekan permukaan fiber dengan menggunakan tangan sehingga seragam, dan menghasilkan permukaan akhir yang disyaratkan.
4. *Curing (perawatan)*
- Waktu *curing* bahan *CFRP* tersebut adalah 49 - 72 jam dan tergantung pada batas

temperatur udara pada waktu pemasangan.

- Temperatur *curing* harus dijaga sedemikian dalam batasan yang disyaratkan.
- Bahan *CFRP* yang telah mengeras harus mempunyai ketebalan yang merata dan saling mengikat antar lapisan tanpa menunjukkan adanya jebakan udara.

5. Pekerjaan Akhir

- Setelah selesai semua proses pelaksanaan pada permukaan struktur beton yang diperkuat atau dikembalikan kapasitasnya, maka apabila disyaratkan maka permukaan tersebut dapat dilapisi kembali dengan plesteran dengan bahan khusus setelah 2 – 3 jam setelah selesai pemasangan bahan *CFRP* dilaksanakan dan *curing* dapat dilaksanakan setelah 24 jam plesteran selesai dipasang.
- Selain itu permukaan *CFRP* yang telah selesai *curing* dapat juga diberi lapisan cat setelah permukaan kering dengan cara mengusapkan jari tangan pada lapisan dan jari tidak merasa basah atau lengket.

C. PENGENDALIAN MUTU

Mutu bahan yang dipasok, proses serta hasil akhir harus dipantau dan dikendalikan seperti disyaratkan. Untuk pelaksanaan pekerjaan beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah apabila terjadi gelembung/pemisahan antara *CFRP* dengan permukaan beton maka dapat dikategorikan gelembung/pemisahan tersebut adalah :

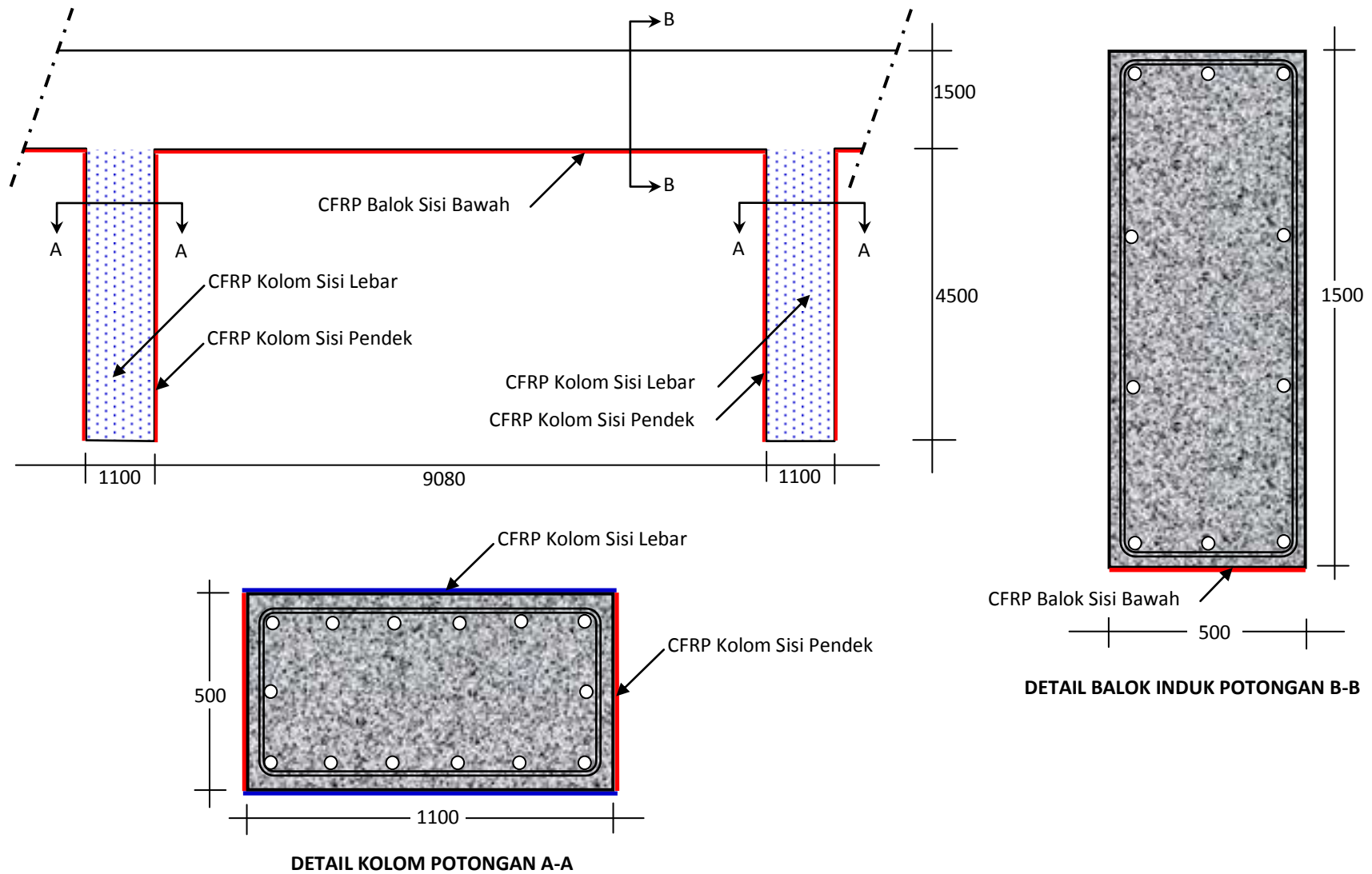
- Kecil, apabila gelembung/pemisahan kurang dari 1300 mm^2 dan tidak lebih dari 5% dari luas total permukaan laminasi dan tidak lebih dari 10 lokasi per 1 m^2 adalah diijinkan.
- Besar, apabila gelembung/pemisahan lebih dari 16000 mm^2 , hal tersebut harus diperbaiki dengan cara dipotong dan dibuat overlap dengan *CFRP* sistem tambahan
- apabila gelembung/pemisahan kurang dari 16000 mm^2 dapat diperbaiki dengan injeksi *epoxy resin*.

D. PENGUKURAN VOLUME

Hasil pekerjaan yang diukur adalah sesuai dengan kuantitas terpasang dan dihitung berdasarkan meter persegi sesuai dengan jenis bahan, ketebalan serta jumlah lapis.

E. PEMELIHARAAN

Pemeliharaan yang diperlukan untuk jenis perkuatan dengan sistem FRP adalah perlindungan terhadap pengaruh luar langsung dengan cara perlindungan dengan cat *epoxy* secara berkala.

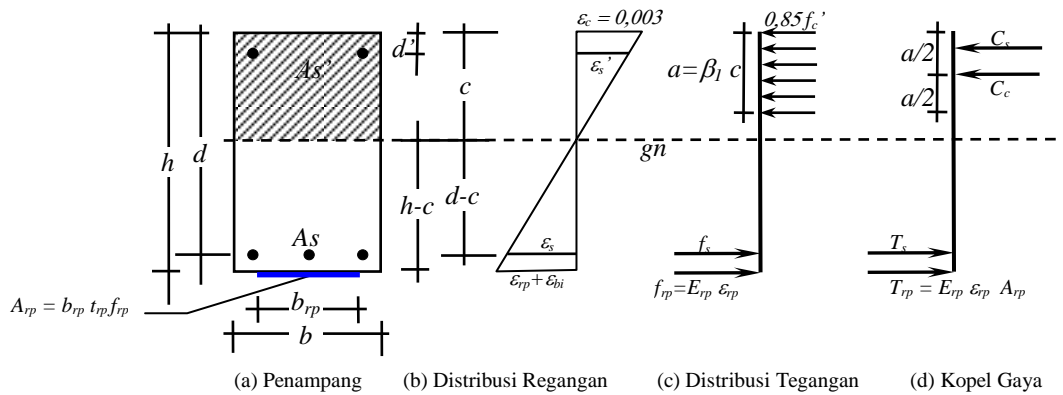


GAMBAR 4.1. LETAK CFRP PADA BALOK INDUK DAN KOLOM

LAMPIRAN V

PERHITUNGAN KEKUATAN DAN KEBUTUHAN CFRP PADA BALOK DAN KOLOM

Perkuatan lentur balok didasarkan pada *limit state* sesuai dengan ACI 318, yang ditentukan oleh batasan kuat tekan beton dan tegangan leleh baja tulangan serta tegangan efektif CFRP. Dalam analisis tampang, sebagai dasar perhitungan untuk mendapatkan Beban yang Dapat ditahan Balok Setelah di Perkuat (M_{nf}) pada kondisi lentur murni dapat diturunkan dari persamaan kesetimbangan gaya-gaya dalam berdasarkan gambar 5.1. Beban yang dapat ditahan oleh balok sebelum diperkuat (M_n) dihitung menggunakan program Beton 2000. Sedangkan Beban yang Harus ditahan Oleh Balok (M_u) dihitung menggunakan SAP 2000.



Gambar 5.1. Distribusi Regangan & Tegangan Serta Keseimbangan Gaya Pada Penampang Balok

Dalam analisis Tampang, sebagai dasar perhitungan untuk mendapatkan M_{nf} pada kondisi lentur murni dapat diturunkan dari persamaan kesetimbangan gaya-gaya dalam, sebagai berikut :

$$T_s + T_{fe} = C_c + C_s$$

dengan :

T_s = Gaya tarik baja tulangan

T_{fe} = Gaya tarik sumbangan CFRP

C_c = Gaya tekan beton

C_s = Gaya tekan baja tulangan

Dengan memperhatikan letak titik masing-masing resultan gaya serta ukuran penampang akan didapatkan kuat lentur nominal M_{nf} , dengan besarnya faktor reduksi ψ sebesar 0,85.

$$M_{nf} = A_s f_s \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' f_s' (d - d') + \psi A_f f_{fe} \left(h - \frac{a}{2} \right)$$

Karena M_n dihitung menggunakan program beton 2000 sehingga yang perlu dihitung yang cukup perkuatannya saja yaitu dengan persamaan :

$$M_f = \psi A_{rp} f_{rp} \left(h - \frac{a}{2} \right)$$

Sebagai contoh perhitungan kebutuhan CFRP pada balok B9 sebagai berikut :

Beban yang Harus ditahan oleh Balok (M_u) = 1115,54 kNm

Beban yang dapat ditahan oleh balok sebelum diperkuat (M_n) = 894,80 kNm

Sehingga beban yang harus di tahan oleh CFRP sebesar = 1115,54 - 894,80 = 220,74 kNm

Luas tulangan baja tarik, $A_s = 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 1140,86 \text{ mm}^2$

Tegangan leleh baja, $f_y = 340 \text{ MPa}$ (prakiraan berhubungan dengan usia baja)

Kuat Tekan beton, $f_c' = 22,50 \text{ MPa}$ (Hasil uji UPV dan Hammer)

Lebar balok, $b = 500 \text{ mm}$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1140,86 \times 340}{0,85 \times 22} = 40,56$$

Tinggi balok, $h = 1500 \text{ mm}$

Tegangan leleh CFRP, $f_{rp} = 340 \text{ MPa}$

Tebal CFRP, $t_{rp} = 0,11 \text{ mm}$

Lebar CFRP, $b_{rp} = 500 \text{ mm}$

Dicoba jumlah lapis CFRP = 2, maka

Volume CFRP, $A_{rp} = 2 \times 0,11 \times 500 = 110 \text{ mm}^2$

$$M_f = \psi A_{rp} f_{rp} \left(h - \frac{a}{2} \right) = 0,85 \times 110 \times 340 \times \left(1500 - \frac{40,52}{2} \right) \\ = 320.980.449,22 \text{ Nmm} = 320,98 \text{ kNm}$$

$M_{nf} = M_n + M_f = 894,80 + 320,98 = 1215,78 \text{ kNm} > M_u = 1115,54 \text{ kNm}$

Karena beban yang dapat ditahan oleh balok setelah diperkuat (M_{nf}) lebih besar dari pada beban yang harus ditahan (M_u) maka, dapat dikatakan Struktur dalam kondisi Aman.

Kebutuhan CFRP pada balok dan kolom dipaparkan pada Tabel dibawah ini.

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Balok Terminal 1A *Shopping Arcade* Sebelah Kiri (Gambar 15)

Kode Balok	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
B9	1115.54	894.8	0.11	500	9080	2	Bawah	1215.78	Aman
B10	1071.99	894.8	0.11	500	9080	2	Bawah	1215.78	Aman
B11	1013.37	894.8	0.11	500	9080	1	Bawah	1055.29	Aman
B12	1121.28	894.8	0.11	500	9080	2	Bawah	1215.78	Aman
B13	1391.13	894.8	0.11	500	9080	4	Bawah	1536.76	Aman
B14	931.61	894.8	0.11	500	9080	1	Bawah	1055.29	Aman
B15	947.33	894.8	0.11	500	9080	1	Bawah	1055.29	Aman
B16	1150.84	894.8	0.11	500	9080	2	Bawah	1215.78	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Balok Terminal 1A *Shopping Arcade* Sebelah Kanan (Gambar 16)

Kode Balok	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
B9	1046.24	896.7	0.11	500	9080	1	Bawah	1057.28	Aman
B10	1039.24	896.7	0.11	500	9080	1	Bawah	1057.28	Aman
B11	922.95	896.7	0.11	500	9080	1	Bawah	1057.28	Aman
B12	898.97	896.7	0.11	500	9080	1	Bawah	1057.28	Aman
B13	1153.78	896.7	0.11	500	9080	2	Bawah	1217.91	Aman
B14	1096.58	896.7	0.11	500	9080	2	Bawah	1217.91	Aman
B15	1023.29	896.7	0.11	500	9080	1	Bawah	1057.28	Aman
B16	1153.37	896.7	0.11	500	9080	2	Bawah	1217.91	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Balok Terminal 1A Anjungan 1 (Gambar 17)

Kode Balok	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
B11	942.44	888.3	0.11	500	9080	1	Bawah	1048.20	Aman
B12	937.95	888.3	0.11	500	9080	1	Bawah	1048.20	Aman
B15	1048.39	888.3	0.11	500	9080	2	Bawah	1208.06	Aman
B16	1196.04	888.3	0.11	500	9080	2	Bawah	1208.06	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Balok Terminal 1A Anjungan 2 (Gambar 18)

Kode Balok	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
B9	1062.06	888.3	0.11	500	9080	2	Bawah	1208.06	Aman
B10	1552.09	888.3	0.11	500	9080	5	Bawah	1687.65	Aman
B11	2211.05	888.3	0.11	500	9080	9	Bawah	2327.09	Aman
B12	1394.54	888.3	0.11	500	9080	4	Bawah	1527.79	Aman
B13	1191.77	888.3	0.11	500	9080	2	Bawah	1208.06	Aman
B14	1022.34	888.3	0.11	500	9080	1	Bawah	1048.20	Aman
B15	1034.69	888.3	0.11	500	9080	1	Bawah	1048.20	Aman
B16	1255.05	888.3	0.11	500	9080	3	Bawah	1367.92	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Balok Terminal 1A Anjungan 3 (Gambar 19)

Kode Balok	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
B9	2130.944	888.3	0.11	500	9080	8	Bawah	2167.23	Aman
B10	1882.371	888.3	0.11	500	9080	7	Bawah	2007.37	Aman
B12	1048.307	888.3	0.11	500	9080	2	Bawah	1208.06	Aman
B13	1192.609	888.3	0.11	500	9080	2	Bawah	1208.06	Aman
B14	1021.804	888.3	0.11	500	9080	1	Bawah	1048.20	Aman
B15	1016.529	888.3	0.11	500	9080	1	Bawah	1048.20	Aman
B16	1146.558	888.3	0.11	500	9080	2	Bawah	1208.06	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Balok Terminal 1B *VIP Room* (Gambar 20)

Kode Balok	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
B4	880.38	888.9	0.11	300	9080	1	Bawah	888.87	Aman
B7	967.16	888.9	0.11	300	9080	1	Bawah	983.72	Aman
B11	970.18	888.9	0.11	300	9080	1	Bawah	983.72	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Balok Terminal 1C *Shopping Arcade* Sebelah Kiri (Gambar 21)

Kode Balok	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
B12	1464.09	893.7	0.11	500	9080	4	Bawah	1535.27	Aman
B13	1327.55	893.7	0.11	500	9080	3	Bawah	1374.87	Aman
B16	1293.68	893.7	0.11	500	9080	3	Bawah	1374.87	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Balok Terminal 1C Shopping Arcade Bagian Tengah (Gambar 23)

Kode Balok	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
B71	390.63	246.4	0.11	400	9080	2	Bawah	501.79	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Balok Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kanan (Gambar 22)

Kode Balok	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Luas (m ²)	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
B9	1011.73	894.5	0.11	400	9080	1	Bawah	1022.53	Aman
B13	999.21	894.5	0.11	400	9080	1	Bawah	1022.53	Aman
B16	938.88	894.5	0.11	150	9080	1	Bawah	941.18	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Kolom Terminal 1A Shopping Arcade Sebelah Kiri (Gambar 15)

Kode Kolom	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
K12	780.04	506.50	0.11	1100	4500	3	Lebar	851.22	Aman
K13	768.21	506.50	0.11	1100	4500	3	Lebar	851.22	Aman
K14	766.23	506.50	0.11	1100	4500	3	Lebar	851.22	Aman
K17	784.93	506.50	0.11	1100	4500	3	Lebar	851.22	Aman
K18	774.36	506.50	0.11	1100	4500	3	Lebar	851.22	Aman
K19	771.95	506.50	0.11	1100	4500	3	Lebar	851.22	Aman
K22	825.23	506.50	0.11	1100	4500	3	Lebar	851.22	Aman
K23	814.14	506.50	0.11	1100	4500	3	Lebar	851.22	Aman
K24	811.61	506.50	0.11	1100	4500	3	Lebar	851.22	Aman
K12	763.16	495.02	0.11	500	4500	3	Pendek	846.34	Aman
K13	694.10	495.02	0.11	500	4500	2	Pendek	729.23	Aman
K14	791.68	495.02	0.11	500	4500	3	Pendek	846.34	Aman
K17	674.72	495.02	0.11	500	4500	2	Pendek	729.23	Aman
K18	625.17	495.02	0.11	500	4500	2	Pendek	729.23	Aman
K19	721.91	495.02	0.11	500	4500	2	Pendek	729.23	Aman
K22	654.27	495.02	0.11	500	4500	2	Pendek	729.23	Aman
K23	618.93	495.02	0.11	500	4500	2	Pendek	729.23	Aman
K24	698.51	495.02	0.11	500	4500	2	Pendek	729.23	Aman

Kekuatan & Kebutuhan CFRP Kolom Terminal 1A *Shopping Arcade* Sebelah Kanan (Gambar 16)

Kode Kolom	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
K12	751.73	595.63	0.11	1100	4500	2	Lebar	825.99	Aman
K13	753.97	595.63	0.11	1100	4500	2	Lebar	825.99	Aman
K14	764.44	595.63	0.11	1100	4500	2	Lebar	825.99	Aman
K17	753.92	595.63	0.11	1100	4500	2	Lebar	825.99	Aman
K18	755.64	595.63	0.11	1100	4500	2	Lebar	825.99	Aman
K19	767.35	595.63	0.11	1100	4500	2	Lebar	825.99	Aman
K22	796.64	595.63	0.11	1100	4500	2	Lebar	825.99	Aman
K23	797.88	595.63	0.11	1100	4500	2	Lebar	825.99	Aman
K24	808.25	595.63	0.11	1100	4500	2	Lebar	825.99	Aman
K12	760.93	523.64	0.11	500	4500	3	Pendek	875.37	Aman
K13	662.79	523.64	0.11	500	4500	2	Pendek	758.13	Aman
K14	728.53	523.64	0.11	500	4500	2	Pendek	758.13	Aman
K17	730.66	523.64	0.11	500	4500	2	Pendek	758.13	Aman
K18	605.06	523.64	0.11	500	4500	1	Pendek	640.88	Aman
K19	676.44	523.64	0.11	500	4500	2	Pendek	758.13	Aman
K22	721.93	523.64	0.11	500	4500	2	Pendek	758.13	Aman
K23	626.46	523.64	0.11	500	4500	1	Pendek	640.88	Aman
K24	664.32	523.64	0.11	500	4500	2	Pendek	758.13	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Kolom Terminal 1A Anjungan 1 (Gambar 17)

Kode Kolom	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
K12	697.75	383.05	0.11	1100	4500	3	Lebar	724.00	Aman
K13	705.92	383.05	0.11	1100	4500	3	Lebar	724.00	Aman
K14	719.93	383.05	0.11	1100	4500	3	Lebar	724.00	Aman
K17	701.50	383.05	0.11	1100	4500	3	Lebar	724.00	Aman
K18	705.77	383.05	0.11	1100	4500	3	Lebar	724.00	Aman
K19	727.55	383.05	0.11	1100	4500	3	Lebar	724.00	Aman
K22	737.95	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K23	747.30	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K24	764.69	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K12	778.47	404.03	0.11	500	4500	4	Pendek	869.94	Aman
K13	711.89	404.03	0.11	500	4500	3	Pendek	753.47	Aman
K14	759.31	404.03	0.11	500	4500	4	Pendek	869.94	Aman
K17	764.81	404.03	0.11	500	4500	4	Pendek	869.94	Aman
K18	693.99	404.03	0.11	500	4500	3	Pendek	753.47	Aman
K19	730.58	404.03	0.11	500	4500	3	Pendek	753.47	Aman
K22	769.78	404.03	0.11	500	4500	4	Pendek	869.94	Aman
K23	703.62	404.03	0.11	500	4500	3	Pendek	753.47	Aman
K24	751.98	404.03	0.11	500	4500	4	Pendek	869.94	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Kolom Terminal 1A Anjungan 2 (Gambar 18)

Kode Kolom	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
K12	788.67	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K13	805.01	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K14	797.52	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K17	791.54	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K18	798.02	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K19	812.66	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K22	828.14	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K23	831.01	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K24	842.93	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K12	850.28	404.03	0.11	500	4500	4	Pendek	869.94	Aman
K13	876.89	404.03	0.11	500	4500	5	Pendek	986.42	Aman
K14	837.01	404.03	0.11	500	4500	4	Pendek	869.94	Aman
K17	915.65	404.03	0.11	500	4500	5	Pendek	986.42	Aman
K18	810.40	404.03	0.11	500	4500	4	Pendek	869.94	Aman
K19	857.78	404.03	0.11	500	4500	4	Pendek	869.94	Aman
K22	993.79	404.03	0.11	500	4500	6	Pendek	1102.9	Aman
K23	908.11	404.03	0.11	500	4500	5	Pendek	986.42	Aman
K24	929.05	404.03	0.11	500	4500	5	Pendek	986.42	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Kolom Terminal 1A Anjungan 3 (Gambar 19)

Kode Kolom	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CFRP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
K12	756.27	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K13	754.64	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K14	770.33	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K17	766.38	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K18	767.26	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K19	777.77	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K22	805.93	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K23	807.55	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K24	817.49	383.05	0.11	1100	4500	4	Lebar	837.65	Aman
K12	791.27	404.03	0.11	500	4500	4	Pendek	869.94	Aman
K13	703.60	404.03	0.11	500	4500	3	Pendek	753.47	Aman
K14	677.06	404.03	0.11	500	4500	3	Pendek	753.47	Aman
K17	714.11	404.03	0.11	500	4500	3	Pendek	753.47	Aman
K18	606.43	404.03	0.11	500	4500	2	Pendek	636.99	Aman
K19	649.47	404.03	0.11	500	4500	3	Pendek	753.47	Aman
K22	683.88	404.03	0.11	500	4500	3	Pendek	753.47	Aman
K23	605.57	404.03	0.11	500	4500	2	Pendek	636.99	Aman
K24	606.59	404.03	0.11	500	4500	2	Pendek	636.99	Aman

Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Kolom Terminal 1B *VIP Room* (Gambar 20)

Kode Kolom	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
K4	603.16	555.50	0.11	500	4500	1	Lebar	604.20	Aman
K5	598.68	555.50	0.11	500	4500	1	Lebar	604.20	Aman
K6	594.74	555.50	0.11	500	4500	1	Lebar	604.20	Aman
K9	601.89	555.50	0.11	500	4500	1	Lebar	604.20	Aman
K10	598.51	555.50	0.11	500	4500	1	Lebar	604.20	Aman
K11	592.59	555.50	0.11	500	4500	1	Lebar	604.20	Aman
K4	482.38	391.75	0.11	400	4500	1	Pendek	484.43	Aman
K5	451.54	391.75	0.11	400	4500	1	Pendek	484.43	Aman
K6	459.45	391.75	0.11	400	4500	1	Pendek	484.43	Aman
K9	447.44	391.75	0.11	400	4500	1	Pendek	484.43	Aman
K10	452.87	391.75	0.11	400	4500	1	Pendek	484.43	Aman
K11	417.89	391.75	0.11	400	4500	1	Pendek	484.43	Aman

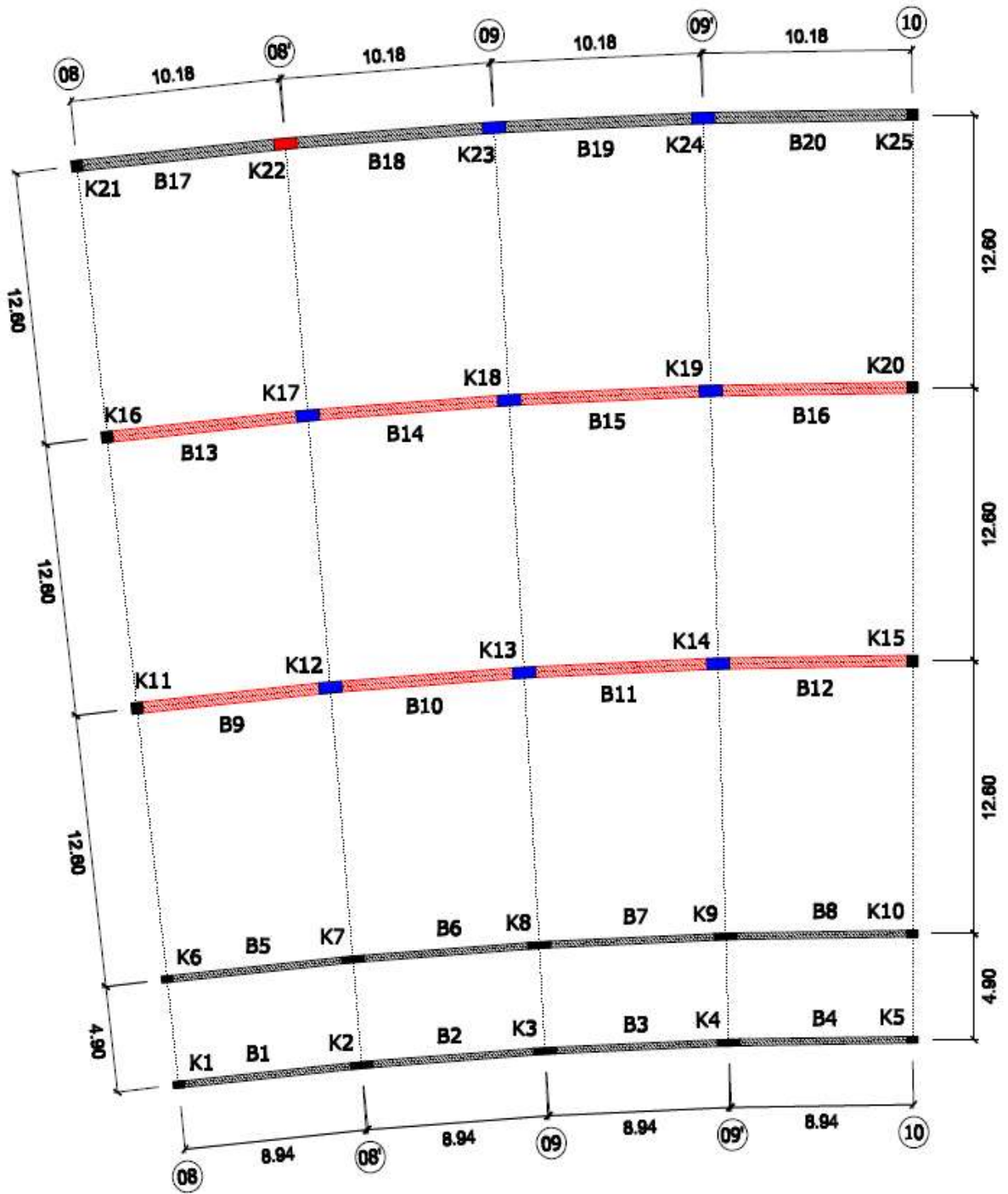
Kekuatan dan Kebutuhan CFRP Kolom Terminal 1C *Shopping Arcade* Sebelah Kiri (Gambar 21)

Kode Kolom	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
K9	235.05	421.86	0.11	1100	4500	0	Lebar	421.86	Aman
K12	847.93	421.86	0.11	1100	4500	4	Lebar	880.75	Aman
K13	861.15	421.86	0.11	1100	4500	4	Lebar	880.75	Aman
K14	859.83	421.86	0.11	1100	4500	4	Lebar	880.75	Aman
K17	858.52	421.86	0.11	1100	4500	4	Lebar	880.75	Aman
K18	860.13	421.86	0.11	1100	4500	4	Lebar	880.75	Aman
K19	859.10	421.86	0.11	1100	4500	4	Lebar	880.75	Aman
K22	869.68	421.86	0.11	1100	4500	4	Lebar	880.75	Aman
K23	868.76	421.86	0.11	1100	4500	4	Lebar	880.75	Aman
K24	867.10	421.86	0.11	1100	4500	4	Lebar	880.75	Aman
K9	537.76	532.10	0.11	500	4500	1	Pendek	649.12	Aman
K12	1069.40	532.10	0.11	500	4500	5	Pendek	1117.18	Aman
K13	644.24	532.10	0.11	500	4500	1	Pendek	649.12	Aman
K14	888.06	532.10	0.11	500	4500	4	Pendek	1000.16	Aman
K17	717.85	532.10	0.11	500	4500	2	Pendek	766.13	Aman
K18	618.11	532.10	0.11	500	4500	1	Pendek	649.12	Aman
K19	711.07	532.10	0.11	500	4500	2	Pendek	766.13	Aman
K22	630.60	532.10	0.11	500	4500	1	Pendek	649.12	Aman
K23	602.57	532.10	0.11	500	4500	1	Pendek	649.12	Aman
K24	653.34	532.10	0.11	500	4500	2	Pendek	766.13	Aman

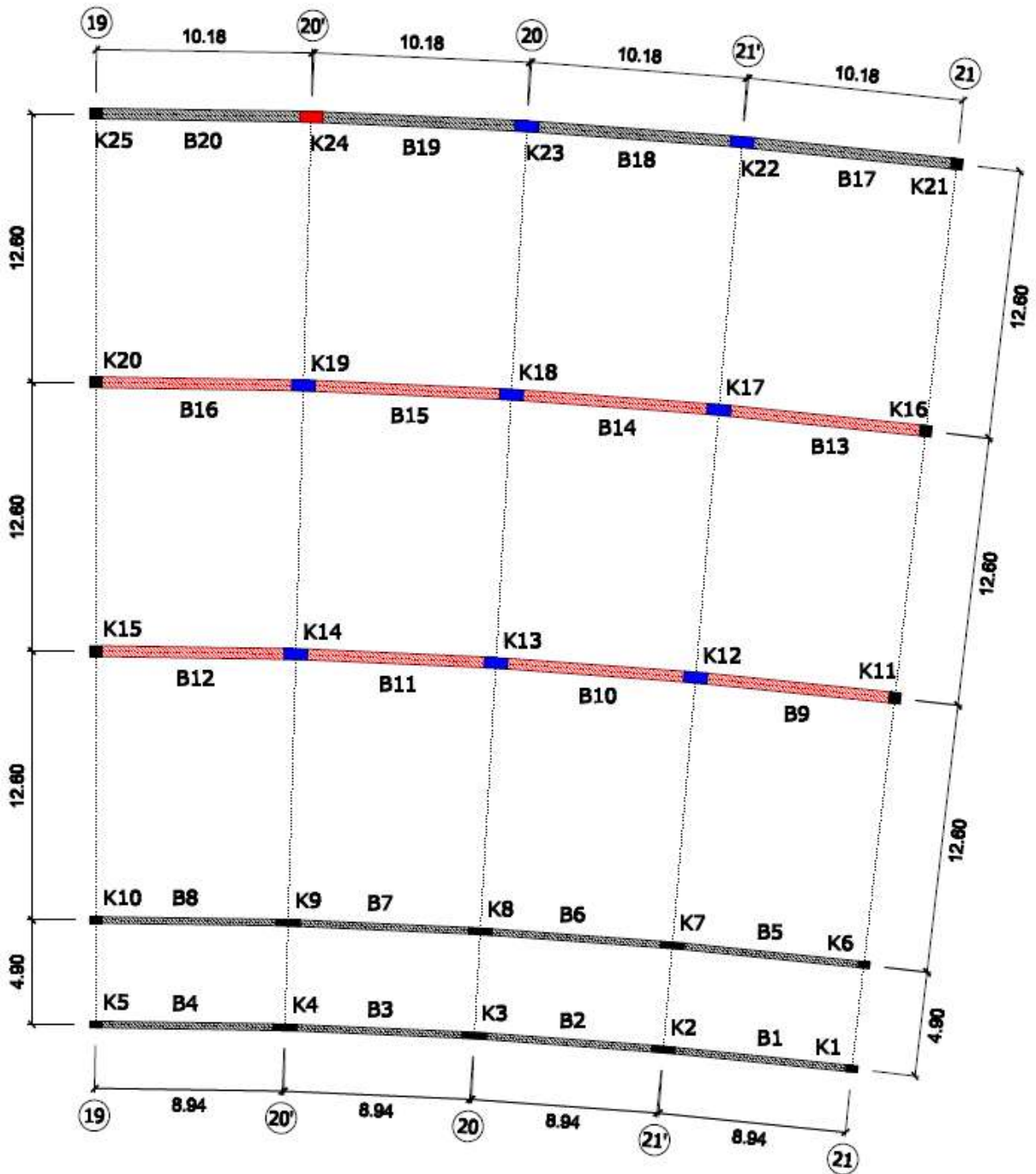
Kekuatan & Kebutuhan CFRP Kolom Terminal 1C *Shopping Arcade* Sebelah Kanan (Gambar 22)

Kode Kolom	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Ukuran CRFP (mm)			Jumlah Lapis	Sisi	Mnf (kNm)	Keterangan Kekuatan
			Tebal	Lebar	Panjang				
K12	819.59	597.12	0.11	1100	4500	2	Lebar	827.34	Aman
K13	810.18	597.12	0.11	1100	4500	2	Lebar	827.34	Aman
K14	810.11	597.12	0.11	1100	4500	2	Lebar	827.34	Aman
K17	820.65	597.12	0.11	1100	4500	2	Lebar	827.34	Aman
K18	809.30	597.12	0.11	1100	4500	2	Lebar	827.34	Aman
K19	808.89	597.12	0.11	1100	4500	2	Lebar	827.34	Aman
K22	824.53	597.12	0.11	1100	4500	2	Lebar	827.34	Aman
K23	815.42	597.12	0.11	1100	4500	2	Lebar	827.34	Aman
K24	814.26	597.12	0.11	1100	4500	2	Lebar	827.34	Aman
K12	649.66	470.43	0.11	500	4500	2	Pendek	704.85	Aman
K13	582.87	470.43	0.11	500	4500	1	Pendek	587.64	Aman
K14	669.18	470.43	0.11	500	4500	2	Pendek	704.85	Aman
K17	646.37	470.43	0.11	500	4500	2	Pendek	704.85	Aman
K18	541.93	470.43	0.11	500	4500	1	Pendek	587.64	Aman
K19	637.06	470.43	0.11	500	4500	2	Pendek	704.85	Aman
K22	562.72	470.43	0.11	500	4500	1	Pendek	587.64	Aman
K23	535.33	470.43	0.11	500	4500	1	Pendek	587.64	Aman
K24	601.41	470.43	0.11	500	4500	2	Pendek	704.85	Aman

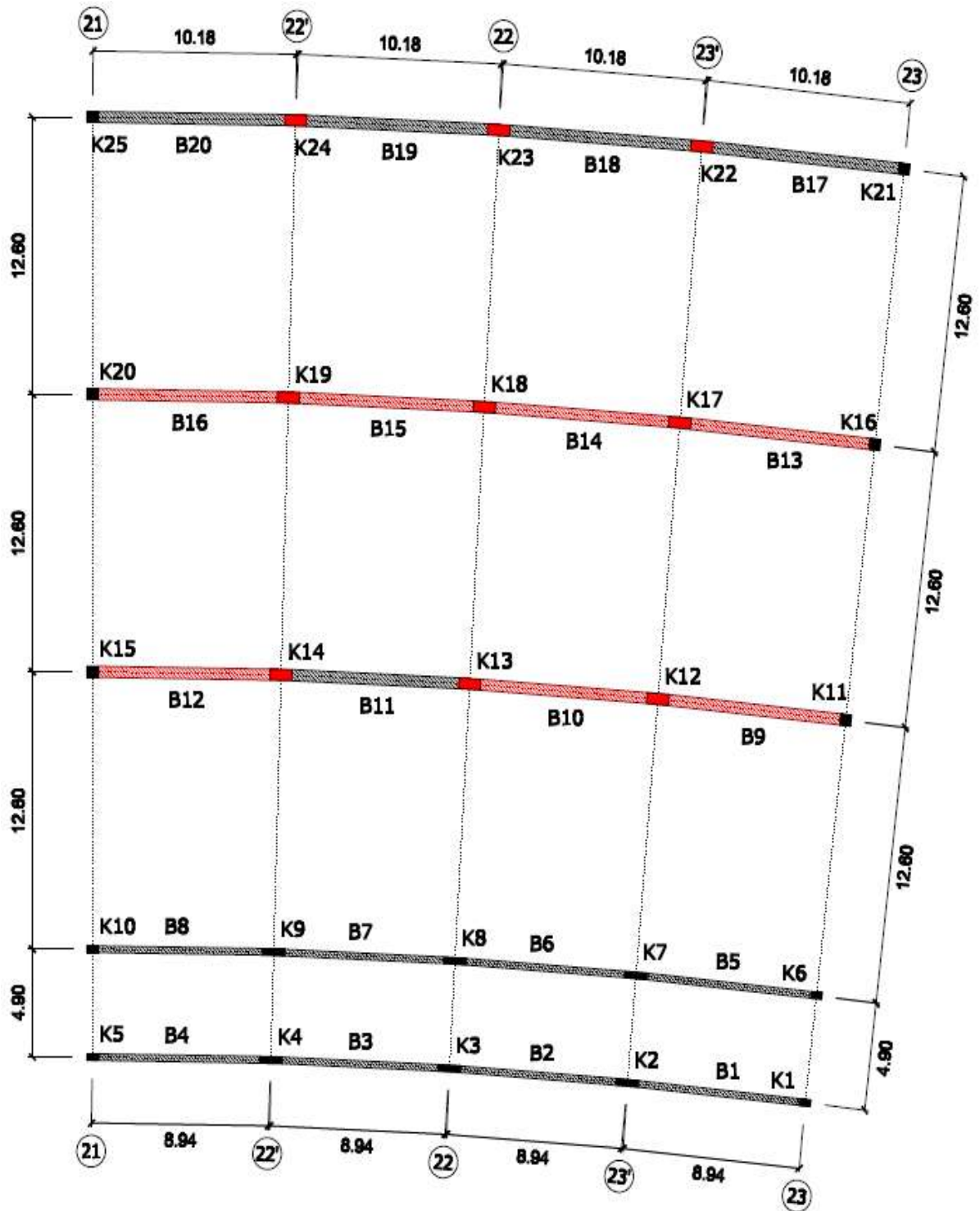
LAMPIRAN VI



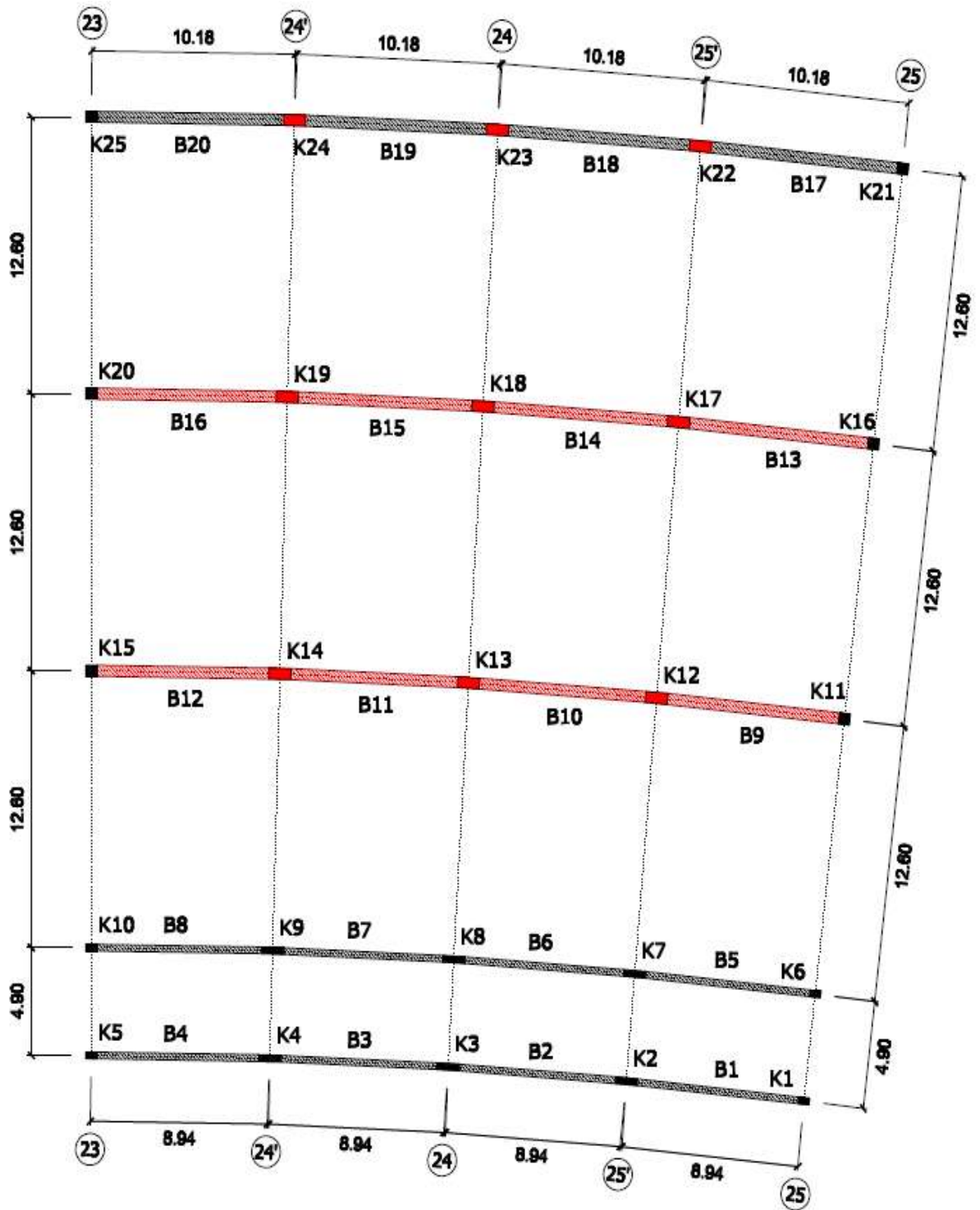
Balok & Kolom Terminal 1A Lantai 1 Sebelah Kiri
 (Area : Breakdown, Passenger Service Charge (PSC) dan Lobby Keberangkatan)



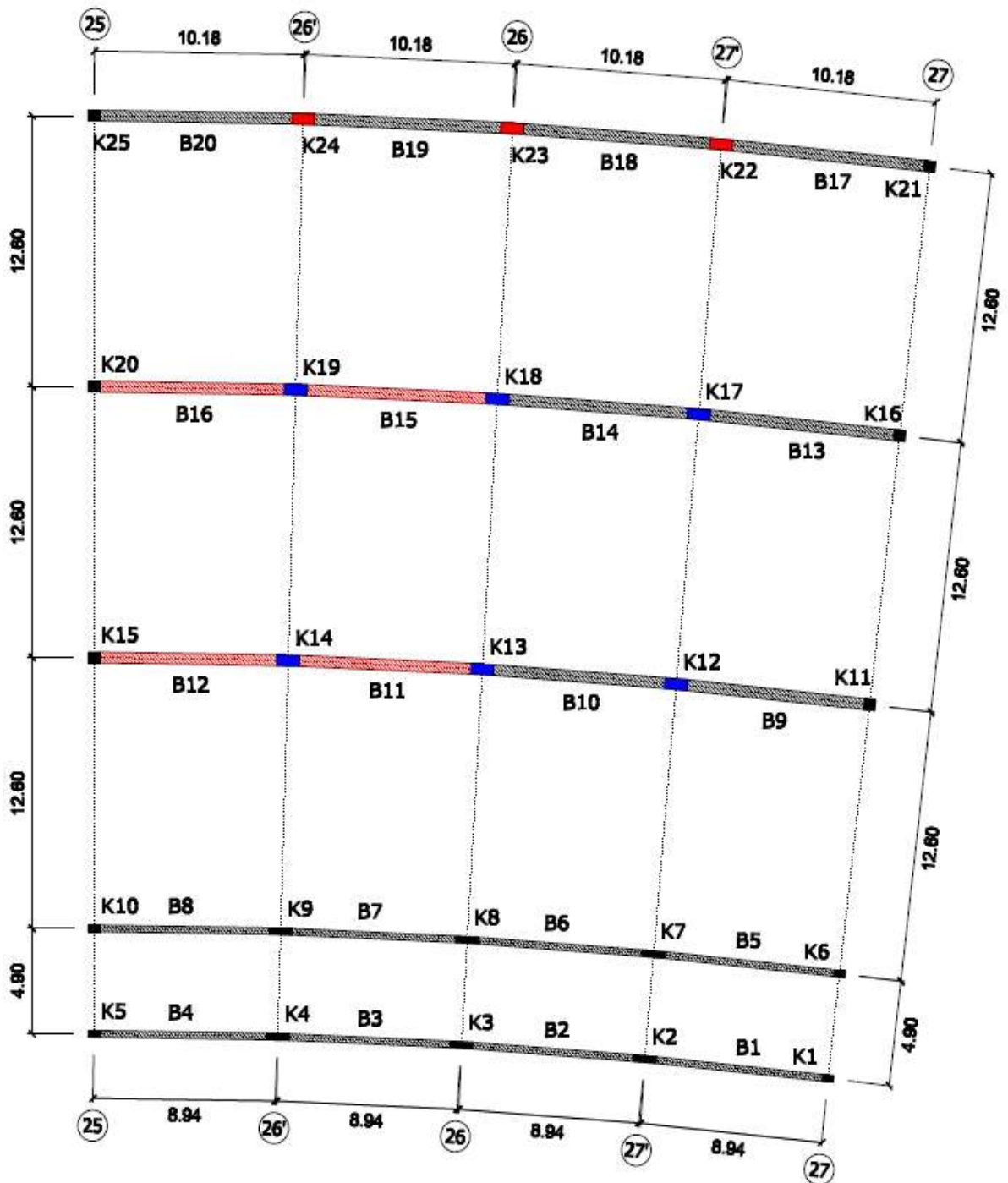
Balok dan Kolom Terminal 1A Lantai 1 Sebelah Kanan
(Area : Breakdown, Baggage Claim, dan Lobby Kedatangan).



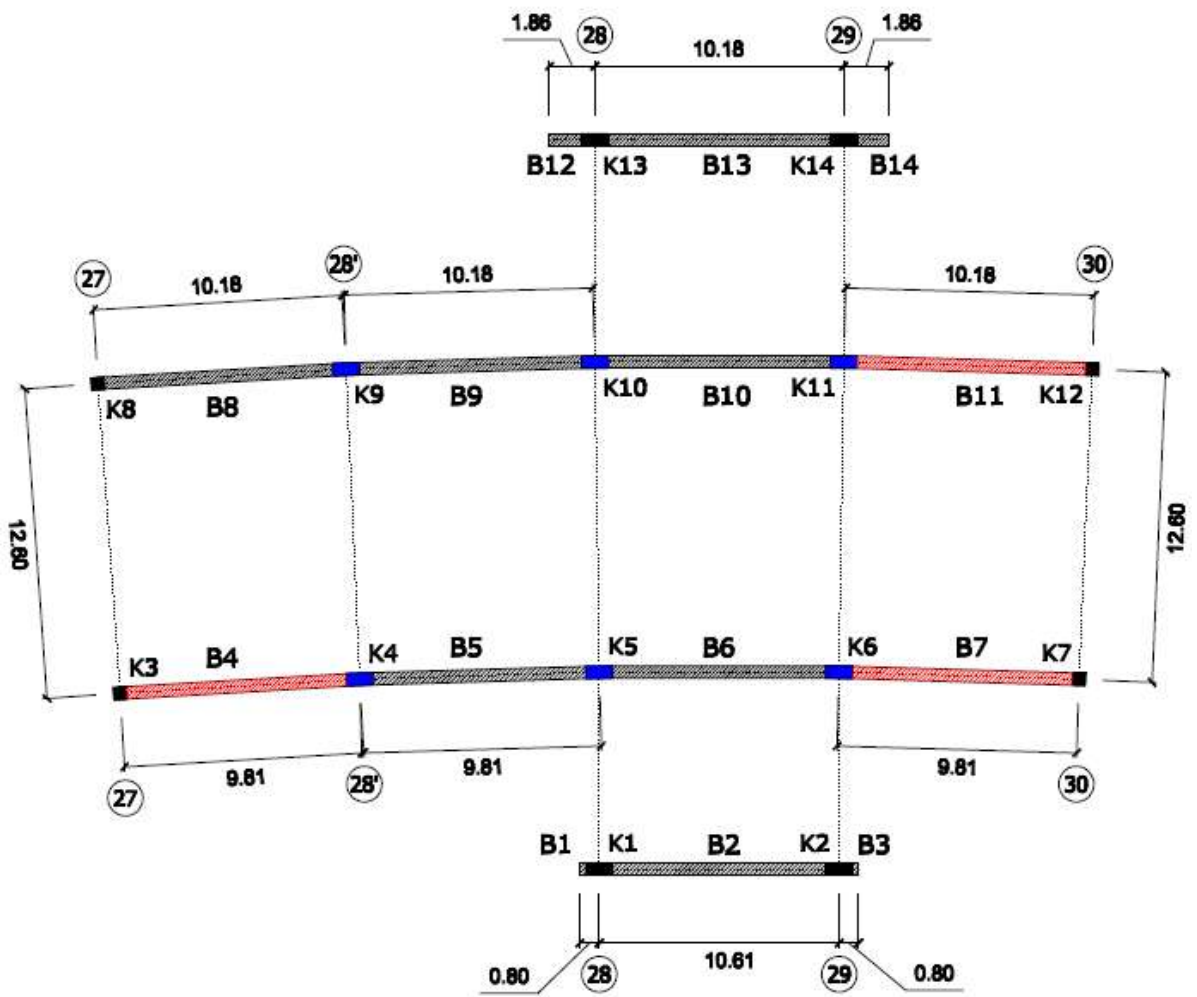
Balok dan Kolom Terminal 1A Anjungan 1 Lantai 1 (Area : Breakdown)



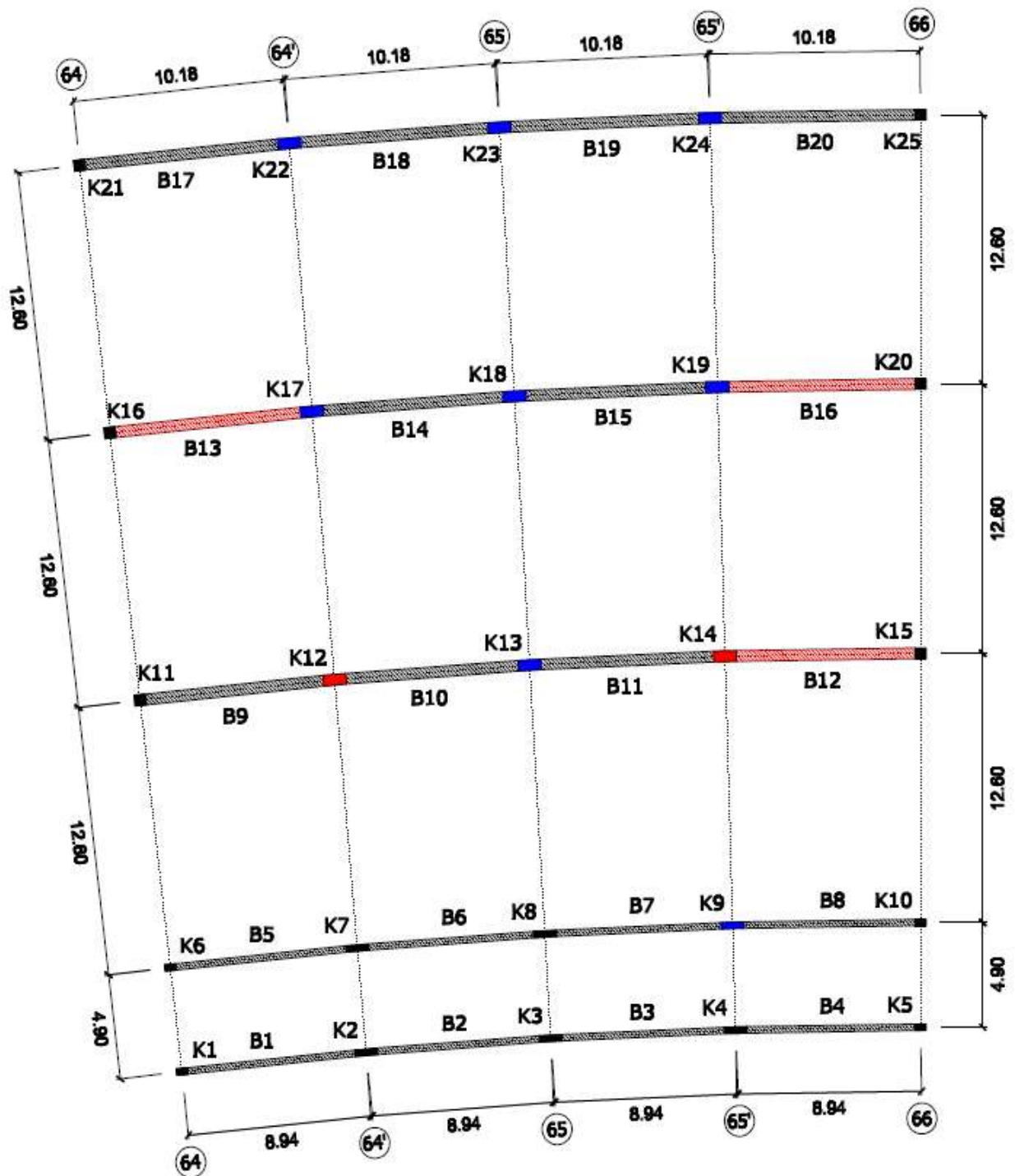
Balok dan Kolom Terminal 1A Anjungan 2 Lantai 1 (Area : Breakdown)



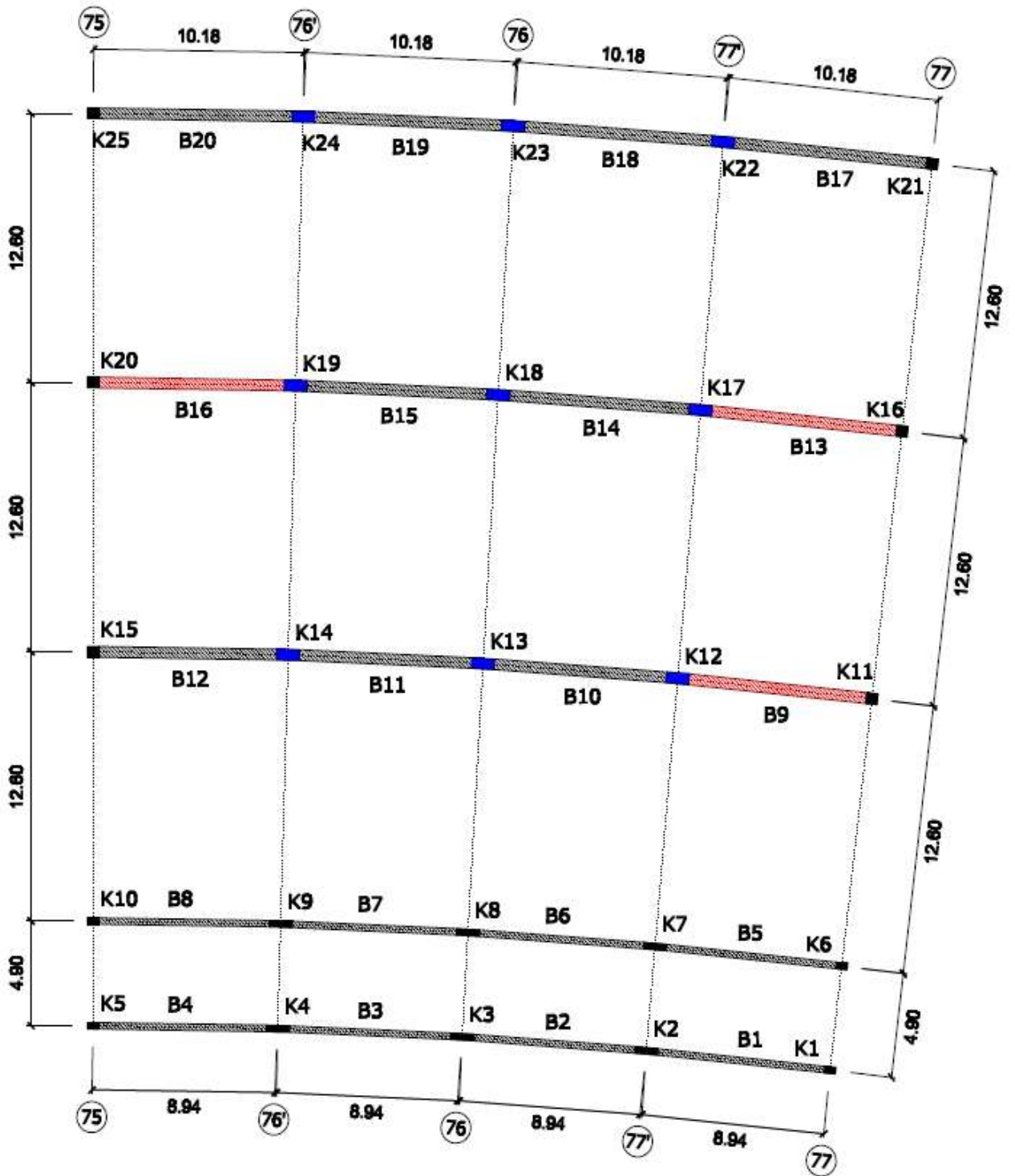
Balok dan Kolom Terminal 1A Anjungan 3 Lantai 1 (Area : Breakdown)



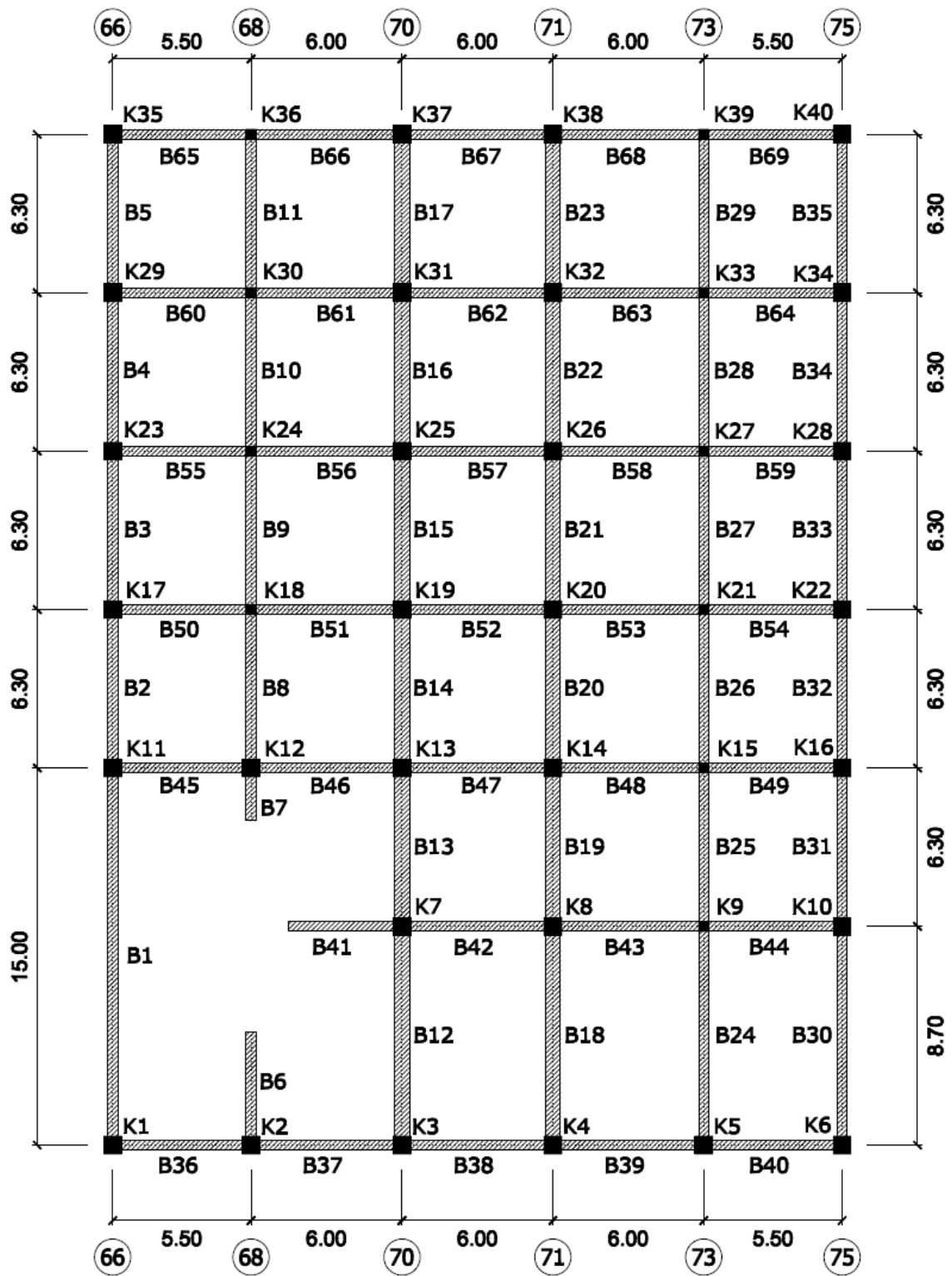
Balok dan kolom Terminal 1B VIP (*Area : Breakdown*)



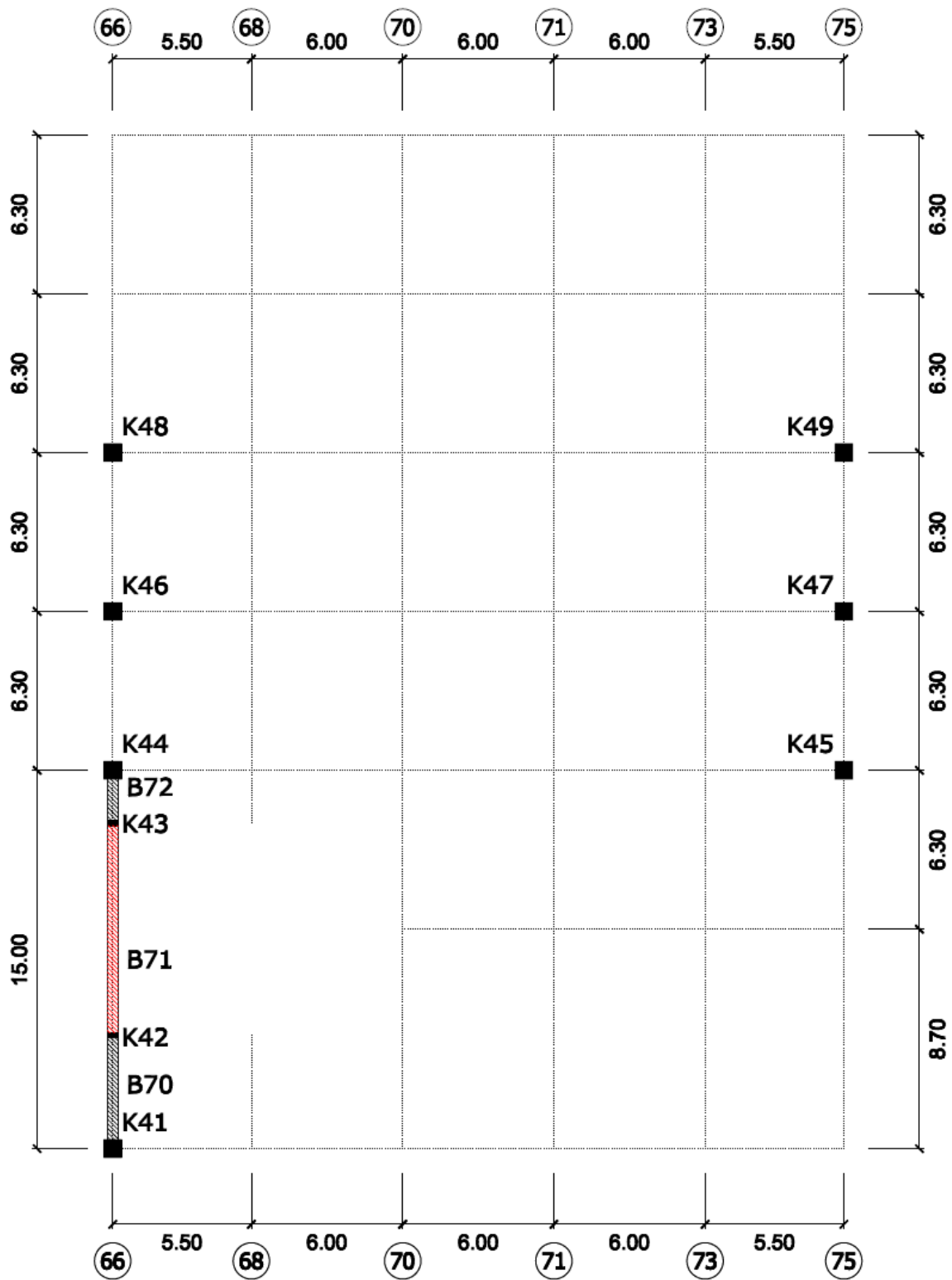
Balok dan kolom Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kiri
 (Area : Breakdown, Passenger Service Charge (PSC) dan Lobby Keberangkatan)



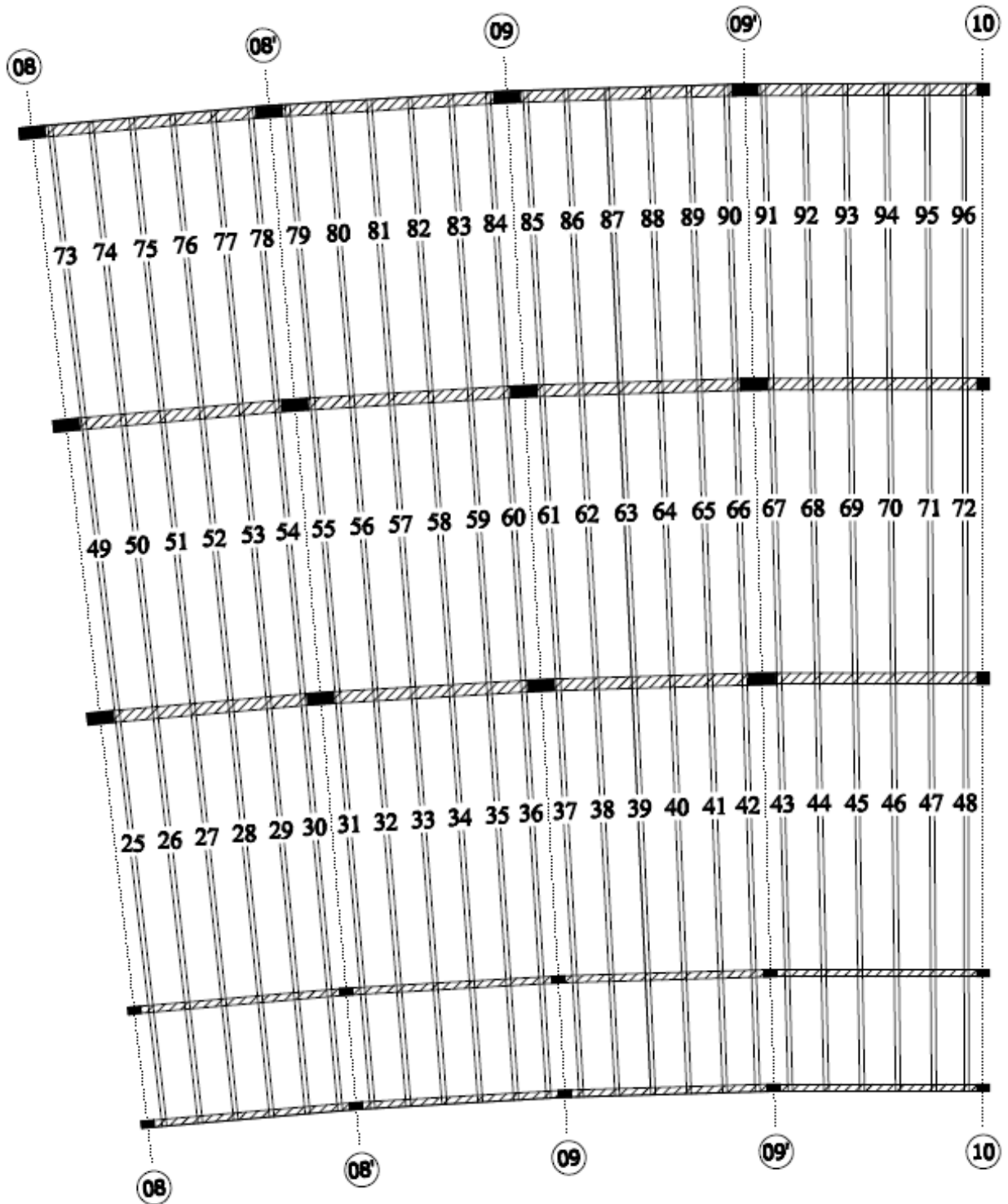
Balok dan kolom Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kanan
 (Area : Breakdown, Baggage Claim, dan Lobby Kedatangan).



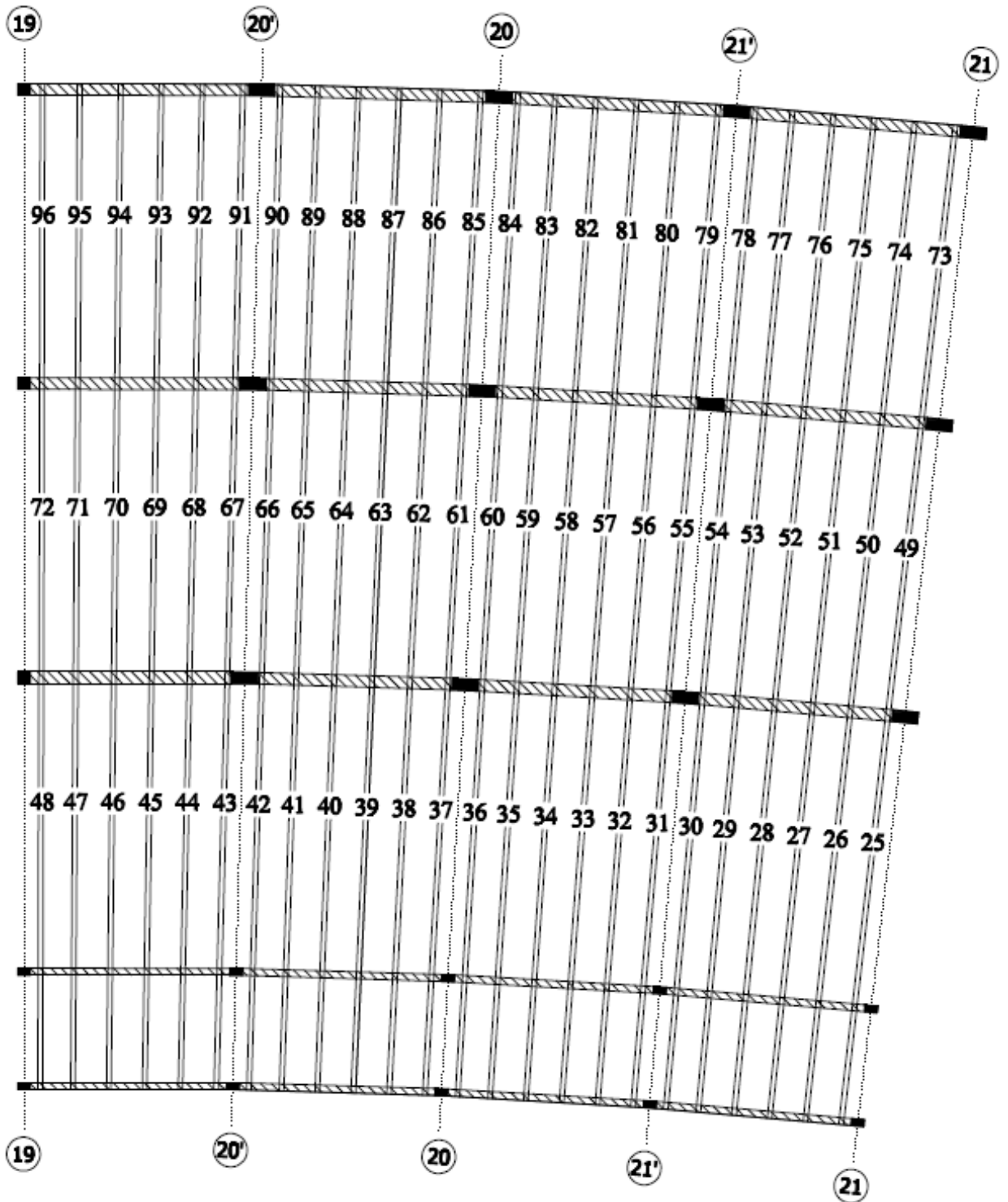
Balok & kolom Terminal 1C Shopping Arcade Bagian Tengah Lantai 1 (Area Koridor)



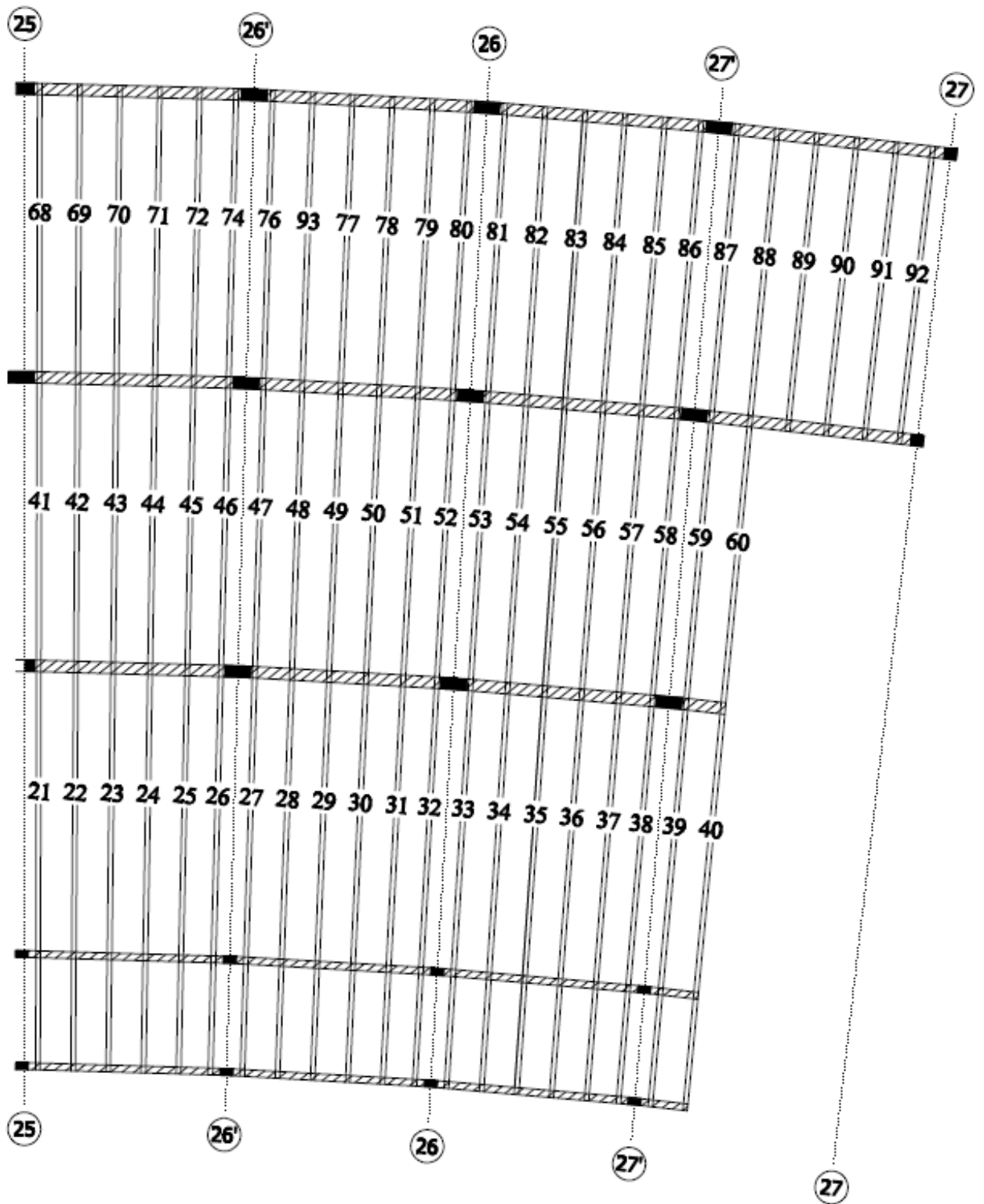
Balok & kolom Terminal 1C *Shopping Arcade* Bagian Tengah Lantai 2 (Area Koridor)



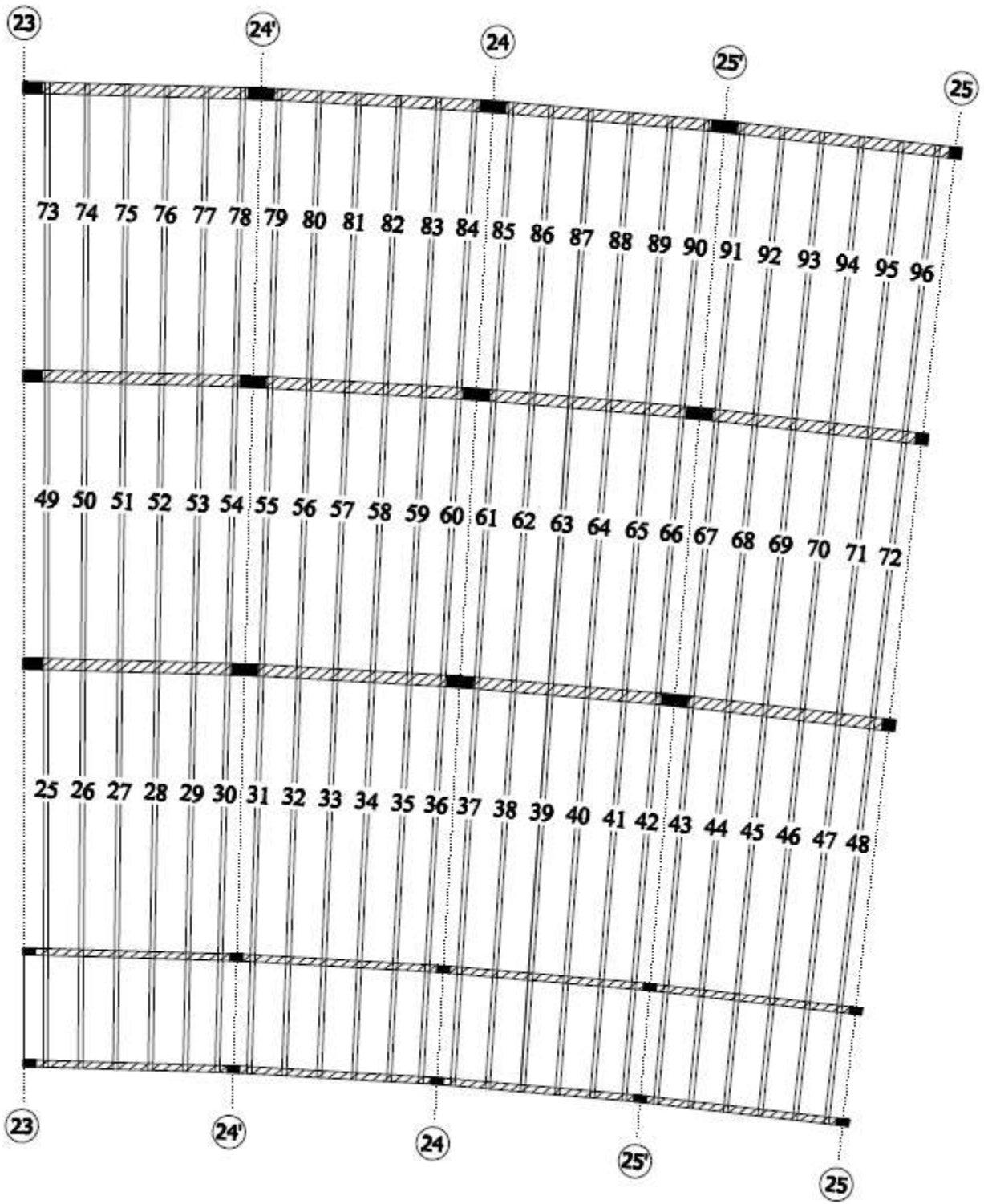
Balok Anak Terminal 1A *Shopping Arcade* Sebelah Kiri



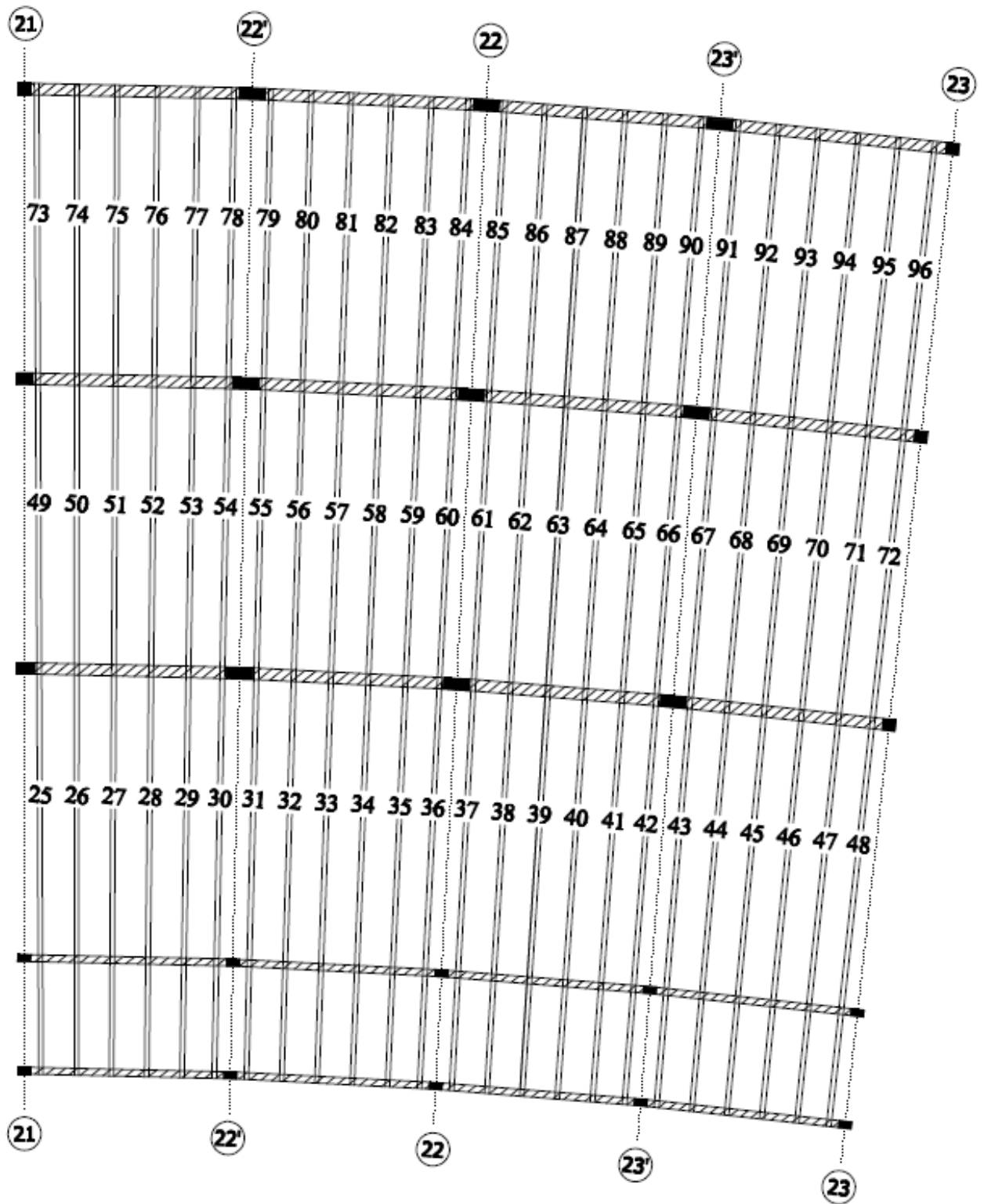
Balok Anak Terminal 1A *Shopping Arcade* Sebelah Kanan



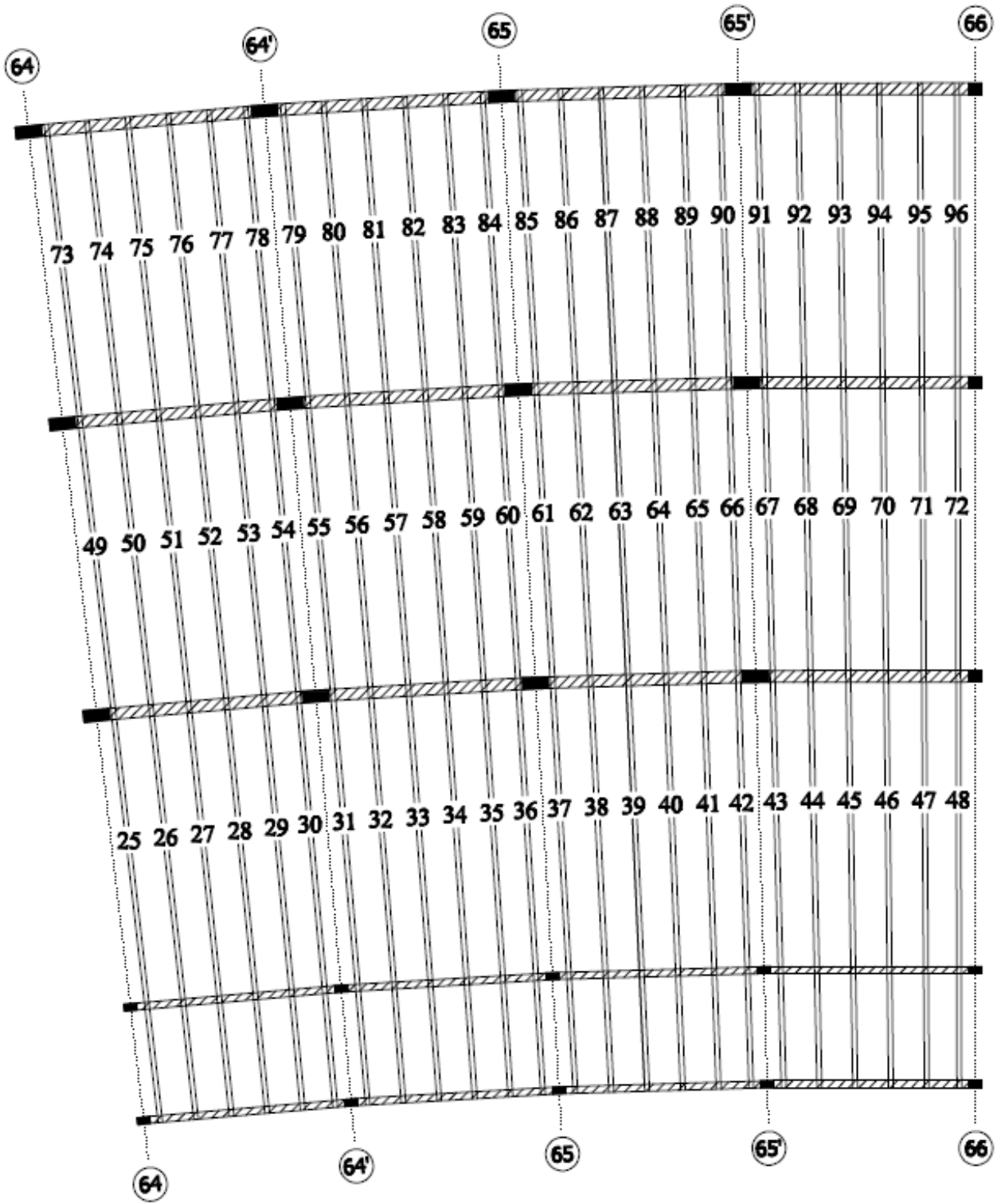
Balok Anak Terminal 1A Anjungan 1



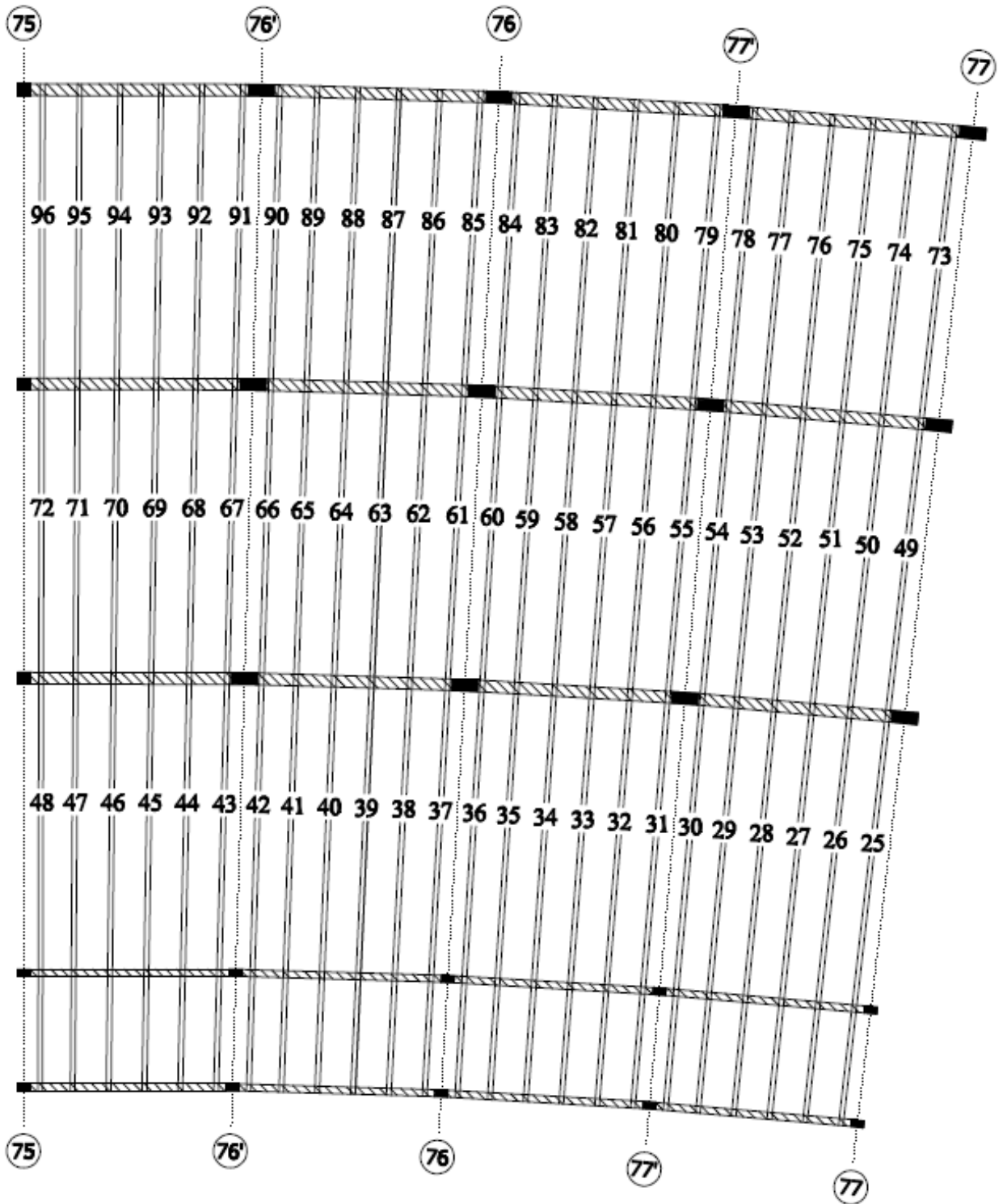
Balok Anak Terminal 1A Anjungan 2



Balok Anak Terminal 1A Anjungan 3



Balok Anak Terminal 1C Shopping Arcade Sebelah Kiri



Balok Anak Terminal 1C *Shopping Arcade* Sebelah Kanan